



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 061 688 A1** 2010.06.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 061 688.5**

(22) Anmeldetag: **11.12.2008**

(43) Offenlegungstag: **17.06.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F21V 5/04 (2006.01)**

F21V 3/02 (2006.01)

G02B 3/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Automotive Lighting Reutlingen GmbH, 72762
Reutlingen, DE**

(72) Erfinder:

**Gebauer, Matthias, Dr., 72770 Reutlingen, DE;
Kellermann, Hermann, 72762 Reutlingen, DE**

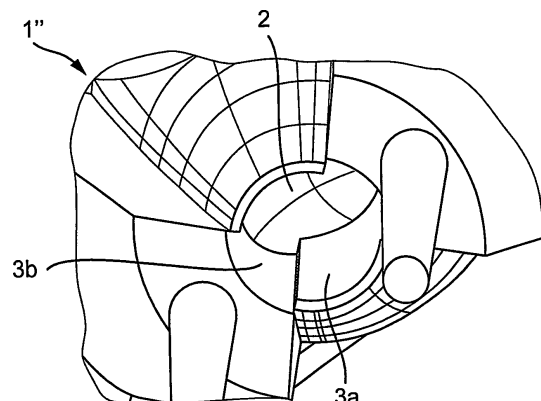
(74) Vertreter:

Dreiss Patentanwälte, 70188 Stuttgart

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorsatzoptik für eine Lichtquelle**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorsatzoptik (1'') für eine Lichtquelle (5), umfassend einen zentralen Linsenabschnitt (9) mit einer der Lichtquelle (5) zugewandten Lichteintrittsfläche (2) und einer von der Lichtquelle (5) abgewandten Lichtaustrittsfläche (6) und weiter umfassend einen den zentralen Linsenabschnitt (9) umgebenden äußeren Reflexionsabschnitt (10) mit mindestens einer der Lichtquelle (5) zugewandten Lichteinkopplfläche (3a, 3b), über die von der Lichtquelle (5) ausgesandtes Licht in den Reflexionsabschnitt (10) eintritt, mit mindestens einer von der Lichtquelle (5) abgewandten Lichtauskopplfläche (7), über die eingekoppeltes Licht aus dem Reflexionsabschnitt (10) austritt, und mit zwischen der mindestens einen Lichteinkopplfläche (3a, 3b) und der mindestens einen Lichtauskopplfläche (7) angeordneten Reflexionsflächen (8a, 8b), die in den Reflexionsabschnitt (10) eingekoppeltes Licht reflektieren, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorsatzoptik (1'') in einer orthogonal zu einer optischen Achse (4) der Vorsatzoptik (1'') angeordneten Ebene eine größere Längserstreckung als Quererstreckung aufweist, und dass die Lichteintrittsfläche (2) des zentralen Linsenabschnitts (9) die Form einer Sattelfläche (21) aufweist, wobei die Sattelfläche (21) in Längserstreckung konkav gekrümmt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorsatzoptik für eine Lichtquelle. Die Vorsatzoptik umfasst einen zentralen Linsenabschnitt mit einer der Lichtquelle zugewandten Lichteintrittsfläche und einer von der Lichtquelle abgewandten Lichtaustrittsfläche. Weiter umfasst die Vorsatzoptik einen den zentralen Linsenabschnitt umgebenden äußeren Reflexionsabschnitt mit mindestens einer der Lichtquelle zugewandten Lichteinkopplfläche, über die von der Lichtquelle ausgesandtes Licht in den Reflexionsabschnitt eintritt, mit mindestens einer von der Lichtquelle abgewandten Lichtauskopplfläche, über die eingekoppeltes Licht aus dem Reflexionsabschnitt austritt, und mit zwischen der mindestens einen Lichteinkopplfläche und der mindestens einen Lichtauskopplfläche angeordneten Reflexionsflächen, die in den Reflexionsabschnitt eingekoppeltes Licht reflektieren.

[0002] Eine Vorsatzoptik der eingangs genannten Art ist bspw. aus der DE 197 28 354 C2 bekannt, die eine Vorsatzoptik für eine Lichtquelle mit einem die optische Achse der Vorsatzoptik umgebenden inneren Linsenbereich beschreibt. Der innere Linsenbereich verfügt über eine rückseitige, der Lichtquelle zugewandte Lichteintrittsfläche und eine vorderseitige, von der Lichtquelle abgewandte Lichtaustrittsfläche, über die das in den inneren Linsenbereich eingekoppelte Licht abgestrahlt wird. Der innere Linsenbereich ist von einem äußeren Reflektorbereich umgeben. Dieser weist eine Lichteinkopplfläche auf, über die diejenigen Lichtstrahlen der Lichtquelle, die nicht in den inneren Linsenbereich eintreten, in den Reflektorbereich eingekoppelt werden. Die Lichteinkopplfläche ist vorzugsweise als eine zur optischen Achse zentrierte zylinderförmige Innumfangswandung des Reflektorbereichs ausgebildet. An der Außenumfangsfläche der Vorsatzoptik wird das in den Reflektorbereich eingekoppelte Licht vorzugsweise mittels Totalreflexion in Richtung einer Lichtauskopplfläche des Reflektorbereichs reflektiert. Die Lichtauskopplfläche ist Teil einer sich im Wesentlichen senkrecht zur optischen Achse erstreckenden lichtaustrittseitigen Gesamtfläche der Vorsatzoptik.

[0003] Die spezielle Formgebung der bekannten Vorsatzoptik soll es ermöglichen, dass auch bei nicht rotationssymmetrischer lichtaustrittseitiger Gesamtfläche mit beispielsweise rechteckigem oder quadratischem Querschnitt eine über die lichtaustrittseitige Gesamtfläche möglichst homogene Leuchtintensität erzeugt werden kann. Zu diesem Zweck weist das Refraktorelement bezüglich der optischen Achse Winkelsektoren auf, durch deren Stauchung beziehungsweise Streckung erreicht werden soll, dass auch in die Eckbereiche des Refraktorelements Licht abgelenkt wird und auch dort austritt.

[0004] Die beschriebene Vorsatzoptik hat jedoch den Nachteil, dass bei einer größeren Erstreckung der lichtaustrittseitigen Gesamtfläche der Vorsatzoptik in Längsrichtung als in Querrichtung eine wirklich homogene Ausleuchtung der Gesamtfläche ohne dunkle Bereiche in der Lichtverteilung nicht erzielt werden kann.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Vorsatzoptik mit im Wesentlichen rechteckiger lichtaustrittsseitiger Gesamtfläche zu schaffen, die auch bei einem deutlich ungleichen Seitenverhältnis der Gesamtfläche eine möglichst homogene Ausleuchtung der Vorsatzoptik ohne dunkle Bereiche bei gleichzeitig effizienter Nutzung des eingekoppelten Lichts erzielt.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ausgehend von der Vorsatzoptik der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die Vorsatzoptik in einer orthogonal zu einer optischen Achse der Vorsatzoptik angeordneten Ebene eine größere Längserstreckung als Quererstreckung aufweist, und dass die Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts die Form einer Sattelfläche aufweist. Vorzugsweise ist die Sattelfläche in Längsrichtung konkav gekrümmt. Dadurch kann sich auf die Sattelfläche auftreffendes Licht beim Eintritt in den zentralen Linsenabschnitt in Richtung der Längserstreckung des Linsenabschnitts im Wesentlichen ohne Ablenkung im Linsenabschnitt ausbreiten. Vorzugsweise bewirkt die Lichteintrittsfläche in Längsrichtung keine starke Bündelung des eintretenden Lichts, insbesondere keine Kollimierung der Lichtstrahlen. Erst beim Austritt aus dem zentralen Linsenabschnitt der Vorsatzoptik werden die austretenden Lichtstrahlen in Längsrichtung an der Austrittsfläche der Vorsatzoptik gebündelt, vorzugsweise kollimiert. In Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik ist die Krümmung der Sattelfläche vorzugsweise konvex ausgebildet. Dadurch wird in dieser Richtung eine Bündelung, insbesondere eine Kollimierung von durch die Sattelfläche hindurchtretenden Lichtstrahlen erreicht. An der Lichtaustrittsfläche der Vorsatzoptik treten die kollimierten Lichtstrahlen im Wesentlichen ohne Ablenkung aus der Vorsatzoptik aus.

[0007] Vorzugsweise ist an die Vorsatzoptik mindestens ein lichtaustrittseitig optisch wirksames Element ausgebildet, welches die in den zentralen Linsenabschnitt eingetretenen divergierenden Lichtstrahlen wieder parallelisiert. Dadurch werden die Lichtstrahlen trotz eines relativ großen Verhältnisses von Längserstreckung zu Quererstreckung von größer als 1, insbesondere von deutlich größer als 1, nahezu über die gesamte Lichtaustrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts der Vorsatzoptik gleichmäßig verteilt abgestrahlt. Dadurch ergibt sich eine besonders homogene Lichtverteilung praktisch ohne oder allenfalls mit sehr kleinen dunklen Bereichen.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform wird vorgeschlagen, dass das mindestens eine lichtaustrittseitig angeordnete optisch wirksame Element des zentralen Linsenabschnitts mindestens eine Zylinderlinse umfasst, deren Längsachse orthogonal zur optischen Achse der Vorsatzoptik und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik verläuft. Die Zylinderlinse hat den Vorteil, dass sie eine besonders homogene Ausleuchtung der Lichtaustrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts weitgehend ohne Dunkelbereiche erzielt.

[0009] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass das mindestens eine lichtaustrittseitig angeordnete optisch wirksame Element mindestens eine Fresnellinse umfasst, wobei sich Strukturen der Fresnellinse vorzugsweise orthogonal zur optischen Achse der Vorsatzoptik und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik erstrecken. Fresnellinsen haben insbesondere gegenüber herkömmlichen sphärischen Linsen den Vorteil, dass sie weniger Raum in Anspruch nehmen (geringere Dicke der Fresnellinsen) und ein geringeres Gewicht haben.

[0010] Vorteilhafterweise weist die Vorsatzoptik ein Verhältnis von Längserstreckung zu Quererstreckung von größer 1,5 auf. Erst durch die besondere Ausgestaltung der Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts als Sattelfläche kann selbst bei einer Vorsatzoptik mit einer relativ großen Längserstreckung relativ zur Quererstreckung eine homogene Ausleuchtung praktisch der gesamten lichtaustrittsseitigen Gesamtfläche der Vorsatzoptik ohne größere dunkle Bereiche erzielt werden.

[0011] Vorzugsweise weist die Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik eine größere Erstreckung auf als in Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik. Dadurch bietet sich ein in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik erweiterter Raum, der unter Umständen von den Lichtquellen genutzt werden kann, um mehr Licht bzw. in einem größeren Winkelbereich ausgesandte Lichtstrahlen auf die Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts der Vorsatzoptik zu lenken.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass zumindest in einem Teil des in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik erweiterten Raum neben der Lichteintrittsfläche des Linsenabschnitts zusätzliche lichteintrittseitig angeordnete optisch wirksame Elemente ausgebildet sind. Diese lenken die von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahlen in einen Bereich einer von der Vorsatzoptik erzeugten Lichtverteilung, der zwischen dem von dem zentralen Linsenabschnitt ohne die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente ausgeleuchteten Bereich und dem von dem Refle-

xionsabschnitt ohne die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente ausgeleuchteten Bereich liegt. Mittels der zusätzlichen optisch wirksamen Elemente kann in Richtung der Längserstreckung zusätzliches Licht durch die Vorsatzoptik gelangen und zur Homogenisierung der Lichtverteilung (Ausleuchten von Bereichen der Vorsatzoptik bzw. der resultierenden Lichtverteilung, die ohne die zusätzlichen optisch wirksamen Elemente dunkel wären) genutzt werden. Dadurch kann eine besonders homogene Ausleuchtung der Vorsatzoptik bzw. Lichtverteilung erzielt werden. Vorzugsweise sind die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente als Fresnellinsen ausgebildet.

[0013] Vorteilhafterweise ist auf der mindestens einen Lichtaustrittsfläche des Reflexionsabschnitts und/oder auf der Lichtaustrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts eine lichtstreuende Struktur ausgebildet. Durch eine gezielte Streuung der aus der Vorsatzoptik austretenden Lichtstrahlen lassen sich gewünschte optische Effekte erzielen. Beispielsweise kann so eine gewünschte Lichtverteilung erreicht werden. Insbesondere kann ein scharfer Hell-Dunkel-Übergang der Lichtverteilung abgeschwächt und die Hell-Dunkel-Grenze verwischt werden.

[0014] Vorzugsweise ist auf der mindestens einen Lichteinkoppelfläche des Reflexionsabschnitts und/oder auf der Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts eine lichtstreuende Struktur ausgebildet. Auch hierdurch können gewünschte optische Effekte wie beispielsweise eine gewünschte Lichtverteilung erzielt werden. Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die lichtstreuende Struktur mindestens eine Kissenoptik in Form einer konvex geformten Linse mit einer vier-eckigen Grundfläche und mit nach innen gewölbten Seitenlinien aufweist.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist die lichtstreuende Struktur Zylinderoptiken auf. Vorzugsweise verlaufen die Längsachsen der Zylinderoptiken quer zur optischen Achse der Vorsatzoptik und parallel zur Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik und/oder parallel zur Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik. Die Vorsatzoptik ist Bestandteil eines Optikmoduls, welches aus der Vorsatzoptik, einer elektronischen Leiterplatte, auf der die Lichtquelle angeordnet ist, sowie aus einem Kühlkörper besteht. Die Vorsatzoptik kann mehrere Passstifte zur Ausrichtung der Vorsatzoptik zur Lichtquelle besitzen. Die Vorsatzoptik wird auf der Leiterplatte bzw. gemeinsam mit der Leiterplatte an dem Kühlkörper befestigt. Die Befestigung kann durch Verrastung, durch Verschraubung, mit Halteklammern oder anderen gängigen Befestigungstechniken realisiert werden. In einer automatisierten Fertigung einer Baugruppe kann die Befestigung der Vorsatzoptik vorteilhaft durch Warmstemmen erfolgen. An der Vorsatzoptik befindliche Kunststoffstifte werden

durch die Baugruppe durchgeführt, wobei jedes Bauteil entsprechende Durchführungen besitzt und anschließend durch Warmumformen dauerhaft verbunden wird. Die elektronische Leiterplatte muss einen ausreichenden Wärmestrom zulassen, um die Wärme der Lichtquelle zuverlässig zum Kühlkörper zu transportieren. Geeignet sind hier Metallkernplatinen, sog. Flexboards (flexibles Leiterband) oder auch Leiterplatten, in denen sich spezielle Zonen mit hoher Wärmeleitfähigkeit (sog. Heat Sinks) an Stellen befinden, an denen mehrere LEDs montiert werden. Mit dem Flexboard ist es möglich, mehrere Leuchteinheiten mit einer Leiterplatte zu verbinden und nahezu beliebig in dem Gehäuse einer Leuchte oder eines Scheinwerfers räumlich anzuordnen. Auf der Leiterplatte können neben den LEDs auch Schaltelemente zur Ansteuerung der LEDs sowie ein elektrischer Anschluss zur Versorgung und Ansteuerung der elektronischen Baugruppe angeordnet werden.

[0016] Eine Lichtfunktion einer Signalleuchte an der Fahrzeugfront, wie beispielsweise Blinklicht, Positionslight, Tagfahrlicht oder auch Seitenmarkerlicht, oder einer Signalleuchte am Fahrzeugheck, wie beispielsweise Bremslicht, Schlusslicht, Blinklicht, Rückfahrlicht oder Nebelschlusslicht, kann von einem oder mehreren Optikmodulen erzeugt werden. Bei der Verwendung eines einzelnen Optikmoduls wird die Lichtverteilung der Signalfunktion von dem vorgesehenen Optikmodul erzeugt. Wenn sich die Leuchte aus mehreren Optikmodulen zusammensetzt, trägt jedes Optikmodul anteilig zur gesamten Lichtverteilung bei. Die Optikmodule können mit Kabeln oder flexiblen Leiterbahnen an eine Energiequelle, an ein Steuergerät oder an eine Endstufe eines Steuergeräts angeschlossen oder untereinander verbunden sein, was eine flexible räumliche Anordnung der Optikmodule in der Leuchte erlaubt. Unter geeigneten räumlichen Voraussetzungen ist auch eine kostengünstige plane Anordnung der Optikmodule auf einer starren Leiterplatte möglich, wobei das Optikmodul durch einen abgegrenzten Bereich auf dieser Leiterplatte gebildet wird, in dem die Bestandteile des Optikmoduls angeordnet sind.

[0017] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

[0018] [Fig. 1](#) eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorsatzoptik im Querschnitt,

[0019] [Fig. 2](#) einen durch die bekannte Vorsatzoptik im Querschnitt verlaufenden Strahlengang,

[0020] [Fig. 3](#) die bekannte Vorsatzoptik im Längsschnitt,

[0021] [Fig. 4](#) den durch die bekannte Vorsatzoptik im Längsschnitt verlaufenden Strahlengang,

[0022] [Fig. 5](#) die lichteintrittsseitig optimierte erfindungsgemäße Vorsatzoptik in einer Ansicht von unten,

[0023] [Fig. 6](#) eine als Sattelfläche ausgebildete Lichteintrittsfläche eines zentralen Linsenabschnitts der Vorsatzoptik,

[0024] [Fig. 7](#) die erfindungsgemäße Vorsatzoptik aus [Fig. 5](#) mit einer sattelförmigen Lichteintrittsfläche in einer vergrößerten Ansicht von schräg unten,

[0025] [Fig. 8](#) die erfindungsgemäße Vorsatzoptik im Querschnitt entlang der Linie VIII-VIII in [Fig. 5](#),

[0026] [Fig. 9](#) einen durch die erfindungsgemäße Vorsatzoptik gemäß [Fig. 8](#) verlaufenden Strahlengang,

[0027] [Fig. 10](#) die erfindungsgemäße Vorsatzoptik im Längsschnitt entlang der Linie X-X in [Fig. 5](#),

[0028] [Fig. 11](#) den durch die erfindungsgemäße Vorsatzoptik gemäß

[0029] [Fig. 10](#) verlaufenden Strahlengang,

[0030] [Fig. 12](#) die erfindungsgemäße Vorsatzoptik mit einer Fresnellinse als lichteintrittsseitig optisch wirksames Element einer Lichteintrittsfläche des zentralen Linsenabschnitts der Vorsatzoptik aus [Fig. 5](#) in einer Ansicht von oben,

[0031] [Fig. 13](#) eine schematische Darstellung einer Ausleuchtung der aus dem Stand der Technik bekannten Vorsatzoptik gemäß [Fig. 1](#),

[0032] [Fig. 14](#) eine schematische Darstellung einer Ausleuchtung der aus dem Stand der Technik bekannten Vorsatzoptik mit einer in Längserstreckung der Vorsatzoptik erweiterten Lichteintrittsfläche,

[0033] [Fig. 15](#) eine schematische Darstellung einer Ausleuchtung einer erfindungsgemäßen Vorsatzoptik gemäß [Fig. 12](#),

[0034] [Fig. 16](#) eine Kissenoptik als lichtstreuende Struktur einer Lichteintrittsfläche, einer Lichteinkopffläche, einer Lichteintrittsfläche und/oder einer Lichtauskopffläche der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik,

[0035] [Fig. 17](#) eine schematische Darstellung eines Optikmoduls mit einer Vorsatzoptik, einer Leiterplatte und einem Kühlkörper im Querschnitt,

[0036] [Fig. 18](#) eine schematische Darstellung einer Leuchtenanordnung bestehend aus mehreren Optikmodulen in einer Draufsicht und

[0037] [Fig. 19](#) eine schematische Darstellung einer Leuchtenanordnung bestehend aus mehreren Optikmodulen in einem Längsschnitt.

[0038] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) zeigen eine bekannte Vorsatzoptik **1** mit einer im Wesentlichen rechteckförmigen Lichtaustrittsseitigen Querschnittsfläche. Die Quererstreckung der Vorsatzoptik **1**, dargestellt als Schnittansicht in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), ist wesentlich kleiner als die Längserstreckung, dargestellt als Schnittansicht in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#).

[0039] Die bekannte Vorsatzoptik **1** weist eine rotationssymmetrische konvexe Lichteintrittsfläche **2** mit seitlichen Lichteinkoppelflächen **3a** ([Fig. 1](#)) im Querschnitt und **3b** ([Fig. 3](#)) im Längsschnitt auf, durch die von einer Lichtquelle **5** ausgestrahltes Licht hindurchtritt, wobei es beim Übergang von dem optisch durchlässigeren Medium (Luft) in das optisch dichtere Medium (Kunststoff, Glas) der Vorsatzoptik **1** abgelenkt wird. Die Lichteinkoppelflächen **3a**, **3b** bilden in etwa die Wandungen eines Hohlzylinders, wobei eine optische Achse **4** der Vorsatzoptik **1** die Zylinderachse bildet. Licht, das die konvexe Lichteintrittsfläche **2** durchtritt, wird dabei derart umgelenkt, dass es parallel zu der optischen Achse **4** durch einen zentralen Linsenabschnitt **9** der Vorsatzoptik **1** zu einer Lichtaustrittsfläche **6** gelangt und im Wesentlichen senkrecht zu dieser aus der Vorsatzoptik **1** austritt. Licht, welches durch die Lichteinkoppelflächen **3a**, **3b** tritt, wird zunächst in Richtung von mehreren Reflexionsflächen **8a** ([Fig. 1](#)) bzw. **8b** ([Fig. 3](#)) abgelenkt und gelangt in mehrere Reflexionsabschnitte **10** der Vorsatzoptik **1**. Dort wird es von den Reflexionsflächen **8a** bzw. **8b** im Wesentlichen parallel zur optischen Achse **4** zu einer Lichtaustrittsfläche **7** hin reflektiert, durch die es aus der Vorsatzoptik **1** austritt.

[0040] In [Fig. 2](#) ist der entsprechende Strahlengang durch die Vorsatzoptik **1** im Querschnitt dargestellt. Gezeigt ist der Strahlengang eines Teillichtstroms **11**. Es ist erkennbar, dass sich in Richtung der Quererstreckung lichtaustrittsseitig eine im Wesentlichen homogene Lichtverteilung ohne größere dunkle Bereiche der Lichtverteilung einstellt.

[0041] [Fig. 3](#) zeigt die bekannte Vorsatzoptik **1** im Längsschnitt. Die Reflexionsabschnitte **10** sind in Längsrichtung deutlich größer als in Richtung der Quererstreckung ([Fig. 1](#)) der Vorsatzoptik **1**. Auch die Reflektorflächen **8b** im Längsschnitt sind länger als die Reflektorflächen **8a** im Querschnitt. Hingegen weisen die Lichteintrittsfläche **2** und die Lichteinkoppelflächen **3a**, **3b** sowohl in Richtung der Längserstreckung als auch der Quererstreckung der Vorsatzoptik **1** im Wesentlichen gleiche Geometrien auf.

[0042] In [Fig. 4](#) ist der Strahlengang durch die Vorsatzoptik **1** im Längsschnitt dargestellt. Es sind drei

Teillichtströme **11**, **12** und **13** zu erkennen. Die konvexe Lichteintrittsfläche **2** des zentralen Linsenabschnitts **9** kollimiert den auftreffenden Teillichtstrom **11** derart, dass die Lichtstrahlen parallel zur optischen Achse **4** verlaufen und aus der Vorsatzoptik **1** austreten. Die Reflexionsflächen **8b** reflektieren die über die Lichteinkoppelflächen **3b** eingekoppelten Teillichtströme **12**, **13** derart, dass diese parallel zur optischen Achse **4** verlaufend aus der Vorsatzoptik **1** austreten. Deutlich erkennbar ist zum einen, dass der durch die Lichteintrittsfläche **2** hindurchtretende Teillichtstrom **11** heller ist als die Teillichtströme **12** und **13** (größere Dichte der Lichtstrahlen im Teillichtstrom **11**).

[0043] Zum anderen sind die Teillichtströme **11**, **12** und **13** in Längsrichtung zueinander beabstandet, das heißt, es stellen sich zwischen ihnen nicht ausgeleuchtete Dunkelbereiche **19** ein. Bei der bekannten Vorsatzoptiken **1** ist es technisch nicht möglich, diese dunklen Bereiche **19** auszuleuchten, so dass sich insgesamt eine inhomogene Ausleuchtung der bekannten Vorsatzoptik **1** ergibt.

[0044] [Fig. 13](#) zeigt eine Ausleuchtung der bekannten Vorsatzoptik **1**. Deutlich zu erkennen sind die lichtaustrittsseitig beleuchteten Bereiche **15** und die unbeleuchteten Dunkelbereiche **19** der herkömmlichen Vorsatzoptik **1**.

[0045] Um eine homogene Ausleuchtung der Vorsatzoptik **1** mit einer größeren Längserstreckung als Quererstreckung zu erzielen, wird deshalb gemäß der Erfindung eine völlig neuartige Vorsatzoptik vorgeschlagen. Die erfindungsgemäße Vorsatzoptik unterscheidet sich vom Stand der Technik insbesondere durch eine besondere Ausgestaltung der Lichteintrittsfläche **2** sowie der Lichtaustrittsfläche **6** des zentralen Linsenabschnitts **9**. Entscheidend ist, dass die spezielle Formgebung der Lichteintrittsfläche **2** wahlweise in Kombination mit einer entsprechenden lichtaustrittsseitigen Linse eine besonders homogene Ausleuchtung der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik auch in Richtung ihrer Längserstreckung gewährleistet.

[0046] [Fig. 5](#) zeigt eine lichteintrittsseitig optimierte erfindungsgemäße Vorsatzoptik **1''**. Die Optimierung umfasst eine Lichteintrittsfläche **2**, die zum einen in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik **1'** um zwei lichteintrittsseitig optisch wirksame Elemente **17** seitlich erweitert ist und zum anderen eine Sattelfläche gemäß [Fig. 6](#) aufweist, die in Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** konkav gekrümmt ist. Die in [Fig. 6](#) dargestellte Sattelfläche ist eine schematische Abbildung und weist in einer mathematisch exakten Darstellung keinen eckigen, sondern einen kontinuierlichen Verlauf auf.

[0047] Eine seitliche Erweiterung der Lichteintritts-

fläche **2** kann selbstverständlich durch eine Verbreiterung einer bereits vorhandenen, die Lichteintrittsfläche **2** bildenden konvexen Linse oder auch mittels Fresnellinsen erfolgen. Durch die seitliche Erweiterung der Lichteintrittsfläche **2** kann Licht in einem größeren Raumwinkel in die erfindungsgemäße Vorsatzoptik **1''** gelangen und über eine größere zentral befindliche Lichtaustrittsfläche **6** wieder austreten. **Fig. 14** zeigt die entsprechende lichtaustrittseitige Ausleuchtung einer Vorsatzoptik **1'** mit einer nicht sattelförmigen konvexen Lichteintrittsfläche **2**, die seitlich um zwei lichteintrittseitig optisch wirksame Elemente **17** erweitert ist. Es fällt auf, dass die Lichtaustrittsfläche **6** der Vorsatzoptik **1'** gegenüber der Lichtaustrittsfläche **6** der bekannten Vorsatzoptik **1** (**Fig. 13**) seitlich deutlich vergrößert ist. Insgesamt weist die Vorsatzoptik **1'** größere beleuchtete Bereiche **15** und kleinere Dunkelbereiche **19** als die bekannte Vorsatzoptik **1** auf. Die hohe Lichtintensität im Bereich der Lichtaustrittsfläche **6** ist gegenüber der bekannten Vorsatzoptik **1** erhalten geblieben.

[0048] Um eine noch bessere Ausleuchtung, das heißt einen möglichst homogenen Lichtaustritt sowohl in Richtung der Quererstreckung als auch der Längserstreckung der Vorsatzoptik **1'** zu erzielen, wird als weitere Verbesserung vorgeschlagen, dass die Lichteintrittsfläche **2** eine Sattelfläche **21** aufweist, wie sie in **Fig. 6** im Detail dargestellt ist.

[0049] **Fig. 7** zeigt die sattelförmige Lichteintrittsfläche **2** der optimierten erfindungsgemäßen Vorsatzoptik **1''**. Es ist zu beachten, dass auch die sattelförmige Lichteintrittsfläche **2** zwei lichteintrittseitig optisch wirksame Elemente **17** aufweisen kann, wie in **Fig. 7** dargestellt. Die sattelförmige Lichteintrittsfläche **2** ist in Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** konkav gekrümmt. Quer zur sattelförmigen Lichteintrittsfläche **2** verlaufen in gewohnter Weise die konvex gewölbten Lichteinkoppelflächen **3a** und **3b**.

[0050] Die **Fig. 8** bis **Fig. 11** stellen die erfindungsgemäße Vorsatzoptik **1''** dar. Selbstverständlich können die Abmessungen von der abgebildeten Form abweichen. Da die sattelförmige Lichteintrittsfläche **2** der Vorsatzoptik **1''** in Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik **1''** konvex gekrümmt ist, wird mit ihr in dieser Richtung eine das von der Lichtquelle **5** auftreffende Licht bündelnde Wirkung erzielt. In Richtung der Quererstreckung der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik **1''** wird also durch die konvexe Formgebung der sattelförmigen Lichteintrittsfläche **2** ein homogener Lichtaustritt, dargestellt in **Fig. 9**, erzielt.

[0051] Wesentlich ist, dass auch in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** ein homogener Lichtaustritt erfolgt. Zu diesem Zweck ist die sattelförmige Lichteintrittsfläche **2** in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** konkav ausgebildet. Durch die konkave Form wird der von der

Lichtquelle **5** abgestrahlte und divergierende Teillichtstrom **11** beim Eintritt in die Vorsatzoptik **1''** an der Lichteintrittsfläche **2** in Richtung der Längserstreckung nahezu nicht abgelenkt, also insbesondere nicht parallelisiert, sondern er tritt mit nahezu unveränderter Richtung in die Vorsatzoptik **1''** ein. Beim Übergang des Teillichtstroms **11** von der Luft in das optische dichtere Medium der Vorsatzoptik **1''** kann selbstverständlich eine geringe Brechung eintreten. Somit erreicht der Teillichtstrom **11** auch diejenigen Bereiche der Vorsatzoptik **1''**, die ohne die besonders ausgestaltete Eintrittsfläche **2** nicht vom Licht der Lichtquelle **5** erreicht werden würden. Durch die Aufweitung des Teillichtstroms **11** innerhalb der Vorsatzoptik **1''** kann das Licht über eine in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** vergrößerte Lichtaustrittsfläche **6** austreten.

[0052] Entscheidend ist, dass der sich aufweitende Teillichtstrom **11** über die gesamte Lichtaustrittsfläche **6** wieder gebündelt wird und im Wesentlichen parallel zur optischen Achse **4** aus der Vorsatzoptik **1''** austritt. Zu diesem Zweck ist die Lichtaustrittsfläche **6** als ein lichtaustrittseitig optisch wirksames Element **27** ausgebildet. Als lichtaustrittseitig optisch wirksames Element **27** kann eine Zylinderlinse **23** (**Fig. 10**) oder eine Fresnellinse **25** (**Fig. 10**, **Fig. 11** und **Fig. 12**) eingesetzt werden. Selbstverständlich sind auch andere optisch wirksame Elemente denkbar. Die Zylinderlinse **23** ist so angeordnet, dass ihre Längsachse orthogonal zur optischen Achse **4** der Vorsatzoptik **1''** und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** verläuft. Sie kann somit das durch die Lichtaustrittsfläche **6** hindurchtretende Licht in Richtung der optischen Achse **4** der Vorsatzoptik **1''** parallelisieren. Der Einsatz einer Fresnellinse **25** als lichtaustrittseitig optisch wirksames Element **27** hat gegenüber einer Zylinderlinse **23** den Vorteil eines geringeren Volumens und Gewichts. Auch eine Kombination verschiedener optisch wirksamer Elemente an der Lichtaustrittsfläche **6** ist denkbar, bspw. eine zentral angeordnete Zylinderlinse **23** mit am Rand angeordneten Fresnellinsenabschnitten.

[0053] **Fig. 11** zeigt den Verlauf des Strahlengangs durch einen Längsschnitt der Vorsatzoptik **1''**. Das erste optisch wirksame Element **27** ist als Fresnellinse **25** ausgebildet. Die Lichteintrittsfläche **2** ist derart sattelförmig ausgestaltet, dass der von der Lichtquelle **5** emittierte Teillichtstrom **11**, der die Lichteintrittsfläche **2** durchtritt, im Wesentlichen auf das gesamte erste optisch wirksame Element **27** gelangt. Die Fresnellinse **25**, deren Strukturen orthogonal zur optischen Achse **4** der Vorsatzoptik **1''** und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik **1''** verlaufen, bündelt das eingekoppelte Licht, so dass es parallel zur optischen Achse **4** aus der Vorsatzoptik **1''** austritt. Die durch die Lichteinkoppelflächen **3b** hindurchtretenden Teillichtströme **12**, **13** werden von diesen

derart abgelenkt, dass sie über den Reflexionsabschnitt **10** vollständig auf die Reflexionsflächen **8b** gelangen, von diesen parallel zur optischen Achse **4** in Lichtaustrittsrichtung reflektiert werden und derart aus der Lichtauskoppelfläche **7** austreten.

[0054] In [Fig. 15](#) ist die Ausleuchtung einer erfindungsgemäßen Vorsatzoptik **1''** dargestellt. Sie zeigt gegenüber der in [Fig. 13](#) abgebildeten Ausleuchtung einer herkömmlichen Vorsatzoptik **1** und gegenüber der Ausleuchtung einer lediglich lichteintrittsseitig optimierten Vorsatzoptik **1'** ohne Sattelfläche (vgl. [Fig. 14](#)) eine erhebliche Reduzierung der Dunkelbereiche **19** und eine deutlich homogenere Lichtverteilung. Die Effizienz der Vorsatzoptik **1''** kann gegenüber einer herkömmlichen Vorsatzoptik **1** durch bessere Umfassung des Raumwinkels mittels der besonders ausgestalteten Lichteintrittsfläche **2** und durch geringere Fresnelverluste deutlich gesteigert werden. Es wird betont, dass die erfindungsgemäße Vorsatzoptik **1''** die angegebenen Vorteile auch hat, wenn die Lichteintrittsfläche **2** eine Sattelform, jedoch keine seitlichen optisch wirksamen Elemente **17** aufweist. In diesem Fall könnte die Lichteintrittsfläche **2** bspw. eine ovale Querschnittsfläche aufweisen.

[0055] Es ist vorstellbar, dass auf der Lichtauskoppelfläche **7** des Reflexionsabschnitts **10**, der Lichtaustrittsfläche **6** des zentralen Linsenabschnitts **9**, der Lichteinkoppelfläche **3a**, **3b** des Reflexionsabschnitts **10** und/oder der Lichteintrittsfläche **2** des zentralen Linsenabschnitts **10** eine lichtstreuende Struktur ausgebildet ist. Dadurch lassen sich gewünschte optische Effekte erzeugen und es lässt sich die lichttechnische Wirkung einer zugehörigen Leuchte verändern. Als lichtstreuende Strukturen können beispielsweise eine oder mehrere Kissenoptiken **29**, abgebildet in [Fig. 16](#), oder eine oder mehrere Zylinderoptiken verwendet werden. Eine Kissenoptik **29** ist konvex gewölbt und weist eine rechteckige oder quadratische Grundfläche mit nach innen gewölbten Seitenlinien **30** auf. Die konvexe Wölbung der Kissenoptik **29** wird durch die eingezeichneten Höhenlinien **31** deutlich.

[0056] In [Fig. 17](#) ist eine schematische Darstellung eines Optikmoduls **31** mit einer Vorsatzoptik **33**, einem Kühlkörper **35** sowie einer zwischen der Vorsatzoptik **33** und dem Kühlkörper **35** befindlichen Leiterplatte **37** abgebildet. Die Vorsatzoptik **33** besitzt mehrere Passstifte **39** zur Anordnung bzw. Ausrichtung der Vorsatzoptik **33** zur Lichtquelle **5**. Der Kühlkörper **35** ist E-förmig mit drei Kühlrippen **43** ausgebildet und weist mehrere Durchführungen **41** auf, durch die die Passstifte **39** der Vorsatzoptik **33** gesteckt werden, um die Vorsatzoptik **33** zur Lichtquelle **5** auszurichten. Nach dem Einführen der Passstifte **39** in die Durchführungen **41** werden die Enden der Passstifte **39** plastisch verformt, bspw. durch Erwärmen der Stifte **39** und anschließender mechanischer

Druckbeaufschlagung der erwärmten, verformbaren Stiftenden. Auf diese Weise kann die Vorsatzoptik **33** nach Art einer Niet an dem Kühlkörper **35** befestigt werden.

[0057] [Fig. 18](#) zeigt eine Leuchtenanordnung **45**, die aus mehreren Optikmodulen **31** zusammengesetzt ist, in einer Blickrichtung entgegen der Hauptlichtabstrahlrichtung der Kraftfahrzeugleuchte **45**. Diese Blickrichtung ist die Blickrichtung, aus der ein Betrachter eines Kraftfahrzeuges die Leuchte **45** normalerweise wahrnimmt. Die Leuchtenanordnung **45** kann eine Signalleuchte an der Frontseite des Fahrzeugs zur Erzeugung eines Blinklichts, eines Positionslights, eines Tagfahrlichts oder auch eines Seitenmarkerlights sein. Ebenso kann die Leuchtenanordnung **45** an der Heckseite des Fahrzeugs zur Erzeugung eines Bremslichts, eines Schlusslichts, eines Blinklichts, eines Rückfahrlichts oder eines Nebelschlusslichts ausgebildet sein. Es ist gut zu erkennen, dass die einzelnen Optikmodule **31** eine im wesentlichen rechteckige Lichtaustrittsfläche **6** aufweisen.

[0058] [Fig. 19](#) zeigt die Leuchtenanordnung **45** aus [Fig. 18](#) in einer Ansicht senkrecht zur Lichtaustrittsrichtung. Es ist zu erkennen, dass jedes der Optikmodule **31** eine LED **5** und eine in Lichtaustrittsrichtung nachgeordnete erfindungsgemäße Vorsatzoptik **1''** (vgl. die [Fig. 5](#) bis [Fig. 15](#)) zum Bündeln der von der LED **5** ausgesandten Lichtstrahlen aufweist. Die Vorsatzoptik **1''** weist die entgegen der Lichtaustrittsrichtung (vgl. [Fig. 18](#)) erkennbare im wesentlichen rechteckigförmige Lichtaustrittsfläche **6** der Optikmodule **31** auf. Die LEDs **5** und die Vorsatzoptiken **1''** sind auf einer Leiterplatte **37** angeordnet. Die Anordnung und Ausrichtung der Optikmodule **31** auf der Leiterplatte **37** kann dabei nahezu beliebig gewählt werden, um eine Signalleuchte beliebiger Form zu realisieren. Nicht dargestellt in [Fig. 19](#) ist ein auf der den Optikmodulen **31** gegenüberliegenden Seite der Leiterplatte **37** angeordneter Kühlkörper. Die LEDs **5** und die Vorsatzoptiken **1''** können in der anhand der [Fig. 17](#) dargestellten und beschriebenen Weise an der Leiterplatte **37** bzw. dem Kühlkörper befestigt sein.

[0059] Die Erfindung ermöglicht es somit, insbesondere mittels einer sattelförmigen Ausgestaltung der Lichteintrittsfläche **2** und einer den Teillichtstrom **11** parallelisierenden Formgebung der Lichtaustrittsfläche **6**, bei einer ausgeleuchteten Vorsatzoptik **1''** mit deutlich größerer Längserstreckung als Quererstreckung die Dunkelbereiche **19** zu reduzieren, ein zentrales Lichtintensitätsmaximum zu verringern und insgesamt eine besonders homogene Ausleuchtung bei verbesserter Effizienz zu erzielen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19728354 C2 [[0002](#)]

Patentansprüche

1. Vorsatzoptik (1'') für eine Lichtquelle (5), umfassend einen zentralen Linsenabschnitt (9) mit einer der Lichtquelle (5) zugewandten Lichteintrittsfläche (2) und einer von der Lichtquelle (5) abgewandten Lichtaustrittsfläche (6) und weiter umfassend einen den zentralen Linsenabschnitt (9) umgebenden äußeren Reflexionsabschnitt (10) mit mindestens einer der Lichtquelle (5) zugewandten Lichteinkopffläche (3a, 3b), über die von der Lichtquelle (5) ausgesandtes Licht in den Reflexionsabschnitt (10) eintritt, mit mindestens einer von der Lichtquelle (5) abgewandten Lichtauskopffläche (7), über die eingekoppeltes Licht aus dem Reflexionsabschnitt (10) austritt, und mit zwischen der mindestens einen Lichteinkopffläche (3a, 3b) und der mindestens einen Lichtauskopffläche (7) angeordneten Reflexionsflächen (8a, 8b), die in den Reflexionsabschnitt (10) eingekoppeltes Licht reflektieren, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorsatzoptik (1'') in einer orthogonal zu einer optischen Achse (4) der Vorsatzoptik (1'') angeordneten Ebene eine größere Längserstreckung als Quererstreckung aufweist, und dass die Lichteintrittsfläche (2) des zentralen Linsenabschnitts (9) die Form einer Sattelfläche (21) aufweist, wobei die Sattelfläche (21) in Längserstreckung konkav gekrümmt ist.

2. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Lichtaustrittsfläche (6) des zentralen Linsenabschnitts (9) mindestens ein lichtaustrittseitig optisch wirksames Element (27) ausgebildet ist, welches die durch die Sattelfläche (21) in Längserstreckung aufgeweiteten Lichtstrahlen wieder parallelisiert.

3. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine lichtaustrittseitig optisch wirksame Element (27) des zentralen Linsenabschnitts (9) eine Zylinderlinse (23) ist, deren Längsachse orthogonal zur optischen Achse (4) der Vorsatzoptik (1'') und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik (1'') verläuft.

4. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine lichtaustrittseitig optisch wirksame Element (27) eine Fresnellinse (25) ist, wobei Strukturen der Fresnellinse (25) orthogonal zur optischen Achse (4) der Vorsatzoptik (1'') und orthogonal zur Längserstreckung der Vorsatzoptik (1'') verlaufen.

5. Vorsatzoptik (1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verhältnis der Längserstreckung zur Quererstreckung größer 1,5 ist.

6. Vorsatzoptik (1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtein-

trittsfläche (2) des zentralen Linsenabschnitts (9) in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik (1'') eine größere Erstreckung aufweist als in Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik (1'').

7. Vorsatzoptik (1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik (1'') neben der Lichteintrittsfläche (2) des zentralen Linsenabschnitts (9) zusätzliche lichteintrittseitig optisch wirksame Elemente (17) angeordnet sind, die von der Lichtquelle (5) ausgesandte Lichtstrahlen in einen Bereich einer von der Vorsatzoptik (1'') erzeugten Lichtverteilung lenken, der zwischen dem von dem zentralen Linsenabschnitt (9) ohne die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente (17) ausgeleuchteten Bereich und dem von dem Reflexionsabschnitt (10) ohne die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente (17) ausgeleuchteten Bereich liegt.

8. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die lichteintrittseitig optisch wirksamen Elemente (17) als Fresnellinsen (25) ausgebildet sind.

9. Vorsatzoptik (1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf der mindestens einen Lichtauskopffläche (7) des Reflexionsabschnitts (10) und/oder auf der Lichtaustrittsfläche (6) des zentralen Linsenabschnitts (9) eine Lichtstreuende Struktur ausgebildet ist.

10. Vorsatzoptik (1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass auf der mindestens einen Lichteinkopffläche (3a, 3b) des Reflexionsabschnitts (10) und/oder auf der Lichteintrittsfläche (2) des zentralen Linsenabschnitts (9) eine Lichtstreuende Struktur ausgebildet ist.

11. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtstreuende Struktur mindestens eine Kissenoptik (29) in Form einer konvex geformten Linse mit einer viereckigen Grundfläche und mit nach innen gewölbten Seitenlinien aufweisen.

12. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtstreuende Struktur Zylinderoptiken aufweisen.

13. Vorsatzoptik (1'') nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass Längsachsen der Zylinderoptiken quer zur optischen Achse (4) der Vorsatzoptik (1'') und parallel zur Richtung der Längserstreckung der Vorsatzoptik (1'') und/oder parallel zur Richtung der Quererstreckung der Vorsatzoptik (1'') verlaufen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

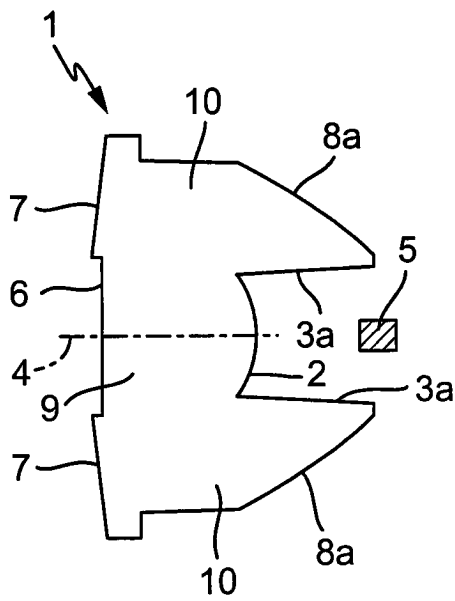


Fig. 1

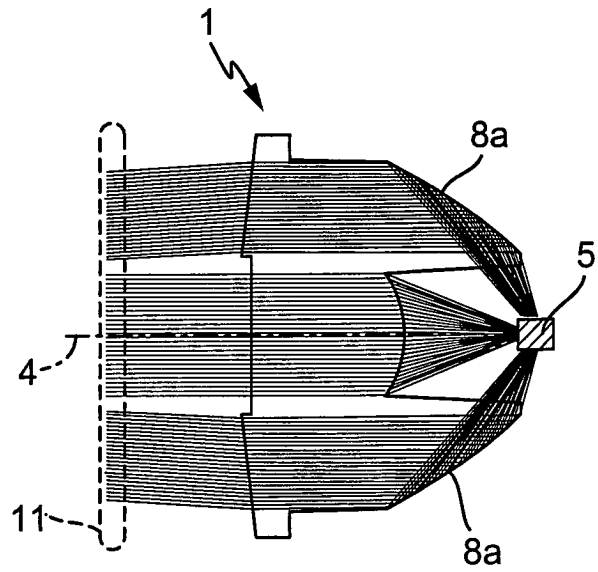


Fig. 2

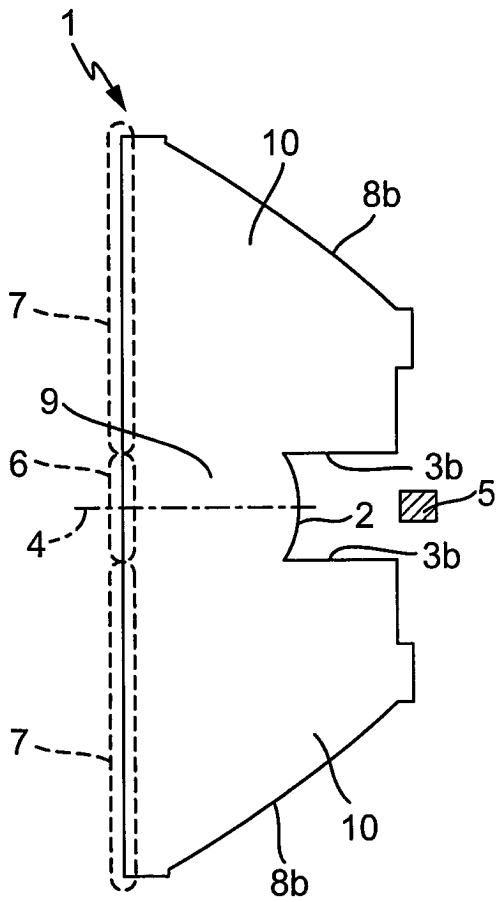


Fig. 3

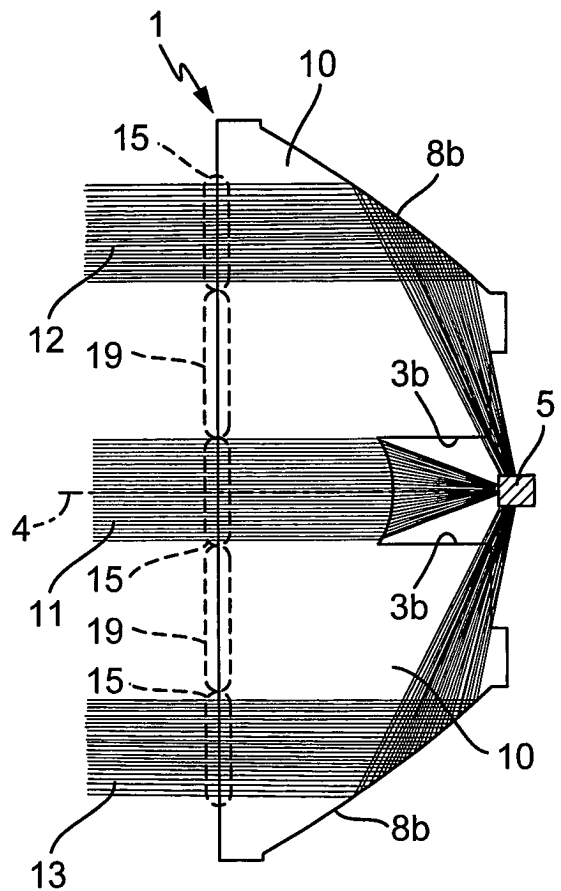


Fig. 4

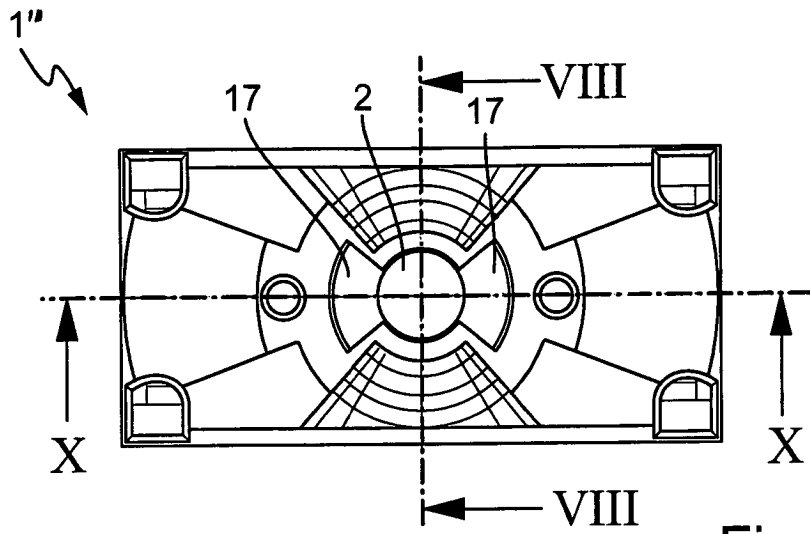


Fig. 5

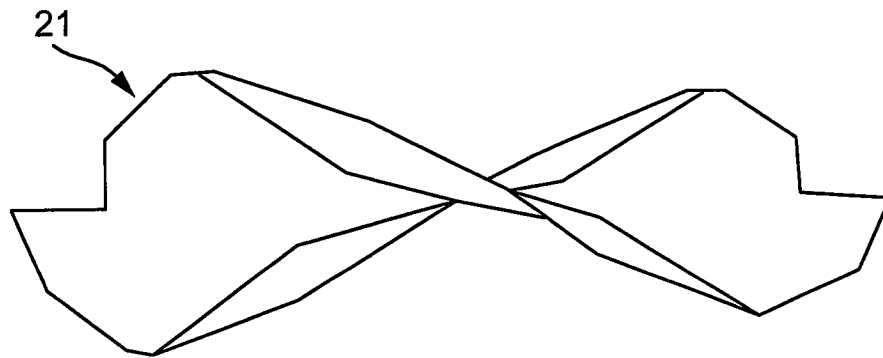


Fig. 6

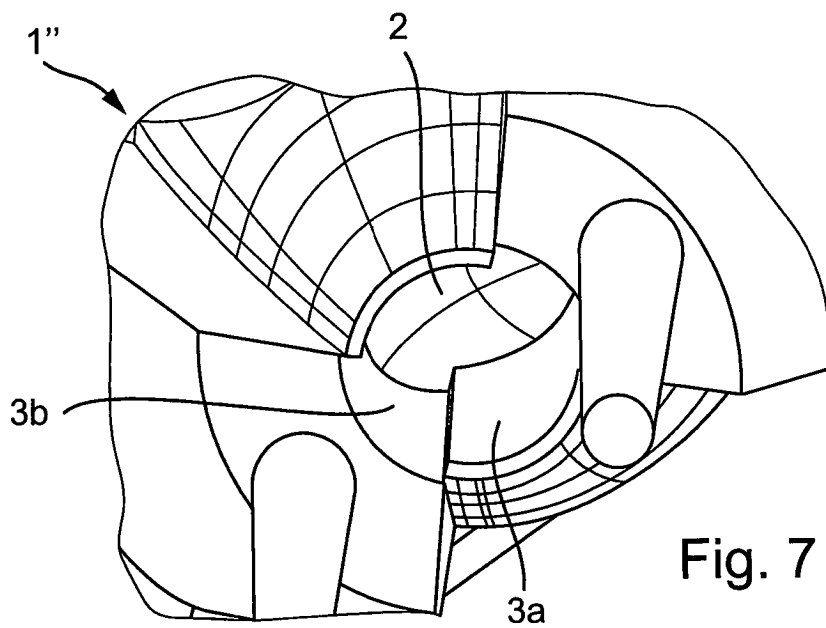


Fig. 7

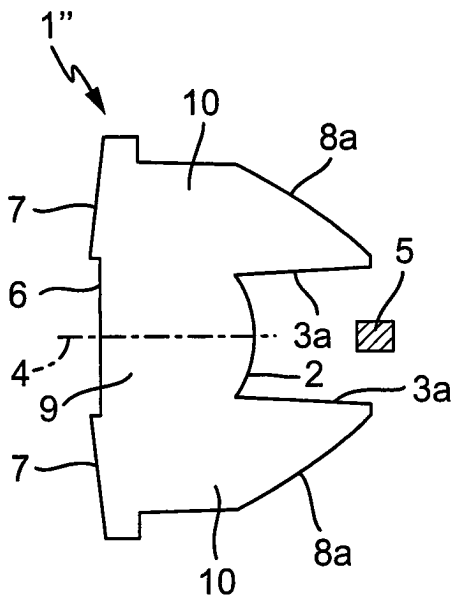


Fig. 8

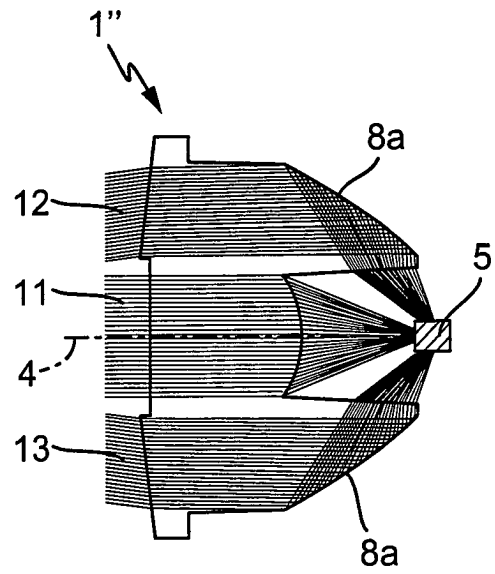


Fig. 9

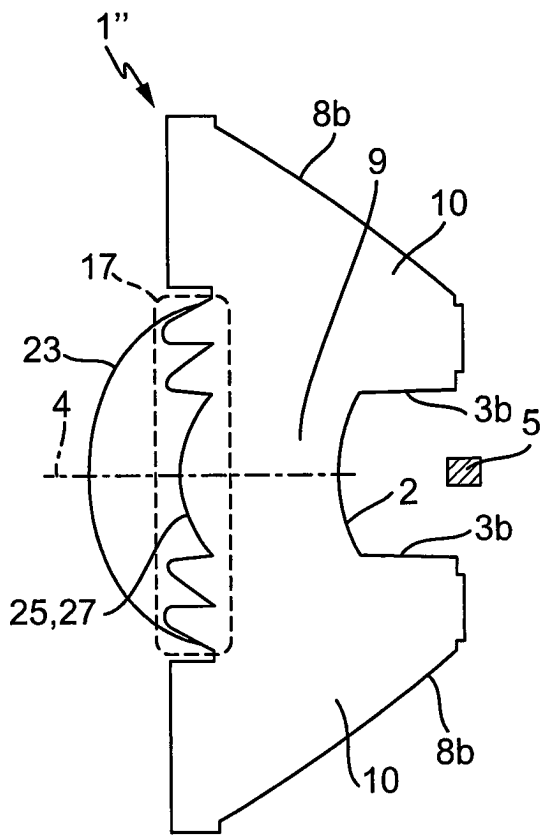


Fig. 10

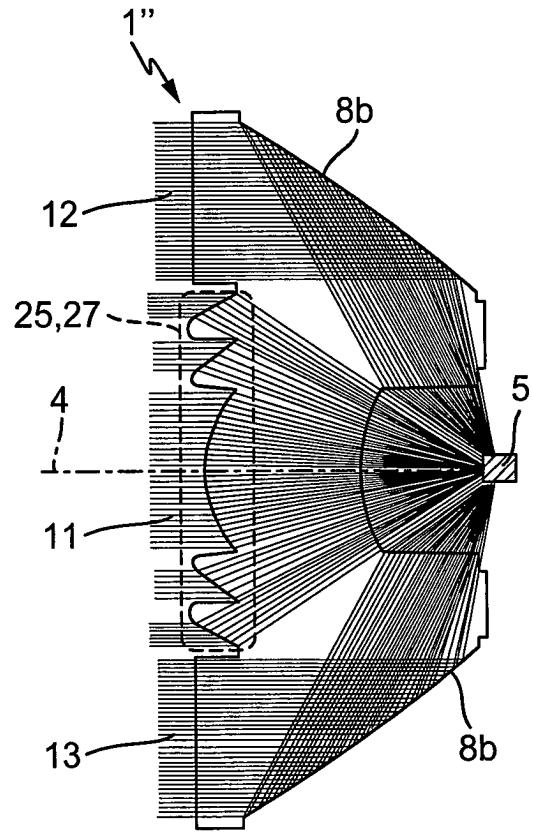


Fig. 11

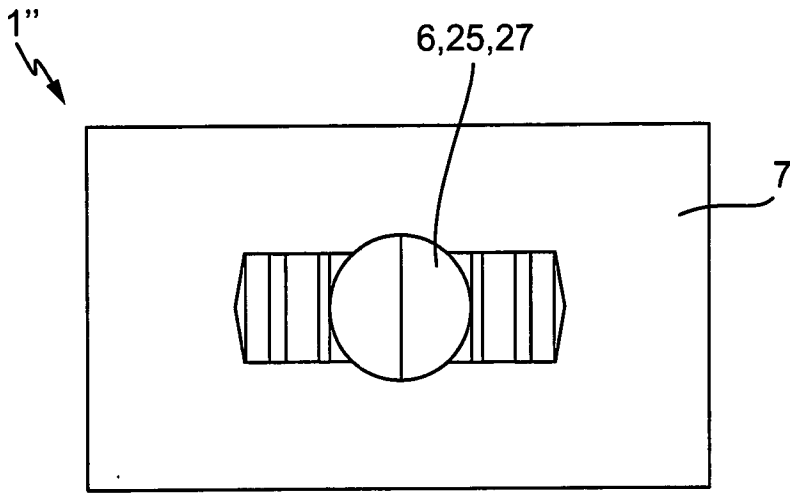


Fig. 12

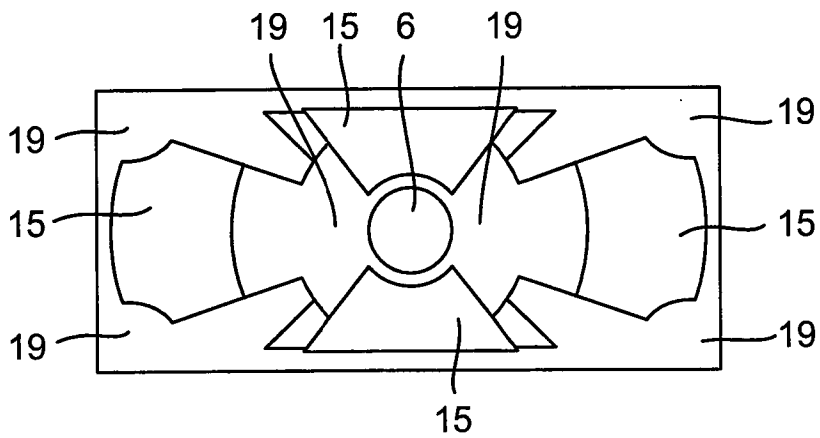


Fig. 13

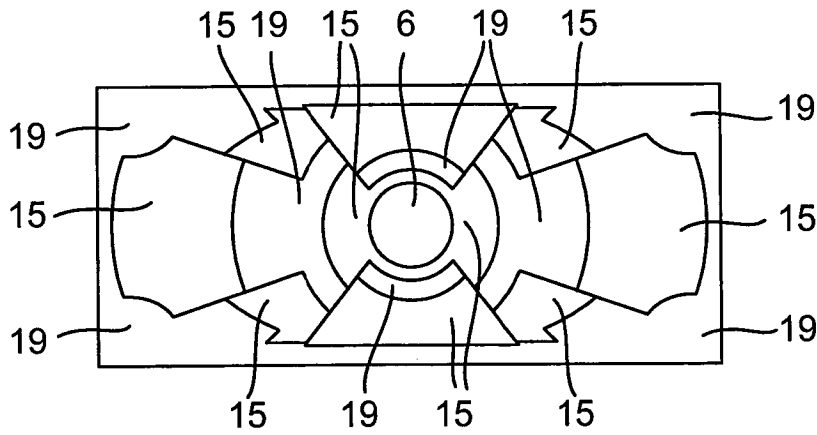


Fig. 14

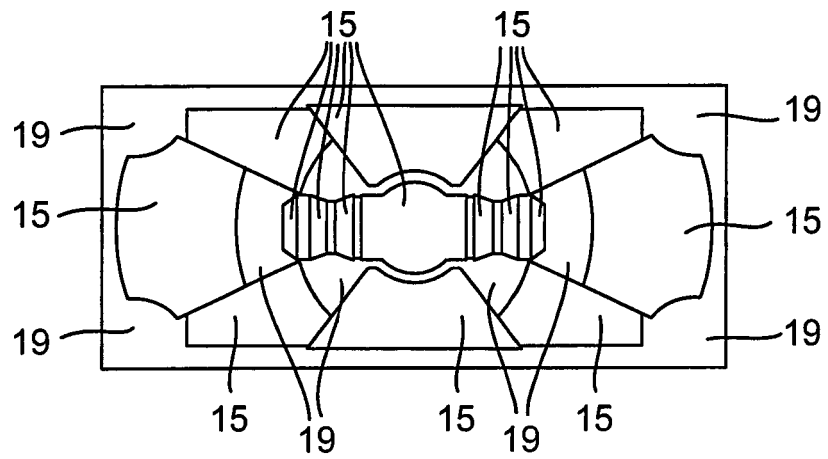


Fig. 15

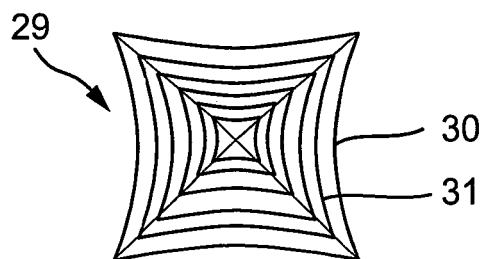


Fig. 16

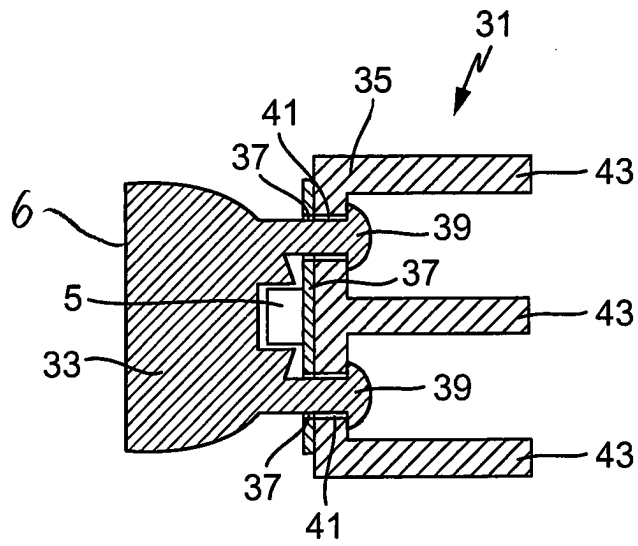


Fig. 17

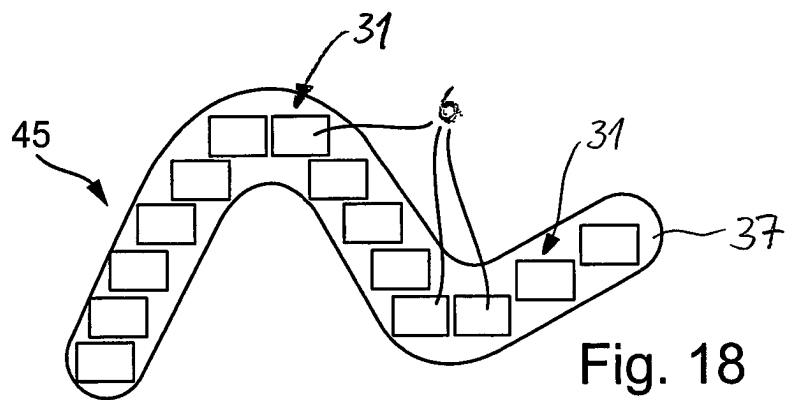


Fig. 18

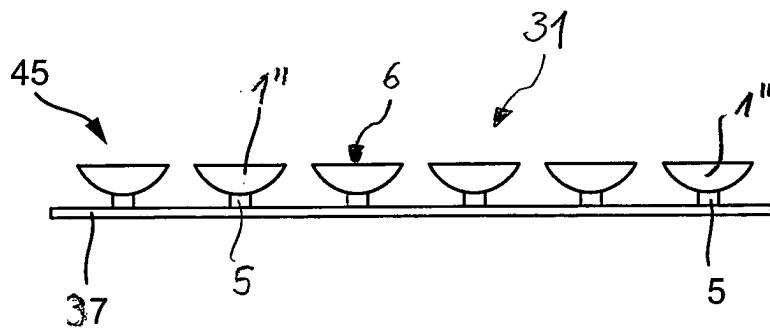


Fig. 19