



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.10.2012 Patentblatt 2012/40

(51) Int Cl.:
F21S 8/12 (2006.01) **F21V 5/00** (2006.01)
F21V 1/00 (2006.01) **F21V 7/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12161419.2**

(22) Anmeldetag: **27.03.2012**

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

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

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

(74) Vertreter: **Dreiss**
Patentanwälte
Gerokstrasse 1
70188 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **29.03.2011 DE 102011006380**

(54) **Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer Halbleiterlichtquelle**

(57) Vorgestellt wird ein Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) mit wenigstens einer Halbleiterlichtquelle (12) und einer einer Ausbreitungsrichtung des Lichtes innerhalb des Scheinwerfers beeinflussenden Optik (14), die eine erste Projektionslinse (16) aufweist, die eine Hauptfläche aufweist, wobei die Halbleiterlichtquelle in einem Brenn-

punkt der ersten Projektionslinse angeordnet ist und mit einer optischen Achse (28), die einen zentralen Punkt der Hell-Dunkel-Grenze der Lichtverteilung des Scheinwerfers mit der Halbleiterlichtquelle verbindet. Der Kraftfahrzeugscheinwerfer zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse (16) eine gegenüber der optischen Achse (28) geneigte Hauptfläche aufweist.

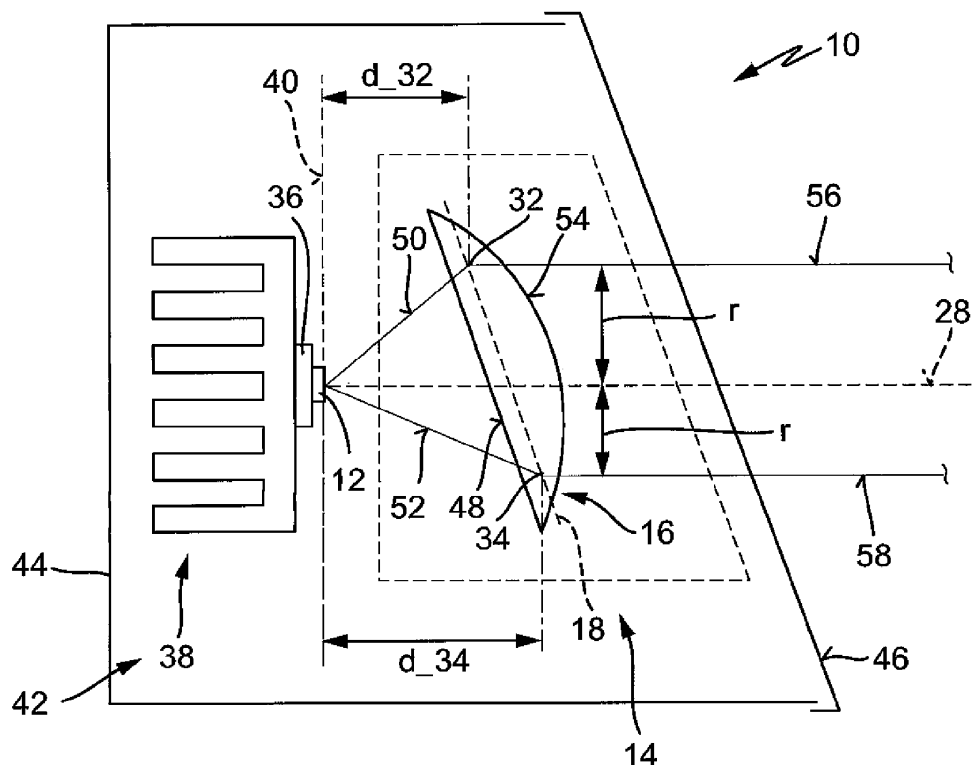


Fig. 1a

Beschreibung

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kraftfahrzeugscheinwerfer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solcher Kraftfahrzeugscheinwerfer weist wenigstens eine Halbleiterlichtquelle und eine Ausbreitungsrichtung des Lichtes innerhalb des Scheinwerfers beeinflussende Optik mit einer ersten Projektionslinse auf, die eine Hauptfläche aufweist. Dabei ist die Halbleiterlichtquelle in einem Brennpunkt der ersten Projektionslinse angeordnet, und der Scheinwerfer ist dazu eingerichtet, eine Lichtverteilung mit einem hellen Bereich und einem durch eine horizontal verlaufende Hell-Dunkel-Grenze von dem hellen Bereich getrennten dunklen Bereich zu erzeugen. Der Scheinwerfer weist eine optische Achse auf, die einen zentralen Punkt der Hell-Dunkel-Grenze mit der Halbleiterlichtquelle verbindet.

[0003] Unter einer Hauptfläche wird dabei eine gedanklich konstruierte Fläche verstanden, an der das Licht so gebrochen wird, wie an der realen Linse. Dies wird weiter unten unter Bezug auf die Figur 1 noch näher erläutert.

[0004] Ein solcher Kraftfahrzeugscheinwerfer ist per se bekannt. Mittlerweile finden zunehmend Leuchteinheiten in Fahrzeugscheinwerfern Anwendung, die zu meist aus mehreren Halbleiterlichtquellen mittels Projektions- oder Reflexionsoptiken Abblendlicht- oder Fernlichtverteilungen erzeugen. Halbleiterlichtquellen sind insbesondere LEDs, also Leuchtdioden (LED = Licht emittierende Diode). In dieser Anmeldung werden auch Anordnungen aus mehreren LEDs als Halbleiterlichtquelle bezeichnet. Für Kraftfahrzeugscheinwerfer werden heute meist LEDs mit einer rechteckigen oder quadratischen Lichtaustrittsfläche mit einer Kantenlänge von 0,5 mm bis 2 mm, insbesondere mit einer Kantenlänge von 1 mm verwendet. Im Gegensatz zu Gasentladungslampen weisen Halbleiterlichtquellen noch vergleichsweise geringe Lichtströme und Leuchtdichten auf, so dass die Abblendlicht- und Fernlicht-Lichtverteilungen bei LED-Scheinwerfern in der Regel aus mehreren Lichtmodulen gebildet werden.

[0005] Zur Darstellung einer Abblendlichtfunktion werden meist mindestens zwei Lichtverteilungen kombiniert: Eine Grundlicht-Lichtverteilung und eine Abblendlicht-Spot-Lichtverteilung. Dabei erzeugt ein Abblendlicht-Spot-Lichtmodul die Reichweite, also die Bereiche direkt an der Hell-Dunkel-Grenze, während das Grundlichtmodul die Seitenausleuchtung sowie den Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug (Fahrzeugvorfeld) ausleuchtet. Die Lichtverteilung des Grundlichtmoduls besitzt eine weitgehend horizontale Hell-Dunkel-Grenze und eine breite Seitenausleuchtung sowie einen weichen vertikalen Auslauf bis dicht vor das Fahrzeug. Damit entspricht die Grundlicht-Lichtverteilung weitgehend der Lichtver-

teilung eines Nebelscheinwerfers.

[0006] Man kennt heute verschiedene Bauformen von LED-Grundlichtmodulen. In der Regel werden Reflexions- und Projektionssysteme verwendet, wobei die Projektionssysteme mindestens eine Lichtquelle mit mindestens einer Primäroptik aufweisen, die ein Zwischenbild in der Brennebene mindestens einer Projektionslinse erzeugen. Meist wird das Zwischenbild über eine Blende in der Brennebene der Projektionslinse begrenzt, um auf diese Weise eine besonders scharfe Hell-Dunkel-Grenze zu erhalten.

[0007] Ferner sind Reflexions-Grundlichtmodule bekannt, bei denen das Lichtbündel der LED-Lichtquelle von einer frei geformten, meist facettierten Reflektorfläche in gewünschter Weise geformt wird.

[0008] Nachteilig ist, dass sowohl Reflektoren wie Projektoren relativ groß bauen. Insbesondere müssen Reflexionssysteme sehr groß ausgeführt werden, um eine gute Effizienz und akzeptable Reichweiten und/oder Beleuchtungsstärken zu erhalten. Bei Projektionssystemen, die aufgrund der Verwendung eines Zwischenbildes eine 2-stufige Abbildung vorsehen, ist häufig die daraus resultierende große Baulänge problematisch.

[0009] Halbleiterlichtquellen sind typischerweise Halbraumstrahler. Aufgrund der typischen Abstrahlcharakteristik in den Halbraum sowie begünstigt durch die scharfe Begrenzung der Halbleiterlichtquelle (durch die gerade berandeten LED-Chips), würden sich auch direkt abbildende (also ohne Bildung eines Zwischenbildes einstufig abbildende) Projektionssysteme anbieten, bei denen das Licht aus der Halbleiterlichtquelle durch eine astigmatische Linse direkt auf die Fahrbahn projiziert wird: Dabei liegt die Halbleiterlichtquelle direkt in der Brennebene der astigmatischen Linse, wodurch Raum und Kosten für Primäroptik und Zwischenbildebene eingespart werden können.

[0010] Neben den geringeren erzielbaren Beleuchtungsstärken ist hier nachteilig, dass nach Wegfall der Primäroptik nun die Projektionslinse die gesamte Lichtverteilung formen muss. Hierbei ergeben sich vielfache Restriktionen und Probleme.

[0011] Dabei sind insbesondere die folgenden Forderungen zu erfüllen: Es sollen hohe Beleuchtungsstärken an der Hell-Dunkel-Grenze erzielt werden, wobei gleichzeitig die Beleuchtungsstärke weich und gleichförmig in Richtung Fahrzeugvorfeld auslaufen soll. Es soll ein hoher Wirkungsgrad und gleichzeitig eine hohe Reichweite und eine hohe Beleuchtungsstärke erreicht werden. Die Lichtaustrittsfläche soll klein gehalten werden.

[0012] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, einen Kraftfahrzeugscheinwerfer bereitzustellen, der sich durch ein effizientes, kompaktes Lichtmodul auszeichnet, das durch Abbildung einer Halbleiterlichtquelle Abblendlicht-Lichtverteilungen erzeugen kann, insbesondere eine Grundlicht- oder Nebellicht-Lichtverteilung. Dabei soll das erfindungsgemäße Projektionssystem hohe Beleuchtungsstärken unmittelbar an der Hell-Dunkel-Grenze gewährleisten und

gleichzeitig weit reichende Lichtverteilungen bereitstellen, die an seitlichen und unteren Rändern der Lichtverteilung gleichmäßig zu kleineren Beleuchtungsstärken auslaufen, so dass eine homogene Ausleuchtung des Fahrzeugvorfeldes gewährleistet ist. Für das Gesamtsystem ist ein möglichst hoher optischer Wirkungsgrad anzustreben.

[0013] Diese Aufgabe wird mit einem Kraftfahrzeugscheinwerfer gelöst, der die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist. Ein solcher Kraftfahrzeug-Scheinwerfer weist die eingangs genannten Merkmale aus und zeichnet sich zusätzlich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse gegenüber der optischen Achse so geneigt angeordnet ist, dass in einem radialen Abstand von der optischen Achse oberhalb der optischen Achse liegende Punkte der Hauptfläche der ersten Projektionslinse in Richtung der optischen Achse einen axialen Abstand zu der Halbleiterlichtquelle aufweisen, der sich von einem axialen Abstand unterscheidet, den im gleichen radialen Abstand von der optischen Achse unterhalb der optischen Achse liegende Punkte der Hauptfläche der ersten Projektionslinse aufweisen.

[0014] Die Neigung der Hauptfläche beträgt bevorzugt 8° bis 20° . Durch die starke Neigung ergeben sich unterschiedliche Linsenzonen mit unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben. Die der Lichtquelle am nächsten liegenden Linsenzonen erzeugen große Bilder der Lichtquelle, weit entfernte Linsenzonen erzeugen kleine Bilder. Die großen Bilder werden bevorzugt für die Bereiche der Lichtverteilung verwendet, in denen große Ausdehnungen und kleine Beleuchtungsstärken gefordert sind, beispielsweise im Fahrzeugvorfeld. Mit nahe beabstandeten Linsenzonen lässt sich viel Lichtstrom auffangen und somit ein guter optischer Wirkungsgrad erreichen. Kleine Lichtquellenbilder aus weit beabstandeten Linsenzonen eignen sich gut zur Erzeugung von Reichweite direkt an der Hell-Dunkel-Grenze - bei geringerem optischem Wirkungsgrad.

[0015] Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse eine Lichteintrittsfläche aufweist und dazu eingerichtet ist, auf die Lichteintrittsfläche einfallendes Licht der Halbleiterlichtquelle direkt in die Lichtverteilung zu richten und dass in einem radialen Abstand von der optischen Achse oberhalb der optischen Achse liegende Punkte der Hauptfläche der ersten Projektionslinse in Richtung der optischen Achse einen kleineren axialen Abstand zu der Halbleiterlichtquelle aufweisen als im gleichen radialen Abstand von der optischen Achse unterhalb der optischen Achse liegende Punkte der Hauptfläche.

[0016] Bevorzugt ist auch, dass die Materialstärke der ersten Projektionslinse in einem zentralen Bereich der Linse maximal ist und zu den Rändern der ersten Projektionslinse hin abnimmt.

[0017] Ferner ist bevorzugt, dass die erste Projektionslinse als Konkav-Konvex-Linse mit einer konkaven Lichteintrittsfläche und einer konvexen Lichtaustrittsfläche realisiert ist.

[0018] Bevorzugt ist auch, dass ein Verlauf der Brennweite der ersten Projektionslinse in einer zum Horizont parallelen Ebene von einem Verlauf der Brennweite der ersten Projektionslinse in einer zum Horizont rechtwinkligen vertikalen Ebene abweicht.

[0019] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse in einer zum Horizont parallel verlaufenden Richtung einen bi-konvexen Querschnitt und in einer zum Horizont rechtwinkligen Vertikalrichtung einen konkav-konvexen Querschnitt aufweist.

[0020] Bevorzugt ist auch, dass der Abstand der Halbleiterlichtquelle von der ersten Projektionslinse der Brennweite der ersten Projektionslinse in der zum Horizont rechtwinkligen Vertikalrichtung entspricht.

[0021] Ferner ist bevorzugt, dass die Optik zusätzlich zur ersten Projektionslinse eine Sammellinse aufweist, die zwischen der Halbleiterlichtquelle und der ersten Projektionslinse angeordnet ist.

[0022] Bevorzugt ist auch, dass die zusätzliche Sammellinse eine Fresnel-Linse ist.

[0023] Bevorzugt ist ferner, dass die Optik zusätzlich zur ersten Projektionslinse einen Reflektor aufweist, der zwischen der Halbleiterlichtquelle und der ersten Projektionslinse angeordnet und dazu eingerichtet ist, von der Halbleiterlichtquelle ausgehendes Licht durch an wenigstens einer optischen Fläche des Reflektors auftretende Reflexionen so auf die Lichteintrittsfläche der Optik zu richten, dass dieses Licht so aus neben der Halbleiterlichtquelle liegenden Bereichen zu kommen scheint, dass die leuchtende Fläche der Halbleiterlichtquelle in vertikaler Richtung und/oder in horizontaler Richtung virtuell erweitert wird, das heißt vergrößert erscheint.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass eine reflektierende Fläche des Reflektors als metallische Beschichtung einer formgebenden Struktur des Reflektors realisiert ist.

[0025] Alternativ oder ergänzend ist bevorzugt, dass eine reflektierende Fläche des Reflektors als weiße oder diffus reflektierende Fläche realisiert ist.

[0026] Die weiße oder diffus reflektierende Fläche des Reflektors weist bevorzugt eine Titandioxid, Zinkoxid, Zinksulfid, Calciumcarbonat, Bleicarbonat, Bariumsulfat oder andere Weißpigmente enthaltende Schicht auf.

[0027] Eine weitere Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der Reflektor ein transparenter Festkörper ist, an dessen Reflexionsfläche Licht der Halbleiterlichtquelle interne Totalreflexionen erfährt.

[0028] Bevorzugt ist auch, dass der Reflektor Umlenkprismen aufweist, die jeweils optisch wirksame Flächen in Form einer brechenden Lichteintrittsfläche, einer brechenden Lichtaustrittsfläche, sowie mindestens einer Reflexionsfläche aufweisen, an der Licht der Halbleiterlichtquelle interne Totalreflexionen erfährt.

[0029] Dabei ist bevorzugt, dass wenigstens eine der optisch wirksamen Flächen eine konvexe oder konkave Wölbung aufweist.

[0030] Bevorzugt ist auch, dass der Kraftfahrzeug-

scheinwerfer eine unmittelbar an der Halbleiterlichtquelle angeordnete Blende mit einer Blendenkante aufweist, die ein von der Halbleiterlichtquelle ausgehendes Lichtbündel scharf begrenzt.

[0031] Ferner ist bevorzugt, dass die Halbleiterlichtquelle mehrere Licht emittierende Halbleiterchips aufweist.

[0032] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die mehreren Halbleiterchips unabhängig voneinander ansteuerbar sind.

[0033] Ferner ist bevorzugt, dass der Kraftfahrzeugscheinwerfer zusätzlich zu der ersten Projektionslinse eine im Lichtweg hinter der ersten Projektionslinse angeordnete zweite Projektionslinse aufweist und dazu eingerichtet ist, von der Halbleiterlichtquelle ausgehendes Licht mit der ersten Projektionslinse in einen Bereich zu bündeln, der im Abstand einer Brennweite von der zweiten Projektionslinse entfernt zwischen der ersten Projektionslinse und der zweiten Projektionslinse liegt und dass der Scheinwerfer ferner dazu eingerichtet ist, die Lichtverteilung als mittels der zweiten Projektionslinse vermittelte Abbildung eines Zwischenbildes zu erzeugen, das aus dem in den Bereich gebündelten Licht entsteht.

[0034] Bevorzugt ist auch, dass der Kraftfahrzeugscheinwerfer dazu eingerichtet ist, das Zwischenbild durch Begrenzen des in den Bereich gebündelten Lichtes durch wenigstens eine Blende und/oder einen Spiegel entstehen zu lassen.

[0035] Ferner ist bevorzugt, dass die erste Projektionslinse und/oder die Sammellinse und/oder die zweite Projektionslinse und/oder der Reflektor auf einer optisch wirksamen Fläche, sei es eine Lichteintrittsfläche und/oder eine Lichtaustrittsfläche einer Linse oder eine Reflexionsfläche des Reflektors, Licht in verschiedene Richtungen streuende Strukturen aufweist.

[0036] Bevorzugt ist auch, dass die streuenden Strukturen der optisch wirksamen Fläche eine wellige Gestalt verleihen. Ferner ist bevorzugt, dass die streuenden Strukturen eine Form von vertikal angeordneten Zylinderabschnitten aufweisen.

Zeichnungen

[0037] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen dabei durchgehende gleiche oder zumindest ihrer Hauptfunktion nach gleiche Elemente. Dabei zeigen, jeweils in schematischer Form:

Figur 1 eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfers zusammen mit einer Lichtverteilung;

Figur 2 eine perspektivische Darstellung einer Anordnung einer Projektionslinse und einer Halbleiterlichtquelle des Scheinwerfers aus

der Figur 1;

Figur 3 eine Vorderansicht des Gegenstands der Figur 2 mit verschiedenen Schnittebenen;

Figur 4 einen Vertikalschnitt des Gegenstands der Figur 2;

Figur 5 einen Horizontalschnitt des Gegenstands der Figur 2;

Figur 6 einen Vertikalschnitt einer Anordnung einer Halbleiterlichtquelle und einer Projektionslinse eines Ausführungsbeispiels der Erfindung zusammen mit einer resultierenden Lichtverteilung;

Figur 7 einen Vertikalschnitt einer Anordnung einer Halbleiterlichtquelle und einer Projektionslinse eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung zusammen mit einer resultierenden Lichtverteilung;

Figur 8 eine Ausgestaltung des Gegenstands der Figur 7;

Figur 9 einen Vertikalschnitt einer Anordnung einer Halbleiterlichtquelle, einer Projektionslinse und eines Zusatzreflektors;

Figur 10 eine Halbleiterlichtquelle mit einer Zusatzblende;

Figur 11 einen Vertikalschnitt durch Elemente eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugscheinwerfers; und

Figur 12 eine Ausgestaltung des Ausführungsbeispiels aus der Figur 11.

[0038] Im Einzelnen zeigt die Figur 1a einen Kraftfahrzeugscheinwerfer 10 mit wenigstens einer Halbleiterlichtquelle 12 und einer eine Ausbreitung von Licht der Halbleiterlichtquelle 12 innerhalb des Scheinwerfers 10 beeinflussenden Optik 14. Die Optik 14 weist eine erste Projektionslinse 16 mit einer Hauptfläche 18 auf. Die Halbleiterlichtquelle 12 ist in einem Brennpunkt der ersten Projektionslinse 16 angeordnet. Der Scheinwerfer 10 ist dazu eingerichtet, die in Figur 1b dargestellte Lichtverteilung 20 zu erzeugen.

[0039] Die Lichtverteilung 20 zeichnet sich durch einen hellen Bereich 22 und einen dunklen Bereich 24 aus, der von dem hellen Bereich 22 durch eine Hell-Dunkel-Grenze 26 getrennt ist. Die horizontal verlaufende Linie H repräsentiert dabei die Lage des Horizonts bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Kraftfahrzeugscheinwerfers 10 in einem Kraftfahrzeug. Die Linie V ent-

spricht einer Vertikalen, die bei einer bestimmungsge-
mäßigen Verwendung rechtwinklig zur Horizontalen H an-
geordnet ist. Der helle Bereich 22 der Lichtverteilung 20
liegt knapp unterhalb des Horizontes H und weist in hor-
izontaler Richtung eine wesentliche größere Erstrek-
kung als in vertikaler Richtung auf. Eine solche Lichtver-
teilung ist für eine Abblendlicht- und/oder Grundlicht-
Lichtverteilung typisch.

[0040] Bei dem Ausführungsbeispiel, das in der Figur
1 dargestellt ist, wird die Lichtverteilung 20 durch direkte
Abbildung der Lichtaustrittsfläche der Halbleiterlichtquel-
le 12 erzeugt, wobei die erste Projektionslinse 16 ein Bild
der Halbleiterlichtquelle 12 direkt in das weit vor dem
Kraftfahrzeugscheinwerfer 10 liegende Vorfeld projiziert.
In einer Ausgestaltung weist der Kraftfahrzeugschein-
werfer 10 weitere Halbleiterlichtquellen und gegebenen-
falls weitere Optiken 14 auf, die der Grundlicht-Lichtver-
teilung 20 weitere Teillicht-Lichtverteilungen überlagern,
zum Beispiel Spot-Lichtverteilungen, um eine den jewei-
ligen Verkehrsverhältnissen angepasste Gesamtlicht-
verteilung zu erzeugen. Eine optische Achse 28 des
Kraftfahrzeugs verläuft zwischen der Halbleiterlichtquel-
le 12 und einem zentralen Punkt 30 der Hell-Dunkel-
Grenze 26. Der zentrale Punkt 30 liegt daher bevorzugt
im Kreuzungspunkt der Vertikalen V und der Horizontalen
H oder knapp darunter.

[0041] Der Kraftfahrzeugscheinwerfer 10 zeichnet
sich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse 16 ge-
genüber der optischen Achse 28 so geneigt angeordnet
ist, dass in einem radialen Abstand r von der optischen
Achse 28 oberhalb der optischen Achse 28 liegende
Punkte 32 der Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse
16 in Richtung der optischen Achse 28 einen axialen Ab-
stand d_{32} zu der Halbleiterlichtquelle 12 aufweisen, der
sich von einem Abstand d_{34} unterscheidet, den ein im
gleichen radialen Abstand r von der optischen Achse 28
unterhalb der optischen Achse 28 liegender Punkt 34 der
Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse 16 aufweist.

[0042] Die Hauptfläche ist eine gedankliche Konstruk-
tion, die auf die folgende Weise erzeugt wird. Man be-
trachtet einen auf eine Lichteintrittsfläche 52 der ersten
Projektionslinse 16 einfallenden Strahl 50, 52 und den
jeweils zugehörigen, aus der Lichtaustrittsfläche 54 der
ersten Projektionslinse 16 austretenden Strahl 56, 58.
Die Richtung des austretenden Strahls 56, 58 unterschei-
det sich aufgrund der beim Eintritt und beim Austritt aus
der ersten Projektionslinse 16 durch Brechung auftreten-
den Richtungsänderungen von der Richtung des austre-
tenden Strahls 56, 58. Für die gedankliche Konstruktion
der Hauptfläche 18 wird diese zweimalige Richtungsän-
derung gedanklich durch eine einzige Richtungsände-
rung ersetzt, die innerhalb der Linse in einem Punkt er-
folgt, in dem sich der eintretende Strahl 50, 52 und der
zugehörige austretende Strahl 56, 58 schneiden würden,
wenn an der Lichteintrittsfläche 48 und an der Lichtaus-
trittsfläche 54 keine Richtungsänderung erfolgen würde.
Die Menge aller möglichen Schnittpunkte, die sich für
verschiedene Lichtstrahlen ergeben, bildet die Haupte-

bene 18 der ersten Projektionslinse 16. Erfindungsge-
mäß ist die Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse
16 gegenüber der optischen Achse 28 so geneigt ange-
ordnet, dass sich die axialen Abstände d_{32} und d_{34}
von in gleichem radialen Abstand r oberhalb und unter-
halb der optischen Achse 28 liegenden Punkten 32 und
34 der Hauptfläche 18 wesentlich voneinander unter-
scheiden.

[0043] In der Ausgestaltung, die in der Figur 1 darge-
stellt ist, weisen in einem radialen Abstand r von der op-
tischen Achse 28 oberhalb der optischen Achse 28 lie-
gende Punkte 32 der Hauptfläche 18 einen kleineren
axialen Abstand d_{32} zu der Halbleiterlichtquelle 12 auf,
als im gleichen radialen Abstand r von der optischen Ach-
se 28 unterhalb der optischen Achse 28 liegende Punkte
34 der Hauptfläche 18, die einen axialen Abstand d_{34}
zur Lichtquelle 12 aufweisen. Dabei erstrecken sich axia-
le Abstände parallel zur optischen Achse 28 und radiale
Abstände erstrecken sich rechtwinklig zur optischen
Achse 28.

[0044] Die Halbleiterlichtquelle 12 besteht aus einem
oder mehreren Halbleiterchips, die gemeinsam oder
auch getrennt voneinander ein- und ausgeschaltet wer-
den können. In dieser Anmeldung werden insbesondere
Ausgestaltungen mit fünf Halbleiterchips vorgestellt. Es
versteht sich aber, dass die Zahl der Halbleiterchips auch
kleiner oder größer als fünf sein kann und dass die Halb-
leiterchips nicht nur, wie in hier erläuterten Ausgestal-
tungen, in einer einzelnen Zeile angeordnet sein müssen.
Die Chips können vielmehr auch matrixartig in Zeilen und
Spalten oder in einer anderen, bevorzugt regelmäßigen
Anordnung auf dem Schaltungsträger 36 montiert sein.

[0045] Der Schaltungsträger 36 ist bevorzugt eine
starre oder flexible Leiterplatte, auf der die Halbleiter-
chips der Halbleiterlichtquelle 12 befestigt sind und durch
die die Halbleiterchips elektrisch kontaktiert werden. Dar-
über hinaus ist der Schaltungsträger 36 dazu eingerich-
tet, die beim Betrieb der Halbleiterlichtquelle 12 entste-
hende elektrische Verlustwärme aufzunehmen und an
einen thermisch mit dem Schaltungsträger 36 gekoppel-
ten Kühlkörper 38 weiterzuleiten, der die Verlustwärme
an die Umgebungsluft abgibt.

[0046] Die Montage der Halbleiterlichtquelle 12 im
Scheinwerfer 10 erfolgt relativ zur ersten Projektionslinse
16 bevorzugt so, dass die Lichtaustrittsfläche der Halb-
leiterlichtquelle 12 in einer Petzval-Fläche 40 der ersten
Projektionslinse 16 liegt. Die Petzval-Fläche 40 ist dabei
die Fläche aller Punkte, die von der Projektionslinse 16
scharf abgebildet werden. Das bedeutet insbesondere,
dass die Halbleiterlichtquelle 12 in einem Brennpunkt der
ersten Projektionslinse 16 angeordnet ist. Die bisher be-
schriebenen strukturellen Elemente bilden ein Lichtmo-
dul 42. Dieses Lichtmodul 42 befindet sich allein oder
auch zusammen mit weiteren Lichtmodulen des Schein-
werfers 10 in einem Gehäuse 44. Das Gehäuse 44 weist
eine in der Figur 1 nach rechts gerichtete Lichtaustritts-
öffnung auf, die von einer transparenten Abdeckscheibe
46 abgedeckt wird.

[0047] Figur 2 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Kühlkörpers 38 mit montiertem Schaltungsträger 36 und einer darauf montierten Halbleiterlichtquelle 12, die aus mehreren, horizontal nebeneinander angeordneten Halbleiterchips besteht, zusammen mit einer ersten Projektionslinse 16. Die Figur 2 dient insbesondere zur Veranschaulichung des Gegenstands der Figuren 3 bis 5.

[0048] Die Figur 3 zeigt eine Vorderansicht des Gegenstands der Figur 2, also eine Ansicht des Gegenstands der Figur 2, wie sie sich aus einer der Lichtabstrahlrichtung entgegengesetzten Blickrichtung ergibt. Aus dieser Blickrichtung sieht man die Lichtaustrittsfläche 54 der ersten Projektionslinse 16 vor dem Kühlkörper 38. Die Figur 3 zeigt insbesondere eine bevorzugte Ausgestaltung, die sich dadurch auszeichnet, dass die erste Projektionslinse 16 in Richtung einer Horizontalen eine größere Ausdehnung besitzt als in Richtung einer Vertikalen. Dabei entspricht die Richtung der Vertikalen der Schnittebene IV-IV und die Richtung der Horizontalen der Schnittebene V-V in der Figur 3.

[0049] Figur 4 zeigt den Gegenstand der Figur 3 im Vertikalschnitt IV-IV, und die Figur 5 zeigt den Gegenstand der Figur 3 im Horizontalschnitt V-V. Der vertikale Schnitt zeigt insbesondere ein Profil der ersten Projektionslinse 16, das um eine zum Horizont H parallele und zur optischen Achse 28 senkrechte Achse geneigt ist. Bei einer direkt abbildenden Projektionslinse 16 bedeutet dies, dass die Hauptfläche der ersten Projektionslinse 16 oberhalb der optischen Achse 28 deutlich näher an der Lichtquelle 12 liegt als unterhalb der optischen Achse 28. Bei einer Linsenform, wie sie in der Figur 4 dargestellt ist, bedeutet dies auch, dass der Linsenrand, insbesondere der Rand der der Lichtquelle 12 zugewandten Linsenfläche (Lichteintrittsfläche) 48 oberhalb der optischen Achse 28 deutlich näher an der Lichtquelle 12 liegt als unterhalb der optischen Achse 28. Das Profil des vertikalen Querschnitts durch die erste Projektionslinse 16 entspricht dabei dem Profil einer Sammellinse, da die Materialstärke der ersten Projektionslinse 16 im Bereich der optischen Achse 28 am größten ist und zum Linsenrand hin abfällt.

[0050] Die Figuren 4 und 5 zeigen die dort jeweils abgebildeten Komponenten im gleichen Maßstab. Ein Vergleich der Figuren 4 und 5 zeigt daher insbesondere, dass die Linsenquerschnitte im horizontalen Schnitt der Figur 5 und dem vertikalen Schnitt der Figur 4 unterschiedliche Krümmungen und damit unterschiedliche Brennweiten aufweisen. Die Krümmungsradien im Horizontalschnitt sind dabei wesentlich größer als die Krümmungsradien im Vertikalschnitt. Als Folge erzeugt die erste Projektionslinse 16 in der horizontalen Schnittebene ein stark divergentes Lichtbündel, was in der Figur 5 durch den breiten Öffnungswinkel 59 repräsentiert wird. Dagegen führt der kleinere Krümmungsradius im Vertikalschnitt dazu, dass das Licht in vertikaler Richtung wesentlich stärker gebündelt wird. Insgesamt ergibt sich damit eine astigmatische Abbildung, so dass die Lichtquelle 12 als vertikal schmale, horizontal aber sehr breite Licht-

verteilung 20 abgebildet wird, wie sie qualitativ in der Figur 1b dargestellt ist.

[0051] Im Vertikalschnitt besitzt die erste Projektionslinse 16 bevorzugt eine konkave Lichteintrittsfläche 48 und eine konvexe Lichtaustrittsfläche 54. Im Horizontalschnitt kann die Lichteintrittsfläche 48 auch, abweichend von der Darstellung der Figur 5, konvex realisiert sein, so dass sich ein bikonvexer Querschnitt ergibt.

[0052] Die Figur 6 zeigt einen der Figur 4 vergleichbaren Vertikalschnitt zusammen mit einzelnen Elementen einer resultierenden Lichtverteilung 20. Die Figur 6 bezieht sich insbesondere auf ein direkt abbildendes System mit einer fünf Chips und damit fünf Lichtaustrittsflächen aufweisenden Halbleiterlichtquelle 12, die von einer Projektionslinse 16 in eine Lichtverteilung 20 abgebildet wird. Die Lichtverteilung 20 liegt dabei, wie es auch in Verbindung mit der Figur 1b bereits erläutert worden ist, in einer H-V Ebene vor dem Kraftfahrzeugscheinwerfer, wobei die horizontale Achse H mit der optischen Achse 28 und der vertikalen Achse V ein rechtshändiges Koordinatensystem bildet.

[0053] Um die technischen Effekte der gekippten Anordnung zu erläutern, werden in der Figur 6 drei unterschiedliche Linsenzonen LZ1, LZ2 und LZ3 betrachtet. Es versteht sich, dass dies eine rein gedankliche Konstruktion ist und dass die Linse auf beliebige Weise in andere Linsenzonen eingeteilt werden könnte. Die Linsenzonen können jeweils als Teilbereiche der Hauptfläche 18 aufgefasst werden. Eine erste Linsenzone LZ1 ist oberhalb der optischen Achse 28 angeordnet, während eine zweite Linsenzone LZ2 im Bereich der optischen Achse 28 und eine dritte Linsenzone LZ3 unterhalb der optischen Achse 28 angeordnet ist.

[0054] Aufgrund der gekippten Anordnung der Projektionslinse 16 weist die obere Linsenzone LZ1 einen ersten Abstand S1 von der Halbleiterlichtquelle 12 auf, der kleiner ist als ein Abstand S2 der zweiten Linsenzone LZ2 von der Halbleiterlichtquelle 12, wobei dieser Abstand S2 wiederum kleiner ist als ein Abstand S3 der dritten Linsenzone LZ3 von der Halbleiterlichtquelle 12. Die unterschiedlichen Abstände S1 kleiner S2 kleiner S3 ($S1 < S2 < S3$) sind durch die beschriebene Neigung der Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse 16 bedingt.

[0055] Aufgrund der voneinander abweichenden Abstände S1, S2 und S3 ergeben sich für die verschiedenen Linsenzonen LZ1, LZ2 und LZ3 verschiedene Abbildungsmaßstäbe. Die Linsenzone LZ1, die der fünf Lichtaustrittsflächen aufweisenden Halbleiterlichtquelle 12 am nächsten liegt, erzeugt große Bilder B_LZ1 der einzelnen Lichtaustrittsflächen der Halbleiterlichtquelle 12 in der Lichtverteilung 20. Die weiter entfernt von der Halbleiterlichtquelle 12 liegende Linsenzone LZ2 erzeugt Bilder B_LZ2 der

Lichtaustrittsflächen Halbleiterchips der Halbleiterlichtquelle 12, die kleiner als die Bilder B_LZ1 sind. Die am weitesten von der Halbleiterlichtquelle 12 entfernte Linsenzone LZ3 erzeugt die kleinsten Bilder B_LZ3 der fünf Lichtaustrittsflächen der Halbleiterchips der

Halbleiterlichtquelle 12.

[0056] Die großen Bilder B_LZ1 werden bevorzugt für die Bereiche der Lichtverteilung verwendet, in denen große Ausdehnungen und kleine Beleuchtungsstärken gefordert sind, beispielsweise im nahe vor dem Kraftfahrzeug liegenden Kraftfahrzeugvorfeld. Mit den zugehörigen vergleichsweise nahe an der Halbleiterlichtquelle 12 liegenden Linsenzonen LZ1 lässt sich viel Lichtstrom auffangen und somit ein guter optischer Wirkungsgrad erreichen.

[0057] Kleinere Lichtquellenbilder, zum Beispiel die Lichtquellenbilder B_LZ3 aus weiter entfernt vor der Halbleiterlichtquelle 12 liegenden Linsenzonen LZ3, eignen sich dagegen gut zur Ausleuchtung weiter entfernt vor dem Fahrzeug liegenden Bereiche, die in der Lichtverteilung 20 knapp unterhalb der Hell-Dunkel-Grenze 26 liegen. Mit diesen Bereichen wird die größte Reichweite direkt an der Hell-Dunkel-Grenze 26 erreicht, wobei die größere Reichweite mit einem vergleichsweise schlechten Wirkungsgrad erkauft wird.

[0058] In der Realität gehen die verschiedenen Linsenzonen kontinuierlich ineinander über, so dass sich ihre Bilder in der Lichtverteilung 20 auch kontinuierlich von außen nach innen oder von innen nach außen ineinander übergehend überlagern. Dabei gilt, dass aus der Linsenzonen, die der Halbleiterlichtquelle 12 am nächsten liegt, die größten Chipbilder mit der geringsten Beleuchtungsstärke kommen, während aus der Linsenzonen mit dem größten Abstand zur Halbleiterlichtquelle 12 die kleinsten Chipbilder mit der größten Beleuchtungsstärke kommen.

[0059] Die Projektionslinse 16 ist relativ zur Halbleiterlichtquelle 12 bevorzugt so positioniert, dass die Halbleiterlichtquelle 12 in der Petzval-Fläche des vertikalen Querschnitts der Projektionslinse 16 liegt, in dem auch die optische Achse 28 verläuft. Das bedeutet, dass die Hell-Dunkel-Grenze 26 durch die scharfe Abbildung der Unterkante der Halbleiterlichtquelle 12 erzeugt wird. Dabei tragen allerdings nur einzelne Bereiche aus den Vertikalschnitten der Projektionslinse 16 zur scharfen Abbildung der Lichtquellenunterkante bei. Die übrigen Ränder der Lichtverteilung 20 erscheinen unscharf, da die verschiedenen Linsenzonen jeweils Bilder stark unterschiedlicher Größe liefern. Da der Horizontalschnitt aufgrund seines gegenüber dem Vertikalschnitt anderen Krümmungsradiuses keine scharfe Abbildung liefert, wird ein horizontal breit verwischtes Lichtband mit geringer vertikaler Ausdehnung erzeugt, die wesentlich geringer als die horizontale Ausdehnung ist. Damit ergibt sich qualitativ die in der Figur 1b dargestellte Form der Lichtverteilung 20.

[0060] Die Projektionslinse 16 weist in einer Ausgestaltung auf mindestens einer Linsenfläche, sei es die Lichteintrittsfläche 48 und/oder die Lichtaustrittsfläche 54, zumindest bereichsweise streuende Strukturen auf, die zum Beispiel durch eine wellige Form der Oberfläche realisiert sind. Durch solche streuenden Mikrostrukturen kann gezielt eine leichte Unschärfe der Hell-Dunkel-

Grenze erzielt werden, die zur Homogenisierung der Lichtverteilung beiträgt, und die darüber hinaus dazu beiträgt, Farbfehler zu beseitigen. Vertikal angeordnete zylindrische Mikrolinsen streuen horizontal und haben damit keinen entscheidenden Einfluss auf den Beleuchtungsstärkegradienten, das heißt auf die maximale Reichweite des Scheinwerfers 10.

[0061] Die Figur 7 zeigt eine Ausgestaltung, bei der die Optik 14 zusätzlich zur ersten Projektionslinse 16 eine Sammellinse 60 aufweist, die zwischen der Halbleiterlichtquelle 12 und der ersten Projektionslinse 16 angeordnet ist. Ein Teil des von der Halbleiterlichtquelle 12 in den Halbraum abgestrahlten Lichtes durchläuft die Sammellinse 60. Dieses Licht wird in der Figur 7 durch den Öffnungswinkel 64 repräsentiert. Der Teil 66 des von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgehenden Lichtes, der nur die erste Projektionslinse 16 durchläuft und der die Sammellinse 60 nicht durchläuft, erzeugt kleine Lichtquellenbilder B_66 mit hoher Beleuchtungsstärke, die für die Bildung der Hell-Dunkel-Grenze 26 genutzt werden.

[0062] Die zusätzliche Sammellinse 60 lenkt zusätzliche Strahlen aus dem Öffnungswinkel 64 auf die erste Projektionslinse 16 und erhöht so den Wirkungsgrad des optischen Systems. Dabei wird hier unter einer Effizienz, beziehungsweise einem Wirkungsgrad des optischen Systems der Quotient des von der Lichtquelle 12 ausgehenden Lichtes im Nenner und des in der Lichtverteilung 20 auftreffenden Lichtes im Zähler verstanden. Das Licht 68, das sowohl die zusätzliche Sammellinse 60 als auch die erste Projektionslinse 16 durchlaufen hat, scheint von oberhalb der Halbleiterlichtquelle 12 zu kommen. Das bedeutet, dass die zusätzliche Sammellinse 60 virtuelle, vergrößerte Bilder der Halbleiterlichtquelle 12 erzeugt, wie sie als Bilder B_68 in der Lichtverteilung 20 gemäß der Darstellung der Figur 7 abgebildet sind. In der Figur 7 wird diese virtuelle Erweiterung durch ein oberhalb der Halbleiterlichtquelle 12 liegendes virtuelles Bild 62 der Halbleiterlichtquelle 12 repräsentiert.

[0063] In der Ausgestaltung, die in der Figur 7 dargestellt ist, ist die zusätzliche Sammellinse 60 oben zur Halbleiterlichtquelle 12 hin geneigt, während die erste Projektionslinse 16 oben von der ersten Halbleiterlichtquelle 12 weg geneigt ist. Wesentlich ist in jedem Fall, dass wenigstens eine der beiden Linsen 16, 60 eine gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 definierte Neigung aufweist. Es ist diese Neigung, die für die unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe verantwortlich ist. Ob ein größerer Abbildungsmaßstab oberhalb der optischen Achse und ein kleinerer Abbildungsmaßstab unterhalb der optischen Achse erzeugt wird oder ob ein kleinerer Abbildungsmaßstab oberhalb der optischen Achse und ein größerer Abbildungsmaßstab unterhalb der optischen Achse erzeugt wird, ist dagegen von untergeordneter Bedeutung.

[0064] Figur 8 zeigt eine weitere Ausgestaltung, bei der die zusätzliche Sammellinse als Fresnel-Linse mit Fresnel-Zonen 66 realisiert ist. Bei einer solchen Fresnel-Linse 60 werden die Lichtstrahlen von mehreren diskre-

ten Fresnel-Linsenzonen 66 abgelenkt. Die einzelnen Fresnel-Linsenzonen 66 können dabei zu Prismenkeilen degeneriert sein.

[0065] Die Figur 9 zeigt eine Ausgestaltung, bei der die Optik 14 zusätzlich zur ersten Projektionslinse 16 einen Zusatzreflektor 68 aufweist, der zwischen der Halbleiterlichtquelle 12 und der ersten Projektionslinse 16 angeordnet ist. Der Zusatzreflektor 68 ist durch seine Anordnung und seine Form dazu eingerichtet, von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgehendes Licht durch an wenigstens einer optischen Fläche des Zusatzreflektors 68 auftretende Reflexionen so auf die Lichteintrittsfläche 48 der ersten Projektionslinse 16 zu richten, dass dieses Licht so aus neben der Halbleiterlichtquelle 12 liegenden Bereichen zu kommen scheint, dass die leuchtende Fläche der Halbleiterlichtquelle 12 in vertikaler Richtung und/oder in horizontaler Richtung virtuell erweitert wird. In der Figur 9 wird diese virtuelle Erweiterung durch ein oberhalb der Halbleiterlichtquelle 12 liegendes virtuelles Bild 62 der Halbleiterlichtquelle 12 repräsentiert. Der Zusatzreflektor 68 weist insbesondere eine zur optischen Achse 28 schräg liegende Reflexionsfläche auf, so dass darauf fallendes Licht der Halbleiterlichtquelle 12 auf die Lichteintrittsfläche 48 der ersten Projektionslinse 16 gelenkt wird. Die Reflexionsfläche kann wahlweise gewölbt, insbesondere konkav gewölbt sein.

[0066] Der Zusatzreflektor 68 wird bevorzugt an mindestens einer Seitenkante der Halbleiterlichtquelle 12 so angeordnet, dass ein Teil des von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgehenden Lichtes auf den Zusatzreflektor 68 fällt.

Dieser erzeugt daraus virtuelle Bilder der Halbleiterlichtquelle 12 in der Petzval-Ebene der Projektionslinse 16. Dadurch wird die Lichtaustrittsfläche der Halbleiterlichtquelle 12 virtuell vergrößert. Die von der Reflexionsfläche des Zusatzreflektors 68 reflektierten Strahlen scheinen aus Bereichen neben den Lichtaustrittsflächen der Chips der Halbleiterlichtquelle 12 zu kommen und erweitern so die Bilder der Lichtaustrittsflächen der Chips der Halbleiterlichtquelle 12 in der auf der Fahrbahn resultierenden Lichtverteilung 20 vor dem Fahrzeug zur Seite oder nach unten. Dadurch wird ein weicher Auslauf der Lichtverteilung erzielt. Unter einem weichen Auslauf wird hier ein flacher Intensitätsgradient verstanden. Dadurch, dass der Zusatzreflektor 68 Licht auffängt, das von der Halbleiterlichtquelle 12 in einen Öffnungswinkel 64 abgestrahlt wird, der neben der Lichteintrittsfläche 48 der ersten Projektionslinse 16 liegt, fängt der Zusatzreflektor 68 einen Lichtstrom auf, der sonst nicht auf die erste Projektionslinse 16 treffen würde. Der Zusatzreflektor 68 vergrößert damit die insgesamt auf die Lichteintrittsfläche 48 der ersten Projektionslinse 16 auftretende Menge an Licht und erhöht somit den optischen Wirkungsgrad.

[0067] Wenn der Zusatzreflektor 68 an der Oberkante der Halbleiterlichtquelle 12 platziert wird, ergibt sich eine Erweiterung der Lichtverteilung 20 nach unten in Richtung des näher vor dem Fahrzeug liegenden Fahrzeug-

vorfeldes. Werden an den Seitenkanten der Halbleiterlichtquelle 12 Zusatzreflektoren 68 platziert, lässt sich mit Hilfe des dann zusätzlich reflektierten Lichtes die Lichtverteilung zu den Seiten hin erweitern und so die Seitenausleuchtung verbessern. Wie bereits im Zusammenhang mit der zusätzlichen Sammellinse 60 erläutert worden ist, erzeugt auch hier der Teil des Lichtes, der nur die erste Projektionslinse 16 durchläuft, kleine Lichtquellenbilder mit hoher Beleuchtungsstärke, die für die Bildung der Hell-Dunkel-Grenze genutzt werden können. Der Teil des Lichtes, der durch den Zusatzreflektor 68 auf die Projektionslinse 16 gelenkt wird, trägt zur verbesserten Ausleuchtung der großen Lichtquellenbilder bei, wie sie in der Figur 7 mit dem Bezugszeichen B₆₈ bezeichnet sind.

[0068] Die Reflexionsfläche des Zusatzreflektors 68 ist in einer bevorzugten Ausgestaltung als metallische Beschichtung einer formgebenden und gegebenenfalls mit einer zur Glättung von Rauigkeiten lackierten Struktur des Zusatzreflektors 68 realisiert. Alternativ ist eine reflektierende Fläche des Zusatzreflektors 16 als weiße oder diffus reflektierende Fläche realisiert. Eine weiße und/oder diffus reflektierende Fläche lässt sich zum Beispiel dadurch erzielen, dass die reflektierende Fläche des Zusatzreflektors 68 eine Titandioxid, Zinkoxid, Zinksulfid, Kalziumcarbonat, Bleicarbonat, Bariumsulfat oder andere Weißpigmente enthaltende Schicht aufweist.

[0069] Der Zusatzreflektor 68 kann auch als den Effekt einer internen Totalreflexion an einer Grenzfläche eines transparenten Festkörpers nutzender Reflektor ausgeführt sein und zum Beispiel aus Glas, PMMA (Polymethylmetacrylat) oder PC (Polycarbonat) bestehen. Dabei wird die Reflexionsfläche durch Grenzflächen eines oder mehrerer Umlenkprismen gebildet, wobei ein solches Umlenkprisma jeweils eine optisch wirksame Fläche in Form einer brechenden Lichteintrittsfläche, einer brechenden Lichtaustrittsfläche sowie mindestens einer totalreflektierenden Fläche aufweist. Alle optisch wirksamen, das heißt die Lichtrichtung ändernden Flächen können in diesem Fall konvex oder konkav gewölbt sein. Der Zusatzreflektor kann, zumindest teilweise, streuende, zum Beispiel wellige, Strukturen aufweisen. Dies gilt sowohl für einen Reflektor, bei dem eine intransparente Struktur mit einer Reflexionsschicht beschichtet ist, als auch für Ausgestaltungen, die den Effekt der internen Totalreflexion nutzen. Im Fall eines internen Totalreflexionen nutzenden transparenten Festkörpers können sich die streuenden Strukturen auch auf brechenden Lichteintritts- und Lichtaustrittsflächen befinden.

[0070] Figur 9b zeigt einen Zusatzreflektor 68, der aus einer reflektierend beschichteten und intransparenten Struktur besteht. Die Figur 9c zeigt die Alternative eines TIR Zusatzreflektors 68 (TIR = Total Internal Reflection). Sowohl die Figur 9b als auch die Figur 9c veranschaulichen durch die dargestellten Strahlengänge darüber hinaus das Zustandekommen der virtuellen Bilder 62 der Halbleiterlichtquelle 12, die die Lichtaustrittsfläche der Halbleiterlichtquelle 12 scheinbar vergrößern.

[0071] Die Figur 10 zeigt einen Kühlkörper 38 mit einem darauf montierten Schaltungsträger 36, auf dem fünf LED

Halbleiterchips angeordnet sind, die eine Halbleiterlichtquelle 12 darstellen. Anstelle von fünf Halbleiterchips kann die Halbleiterlichtquelle 12 auch eine größere oder kleinere Zahl n von Halbleiterchips aufweisen. Bevorzugt sind die n Halbleiterchips unabhängig voneinander einschaltbar und ausschaltbar. Der Gegenstand der Figur 10 zeichnet sich durch eine unmittelbar an der Halbleiterlichtquelle 12 angeordnete Blende 70 aus, die ein von LED-Chips 72 der Halbleiterlichtquelle 12 ausgehendes Lichtbündel scharf begrenzt. Die Projektionslinse 16 bildet die Halbleiterlichtquelle 12 mit der die Lichtaustrittsfläche der Halbleiterlichtquelle 12 begrenzenden Blendenkante so ab, dass sich die Hell-Dunkel-Grenze 26 als Bild der Blendenkante ergibt. Die Abbildung dieser Blendenkante erzeugt eine scharfe Hell-Dunkel-Grenze 26 in der Lichtverteilung 20 eines Lichtmoduls, das mit dem Gegenstand der Figur 10 ausgestattet ist. Durch den besonders hohen Beleuchtungsstärke- beziehungsweise Leuchtdichte-Gradienten, der mit einer solchen Blende 70 erzielbar ist, lässt sich eine höhere Reichweite des Kraftfahrzeugscheinwerfers 10 erzielen.

[0072] Figur 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das ein Lichtmodul 42, eine Blende 74 und eine zweite Projektionslinse 76 aufweist. Das Lichtmodul 42 entspricht dabei einer der bis hier beschriebenen und erläuterten Ausgestaltungen. Ein solches Lichtmodul 42 weist insbesondere eine Halbleiterlichtquelle 12 und eine die Ausbreitungsrichtung von Licht der Halbleiterlichtquelle 12 beeinflussende Optik 14 auf, die eine erste Projektionslinse 16 mit einer Hauptfläche aufweist. Die Halbleiterlichtquelle 12 ist in einem Brennpunkt der ersten Projektionslinse 16 angeordnet. Das Lichtmodul 42 ist dazu eingerichtet, eine Lichtverteilung 20 mit einem hellen Bereich 22 und einem durch eine horizontal verlaufende Hell-Dunkel-Grenze 26 von dem hellen Bereich 22 getrennten dunklen Bereich 24 zu erzeugen und weist eine optische Achse 28 auf, die einen zentralen Punkt 30 der Hell-Dunkel-Grenze 26 mit der Halbleiterlichtquelle 12 verbindet. Das Lichtmodul 42 zeichnet sich dadurch aus, dass die erste Projektionslinse 16 gegenüber der optischen Achse 28 so geneigt angeordnet ist, dass in einem radialen Abstand r von der optischen Achse 28 oberhalb der optischen Achse 28 liegende Punkte 32 der Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse 16 in Richtung der optischen Achse 28 einen axialen Abstand d_{32} zu der Halbleiterlichtquelle 12 aufweisen, der sich von einem axialen Abstand unterscheidet, den ein im gleichen radialen Abstand r von der optischen Achse 28 unterhalb der optischen Achse 28 liegender Punkt 34 der Hauptfläche 18 der ersten Projektionslinse 16 aufweist.

[0073] Eine Ausgestaltung eines solchen Lichtmoduls 42 ist unter Bezug auf die Figur 1 weiter oben ausführlich beschrieben worden. Das in der Figur 11 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von einem sol-

chen Lichtmodul 42 durch eine zusätzlich zu der ersten Projektionslinse 16 im Lichtweg hinter der ersten Projektionslinse 16 angeordnete zweite Projektionslinse 76. Dabei ist das Ausführungsbeispiel, das in der Figur 11 dargestellt ist, dazu eingerichtet, von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgehendes Licht mit der ersten Projektionslinse 16 in einem Bereich zu bündeln, der im Abstand einer Brennweite f der zweiten Projektionslinse 76 von der zweiten Projektionslinse 76 entfernt zwischen der ersten Projektionslinse 16 und der zweiten Projektionslinse 76 liegt.

[0074] Das Ausführungsbeispiel, das in der Figur 11 dargestellt ist, ist ferner dazu eingerichtet, die auf die Straße projizierte Lichtverteilung als mittels der zweiten Projektionslinse 76 vermittelte Abbildung eines Zwischenbildes zu erzeugen, das aus dem in dem genannten Bereich gebündelten Licht entsteht. Das Zwischenbild wird dabei mit einem der unter Bezug auf die Figuren 1 bis 10 erläuterten Ausgestaltungen eines Lichtmoduls 42 erzeugt. Das Zwischenbild wird zusätzlich durch eine in die Zwischenbildebene, das heißt in die Petzval-Fläche der zweiten Projektionslinse 76 eingebrachte Blende 74 begrenzt, um eine besonders scharfe Hell-Dunkel-Grenze 26 zu erzielen. Die scharfe Hell-Dunkel-Grenze 26 wird in diesem Fall durch die Abbildung der das Zwischenbild begrenzenden Blendenkante erzielt.

[0075] Da die zweite Projektionslinse 76 eine Bildumkehr bewirkt, bei der unterhalb der optischen Achse 28 liegende Bereiche der Zwischenbildebene in oberhalb der optischen Achse 28 liegende Bereiche der Lichtverteilung 20 abgebildet werden, muss das unter Bezug auf die Figuren 1 bis 10 erläuterte Projektionssystem um 180° um die optische Achse 28 herum gedreht werden, um die Bildumkehr zu kompensieren. Mit anderen Worten: Das unter Bezug auf die Figuren 1 bis 10 erläuterte Lichtmodul 42 muss um 180° um die optische Achse gedreht werden, damit sich die in der Figur 1b dargestellte Lichtverteilung 20 mit einem unterhalb des Horizonts H liegenden hellen Bereich 22 ergibt. Die mit den Gegenständen der Figuren 1 bis 10 erzeugte Lichtverteilung wird also anders als bei den direkt abbildenden Systemen der Figuren 1 bis 10 nicht in der Ferne auf der Straße, sondern in einer nahe gelegenen Zwischenbildebene erzeugt. Die zweite Projektionslinse 76 fokussiert auf die Lichtverteilung in der Zwischenbildebene 78 und bildet diese mit Bildumkehr auf die Straße ab. Mit der in die Lichtverteilung in der Zwischenbildebene hinein ragenden Kante der Blende 74 wird die Lichtverteilung in der Zwischenbildebene 78 begrenzt, um eine schärfere Hell-Dunkel-Grenze zu erzielen.

[0076] In der Figur 12 ist diese Blende 74 als Spiegelblende realisiert, die eine reflektierende Fläche 80 aufweist. Die Blende 74 mit der reflektierenden Fläche 80 ist dabei so angeordnet, dass beim Gegenstand der Figur 11 auf die der ersten Projektionslinse 16 zugewandte Seite der Blende 74 fallendes Licht beim Gegenstand der Figur 12 auf die spiegelnde Fläche 80 einfällt und von dieser zusätzlich auf die Lichteintrittsfläche der zwei-

ten Projektionslinse 76 gelenkt wird. Die eine der spiegelnde Fläche 80 aufweisende Blende 74 aus der Fig. 12 kann daher auch als Spiegel oder Spiegelblende bezeichnet werden. Die der zweiten Projektionslinse 76 zugewandte Vorderkante der Blende 74 liegt in der Petzval-Fläche der zweiten Projektionslinse oder folgt dem Verlauf der Petzval-Fläche der zweiten Projektionslinse 76. Daher wird diese Spiegelvorderkante von der zweiten Projektionslinse 76 scharf abgebildet. Strahlen, die auf die spiegelnd reflektierende Fläche 80 fallen, werden im Gegensatz zu der einfachen Blende 74 aus der Figur 11 nicht absorbiert, sondern zur Projektionslinse 76 hin umgelenkt. Auf diese Weise wird der Wirkungsgrad weiter verbessert. Die reflektierten Strahlen werden von der zweiten Projektionslinse 76 in einen Bereich unterhalb der Hell-Dunkel-Grenze 26 gelenkt und verstärken dort die Lichtintensität. Die Vorderkante der Spiegelblende 74 kann konturiert sein, um eine konturierte Hell-Dunkel-Grenze zu erzeugen. Dabei begrenzt die vordere Spiegelkontur die Lichtverteilung in der Zwischenbildebene 78 so, dass eine scharfe Hell-Dunkel-Grenze 26 entsteht.

[0077] Für sämtliche in dieser Anmeldung dargestellten Ausgestaltungen gilt, dass die erste Projektionslinse 16 und/oder die Sammellinse 60 und/oder die zweite Projektionslinse 76 und/oder der Reflektor 68 auf einer optisch wirksamen Fläche, sei es eine Lichteintrittsfläche und/oder eine Lichtaustrittsfläche einer Linse oder eine Reflexionsfläche des Reflektors, Licht in verschiedene Richtungen streuende Strukturen aufweisen kann. Dabei ist bevorzugt, dass die streuenden Strukturen der optisch wirksamen Fläche eine wellige Gestalt verleihen. Besonders bevorzugt ist, dass die streuenden Strukturen eine Form von vertikal angeordneten Zylinderabschnitten aufweisen.

Patentansprüche

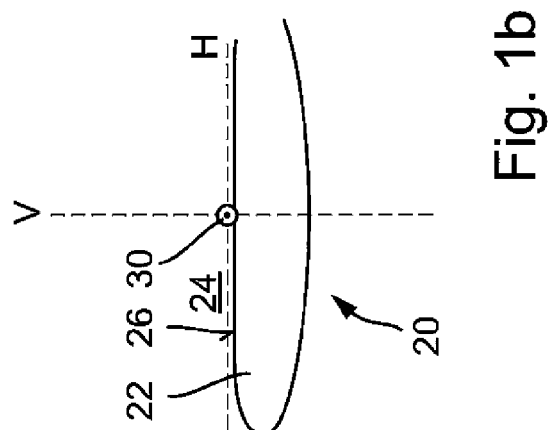
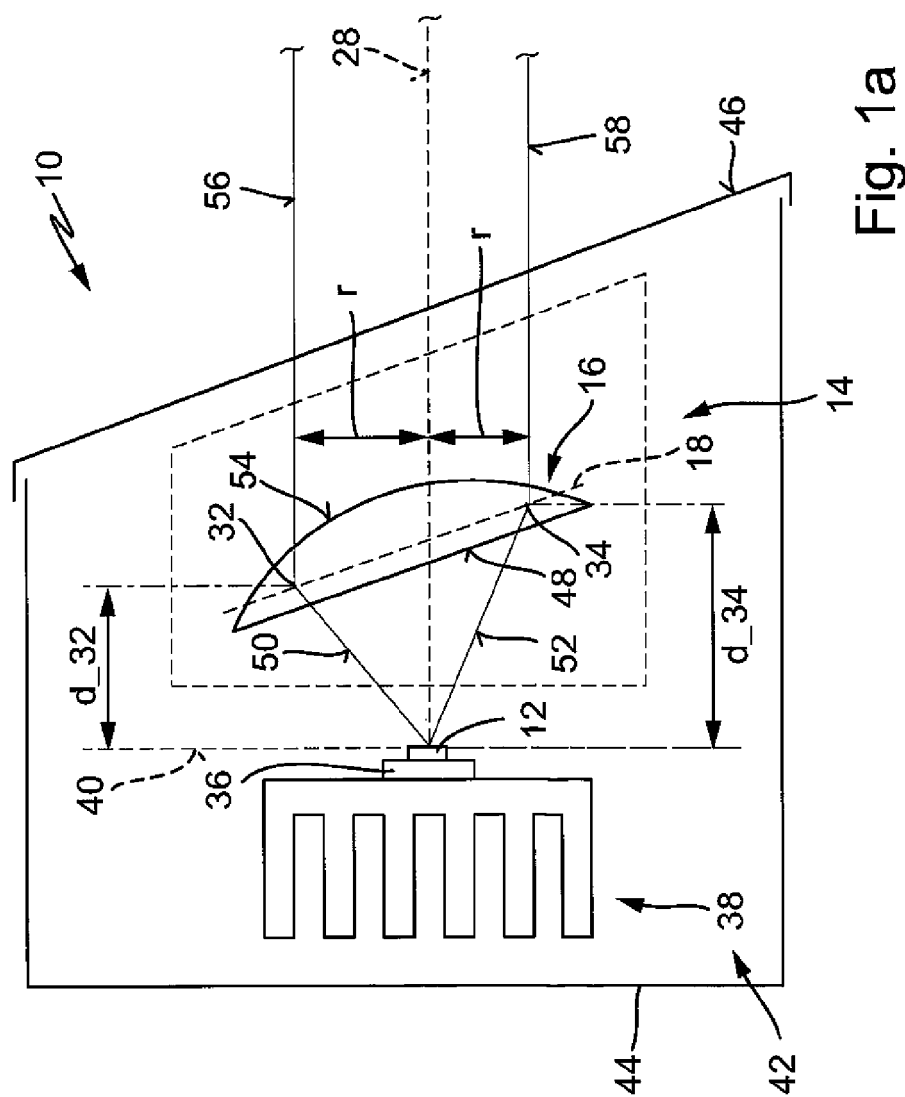
1. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) mit wenigstens einer Halbleiterlichtquelle (12) und einer eine Ausbreitungsrichtung des Lichtes innerhalb des Scheinwerfers (10) beeinflussenden Optik (14), die eine erste Projektionslinse (16) aufweist, die eine Hauptfläche (18) aufweist, wobei die Halbleiterlichtquelle (12) in einem Brennpunkt der ersten Projektionslinse (16) angeordnet ist und wobei der Scheinwerfer (10) dazu eingerichtet ist, eine Lichtverteilung (20) mit einem hellen Bereich (22) und einem durch eine wenigstens zum Teil horizontal verlaufende Hell-Dunkel-Grenze (26) von dem hellen Bereich (22) getrennten dunklen Bereich (24) zu erzeugen, und mit einer optischen Achse (28), die einen zentralen Punkt (30) der Hell-Dunkel-Grenze (26) mit der Halbleiterlichtquelle (12) verbindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Projektionslinse (16) gegenüber der optischen Achse (28) so geneigt angeordnet ist, dass in einem radialen Abstand (r) von der optischen Achse (28) oberhalb der optischen Achse (28) lie-

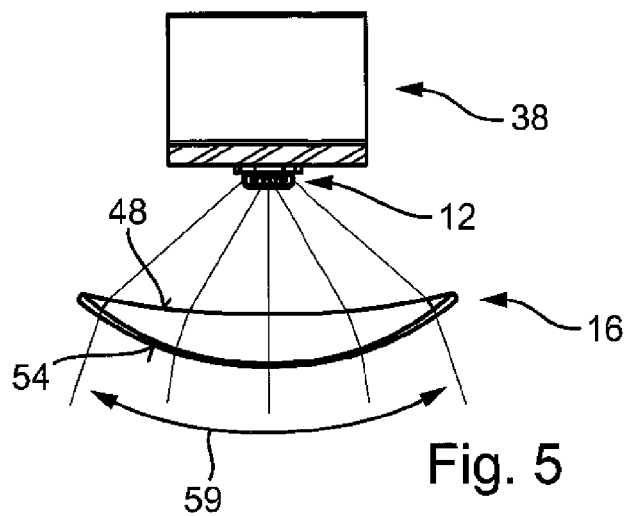
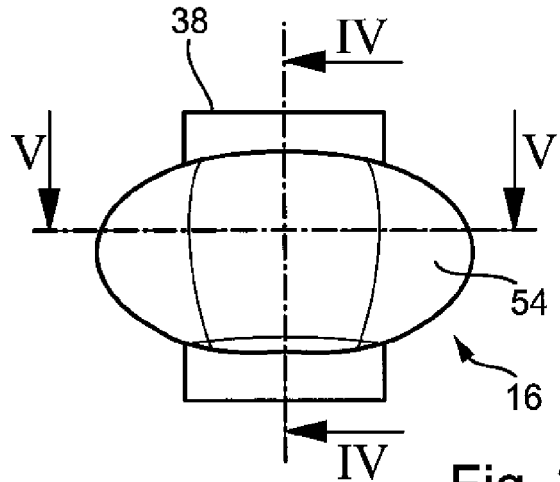
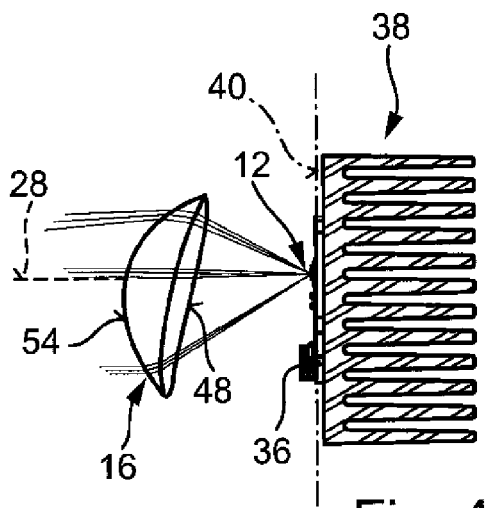
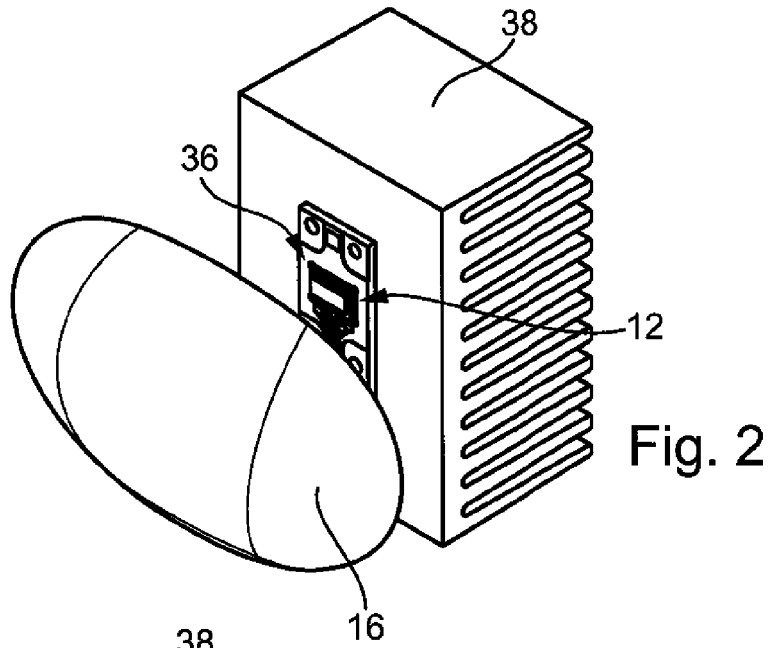
gende Punkte (32) der Hauptfläche (18) der ersten Projektionslinse (16) in Richtung der optischen Achse (28) einen axialen Abstand (d_{32}) zu der Halbleiterlichtquelle (12) aufweisen, der sich von einem axialen Abstand (d_{34}) unterscheidet, den im gleichen radialen Abstand (y) von der optischen Achse (28) unterhalb der optischen Achse (28) liegende Punkte (34) der Hauptfläche (18) der ersten Projektionslinse (16) aufweisen.

2. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Projektionslinse (16) eine Lichteintrittsfläche (48) aufweist und dazu eingerichtet ist, auf die Lichteintrittsfläche (48) einfallendes Licht der Halbleiterlichtquelle (12) direkt in die Lichtverteilung (20) zu richten und dass in einem radialen Abstand (r) von der optischen Achse (28) oberhalb der optischen Achse (28) liegende Punkte (32) der Hauptfläche (18) der ersten Projektionslinse (16) in Richtung der optischen Achse (28) einen kleineren axialen Abstand (d_{32}) zu der Halbleiterlichtquelle (12) aufweisen als im gleichen radialen Abstand (r) von der optischen Achse (28) unterhalb der optischen Achse (28) liegende Punkte (34) der Hauptfläche (18).
3. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialstärke der ersten Projektionslinse (16) in einem zentralen Bereich der ersten Projektionslinse (16) maximal ist und zu den Rändern der ersten Projektionslinse (16) hin abnimmt.
4. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Projektionslinse (16) als Konkav-Konvex-Linse mit einer konkaven Lichteintrittsfläche (48) und einer konvexen Lichtaustrittsfläche (54) realisiert ist.
5. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Verlauf der Brennweite der ersten Projektionslinse (16) in einer zum Horizont parallelen Ebene von einem Verlauf der Brennweite der ersten Projektionslinse in einer zum Horizont rechtwinkligen vertikalen Ebene abweicht.
6. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Projektionslinse (16) in einer zum Horizont parallel verlaufenden Richtung einen bikonvexen Querschnitt und in einer zum Horizont rechtwinkligen Vertikalrichtung einen konkav-konvexen Querschnitt aufweist.
7. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- net, dass** der Abstand der Halbleiterlichtquelle (12) von der ersten Projektionslinse (16) der Brennweite der ersten Projektionslinse (16) in der zum Horizont rechtwinkligen Vertikalrichtung entspricht.
8. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Optik (14) zusätzlich zur ersten Projektionslinse (16) eine Sammellinse (60) aufweist, die zwischen der Halbleiterlichtquelle (12) und der ersten Projektionslinse (16) angeordnet ist.
9. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zusätzliche Sammellinse (60) eine Fresnel-Linse ist.
10. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Optik (14) zusätzlich zur ersten Projektionslinse (16) einen Zusatzreflektor (68) aufweist, der zwischen der Halbleiterlichtquelle (12) und der ersten Projektionslinse (16) angeordnet und dazu eingerichtet ist, von der Halbleiterlichtquelle (12) ausgehendes Licht durch an wenigstens einer optischen Fläche des Zusatzreflektors (68) auftretende Reflexionen so auf die Lichteintrittsfläche (48) der ersten Projektionslinse (16) zu richten, dass dieses Licht so aus neben der Halbleiterlichtquelle (12) liegenden Bereichen zu kommen scheint, dass die leuchtende Fläche der Halbleiterlichtquelle (12) in vertikaler Richtung und/oder in horizontaler Richtung virtuell erweitert wird.
11. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zusatzreflektor (16) ein transparenter Festkörper ist, an dessen Reflexionsfläche Licht der Halbleiterlichtquelle (12) interne Totalreflexionen erfährt.
12. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) eine unmittelbar an der Halbleiterlichtquelle (12) angeordnete Blende (70) mit einer Blendenkante aufweist, die ein von der Halbleiterlichtquelle (12) ausgehendes Lichtbündel scharf begrenzt.
13. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterlichtquelle (12) mehrere Licht emittierende Halbleiterchips aufweist.
14. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren Halbleiterchips unabhängig voneinander ansteuerbar sind.
15. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

net, dass er zusätzlich zu der ersten Projektionslinse (16) eine im Lichtweg hinter der ersten Projektionslinse (16) angeordnete zweite Projektionslinse (76) aufweist und dazu eingerichtet ist, von der Halbleiterlichtquelle (12) ausgehendes Licht mit der ersten Projektionslinse (12) in einen Bereich zu bündeln, der im Abstand einer Brennweite (f) von der zweiten Projektionslinse (76) entfernt zwischen der ersten Projektionslinse (16) und der zweiten Projektionslinse (76) liegt und dass der Scheinwerfer (10) ferner dazu eingerichtet ist, die Lichtverteilung (20) als mittels der zweiten Projektionslinse (76) vermittelte Abbildung eines Zwischenbildes zu erzeugen, das aus dem in den Bereich gebündelten Licht entsteht.





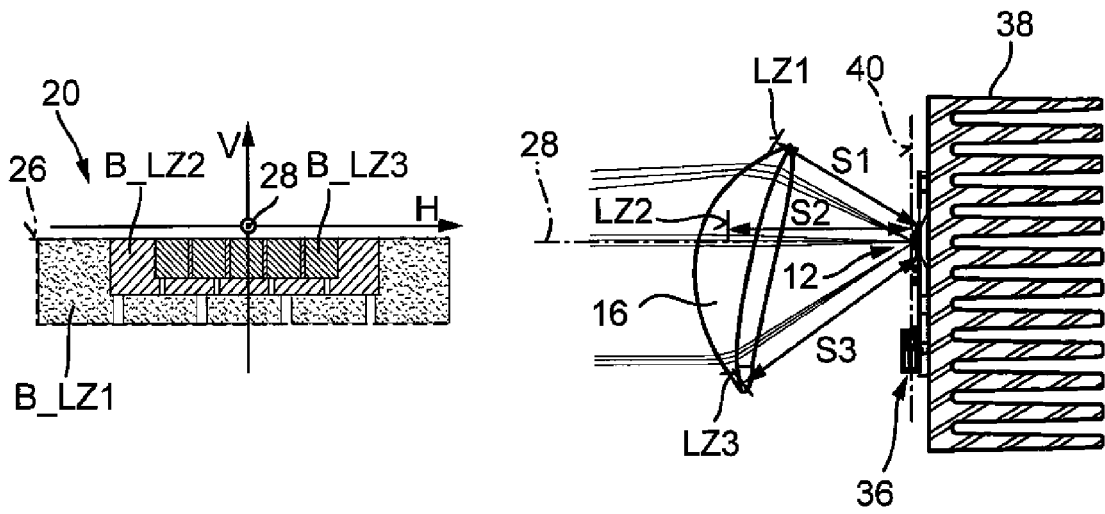


Fig. 6

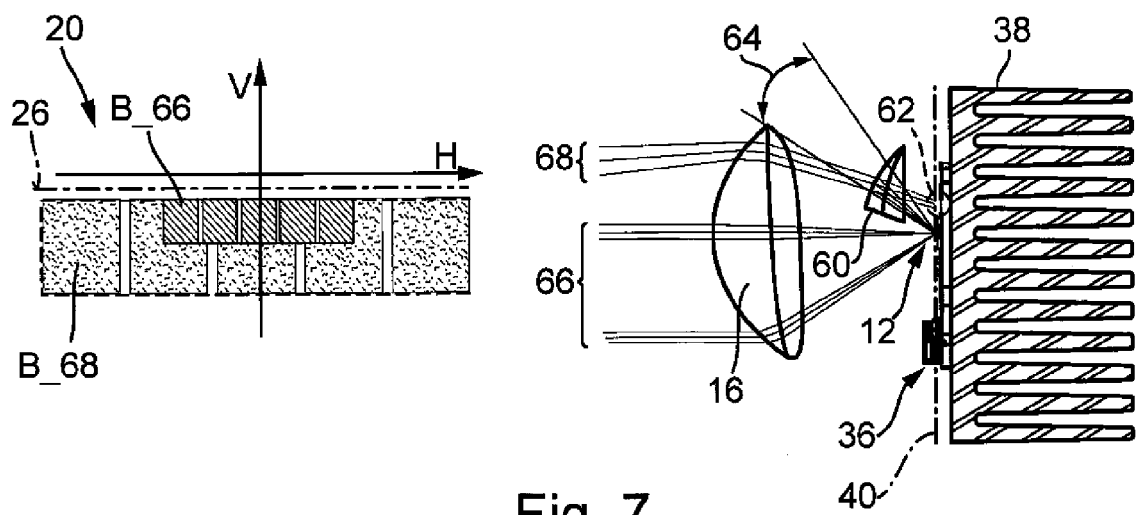


Fig. 7

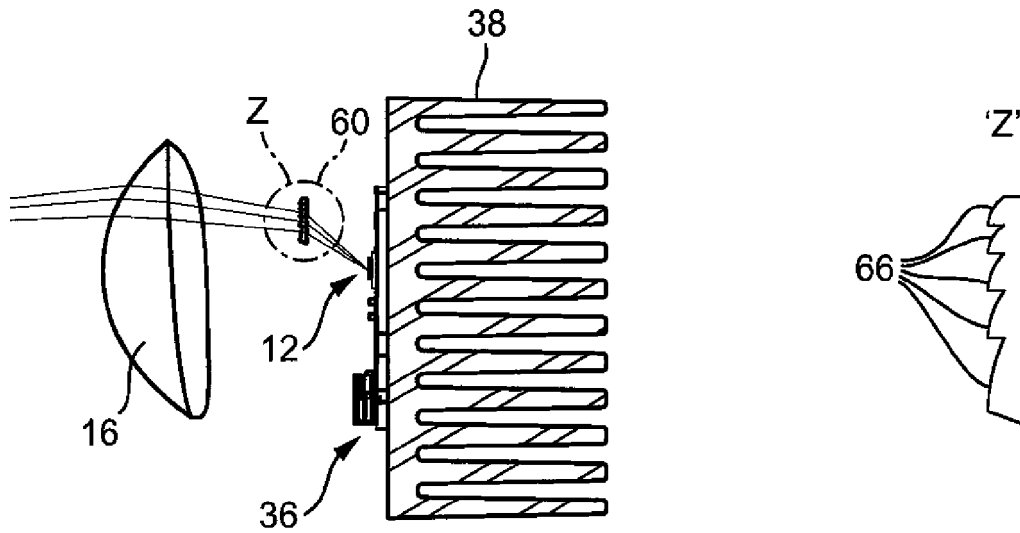


Fig. 8

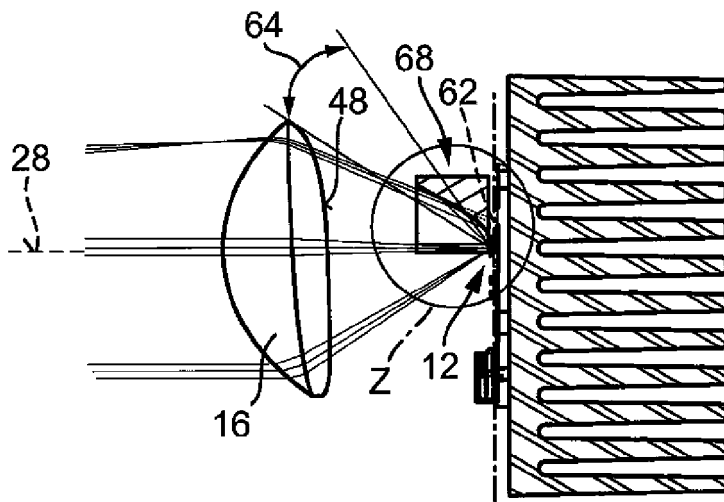


Fig. 9a

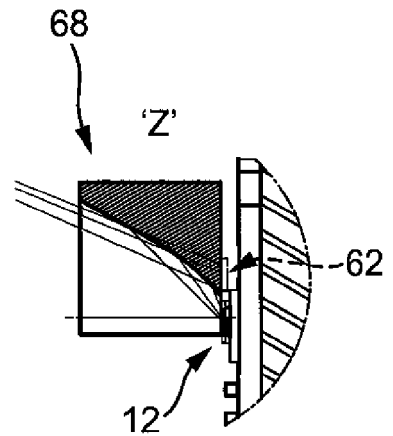


Fig. 9b

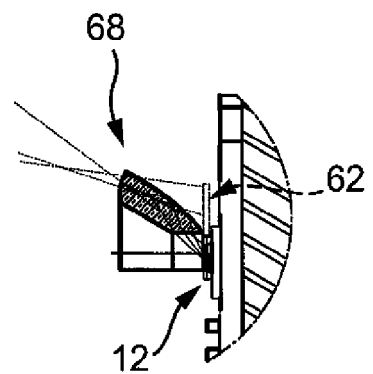


Fig. 9c

