



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.01.2013 Patentblatt 2013/02

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

(21) Anmeldenummer: **12174888.3**

(22) Anmeldetag: **04.07.2012**

(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

(72) Erfinder:
• **Wiersdorff, Steffen**
72555 Metzingen (DE)
• **Stade, Florian**
44359 Dortmund (DE)

(30) Priorität: **05.07.2011 DE 102011078653**

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

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

(54) **Vorsatzoptik zur Bündelung von ausgesandtem Licht mindestens einer Halbleiterlichtquelle (LED)**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorsatzoptik (10) aus einem transparenten Material zum Einsatz in einem Lichtmodul (28) eines Kraftfahrzeugscheinwerfers (24). Die Vorsatzoptik (10) ist derart ausgebildet, dass sie von mindestens einer Halbleiterlichtquelle (12) ausgesandtes Licht zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze (42) bündelt. Die Vorsatzoptik (10) umfasst mindestens eine Lichteinkopplfläche (14a, 14b) zum Einkoppeln zumindest eines Teils des von der Lichtquelle (12) ausgesandten Lichts, totalreflektierende Grenzflächen (16) zur Totalreflexion des eingekoppelten Lichts, und mindestens eine Lichtauskoppelfläche (18a, 18b) zum Auskoppeln des in die Vorsatzoptik (10) eingekoppelten Lichts, eventuell nach einer Totalreflexion an einer der Grenzflächen (16). Um eine kostengünstige und effizient arbeitende Vorsatzoptik (10) zu schaffen, die ohne zusätzliche Blenden oder Blendenanordnungen eine Lichtverteilung mit einer scharfen Helldunkelgrenze (42) erzeugen kann, wird vorgeschlagen, dass die Grenzflächen (16) der Vorsatzoptik (10) in mehrere Bereiche (34) unterteilt sind, wobei jeder der Bereiche (34) einem definierten Punkt einer Leuchtfläche (13) der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) zugeordnet ist, wobei die den Bereichen (34) zugeordneten Punkte mindestens zwei zueinander beabstandete Punkte der Leuchtfläche (13) umfassen, und wobei die Bereiche (34) derart ausgebildet sind, dass jeder der Bereiche (34) die Helldunkelgrenze (42; 42') der Lichtverteilung oder einen Teil davon erzeugt.

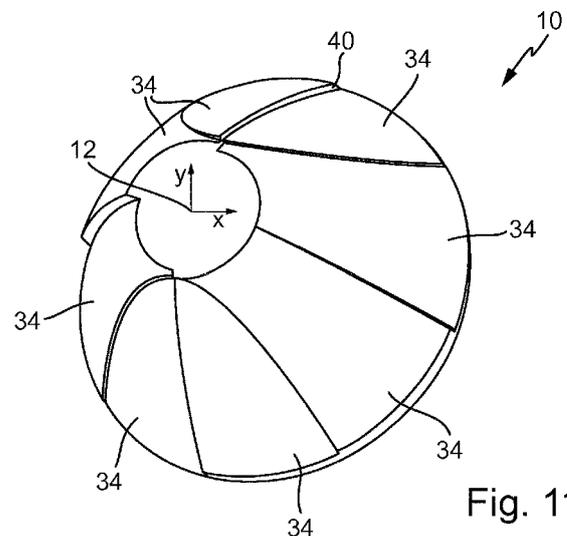


Fig. 11

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorsatzoptik aus einem transparenten Material zum Einsatz in einem Lichtmodul eines Kraftfahrzeugscheinwerfers. Die Vorsatzoptik ist derart ausgebildet, dass sie von mindestens einer Halbleiterlichtquelle ausgesandtes Licht zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze bündelt. Die Vorsatzoptik umfasst mindestens eine Lichteinkopffläche zum Einkoppeln zumindest eines Teils des von der mindestens einen Halbleiterlichtquelle ausgesandten Lichts, reflektierende Grenzflächen zur Reflexion zumindest eines Teils des eingekoppelten Lichts, und mindestens eine Lichtauskopffläche zum Auskoppeln zumindest eines Teils des in die Vorsatzoptik eingekoppelten Lichts, eventuell nach einer Reflexion an einer der mindestens einen reflektierenden Grenzflächen.

[0002] Außerdem ist Gegenstand der Erfindung ein Lichtmodul eines Kraftfahrzeugscheinwerfers, wobei das Lichtmodul mindestens eine Halbleiterlichtquelle zum Aussenden von Licht und mindestens eine der mindestens einen Halbleiterlichtquelle zugeordnete Vorsatzoptik zur Bündelung des von der mindestens einen Halbleiterlichtquelle ausgesandten Lichts und zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze umfasst.

[0003] Lichtmodule eines Kraftfahrzeugscheinwerfers, die als Halbleiterlichtquellen ausgebildete Lichtquellen aufweisen, weisen bekanntermaßen Vorsatzoptiken der eingangs beschriebenen Art als Primäroptiken zur Bündelung des von den Lichtquellen ausgesandten Lichts auf. Die Halbleiterlichtquellen sind dabei bevorzugt als Leuchtdioden (LEDs) ausgebildet. Die Vorsatzoptiken sind in einer Hauptabstrahlrichtung der Halbleiterlichtquellen vor diesen angeordnet, so dass das von den Halbleiterlichtquellen ausgesandte Licht in die Vorsatzoptiken eingekoppelt wird. Die Vorsatzoptiken bestehen vorzugsweise aus einem transparenten Material, insbesondere Glas oder Kunststoff, und weisen an sich vorzugsweise trichterförmig erstreckenden seitlichen Grenzflächen reflektierende, insbesondere totalreflektierende Eigenschaften auf. Durch Brechung des Lichts an Lichteinkopfflächen und/oder Lichtauskopfflächen der Vorsatzoptik sowie durch eine Totalreflexion an den seitlichen Grenzflächen wird das von den Lichtquellen ausgesandte Licht in den Vorsatzoptiken gebündelt. Einer Vorsatzoptik können eine oder mehrere Halbleiterlichtquellen zugeordnet sein.

[0004] Kraftfahrzeugscheinwerfer können, insbesondere wenn sie mit Halbleiterlichtquellen betrieben werden, modular aufgebaut sein, so dass in dem Scheinwerfer beispielsweise mehrere Lichtmodule angeordnet sind, die jeweils nur eine Teil-Lichtverteilung (z.B. Spotlicht zum Ausleuchten eines Fernbereichs einer Gesamt-Lichtverteilung oder eine Basis-Lichtverteilung zum Ausleuchten der seitlichen Bereiche der Gesamt-Lichtverteilung) einer gewünschten Gesamt-Lichtverteilung (z.B.

eine abgeblendete Lichtverteilung, wie Abblendlicht, Nebellicht, Abbiegelicht o.ä.) erzeugen. Die Teil-Lichtverteilungen werden anschließend zur gewünschten vollständigen Lichtverteilung überlagert. Jede Teil-Lichtverteilung kann dabei durch ein separates Lichtmodul erzeugt werden. Der modulare Aufbau kann aber auch in einem einzigen Lichtmodul realisiert werden, wobei verschiedene Teile des Lichtmoduls (sog. Funktionsgruppen) unterschiedliche Teil-Lichtverteilungen bilden, die zur gewünschten Gesamt-Lichtverteilung überlagert werden. Eine Funktionsgruppe umfasst eine oder mehrere Halbleiterlichtquellen, die Licht aussenden, das von der ihnen zugeordneten Vorsatzoptik zu einer Teil-Lichtverteilung geformt wird.

[0005] Aus dem Stand der Technik ist es ferner bekannt, dass zur Erzeugung einer Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze (zum Beispiel bei Abblendlicht, Nebellicht, Abbiegelicht, etc.) zum Beispiel Licht abschattende Blenden oder Blendenanordnungen Anwendung finden, die in einem Strahlengang des von der Lichtquelle ausgesandten Lichts angeordnet sind. Zum Umschalten zwischen einer Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze und einer Lichtverteilung ohne Helldunkelgrenze kann die Blende oder Blendenanordnung auch in den Strahlengang geschwenkt und aus diesem wieder heraus geschwenkt werden. Die Blende oder Blendenanordnung schattet, wenn sie im Strahlengang angeordnet ist, einen Teil des von der Primäroptik gebündelten Lichts ab, wobei eine Kante der Blende beziehungsweise der Blendenanordnung dabei die Helldunkelgrenze der Lichtverteilung bildet. Mit einer weiteren, abbildenden Optik (einer sog. Sekundäroptik), bspw. in Form einer Sammellinse, kann die abgeschattete Lichtverteilung mit der Helldunkelgrenze vor das Fahrzeug auf die Fahrbahn projiziert werden. Dabei wird eine Kante der Blende oder Blendenanordnung zur Erzeugung der Helldunkelgrenze auf der Fahrbahn abgebildet. Dies entspricht der Funktion eines bekannten Projektionsmoduls eines Scheinwerfers.

[0006] Außer der beschriebenen Lichtverteilung mit einer horizontalen Helldunkelgrenze kann durch Abschatten eines Teils des gebündelten Lichts mittels entsprechend angeordneter und ausgerichteter Blenden oder Blendenanordnungen auch eine Lichtverteilung mit einer vertikalen Helldunkelgrenze erzeugt werden, wie sie bspw. bei einem sog. maskierten Fernlicht oder Teilfernlicht zum Einsatz kommt. Dabei wird die Fahrbahn vor dem Fahrzeug, wenn sich keine anderen Verkehrsteilnehmer vor dem Fahrzeug befinden, standardmäßig mit einer Fernlichtverteilung ausgeleuchtet. Durch geeignete Sensoren, bspw. in Form einer Kamera, werden Objekte in einem Bereich vor dem Fahrzeug detektiert. Dann werden abhängig von der Position der detektierten Objekte aus der Fernlichtverteilung gezielt lokale Bereiche abgeschattet, in denen sich detektierte Objekte befinden. Um den Bereich herum kann die Fahrbahn nach wie vor ausgeleuchtet werden.

[0007] Bei der Erzeugung der Helldunkelgrenze mit

Blenden ist nachteilig, dass die Blenden zusätzliche Bauteile darstellen, die teilweise durch entsprechende Stелеlemente auch noch verstellt werden müssen, um eine gewünschte Variabilität der Lichtverteilung zu erzielen. Dies erhöht die Herstellungskosten bekannter Lichtmodule und Scheinwerfer. Außerdem wird durch die Blenden Licht abgeschattet, wobei das abgeschattete Licht keinen Beitrag mehr zur Erzeugung der Lichtverteilung leisten kann, sondern größtenteils im Scheinwerfer absorbiert wird. Der Wirkungsgrad des bekannten Lichtmoduls bzw. Scheinwerfers wird dadurch erheblich verschlechtert.

[0008] Aus der DE 10 2008 061 619 A1 ist es bekannt, eine Sammellinse in eine Vorsatzoptik zu integrieren. Zur Erzeugung der Helldunkelgrenze der durch die Vorsatzoptik gebündelten Lichtverteilung kann die Sammellinse dabei derart angeordnet und ausgebildet sein, dass sie eine Kante einer der Vorsatzoptik zugeordneten Halbleiterlichtquelle beziehungsweise eine Kante der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle direkt abbilden kann. Dazu muss die Kante vor der Sammellinse in einem Abstand zur Sammellinse angeordnet sein, der größer als die Brennweite der Sammellinse ist.

[0009] Aus der DE 103 10 263 A1 und der DE 103 12 364 A1 ist jeweils eine Vorsatzoptik der eingangs genannten Art bekannt. Insbesondere zeigen diese Druckschriften jeweils ein Lichtmodul, bei dem eine speziell ausgebildete Vorsatzoptik aus dem von einer Halbleiterlichtquelle ausgesandten Licht eine Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze ohne zusätzliche Blenden oder Blendenanordnungen erzeugt. Dazu ist die Vorsatzoptik plattenförmig ausgebildet, so dass eine Streuung des aus der Vorsatzoptik ausgekoppelten Lichts in eine Richtung, zur Erzeugung einer horizontalen Helldunkelgrenze in horizontaler Richtung, erzielt werden kann. In der anderen Richtung ist das ausgekoppelte Lichtbündel stark gebündelt. Diese Druckschriften gehen von einer theoretischen, stark idealisierten punktförmigen Lichtquelle aus. Eine solche punktförmige Lichtquelle würde mit der bekannten Vorsatzoptik zu einer schmalen linienförmigen Abbildung des Lichts führen, die zur Erzeugung einer Helldunkelgrenze herangezogen werden kann. Bei einer horizontalen Streuung des Lichts würde die linienförmige Abbildung auf einem in einem Abstand zu der Vorsatzoptik angeordneten Messschirm bspw. parallel zu einer horizontalen Achse verlaufen. In der Praxis haben Lichtquellen jedoch immer eine Längserstreckung, vorzugsweise quer zur optischen Achse der Vorsatzoptik, so dass sich in der Praxis eine Aufweichung der dünnen linienförmigen Abbildung sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung ergibt. Das resultierende Lichtbündel kann somit allenfalls zur Erzielung einer unscharfen Helldunkelgrenze genutzt werden, wobei der Grad der Aufweichung des Lichtbündels von der Größe der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle und von der Größe der Lichtauskoppelfläche der Vorsatzoptik abhängt.

[0010] Eine derart unscharfe Helldunkelgrenze ist zur

Erzeugung einer Abblendlicht- oder Nebellichtverteilung mit horizontaler Helldunkelgrenze jedoch nur eingeschränkt nutzbar. Zur Erzeugung einer Lichtverteilung eines maskierten Fernlichts oder Teilfernlichts, insbesondere eines vertikalen Hell-Dunkel-Übergangs, wäre eine solche unscharfe Helldunkelgrenze gänzlich ungeeignet, da das Fernlicht zur sicheren Vermeidung einer Blendung der anderen vor dem Fahrzeug detektierten Verkehrsteilnehmer nicht nur an der Position eines detektierten Objekts, sondern auch seitlich davon in einem relativ großen Unschärfebereich abgeschattet werden müsste. Ziel des maskierten Fernlichts bzw. des Teilfernlichts ist es jedoch, lediglich einen möglichst kleinen Bereich des Fernlichts, in dem sich ein detektiertes Objekt befindet aus der Fernlichtverteilung auszunehmen und den Rest des Fernlichtbereichs auszuleuchten.

[0011] Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige und effizient arbeitende Vorsatzoptik zu schaffen, die ohne zusätzliche Blenden oder Blendenanordnungen eine Lichtverteilung mit einer scharfen Helldunkelgrenze erzeugen kann.

[0012] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ausgehend von der Vorsatzoptik der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die reflektierenden Grenzflächen der Vorsatzoptik in mehrere Bereiche unterteilt sind, wobei jeder der Bereiche jeweils einem definierten Punkt einer Leuchtfläche der mindesten einen Halbleiterlichtquelle zugeordnet ist. Die den Bereichen zugeordneten Punkte umfassen mindestens zwei zueinander beabstandete Punkte der Leuchtfläche. Die Bereiche der reflektierenden Grenzflächen sind derart ausgebildet, dass jeder der Bereiche die Helldunkelgrenze der Lichtverteilung oder einen Teil davon erzeugt.

[0013] Die den Bereichen zugeordneten definierten Punkte sind vorzugsweise am Rand der Leuchtfläche angeordnet. Die Leuchtfläche selbst kann eine beliebige Form aufweisen, bspw. eine Kreis- oder Ellipsenfläche, oder die Form eines beliebigen Mehrecks, insbesondere eines Rechtecks oder eines Quadrats.

[0014] Die reflektierenden Grenzflächen können durch Wahl eines geeigneten Materials der Vorsatzoptik und eine geeignete Ausgestaltung und Anordnung der Grenzflächen als totalreflektierende Flächen ausgebildet sein, so dass in einem ausreichend flach auf die Grenzflächen auftreffende Lichtstrahlen totalreflektiert werden. Alternativ können die Grenzflächen auch als einfach reflektierende Flächen ausgebildet sein, indem bspw. eine reflektierende Schicht außen auf die Grenzflächen aufgebracht wird. Einfach reflektierende Grenzflächen haben den Vorteil, dass eine Reflexion des austreffenden Lichts auch dann möglich ist, wenn die Bedingungen der Totalreflexion nicht eingehalten werden. Totalreflektierende Flächen haben den Vorteil einer größeren Effizienz, da die Fresnel-Verluste des reflektierten Lichts geringer sind. Wenn nach folgend von reflektierenden Grenzflächen gesprochen wird, sind immer auch totalreflektierende Grenzflächen umfasst und umgekehrt, wenn

nachfolgend von totalreflektierenden Grenzflächen gesprochen wird, sind immer auch einfach reflektierende Flächen umfasst.

[0015] Die vorgesehenen Bereiche der reflektierenden Grenzflächen sind dabei bevorzugt derart ausgebildet, dass die durch sie erzeugten Abbilder der Leuchtfläche der mindesten einen Halbleiterlichtquelle eine gewünschte Lichtverteilung mit einer scharf abbildenden Helldunkelgrenze erzeugen. Die Ausgestaltung der Lichteinkopplfläche und/oder der Lichtauskopplfläche der Vorsatzoptik kann dabei unterstützend wirken, d.h. die hindurchtretenden Lichtstrahlen zusätzlich brechen, damit die durch die Lichtstrahlen erzeugten Abbilder die scharf abbildende Helldunkelgrenze erzeugen. Dabei wird vorteilhafterweise durch eine gezielte Ausgestaltung und Anordnung der Bereiche der Grenzflächen berücksichtigt, dass die der jeweiligen Vorsatzoptik zugeordnete mindesten eine Halbleiterlichtquelle eine ausgedehnte Lichtquelle ist, die eine gewisse Flächenerstreckung hat. Die erfindungsgemäße Vorsatzoptik kann eine Lichtverteilung mit einer besonders scharf abgebildeten Helldunkelgrenze erzeugen, ohne dass zusätzliche Hilfsmittel, bspw. im Strahlengang angeordnete Blenden oder Blendenanordnungen, zur Erzeugung der Helldunkelgrenze im Lichtmodul nötig wären.

[0016] Der vorliegenden Erfindung liegt die Idee zu Grunde, die Grenzflächen der Vorsatzoptik in mehrere Bereiche zu unterteilen, wobei jeder der Bereiche einem bestimmten Punkt der Leuchtfläche der mindesten einen Halbleiterlichtquelle zugeordnet ist. Die Bereiche sind jeweils derart ausgebildet, dass ein am dichtesten zu einer Helldunkelgrenze der Gesamt-Lichtverteilung liegender Punkt des durch den Grenzflächen-Bereich erzeugten Abbilds der Leuchtfläche der mindesten einen Halbleiterlichtquelle entweder auf der Helldunkelgrenze oder dicht unterhalb (bei einer horizontalen Helldunkelgrenze) oder dicht neben (bei einer vertikalen Helldunkelgrenze) der Helldunkelgrenze liegt, nach Möglichkeit nicht jenseits der Helldunkelgrenze, d.h. nicht in dem dunklen Bereich der Lichtverteilung, bspw. oberhalb einer horizontalen Helldunkelgrenze.

[0017] Die komplette Gesamt-Lichtverteilung kann dabei von einer einzigen Vorsatzoptik erzeugt werden. Sie kann allerdings auch durch eine Anordnung mehrerer Vorsatzoptiken erzeugt werden, wobei sich die einzelnen von den Vorsatzoptiken erzeugten Teil-Lichtverteilungen zu der Gesamt-Lichtverteilung überlagern beziehungsweise ergänzen. Dabei können die Vorsatzoptiken, welche die Gesamt-Lichtverteilung erzeugen, Teil eines einzigen Lichtmoduls oder verschiedener Lichtmodule sein. Jeder Vorsatzoptik kann eine oder können mehrere Halbleiterlichtquellen zugeordnet sein. Außerdem ist es möglich, dass weitere, zum Beispiel in der Vorsatzoptik angeordnete optische Elemente, zur Erzeugung der Gesamt-Lichtverteilung des Lichtmoduls bzw. des Kraftfahrzeugscheinwerfers beitragen. Die Anzahl der Bereiche, in welche die Grenzflächen der Vorsatzoptik unterteilt sind, ist prinzipiell beliebig. Vorzugsweise ist die Anzahl

der Bereiche ein Vielfaches i (z.B. $i = 1 \dots 4$) der Anzahl der Ecken der Leuchtfläche einer Halbleiterlichtquelle bzw. eines Arrays mehrerer neben- und/oder übereinander angeordneter Halbleiterlichtquellen.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorsatzoptik erzeugen die Bereiche der reflektierenden Grenzflächen Abbilder der Leuchtfläche der mindesten einen Halbleiterlichtquelle, die vollständig unterhalb einer horizontalen Helldunkelgrenze oder allenfalls in einem Punkt auf der Helldunkelgrenze liegen. Ein definierter Punkt der Leuchtfläche, dem jeweils mindestens einer der Bereiche zugeordnet ist, entspricht dabei einer bestimmten Ecke der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle. Dabei wird von einer viereckigen, bevorzugt quadratischen, Ausgestaltung der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle ausgegangen. Eine runde Kontur der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle wäre jedoch auch möglich, wobei in diesem Fall auf der runden Leuchtfläche beispielsweise vier (aber auch mehr oder weniger) gezielt ausgewählte Punkte, möglichst in symmetrischer Anordnung, definiert werden können und Bereiche der Grenzfläche der Vorsatzoptik diesen Punkten zugeordnet werden. Die Leuchtfläche kann aber auch als ein beliebiges Vieleck ausgestaltet sein, wobei die Bereiche der Grenzfläche ausgewählten (Eck-) Punkten zugeordnet sind.

[0019] Vorteilhafterweise erzeugt jeder der einem definierten Punkt der Leuchtfläche zugeordneten Bereiche auf einem in einem Abstand zu der Vorsatzoptik angeordneten Messschirm Abbilder der Leuchtfläche, wobei für alle Bereiche gilt, dass bei einer Erzeugung einer horizontalen Helldunkelgrenze der einem bestimmten Bereich zugeordnete definierte Punkt der Leuchtfläche den obersten Punkt des von dem Bereich erzeugten Abbildes der Leuchtfläche bildet. Der durch die Abbildung des definierten Punkts der Leuchtfläche erzeugte oberste Punkt des Abbilds liegt dicht unterhalb oder sogar auf der Helldunkelgrenze. Bei einer Erzeugung einer vertikalen Helldunkelgrenze bildet der einem bestimmten Bereich zugeordnete definierte Punkt der Leuchtfläche dementsprechend den von dem ausgeleuchteten Teil der Helldunkelgrenze kommend seitlich am dichtesten zur Helldunkelgrenze angeordneten Punkt des von dem Bereich erzeugten Abbildes der Leuchtfläche. Der durch die Abbildung des definierten Punkts der Leuchtfläche erzeugte am dichtesten bei der Helldunkelgrenze liegende Punkt des Abbilds liegt auf dem ausgeleuchteten Teil der Lichtverteilung dicht neben oder sogar auf der Helldunkelgrenze. Mit anderen Worten gilt ein bestimmter Bereich der Grenzfläche als einem bestimmten Punkt der Leuchtfläche zugeordnet, wenn - für eine horizontale Helldunkelgrenze - ein Abbild des Punkts auf einem in einem Abstand zu der Vorsatzoptik angeordneten Messschirm den höchsten Punkt des resultierenden Abbilds der Leuchtfläche bildet.

[0020] Dazu muss - bei einer horizontalen Helldunkelgrenze - jeder der einem bestimmten Punkt zugeordneten Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen der-

art ausgebildet, ausgerichtet und/oder angeordnet sein, dass der oberste Punkt der resultierenden Abbildung der Leuchtfläche genau auf beziehungsweise möglichst dicht unterhalb der Helldunkelgrenze liegt. Dadurch ergibt sich automatisch, dass Lichtstrahlen aus den anderen Ecken und Punkten der Leuchtfläche nach der Totalreflexion an dem Bereich, der dem bestimmten Punkt zugeordnet ist, alle unterhalb der Helldunkelgrenze liegen. In der so ausgebildeten Vorsatzoptik kann nahezu das gesamte in die Vorsatzoptik eingekoppelte Licht zur Erzeugung der gewünschten Lichtverteilung genutzt werden, da kein Licht abgeschattet wird, so dass die erfindungsgemäße Vorsatzoptik einen besonders guten Wirkungsgrad aufweist.

[0021] Bei einer möglichen Anwendung eines Halbleiterlichtquellen-Arrays, bestehend aus mehreren matrixartig neben- und übereinander angeordneten Halbleiterlichtquellen, sind die entsprechenden Punkte der Leuchtfläche vorzugsweise derart definiert, dass die jeweiligen äußeren Eckpunkte des gesamten Arrays als die den verschiedenen Bereichen der Grenzflächen zugeordneten Punkte definiert sind.

[0022] Die erfindungsgemäße Vorsatzoptik ist vorzugsweise nicht rotationssymmetrisch ausgestaltet. Es wäre allerdings denkbar, dass die Vorsatzoptik als ein bezüglich der optischen Achse der Vorsatzoptik rotationssymmetrischer Körper ausgebildet. Die totalreflektierenden Grenzflächen haben dabei bevorzugt eine trichterförmige Anordnung, wobei sich der Durchmesser der Vorsatzoptik quer zur optischen Achse von den Lichteinkoppelflächen zu den Lichtauskoppelflächen hin vergrößert. Die Grenzflächen sind bevorzugt in acht Bereiche unterteilt, wobei jedem Eckpunkt einer viereckigen Leuchtfläche jeweils zwei der Grenzflächen-Bereiche zugeordnet sind. Die erfindungsgemäße Vorsatzoptik ist vorzugsweise nicht punktsymmetrisch ausgestaltet. Es wäre allerdings denkbar, dass die Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen vorzugsweise in einer senkrecht zur optischen Achse der Vorsatzoptik verlaufenden Ebene betrachtet punktsymmetrisch ausgebildet sind, so dass sich nach einer Drehung der Vorsatzoptik um 180° um die optische Achse wieder die ursprüngliche zu Beginn der Drehung vorliegende Ausgestaltung und Anordnung der Grenzflächen ergibt.

[0023] Ein Übergang zwischen den einzelnen Bereichen kann als Knick, Kante oder Stufe für das menschliche Auge sichtbar ausgebildet sein. Es ist aber auch denkbar, dass die Übergänge zwischen den verschiedenen Bereichen für das menschliche Auge kaum wahrnehmbar fließend, d.h. ohne sichtbare Knick, Kanten und Stufen, ausgebildet ist. Grenzlinien zwischen den Grenzflächenbereichen können beliebig geformt sein, bspw. zumindest teilweise linear oder hyperbelähnlich. Durch eine punktsymmetrische Ausgestaltung der Vorsatzoptik können jeweils zwei bezüglich der optischen Achse diagonal gegenüberliegende Grenzflächenbereiche dem gleichen Punkt der Leuchtfläche zugeordnet sein. Die Anzahl der Bereiche kann natürlich von acht Bereichen

abweichen, um beispielsweise mit noch mehr definierten Bereichen besonders feiner unterteilte Abbilder der Leuchtfläche auf dem Messschirm und damit auch auf der Fahrbahn zu erreichen.

5 **[0024]** Bei der Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik ist es möglich, dass die Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen durch Stufen zueinander abgegrenzt sind. Diese Stufen entstehen dadurch, dass die definierten Punkte der Leuchtfläche, die den einzelnen Bereichen der Grenzfläche zugeordnet sind, einen Abstand zueinander aufweisen und von einem Bereich zum nächsten Bereich eine Verschiebung des Abbildes hervorrufen. Die Leuchtfläche wird erfindungsgemäß nicht als idealisierte punktförmige Lichtquelle, sondern als Lichtquelle mit einer flächenmäßige Ausdehnung angenommen, wie sie in der Praxis gegeben ist. Die Stufen zwischen den einzelnen Grenzflächenbereichen könnten allerdings vermieden, beziehungsweise zumindest in ihrer Höhe gemindert werden, wenn man im Übergang zwischen zwei benachbarten bzw. aneinander grenzenden Bereichen geringfügig vom optimalen Ziel, die den Bereichen zugeordneten definierten Punkte der Leuchtfläche möglichst exakt an die Helldunkelgrenze zu legen, abweicht. Die definierten Punkte werden dann im Übergang zwischen zwei aneinander grenzenden Bereichen geringfügig unterhalb der horizontalen Helldunkelgrenze gelegt. Dies kann bspw. durch eine Verrundung des Übergangs zwischen zwei benachbarten Bereichen erreicht werden. Die Verrundungen verwischen die Helldunkelgrenze in einem gewissen Maße, was in manchen Anwendungen sogar wünschenswert sein kann, bspw. bei Abblendlicht oder Nebellicht. In jedem Fall bleibt bei der vorliegenden Erfindung die Helldunkelgrenze wesentlich schärfer als bei den bekannten Vorsatzoptiken, wie sie bspw. aus der DE 103 10 263 A1 oder der DE 103 12 364 A1 bekannt sind.

35 **[0025]** Des Weiteren ist es auch möglich, die einzelnen Bereiche der Grenzflächen der Vorsatzoptik in unterschiedlichen Abständen zur Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle anzuordnen. Dadurch kann unter Umständen Bauraum besser genutzt werden und man hat lichttechnisch die Möglichkeit, je nach Bedarf verschieden große Abbilder der Leuchtfläche zu erzeugen. Große Abbilder eignen sich prinzipiell besser für eine homogene Vorfeldbeleuchtung, kleine Abbilder eher für Bereiche mit großer Reichweite.

40 **[0026]** Vorteilhaft ist auch, dass die totalreflektierenden Grenzflächen und/oder die Lichtauskoppelflächen der Vorsatzoptik derart ausgebildet sind, dass die Vorsatzoptik ein Lichtbündel - bei einer horizontalen Helldunkelgrenze - mit in horizontaler Richtung divergierenden und/oder - bei einer vertikalen Helldunkelgrenze - mit in vertikaler Richtung von der Helldunkelgrenze weg und zum ausgeleuchteten Bereich der Gesamt-Lichtverteilung hin gerichteten divergierenden Strahlen erzeugt. Dabei wird eine Flächenausdehnung der Lichtquelle berücksichtigt. Die Grenzflächen-Bereiche werden derart ausgebildet, ausgerichtet und/oder angeordnet dass die

durch die Vorsatzoptik gebildete Teil-Lichtverteilung die divergierenden Lichtstrahlen erzeugt. Die so erzeugte Teil-Lichtverteilung kann einer Spotlichtverteilung mit beispielsweise einer horizontalen Erstreckung von ca. $\pm 5^\circ$ und einer vertikalen Erstreckung von ca. 5° entsprechen. Die Grenzflächen können allerdings auch derart ausgebildet, ausgerichtet und/oder angeordnet sein, dass die resultierende Teil-Lichtverteilung weiter gestreckt wird und beispielsweise sogar eine Grundlichtverteilung für Abblendlicht erzeugt, die auf einem in einem Abstand zu der Beleuchtungseinrichtung mit der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik angeordneten, senkrechten Messschirm beispielsweise eine horizontale Erstreckung von ca. $\pm 28^\circ$ und eine vertikale Erstreckung von ca. 7° aufweist.

[0027] Nach der Einkopplung von Licht in die Vorsatzoptik über die Lichteinkoppelfläche, werden in der Vorsatzoptik prinzipiell zwei unterschiedliche Lichtbündel erzeugt, deren Lichtstrahlen auf unterschiedlichen Wegen zur Lichtauskoppelfläche gelangen. Ein erstes Lichtbündel wird insbesondere durch von der Halbleiterlichtquelle schräg ausgesandte und über in etwa vertikal (parallel zur optischen Achse der Vorsatzoptik) stehende Einkoppelflächen in die Vorsatzoptik eingekoppelte Lichtstrahlen gebildet. Diese Lichtstrahlen treffen nach der Einkopplung auf die Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen und werden dort mindestens einmal totalreflektiert und zur Lichtauskoppelfläche gelenkt. Ein zweites Lichtbündel wird von der Halbleiterlichtquelle in etwa parallel zur Hauptabstrahlrichtung ausgesandte Lichtstrahlen gebildet, die durch in etwa horizontal (senkrecht zur optischen Achse der Vorsatzoptik) angeordnete Einkoppelflächen in die Vorsatzoptik eingekoppelt werden und ohne eine Totalreflexion an den Grenzflächen zur Auskoppelfläche gelangen. Für dieses zweite Lichtbündel ist in der Vorsatzoptik bevorzugt eine direkt abbildende Linse vorgesehen, bspw. an den Lichteinkoppelflächen und/oder den Lichtauskoppelflächen, die das Licht ohne Reflexion an den Grenzflächen bündelt, insbesondere weitgehend kollimiert (parallelisiert).

[0028] Auch dieses zweite Lichtbündel muss die gewünschte Helldunkelgrenze erzeugen. Deshalb wird die in der Vorsatzoptik ausgebildete Linse für im Wesentlichen parallel zur optischen Achse bzw. zur Hauptabstrahlrichtung ausgesandte Lichtstrahlen derart angeordnet und geformt, dass eine Kante der Leuchtfläche der mindestens einen Halbleiterlichtquelle als Helldunkelgrenze der resultierenden Lichtverteilung oder als ein Teil davon abgebildet wird. Dadurch kann dieses zweite Lichtbündel das durch Reflexion an den totalreflektierenden Grenzflächen erzeugte erste Lichtbündel bei der Erzeugung der Helldunkelgrenze ergänzen bzw. unterstützen. Da die so ausgestaltete Vorsatzoptik die Lichtstrahlen der beiden Lichtbündel unabhängig voneinander lenkt und formt, damit sich beide Lichtbündel zur gewünschten Teil-Lichtverteilung ergänzen, ist die Vorsatzoptik sehr kompakt aufgebaut und benötigt vorteilhafterweise wenig Bauraum.

[0029] Ferner ist vorteilhaft, dass die Lichtauskoppelfläche der Vorsatzoptik gekrümmte Flächen, insbesondere Zylinderlinsen oder Zylinderlinsensegmente umfasst, deren Zylinderachse vorzugsweise quer zum Verlauf der Helldunkelgrenze verlaufen. Eine solche Ausbildung der Lichtauskoppelfläche ist dann vorteilhaft, wenn beispielsweise eine breite Streuung des Lichts, insbesondere in horizontaler Richtung, gewünscht ist. Dabei können die gekrümmten Flächen nicht nur divergierende (streuende) Strahlen, sondern auch konvergierende (bündelnde) Strahlen erzeugen. Konvergierende und divergierende Lichtstrahlen sind bspw. zur Erzeugung einer Nebellichtverteilung, einer Grundlichtverteilung eines Abblendlichts oder einer Abbiegelichtverteilung geeignet, jeweils um eine möglichst breite Lichtverteilung zu erreichen und dadurch die Sicht des Fahrers in den entsprechenden Fahrsituationen zu verbessern.

[0030] Natürlich kann eine solche Streuung des Lichts alternativ auch durch eine entsprechende Ausgestaltung der Lichteinkoppelfläche, der totalreflektierenden Grenzfläche, und/oder der im Innern der Vorsatzoptik angeordneten Linse, also ohne entsprechende Ausgestaltung der Lichtauskoppelflächen, gestaltet werden. Zur Erlangung einer breiten Lichtverteilung ist es auch möglich, die totalreflektierende Grenzfläche mit entsprechend ausgebildeten Facetten auszugestalten, die das Licht bereits in der Vorsatzoptik entsprechend formen, so dass es nach dem Durchtritt durch die Lichtauskoppelflächen gestreut ist. Genauso ist es möglich, dass ein zusätzliches, separat gefertigtes optisches Element mit brechenden und/oder reflektierenden Eigenschaften beabstandet vor der Lichtauskoppelfläche angeordnet ist, um das ausgekoppelte Licht der Vorsatzoptik nach dem Austritt aus der Vorsatzoptik entsprechend zu formen.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform der Vorsatzoptik ist es möglich, dass die totalreflektierenden Grenzflächen mindestens eine schräg zu einer optischen Achse der Vorsatzoptik verlaufende Grenzfläche umfassen, die das durch die Vorsatzoptik hindurchtretende Licht auf die Lichtauskoppelfläche umlenkt, wobei eine Lichtaustrittsrichtung des Lichts aus der Vorsatzoptik in einem Winkel zur optischen Achse und damit zur Hauptaustrittsrichtung der Lichtstrahlen aus der mindestens einen Lichtquelle gerichtet ist. Das Licht kann an der schräg stehenden Grenzfläche ebenfalls durch Totalreflexion reflektiert werden und kann je nach Ausbildung der schräg stehenden Grenzfläche eine Streuung beziehungsweise eine Bündelung des Lichts erzeugen. So ist es möglich, dass das aus der Vorsatzoptik austretende Licht in einem beliebigen Winkel zur Hauptabstrahlrichtung der Halbleiterlichtquelle, bevorzugt um 90° geschwenkt, austreten kann. Eine solche Ausgestaltung könnte beispielsweise eine bessere Positionierung der Vorsatzoptik im Lichtmodul ermöglichen, wodurch vorteilhafterweise ein im Scheinwerfer vorgegebener Bauraum besser genutzt werden könnte.

[0032] Außerdem ist vorteilhaft, dass mindestens einer der Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen Stu-

fen aufweist. Dadurch kann eine breitere Form der Vorsatzoptik erreicht werden, wobei die Vorsatzoptik zum Beispiel bündig in einen vorgegebenen Bauraum eingepasst werden kann. Durch die stufenförmige Ausbildung mindestens einer der Bereiche der Grenzflächen kann auch der Abstand der Bereiche der Grenzflächen zur Lichtquelle verändert werden, wodurch die Abbilder der Leuchtfläche wahlweise vergrößert beziehungsweise verkleinert werden können. Ferner kann dadurch eine Zone der größten Lichtstärke in der erzeugten Teil-Lichtverteilung gezielt verschoben werden. Die stufenförmige Ausbildung kann einzelne Abschnitte der totalreflektierenden Grenzflächen betreffen, sie kann natürlich auch eine gesamte Grenzfläche betreffen.

[0033] Bei einer Anwendung der Erfindung in einem Lichtmodul mit mehreren Vorsatzoptiken kann vorgesehen sein, dass mindestens eine der Vorsatzoptiken zur Erzeugung einer bezüglich einer Horizontalen um einen beliebigen Winkel α schrägen Helldunkelgrenze oder senkrechten Helldunkelgrenze ($\alpha = 90^\circ$) um den Winkel α um die optische Achse der Vorsatzoptik gedreht ist. Bevorzugt wird die Vorsatzoptik mit samt der Halbleiterlichtquelle gedreht damit die Zuordnung der Bereiche der totalreflektierenden Grenzflächen zu den definierten Punkten der Leuchtfläche der Halbleiterlichtquelle erhalten bleibt. Diese Möglichkeit kann besonders dann vorteilhaft angewandt werden, wenn die gewünschte Gesamt-Lichtverteilung durch Überlagerung mehrerer Teil-Lichtverteilungen erzeugt wird. Ein erstes Scheinwerfermodul mit einer ersten Vorsatzoptik kann beispielsweise einen horizontalen Abschnitt einer asymmetrischen Helldunkelgrenze erzeugen, und ein anderes Scheinwerfermodul mit einer um 15° gedrehten Vorsatzoptik kann den 15 Grad Anstieg der Helldunkelgrenze erzeugen. Die resultierende Lichtverteilung mit der asymmetrischen Helldunkelgrenze ist somit aus dem Licht von zwei Vorsatzoptiken zusammengesetzt und kann bspw. für eine Spotlichtverteilung als Teil einer Abblendlichtverteilung oder eine fertige Abblendlichtverteilung genutzt werden. Wenn die resultierende Lichtverteilung eine Spotlichtverteilung ist, könnte ein weiteres Modul eine Grundlichtverteilung erzeugen, so dass eine Überlagerung der Spotlichtverteilung und der Grundlichtverteilung die resultierende Gesamt-Abblendlichtverteilung erzeugt, welche die gesetzlichen Anforderungen erfüllt.

[0034] Natürlich kann bei einer Drehung der Vorsatzoptik um 90 Grad auch eine vertikale Helldunkelgrenze erzeugt werden, die ebenfalls modular in ein Gesamtsystem zur Erzeugung einer Gesamt-Lichtverteilung, bspw. in Form eines Teilfernlichts, integriert werden kann.

[0035] Ergänzend oder alternativ hierzu ist besonders vorteilhaft, dass mindestens eine der Vorsatzoptiken vorzugsweise zusammen mit der dieser zugeordneten mindestens einen Halbleiterlichtquelle um eine Drehachse, die quer zur optischen Achse der Vorsatzoptik verläuft, verschwenkbar ist. Das bedeutet, dass die erfindungsgemäße Vorsatzoptik auch zur Realisierung von dyna-

mischen Lichtfunktionen verwendet werden kann. Dabei müssen keinerlei Modifikationen an der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik selbst vorgenommen werden. Die zum Einstellen der dynamischen Lichtfunktionen nötigen Antriebselemente können dabei direkt an der Vorsatzoptik angreifen. Durch ein Verschwenken der Vorsatzoptik während der Fahrt ist es möglich, eine einer Fahrsituation angepasste Lichtverteilung zu erzeugen. So kann beispielsweise durch ein vertikales Verschwenken der Vorsatzoptik um eine horizontale Achse eine dynamische Leuchtweitenregulierung realisiert werden, bei der eine Anpassung der Helldunkelgrenze an einen Nickwinkel des Fahrzeugs realisiert wird. Außerdem ist es möglich, durch ein horizontales Verschwenken der Vorsatzoptik um eine vertikale Achse ein dynamisches Kurvenlicht zu realisieren, bei dem bei einer Kurvenfahrt eine Hauptabstrahlrichtung bzw. die optische Achse der Vorsatzoptik in Richtung einer Kurveninnenseite verschenkt wird.

[0036] Da auch das zuvor beschriebene Drehen der Vorsatzoptik um die optische Achse auch während der Fahrt möglich ist, kann beispielsweise bei einer Autobahnfahrt der 15 Grad Anstieg einer asymmetrischen Helldunkelgrenze einer Abblendlichtverteilung während der Fahrt verringert werden, bspw. auf Null Grad verringert werden, so dass eine durchgehende horizontale Helldunkelgrenze entsteht, wie dies bspw. bei einer Autobahnlichtverteilung vorteilhaft ist. Ferner könnte die optische Achse der Vorsatzoptik zur Erhöhung der Reichweite der ausgesandten Lichtverteilung während einer Autobahnfahrt angehoben werden. In einer weiteren Anwendungsmöglichkeit ist es z.B. möglich, bei einem Wechsel von Rechtsverkehr auf Linksverkehr oder umgekehrt, den 15 Grad Anstieg der asymmetrischen Helldunkelgrenze einer Abblendlichtverteilung entsprechend umzustellen, indem die Vorsatzoptik um 30° um die optische Achse vor- beziehungsweise rückgedreht wird.

[0037] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Figuren. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombination oder in Alleinstellung einen wesentlichen Aspekt der Erfindung darstellen können. Die Figuren zeigen bevorzugt die Ausführungsbeispiele der Erfindung und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei zeigen:

- 50 Fig. 1 bis 5 verschiedene an sich aus dem Stand der Technik bekannte Lichtstrahlenverläufe in einer Vorsatzoptik;
- Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul eines Kraftfahrzeugscheinwerfers mit einer erfindungsgemäßen Vorsatzoptik;
- 55 Fig. 7 eine Leuchtfläche einer Leuchtdiode in

- einer Draufsicht entgegen einer Hauptaustrittsrichtung des von der Leuchtdiode ausgesandten Lichts betrachtet;
- Fig. 8 und 9 die erfindungsgemäße Vorsatzoptik aus Figur 6 in einer Draufsicht in einer Hauptabstrahlrichtung des von der Leuchtdiode ausgesandten Lichts betrachtet;
- Fig. 10 ein Teil eines Bereichs einer Grenzfläche der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik aus Figur 9;
- Fig. 11 die erfindungsgemäße Vorsatzoptik in einer perspektivischen Rückansicht;
- Fig. 12 die erfindungsgemäße Vorsatzoptik mit einem beispielhaft eingezeichneten Strahlengang bei einer Sicht von oben;
- Fig. 13 die erfindungsgemäße Vorsatzoptik mit einem beispielhaft eingezeichneten Strahlengang bei einer Sicht von der Seite;
- Fig. 14 ein Beispiel für eine mit der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik erzeugte Teil-Lichtverteilung auf einem Messschirm;
- Fig. 15 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik mit einer speziell ausgebildeten Lichtauskoppelfläche in einer Seitenansicht;
- Fig. 16 die erfindungsgemäße Vorsatzoptik aus Figur 15 in einer Draufsicht auf die Lichtauskoppelfläche;
- Fig. 17 eine Schnittansicht durch die Vorsatzoptik aus Figur 15 mit beispielhaft eingezeichnetem Strahlengang;
- Fig. 18 die Vorsatzoptik aus Figur 15 mit einem ersten möglichen Strahlengang des Lichts;
- Fig. 19 die Vorsatzoptik aus Figur 15 mit einem zweiten möglichen Strahlengang des Lichts;
- Fig. 20 ein weiteres Beispiel für eine mit der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik erzeugte Teil-Lichtverteilung auf einem Messschirm;
- Fig. 21 eine erfindungsgemäße Vorsatzoptik nach einer Drehung um die optische Achse um einen Winkel α ;
- Fig. 22 ein Beispiel für eine mit der gedrehten Vorsatzoptik aus Figur 21 erzeugte Teil-Lichtverteilung auf einem Messschirm;
- Fig. 23 eine durch eine Überlagerung der Teil-Lichtverteilungen aus den Figuren 20 und 22 erzeugte Gesamt-Lichtverteilung auf einem Messschirm;
- Fig. 24 eine erfindungsgemäße Vorsatzoptik gemäß einer weiteren Ausführungsform; und
- Fig. 25 eine erfindungsgemäße Vorsatzoptik gemäß noch einer weiteren Ausführungsform.
- [0038]** Lichtmodule eines Kraftfahrzeugscheinwerfers oder einer Kraftfahrzeugleuchte, die mit Halbleiterlichtquellen betrieben werden, weisen häufig Vorsatzoptiken zur Bündelung des aus der Lichtquelle ausgesandten Lichts auf. Die Vorsatzoptiken bestehen aus einem transparenten Material, insbesondere Glas oder Kunststoff. Das zu bündelnde Licht der Lichtquelle wird zumindest teilweise in über mindestens eine Lichteinkoppelfläche in die Vorsatzoptik eingekoppelt, teilweise an seitlichen Grenzflächen der Vorsatzoptik totalreflektiert und das eingekoppelte Licht schließlich über mindestens eine Lichtauskoppelfläche wieder aus der Vorsatzoptik ausgekoppelt. Eine Bündelung des Lichts wird durch Brechung an den Lichteinkoppel- und/oder Lichtauskoppelflächen und/oder durch Totalreflexion an den seitlichen Grenzflächen erzielt. Einer Vorsatzoptik können eine oder auch mehrere Halbleiterlichtquellen zugeordnet sein.
- [0039]** Die Figuren 1 bis 5 zeigen ein Beispiel einer aus dem Stand der Technik bekannten Vorsatzoptik 10 mit beispielhaft eingezeichneten Lichtstrahlenverläufen. Der Vorsatzoptik 10 ist eine Halbleiterlichtquelle 12, die bevorzugt als Leuchtdiode ausgebildet ist, zugeordnet. Figur 1 zeigt einen ersten möglichen Strahlenverlauf des von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgesandten Lichts innerhalb der Vorsatzoptik 10. Die Halbleiterlichtquelle 12 ist relativ zur Vorsatzoptik 10 derart angeordnet, dass möglichst viel ausgesandtes Licht der Halbleiterlichtquelle 12 in Richtung von Lichteinkoppelflächen 14 der Vorsatzoptik 10 strahlt. Insbesondere ist auf der Rückseite der Vorsatzoptik 10 eine vorzugsweise zylinderförmig oder kegelstumpfförmig ausgebildete Vertiefung 11 ausgebildet, in der die Lichtquelle 12 angeordnet ist. Die Vertiefung umfasst seitliche, Lichteinkoppelflächen 14a, die in etwa parallel bzw. in einem kleinen Winkel zu einer optischen Achse 20 der Vorsatzoptik 10 verlaufen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen die Lichteinkoppelflächen 14a einem Mantel eines die Vertiefung 11 bildenden Zylinders bzw. eines Kegelstumpfes. Die Vertiefung 11 hat vorzugsweise einen kreisförmigen Querschnitt. Selbstverständlich kann die Vertiefung

fung 11 auch einen ovalen oder mehreckigen Querschnitt aufweisen.

[0040] Eine Hauptabstrahlrichtung des von der Leuchtdiode 12 ausgesandten Lichts verläuft im Wesentlichen parallel zu der optischen Achse 20 der Vorsatzoptik 10. Ein erster Strahlenverlauf des Lichts umfasst insbesondere schräg zur Hauptabstrahlrichtung ausgesandte Lichtstrahlen der Halbleiterlichtquelle 12, die an den seitlichen Lichteinkopffläche 14a in die Vorsatzoptik 10 eingekoppelt werden. Das an den Lichteinkopfflächen 14a eingekoppelte Licht trifft anschließend auf Grenzflächen 16 der Vorsatzoptik 10, an der es durch Totalreflexion reflektiert und in Richtung von Auskoppelflächen 18a umgelenkt wird. Es ist bekannt, durch eine gezielte Ausgestaltung der Grenzflächen 16 als Ganzes, beispielsweise durch ein Schrägstellen und/oder eine leichte Krümmung der Grenzflächen 16, kann das Licht gebündelt, vorzugsweise parallelisiert (kollimiert) werden. Anschließend wird das gebündelte Licht an den Lichtauskoppelflächen 18a der Vorsatzoptik 10 aus dieser ausgekoppelt. Dabei tritt das an den Grenzflächen 16 totalreflektierte Licht vorzugsweise an in einem Abstand zur optischen Achse 20 angeordneten Auskoppelflächen 18a aus der Vorsatzoptik aus. Sowohl beim Eintritt durch die Lichteinkopfflächen 14a als auch beim Austritt durch die Lichtauskoppelflächen 18a kann das Licht gebrochen werden, was zusätzlich zur Bündelung des Lichts genutzt werden kann. Nach der Auskopplung aus der Vorsatzoptik 10 verlaufen die Lichtstrahlen im Wesentlichen parallel.

[0041] Figur 2 zeigt einen zweiten möglichen Strahlenverlauf des von der Halbleiterlichtquelle 12 ausgesandten Lichts innerhalb der Vorsatzoptik 10. Dabei wird Licht, das von der Leuchtdiode 12 im Wesentlichen parallel zu der Hauptabstrahlrichtung ausgesandt wird, über eine im wesentlichen quer zur optischen Achse 20 verlaufende Lichteinkopffläche 14b am Boden der Vertiefung 11 in die Vorsatzoptik 10 eingekoppelt. Der zweite Strahlenverlauf des Lichts verläuft innerhalb der Vorsatzoptik 10 im Wesentlichen entlang der optischen Achse 20 der Vorsatzoptik 10. Das ausgesandte Licht der Halbleiterlichtquelle 12 kann dabei direkt hinter der Lichteinkopffläche 14 auf eine dort angeordnete Linse 22 treffen, die das Licht, möglicherweise im Zusammenwirken mit der quer zur optischen Achse 20 verlaufenden Lichteinkopffläche 14b, bündelt, vorzugsweise parallelisiert. Die Linse 22 kann auch integraler Bestandteil der Lichteinkopffläche 14b sein. Anschließend trifft das Licht auf eine zentrale Lichtauskoppelfläche 18b, durch die die optische Achse 20 verläuft. Auch dieses Licht wird - analog zum ersten Strahlenverlauf - an der Lichtauskoppelfläche 18b parallel gerichtet ausgekoppelt. In einem realen Betrieb der Vorsatzoptik 10 finden beide Strahlenverläufe gleichzeitig statt. Figur 3 zeigt das Zusammenwirken des ersten und des zweiten Strahlenverlaufs in der bekannten Vorsatzoptik 10.

[0042] Durch ein Verformen der Lichteinkopfflächen 14, der Grenzflächen 16 und/oder der Lichtauskoppel-

flächen 18 kann der Strahlenverlauf durch die Vorsatzoptik 10 und damit die erzeugte Lichtverteilung beeinflusst werden. So sind in Figur 4 die Grenzfläche 16 stärker konkav gekrümmt als bei der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Vorsatzoptik 10, und die Lichtauskoppelflächen 18 sind ebenfalls leicht konvex gekrümmt ausgebildet.

[0043] In den Figuren 1 bis 4 ist von einer idealen punktförmigen Lichtquelle ausgegangen worden. Realistisch ist jedoch, dass die Halbleiterlichtquelle 12 eine flächenmäßig ausgedehnte Lichtquelle mit entsprechenden Flächenmaßen ist. Figur 5 zeigt eine solch realistisch ausgebildete Halbleiterlichtquelle 12 mit den aufgrund der Flächenerstreckung der Lichtquelle 12 resultierenden Strahlenverläufen. Mit einer solchen Lichtquelle 12, wird in der bekannten Vorsatzoptik 10 die Lichtverteilung aufgeweitet und gestreut. Das führt dazu, dass man mit dieser Form der Flächen keinen scharfen Gradienten erzeugen kann, der beispielsweise zur Erzeugung einer scharfen Helldunkelgrenze 42 (siehe Figuren 14, 20 und 23) notwendig ist.

[0044] Figur 6 zeigt einen erfindungsgemäßen Scheinwerfer 24 in einem vertikalen Längsschnitt. Der Scheinwerfer 24 umfasst ein Gehäuse 26, in welchem ein Lichtmodul 28 zur Erzeugung einer Teil-Lichtverteilung angeordnet ist. Das Lichtmodul 28 dient bevorzugt zur Erzeugung einer abgeblendeten Teil-Lichtverteilung mit einer horizontalen Helldunkelgrenze, wie zum Beispiel einer Spotlichtverteilung oder eine Grundlichtverteilung eines Abblendlichts oder eines Nebellichts. Selbstverständlich kann das Modul 28 auch zur Erzeugung einer Lichtverteilung mit einer vertikalen Helldunkelgrenze, wie sie bspw. bei einem Teilfernlicht Anwendung findet, ausgebildet sein. Eine durch den Scheinwerfer 24 erzeugte Gesamt-Lichtverteilung ergibt sich vorzugsweise durch Überlagerung der von dem Modul 28 erzeugten Teil-Lichtverteilung mit anderen Teil-Lichtverteilungen, die von anderen in dem Gehäuse 26 angeordneten Lichtmodulen (nicht dargestellt) erzeugt werden. Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass die von dem Lichtmodul 28 erzeugte Teil-Lichtverteilung ohne Überlagerung mit anderen Teil-Lichtverteilungen die Gesamt-Lichtverteilung des Scheinwerfers 24 bildet. Der Scheinwerfer 24 kann zusätzlich auch noch beliebige Leuchtenmodule zur Erzeugung beliebiger Leuchtenfunktionen (zum Beispiel Blinklicht, Tagfahrlicht, Standlicht, Positionslicht) umfassen. Das Gehäuse 26 des Scheinwerfers 24 weist in Lichtaustrittsrichtung 30 eine Lichtaustrittsöffnung auf, die mit einer lichtdurchlässigen Abdeckscheibe 32 verschlossen ist, um das Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit zu verhindern. Die Abdeckscheibe 32 kann als eine sog. klare Scheibe ohne optisch wirksame Elemente oder als eine sog. Streuscheibe, die zumindest bereichsweise mit optisch wirksamen Elementen, z.B. in Form von Zylinderlinsen oder Prismen, versehen ist, ausgebildet sein.

[0045] Das Lichtmodul 28 weist die Halbleiterlichtquel-

le 12 auf, der eine erfindungsgemäße Vorsatzoptik 10 zugeordnet ist. Das Lichtmodul 28 kann auch mehrere Halbleiterlichtquellen 12 mit jeweils einer zugeordneten Vorsatzoptik 10 aufweisen. Es ist auch möglich, dass mehrere Halbleiterlichtquellen 12 einer gemeinsamen Vorsatzoptik 10 zugeordnet sind.

[0046] Figur 7 zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12 in einer schematischen Darstellung. Die Leuchtfläche 13 weist in diesem Ausführungsbeispiel eine viereckige, im Wesentlichen quadratische Kontur auf, wobei die vier Eckpunkte der Leuchtfläche 13 mit den Buchstaben A -bis D bezeichnet sind. Eine andere mehreckige Kontur der Leuchtfläche 13 ist auch möglich. Sogar eine runde oder ovale Kontur der Leuchtfläche 13 wäre möglich.

[0047] Figur 8 zeigt eine Rückansicht in Lichtaustrittsrichtung 30 betrachtet auf die erfindungsgemäße Vorsatzoptik 10. In einer Verlängerung der optischen Achse 20 der Vorsatzoptik 10 ist die Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12 mit den Eckpunkten A bis D eingezeichnet.

[0048] Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Unterteilung der Grenzflächen 16 der Vorsatzoptik 10 in mehrere Bereiche 34, die jeweils definierten, zueinander beabstandeten Punkten der Leuchtfläche 13 zugeordnet sind. Diese sind vorzugsweise entlang der Außenkanten der Leuchtfläche 13 angeordnet. Besonders bevorzugt sind die Bereiche 34 den Eckpunkten A bis D der Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12 zugeordnet. Bei einer runden oder ovalen Ausgestaltung der Leuchtfläche 13 können die den Bereichen 34 zugeordneten Punkte nach Belieben, vorzugsweise entlang der Außenkanten der Leuchtfläche 13, definiert werden. Besonders bevorzugt sind die definierten Punkte A bis D der Leuchtfläche 13 möglichst gleichmäßig zueinander beabstandet entlang der Außenkante angeordnet und sind jeweils zwei der Punkte A bis D bezüglich eines Schwerpunkts der Leuchtfläche 13 jeweils einander diagonal gegenüberliegend angeordnet.

[0049] In dem dargestellten Beispiel ist die Grenzfläche 16 in acht Bereiche 34 unterteilt. Die Bereiche 34 sind konstruktionsbedingt teilweise durch lineare Grenzlinien 36 oder durch im Wesentlichen hyperbelförmige Grenzlinien 38 voneinander getrennt. Die Grenzfläche 16 kann dabei entlang der Grenzlinien 36 und 38 aufgetrennt sein. Jedem der abgegrenzten Bereiche 34 ist eine bestimmte Ecke A bis D der Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12 zugeordnet. Die den einzelnen Bereichen 34 jeweils zugeordnete Ecke A bis D der Leuchtfläche 13 ist durch Angabe der Bezeichnung der Ecke A bis D veranschaulicht. Die Form der Grenzlinie 36; 38 wird insbesondere durch die Bedingung bestimmt, dass aus einem Bereich 34 nur eine Ecke A; B; C oder D den höchsten Punkt des Abbildes bezüglich der Helldunkelgrenze erzeugt. Bei einer beispielhaften viereckigen Leuchtfläche der Lichtquelle 12 ist der Verlauf der Grenzlinien 36, 38 wie dargestellt. Wenn die Lichtquelle 12 eine andere Form hat, kann sich ein abweichender Verlauf

der Grenzlinien 36, 38 ergeben.

[0050] Die Zuordnung der Punkte A bis D der Leuchtfläche 13 zu den Grenzflächenbereichen 34 erfolgt nach folgendem Prinzip: Die Bereiche 34 erzeugen auf einem in einem Abstand zur Vorsatzoptik 10 angeordneten Messschirm Abbilder der Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12. Die von den einzelnen Bereichen 34 erzeugten Abbilder sind in den Figuren 9 und 10 beispielhaft eingezeichnet und mit dem Bezugszeichen 35 bezeichnet. Es ist zu erkennen, dass aufgrund der Krümmung der Bereiche 34 die Abbilder zum Teil verzerrt und/oder gedreht sind. Aufgrund der Krümmung kann man Abbilder nicht drehen. Die Orientierung der Abbilder ergibt sich aus der Lage/Form der Lichtquelle 12 und dem Blickwinkel, in dem man auf die Lichtquelle 12 schaut. Für jeden Bereich 34 gilt, dass bei einer Erzeugung einer horizontalen Helldunkelgrenze 42 (vgl. Figuren 14, 20 und 23) der Lichtverteilung der dem Bereich 34 zugeordnete definierte Punkt A; B; C; D der Leuchtfläche 13 den obersten Punkt des von dem Bereich 34 erzeugten Abbildes 35 bildet. Dazu müssen die Bereiche 34 derart ausgebildet sein, dass dieser oberste Punkt des Abbildes 35 genau an beziehungsweise möglichst dicht unterhalb der Helldunkelgrenze 42 (vgl. Figuren 14 und 23) liegt. Dadurch ergibt sich automatisch, dass Strahlen von anderen Punkten oder Abschnitten der Leuchtfläche 13 immer unterhalb der Helldunkelgrenze 42 liegen. Ein Bereich 34 ist also dadurch gekennzeichnet, dass in ihm ein Eckpunkt A; B; C oder D der Lichtquelle 12 der Punkt ist, welcher am höchsten bezüglich der Helldunkelgrenze ist.

[0051] Figur 9 zeigt beispielhaft mehrere mögliche Abbilder 35 der Leuchtfläche 13 der Halbleiterlichtquelle 12, die von den Bereichen 34, auf denen die Abbilder 35 eingezeichnet sind, erzeugt werden. Dabei ist bei den Abbildern 35 jeweils der oberste Punkt mit einem der Buchstaben A bis D bezeichnet, was ein Hinweis auf diejenige Ecke A bis D der Leuchtfläche 13 ist, welche bei dem von dem Bereich 34 erzeugten Abbild 35 der Leuchtfläche 13 den obersten Punkt des Abbildes 35 bildet. Falls die Vorsatzoptik 10 mehrere Halbleiterlichtquellen 12, beispielsweise in Form eines Halbleiterlichtquellen-Arrays, aufweist (nicht dargestellt), können die den einzelnen Bereichen 34 der Grenzfläche 16 zugeordneten Punkte der Leuchtfläche als die äußeren Eckpunkte der Gesamtleuchtfläche des gesamten Halbleiterlichtquellen-Arrays definiert werden.

[0052] Figur 10 zeigt beispielhaft Abbilder 35 in zwei ausgewählten Bereichen 34 der Grenzfläche 16 im Detail. Zur besseren Verdeutlichung ist beispielhaft die Ecke A in Figur 10 durch einen Kreisring und die Ecke B durch einen ausgefüllten Punkt gekennzeichnet. In dem der Ecke A zugeordneten Bereich 34' stellt jeweils die mit A gekennzeichnete Ecke des Abbildes 35 die oberste Ecke dar. Die beispielhaft gekennzeichnete Ecke B und die weiteren Ecken C und D (nicht gekennzeichnet) liegen bei den durch den Bereich 34' erzeugten Abbildern 35 der Leuchtfläche 13 immer unterhalb der Ecke A bzw.

allenfalls auf gleicher Höhe mit der Ecke A. In dem der Ecke B zugeordneten Bereich 34" ist die mit B gekennzeichnete Ecke des Abbildes 35 die oberste Ecke, die Ecke A und die weiteren Ecken C und D (nicht gekennzeichnet) liegen bei den durch den Bereich 34" erzeugten Abbildern 35 der Leuchtfläche 13 immer unterhalb der Ecke B bzw. allenfalls auf gleicher Höhe mit der Ecke B. Entsprechendes gilt auch für die den Punkte C und D der Leuchtfläche 13 zugeordneten Bereiche 34 der Grenzfläche 16.

[0053] Aus Figur 9 ist weiterhin ersichtlich, dass die Bereiche 34 durch Stufen 40 relativ zueinander abgegrenzt beziehungsweise abgestuft sind. Die Stufen 40 können vorgesehen sein, um eine Verschiebung der von den Bereichen 34 erzeugten Abbilder 35 aufgrund des Abstands zwischen den Ecken A bis D der Leuchtfläche 13 zu kompensieren. Figur 11 zeigt eine perspektivische Rückansicht der Vorsatzoptik 10, aus der auch die Stufen 40 zwischen aneinander grenzenden Bereichen 34 ersichtlich sind. Selbstverständlich können zwischen allen Bereichen 34 Stufen 40 ausgebildet sein, wobei die Höhe und Ausgestaltung der Stufen 40 nahezu beliebig variieren kann. Es ist auch denkbar, die Übergänge zwischen den Bereichen 34 zu verrunden, so dass eine kontinuierliche Rückfläche der Vorsatzoptik 10 ohne Knicke, Kanten und Stufen entsteht. Dann kann es allerdings zu geringfügigen Ungenauigkeiten in der Erzeugung der Abbilder 35 durch die Übergänge zwischen den Bereichen 34 kommen, so dass unter Umständen der oberste Punkt A bis D einzelner Abbilder 35 geringfügig oberhalb der Helldunkelgrenze 42 abgebildet wird und/oder der oberste Punkt A bis D eines durch einen bestimmten Bereich 34 erzeugten Abbilds 35 nicht durch den Punkt A bis D erzeugt wird, dem der Bereich 34 zugeordnet ist, sondern durch einen anderen. Diese lokal und größenmäßig beschränkten Ungenauigkeiten führen zu einer geringfügigen Unschärfe der Helldunkelgrenze 42, die jedoch noch akzeptabel ist. Insgesamt ist die durch die erfindungsgemäße Vorsatzoptik 10 erzeugte Helldunkelgrenze 42 wesentlich schärfer als die durch die bekannten Vorsatzoptiken erzeugten Helldunkelgrenze bei gleichzeitig deutlich verbesserter Effizienz der Vorsatzoptik 10.

[0054] Figur 12 zeigt die Vorsatzoptik 10 mit dem entsprechenden Strahlengang bei einer Sicht auf die Vorsatzoptik 10 in vertikaler Richtung. Figur 13 zeigt die Vorsatzoptik 10 mit dem entsprechenden Strahlengang bei einer Sicht in horizontaler Richtung von der Seite auf die Vorsatzoptik 10. Eine durch die Strahlenverläufe aus den Figuren 12 und 13 erzeugte Lichtverteilung auf einem in einem Abstand zu der Vorsatzoptik 10 angeordneten Messschirm zeigt Figur 14. Die Lichtverteilung weist nur eine geringe horizontale Streuung mit einer Ausdehnung von etwa $\pm 5^\circ$ rechts und links einer Vertikalen VV auf. Zudem ist eine horizontale Helldunkelgrenze 42, die in etwa auf einer Horizontalen HH oder knapp darunter liegt, zumindest in einem Bereich zwischen $\pm 3^\circ$ scharf ausgeprägt. Auch die Ausdehnung des Lichtbündels in

vertikaler Richtung ist relativ gering und erstreckt sich ausgehend in etwa von der Horizontalen HH um etwa 5° nach unten. Die so erzeugte Lichtverteilung stellt eine Spotlichtverteilung dar, die in einem Spotlichtmodul, bspw. zur verbesserten Ausleuchtung des Fernbereichs einer Abblendlichtverteilung, zum Einsatz kommen kann.

[0055] Die Figuren 15 bis 17 zeigen eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik 10. Dabei sind zumindest auf einem Teil der Auskoppelfläche 18 gekrümmte Flächen 44 ausgebildet. Die gekrümmten Flächen 44 haben vorzugsweise eine Längserstreckung und sind bspw. in Form von zylinder- oder zylindersegmentförmigen Linsen ausgebildet. Die Längsachsen der gekrümmten Flächen, insbesondere die Zylinderachsen von zylinder- oder zylindersegmentförmigen Linsen, verlaufen vorzugsweise (senkrecht) quer zum Verlauf der Helldunkelgrenze 42. Figur 15 zeigt eine Draufsicht in vertikaler Richtung auf die Vorsatzoptik 10. Die über die Auskoppelfläche 18 mit den gekrümmten Flächen 44 ausgekoppelten Lichtstrahlen werden quer zur Erstreckung der Längsachse in horizontaler Richtung gestreut, was anhand der in den Figuren 18 und 19 gezeigten Strahlenverläufe veranschaulicht ist. Dadurch kann eine gewünschte Breite einer durch die Vorsatzoptik 10 erzeugten Teil-Lichtverteilung realisiert werden. Die gekrümmten Flächen 44 können entweder integraler Bestandteil der Auskoppelfläche 18 oder als gesondertes optisches Element beabstandet zu der Auskoppelfläche 18 im Strahlengang der ausgekoppelten Lichtstrahlen angeordnet sein.

[0056] Figur 17 zeigt eine Schnittansicht durch die Vorsatzoptik 10 aus Figur 15 entlang der Linie XVII-XVII mit einem beispielhaft eingezeichneten Strahlengang. Während also den Figuren 18 und 19 die horizontale Streuung der durch die Vorsatzoptik 10 hindurchtretenden Lichtstrahlen entnommen werden kann, zeigt die Figur 17 eine (kaum vorhandene) vertikale Streuung der hindurchtretenden Lichtstrahlen. In vertikaler Richtung ist das durch die Vorsatzoptik 10 hindurchtretende Licht also relativ stark gebündelt. Eine Oberseite der resultierenden Teil-Lichtverteilung kann zur Erzeugung der Helldunkelgrenze 42 herangezogen werden. Figur 17 zeigt lediglich den sog. zweiten möglichen Strahlenverlauf gemäß Figur 2, der über die Lichteinkoppelfläche 14b durch die direktabbildende Linse 22 ohne eine Totalreflexion an den Grenzflächen 16 auf die Auskoppelfläche 18 trifft. Die gekrümmten Flächen 44 führen jedoch in entsprechender Weise auch bei dem ersten möglichen Strahlenverlauf gemäß Figur 1 dazu, dass die über die seitlichen Einkoppelflächen 14a in die Vorsatzoptik 10 eingekoppelten Lichtstrahlen nach einer Totalreflexion an den Grenzflächen 16 auf die Auskoppelflächen 18 treffen und durch die gekrümmten Flächen in vertikaler Richtung kaum gestreut, sondern eher gebündelt werden.

[0057] In einer nicht dargestellten Ausführungsform ist es möglich, die Grenzfläche 16 beziehungsweise die Bereiche 34 mit entsprechend ausgebildeten Facetten auszugestalten, um so eine Streuung des aus der Vorsatz-

optik 10 ausgekoppelten Lichts zu erreichen.

[0058] Die erfindungsgemäßen Vorsatzoptik 10 kann in einem Lichtmodul 28 eines Scheinwerfers 24 zur Erzeugung einer Lichtverteilung eingesetzt werden, wie sie beispielhaft in Figur 20 gezeigt ist. Diese Lichtverteilung eignet sich gut für einen Nebelscheinwerfer, eine Grundlichtverteilung eines Abblendlichtscheinwerfers oder für einen Abbiegescheinwerfer. Die Lichtverteilung ist in horizontaler Richtung relativ breit gestreut (etwa +/- 28°) und weist an ihrer Oberseite eine scharfe horizontale Helldunkelgrenze 42 auf. Auch ein Bereich 43 mit großer Lichtstärke im Zentrum der Lichtverteilung erstreckt sich in horizontaler Richtung relativ breit (etwa +/- 10°). Die Lichtverteilung bewirkt eine breite Ausleuchtung der Fahrbahn vor dem Fahrzeug, insbesondere im Bereich der Fahrbahn­ränder.

[0059] Wenn die Lichtverteilung aus Figur 20 eine Grundlichtverteilung einer Abblendlichtverteilung darstellt, kann sie mit einer Spotlichtverteilung (vgl. Figur 14) überlagert werden. Die Spotlichtverteilung hat lediglich eine relativ geringe horizontale Erstreckung (etwa +/- 4°) und einen stark konzentrierten zentralen Bereich 45 mit hoher Lichtstärke. Die Spotlichtverteilung sorgt bei einer Überlagerung mit der Grundlichtverteilung für gute Ausleuchtung eines Fernbereichs der Abblendlichtverteilung unmittelbar unterhalb der Helldunkelgrenze 42.

[0060] Um einen bei Abblendlicht häufig gewünschten 15°-Anstieg eines auf der eigenen Fahrbahnseite angeordneten Abschnitts 42' (vgl. Figur 20) der Helldunkelgrenze 42 zu erzielen (sog. asymmetrische Helldunkelgrenze), kann die Vorsatzoptik 10 zusammen mit der Lichtquelle 12 bzw. das gesamte Lichtmodul 28 um 15° um die optische Achse 20 gedreht werden. Die sich dann auf einem Messschirm ergebende geneigte Spotlichtverteilung mit ihrem geneigten Abschnitt 42' der Helldunkelgrenze ist in Figur 22 gezeigt. Die aus einer Überlagerung der Spotlichtverteilung aus Figur 22 und der Grundlichtverteilung aus Figur 20 ergebende Abblendlichtverteilung ist in Figur 23 dargestellt, wobei die in den Figuren 22 und 23 dargestellten Lichtverteilungen für Linksverkehr vorgesehen sind. Bei einer Abblendlichtverteilung für Rechtsverkehr müssten die in den Figur 22 und 23 dargestellten Lichtverteilungen an der Vertikalen VV gespiegelt werden, so dass sich ein 15°-Anstieg auf der rechten Seite der Fahrbahn (auf der eigenen Fahrbahnseite) ergibt. Die auf diese Weise erzeugte resultierende Abblendlichtverteilung (Gesamt-Lichtverteilung des Scheinwerfers 24) erfüllt die in den jeweiligen Ländern geltenden gesetzlichen Anforderungen.

[0061] Zur Erzeugung von Lichtverteilungen mit einer in einem beliebigen Winkel α angeordnete Helldunkelgrenze 42 ist es natürlich möglich, die Vorsatzoptik 10 in dem entsprechenden Winkel α um die optische Achse 20 zu drehen. So kann bei einer Drehung der Vorsatzoptik 10 um $\alpha = 90^\circ$ beispielsweise auch eine vertikale Helldunkelgrenze (nicht dargestellt) erzeugt werden, die dann ebenfalls modular in ein Gesamtsystem zur Erzeu-

gung einer Gesamt-Lichtverteilung, bspw. einer Lichtverteilung eines Teilfernlichts oder maskierten Fernlichts, integriert werden kann.

[0062] In einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform ist es auch möglich, dass die Vorsatzoptik 10 zusammen mit der Halbleiterlichtquelle 12 bzw. das gesamte Lichtmodul 28 um Drehachsen, die senkrecht zur optischen Achse 20 angeordnet sind, verschwenkbar ist. Damit ist es möglich, dass die erfindungsgemäße Vorsatzoptik 10 auch zur Realisierung von dynamischen Lichtfunktionen eingesetzt werden kann, da das Verdrehen der Vorsatzoptik 10 bzw. des Lichtmoduls 28 auch während einer Fahrt möglich ist. Eine Modifikation der erfindungsgemäßen Vorsatzoptik 10, insbesondere bezüglich der Ausgestaltung der Bereiche 34 der Grenzflächen 16, ist dazu nicht nötig. Die zum Einstellen der dynamischen Lichtfunktionen nötigen Antriebsselemente können dabei direkt an der Vorsatzoptik 10 bzw. dem Lichtmodul 28 angreifen. So kann beispielsweise durch ein vertikales Verschwenken der Vorsatzoptik 10 um eine horizontale Achse eine dynamische Leuchtweitenregulierung realisiert werden, bei der eine Anpassung der Helldunkelgrenze 42 an einen Nickwinkel des Fahrzeugs, also an eine Längsneigung des Fahrzeugs, realisiert wird. Außerdem ist es möglich, durch ein horizontales Verschwenken der Vorsatzoptik 10 um eine vertikale Achse ein dynamisches Kurvenlicht zu realisieren, bei dem beim Durchfahren von Kurven die optische Achse 20 in Kurvenrichtung nachgeführt wird.

[0063] In einer weiteren in Figur 24 dargestellten Ausführungsform der Vorsatzoptik 10 ist es möglich, dass die Lichtauskoppelfläche 18 nicht quer, sondern im Wesentlichen parallel zu der optischen Achse 20 ausgerichtet ist. Das in die Vorsatzoptik 10 eingekoppelte Licht wird an einer zusätzlichen vorgesehenen, schräg zur optischen Achse 20 verlaufenden Grenzfläche 48 in Richtung der Auskoppelfläche 18 reflektiert, vorzugsweise totalreflektiert. Die weitere Grenzfläche 48 kann das in die Vorsatzoptik 10 eingekoppelte Licht, gegebenenfalls nach einer Reflexion an den Grenzflächen 16, in der Weise umlenken, dass eine Haupt-Lichtaustrittsrichtung 30 des Lichts aus der Vorsatzoptik 10 in einem Winkel zur optischen Achse 20, bevorzugt von etwa 90°, gerichtet ist. Selbstverständlich kann das Licht auch in beliebig anderen Winkeln zur optischen Achse 20 aus der Vorsatzoptik 10 ausgekoppelt werden. Die weitere Grenzfläche 48 kann dabei derart ausgebildet sein, dass das Licht nach einem Austritt des Lichts aus der Lichtauskoppelfläche 18 gestreut oder gebündelt ist. In der in Figur 24 dargestellten Ausführungsform ist die weitere Grenzfläche 48 geringfügig konvex ausgebildet, so dass das Licht nach Austritt aus der Lichtauskoppelfläche 18 geringfügig gestreut wird. Bei einer eher konkaven Ausbildung der weiteren Grenzfläche 48 würde das Licht nach dem Austritt aus der Lichtauskoppelfläche 18 gebündelt. Eine solche Ausgestaltung der Vorsatzoptik 10 bietet die Möglichkeit, die Vorsatzoptik 10 besser einem zur Verfügung stehenden Bauraum anpassen zu kön-

nen.

[0064] In einer weiteren in Figur 25 dargestellten Ausführungsform der Vorsatzoptik 10 ist es möglich, dass mindestens einer der Bereiche 34 der Grenzflächen 16 Stufen 50 aufweist. Durch eine solche stufenförmige Ausbildung mindestens eines Bereichs 34 kann der Abstand des Bereichs 34 zur Halbleiterlichtquelle 12 verändert werden, wodurch die Abbilder der Leuchtfläche 13 vergrößert beziehungsweise verkleinert werden können. Durch die Stufen 50 ist es auch möglich, beispielsweise eine Zone 43, 45 der größten Lichtstärke in der erzeugten Lichtverteilung (vgl. Figuren 20 und 22) zu verschieben. Die stufenförmige Ausbildung kann dabei nur einen einzigen Bereich 34 der Grenzflächen 16 betreffen, sie kann natürlich auch mehrere oder alle Bereiche 34 der Grenzflächen 16 betreffen.

[0065] Vorstehend ist die Erfindung so beschrieben, dass die Helldunkelgrenze mittels der (total)reflektierenden Grenzflächen 16 erzeugt wird. Prinzipiell ist es jedoch auch möglich, dass die Einkoppelflächen 14; 14a, 14b und/oder die Auskoppelflächen 18; 18a, 18b an der Erzeugung der Helldunkelgrenze mitwirken. Es wäre sogar denkbar, dass die Einkoppelflächen 14; 14a, 14b und/oder die Auskoppelflächen 18; 18a, 18b die Helldunkelgrenze alleine, d. h. ohne Mitwirkung der Grenzflächen 16 erzeugen. In diesem Fall müssten dann alle an der Erzeugung der Helldunkelgrenze mitwirkenden Flächen 16; 14; 14a, 14b; 18; 18a, 18b in Bereiche unterteilt sein, wobei ein Zusammenwirken der Bereich zusammenwirkender Flächen 16; 14; 14a, 14b; 18; 18a, 18b dadurch gekennzeichnet wäre, dass durch das Zusammenwirken der Bereiche der Flächen ein Eckpunkt A; B; C oder D der Lichtquelle 12 der Punkt ist, welcher am höchsten bezüglich der Helldunkelgrenze ist.

Patentansprüche

1. Vorsatzoptik (10) aus einem transparenten Material zum Einsatz in einem Lichtmodul (28) eines Kraftfahrzeugscheinwerfers (24), wobei die Vorsatzoptik (10) derart ausgebildet ist, dass sie von mindestens einer Halbleiterlichtquelle (12) ausgesandtes Licht zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze (42; 42') bündelt, und die Vorsatzoptik (10) mindestens eine Lichteinkoppelfläche (14) zum Einkoppeln zumindest eines Teils des von der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) ausgesandten Lichts, reflektierende Grenzflächen (16) zur Reflexion zumindest eines Teils des eingekoppelten Lichts, und mindestens eine Lichtauskoppelfläche (18) umfasst zum Auskoppeln zumindest eines Teils des in die Vorsatzoptik (10) eingekoppelten Lichts, eventuell nach einer Reflexion an mindestens einer der reflektierenden Grenzflächen (16), wobei die reflektierenden Grenzflächen (16) der Vorsatzoptik (10) in mehrere Bereiche (34) unterteilt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass je-**

der der Bereiche (34) jeweils einem definierten Punkt einer Leuchtfläche der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) zugeordnet ist, wobei die den Bereichen (34) zugeordneten Punkte mindestens zwei zueinander beabstandete Punkte der Leuchtfläche umfassen, wobei die Bereiche (34) derart ausgebildet sind, dass jeder der Bereiche (34) die Helldunkelgrenze (42; 42') der Lichtverteilung oder einen Teil davon erzeugt, und dass jeder der einem definierten Punkt der Leuchtfläche zugeordneten Bereiche (34) auf einem in einem Abstand zur Vorsatzoptik (10) angeordneten Messschirm Abbilder der Leuchtfläche erzeugt, wobei für alle Bereiche (34) gilt, dass bei einer Erzeugung einer horizontalen Helldunkelgrenze (42) der einem bestimmten Bereich (34) zugeordnete definierte Punkt der Leuchtfläche den obersten Punkt des von dem Bereich (34) erzeugten Abbildes der Leuchtfläche bildet.

2. Vorsatzoptik (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bereiche (34) der reflektierenden Grenzflächen (16) Abbilder der Leuchtfläche der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) unterhalb einer horizontalen Helldunkelgrenze (42) erzeugen.
3. Vorsatzoptik (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den Bereichen (34) zugeordneten definierten Punkte der Leuchtfläche jeweils einer bestimmten Ecke (A; B; C; D) der Leuchtfläche der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) entsprechen.
4. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektierenden Grenzflächen (16) in acht Bereiche (34) unterteilt sind, wobei jeweils zwei diagonal gegenüberliegende Bereiche (34) dem gleichen Punkt der Leuchtfläche zugeordnet sind.
5. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bereiche (34) der reflektierenden Grenzflächen (16) durch Knicke, Sprünge oder Stufen (40) zueinander abgegrenzt sind.
6. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektierenden Grenzflächen (16) und/oder die Lichtauskoppelflächen (18) der Vorsatzoptik (10) derart ausgebildet sind, dass die Vorsatzoptik (10) ein Lichtbündel mit in horizontaler Richtung divergierenden Strahlen erzeugt.
7. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektierenden Grenzflächen (16) und/oder die Lichtauskoppelflächen (18) der Vorsatzoptik (10)

- derart ausgebildet sind, dass die Vorsatzoptik (10) ein Lichtbündel mit in vertikaler Richtung von der Helldunkelgrenze weg und zu einem ausgeleuchteten Bereich der Gesamt-Lichtverteilung hin gerichteten divergierenden Strahlen erzeugt.
8. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsatzoptik (10) für von der Halbleiterlichtquelle (12) ausgesandtes Licht eine direktabbildende Linse (22) aufweist, die eine Kante der Leuchfläche der Halbleiterlichtquelle (12) als Helldunkelgrenze (42; 42') der Lichtverteilung oder als einen Teil davon abbildet.
9. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtauskoppelfläche (18) der Vorsatzoptik (10) gekrümmte Flächen (44), insbesondere Zylinderlinsen oder Zylinderlinsensegmente, deren Zylinderachsen quer zum Verlauf der Helldunkelgrenze (42; 42') verlaufen, umfasst.
10. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektierenden Grenzflächen (16) mindestens eine schräg zur optischen Achse (20) der Vorsatzoptik (10) verlaufenden Grenzfläche (48) umfassen, die das durch die Vorsatzoptik (10) hindurchtretende Licht auf die Lichtauskoppelfläche (18) umlenkt, wobei eine Lichtaustrittsrichtung (30) des Lichts aus der Vorsatzoptik (10) in einem Winkel zur optischen Achse (20) gerichtet ist.
11. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Bereiche (34) der reflektierenden Grenzflächen (16) Stufen (50) aufweist.
12. Vorsatzoptik (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die reflektierenden Grenzflächen (16) zumindest einen Teil des eingekoppelten Lichts mittels Totalreflexion reflektieren.
13. Lichtmodul (28) eines Kraftfahrzeugscheinwerfers (24), das Lichtmodul (28) umfassend mindestens eine Halbleiterlichtquelle (12) zum Aussenden von Licht und mindestens eine der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) zugeordnete Vorsatzoptik (10) zur Bündelung des von der mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) ausgesandten Lichts und zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung mit einer Helldunkelgrenze (42; 42'), **dadurch gekennzeichnet, dass** die in dem Lichtmodul (28) angeordnete mindestens eine Vorsatzoptik (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgebildet ist.
14. Lichtmodul (28) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Vorsatzoptiken (10) zur Erzeugung einer um einen Winkel (α) schrägen oder vertikalen Helldunkelgrenze (42; 42'), ausgehend von einer horizontalen Helldunkelgrenze (42) um den Winkel (α) um eine optische Achse (20) der Vorsatzoptik (10) gedreht ist.
15. Lichtmodul (28) nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Vorsatzoptiken (10) zusammen mit der dieser zugeordneten mindestens einen Halbleiterlichtquelle (12) um eine Drehachse, die quer zur optischen Achse (20) verläuft, verschwenkbar ist.

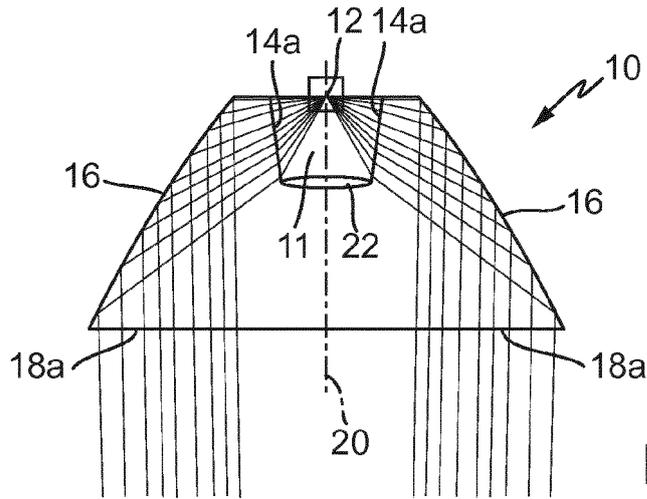


Fig. 1

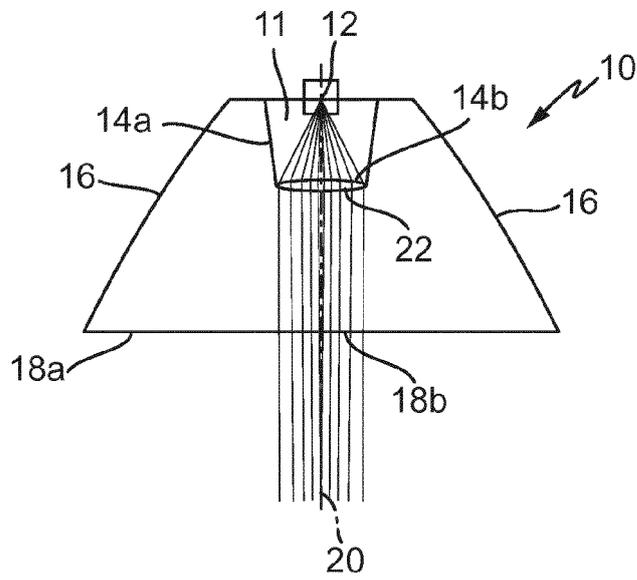


Fig. 2

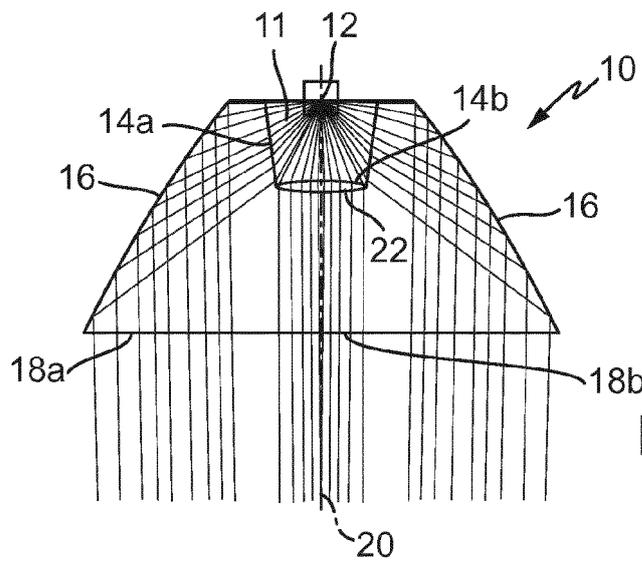


Fig. 3

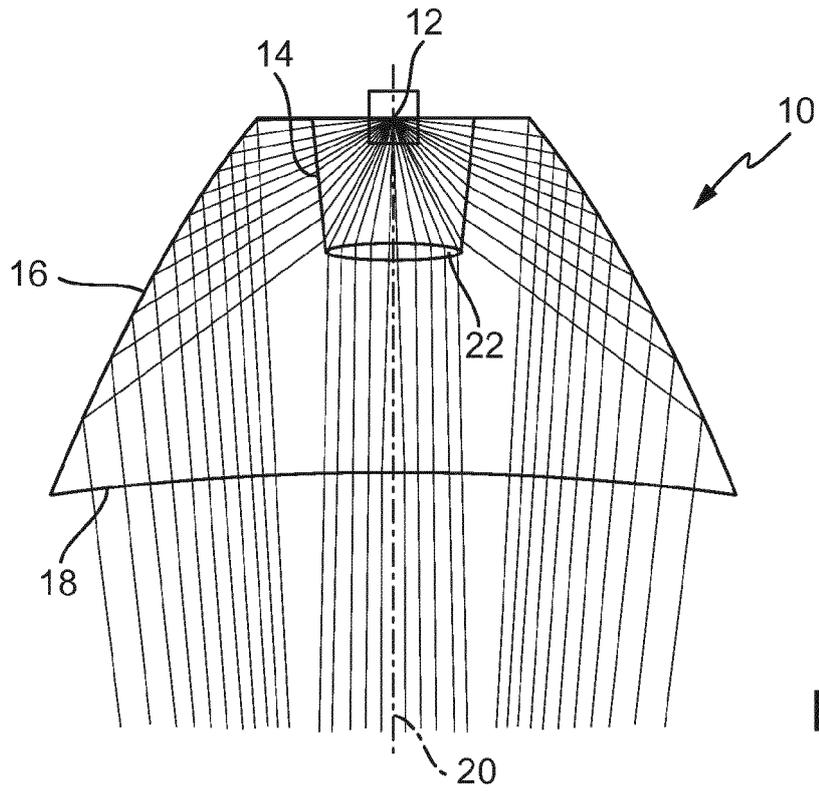


Fig. 4

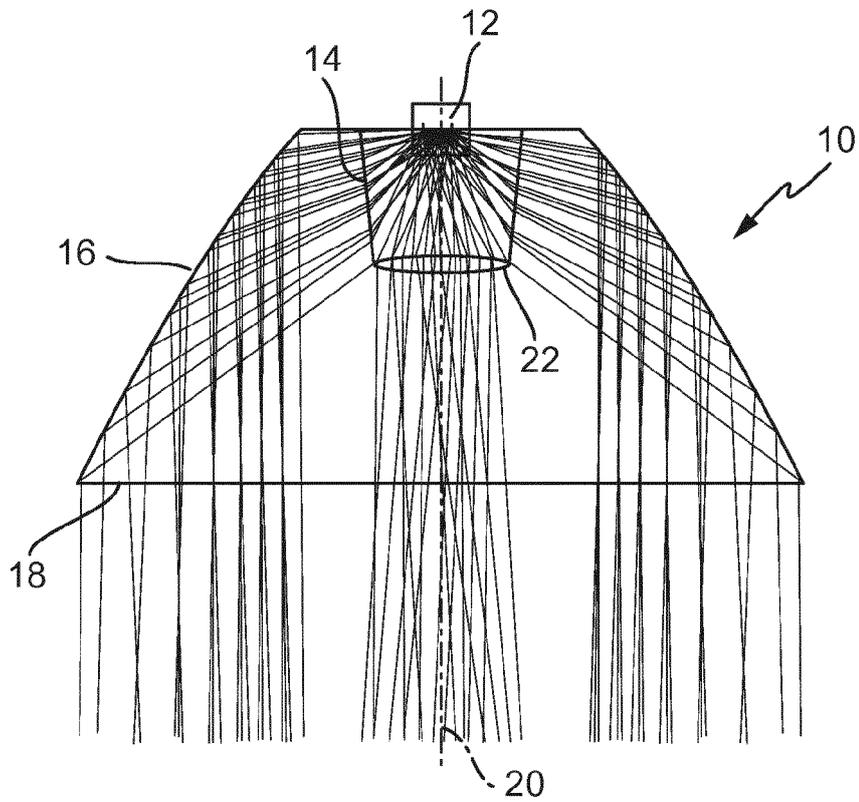


Fig. 5

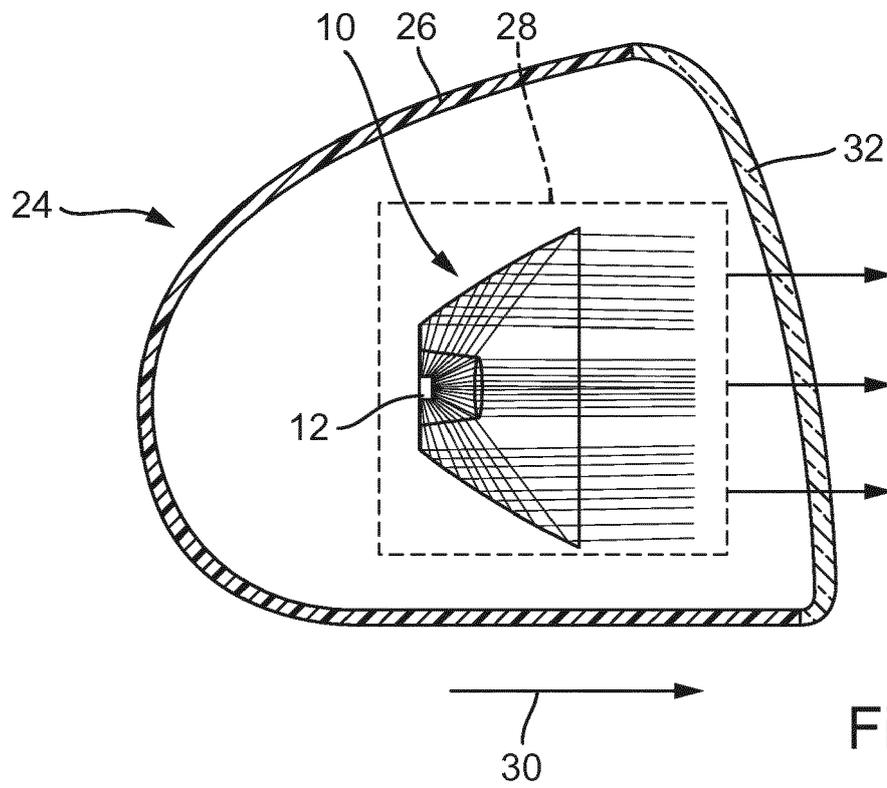


Fig. 6

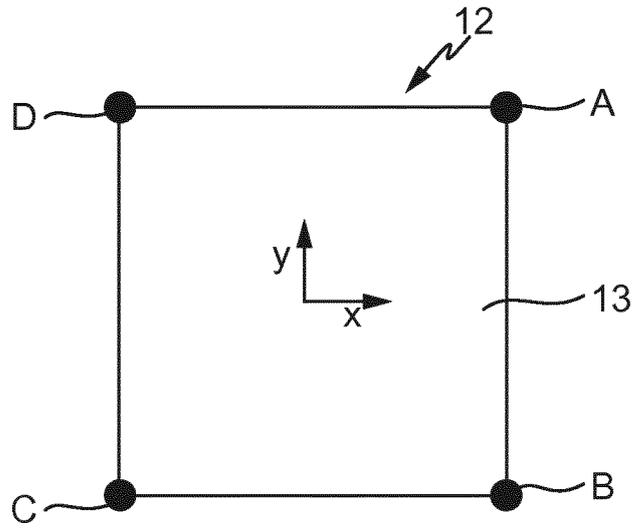


Fig. 7

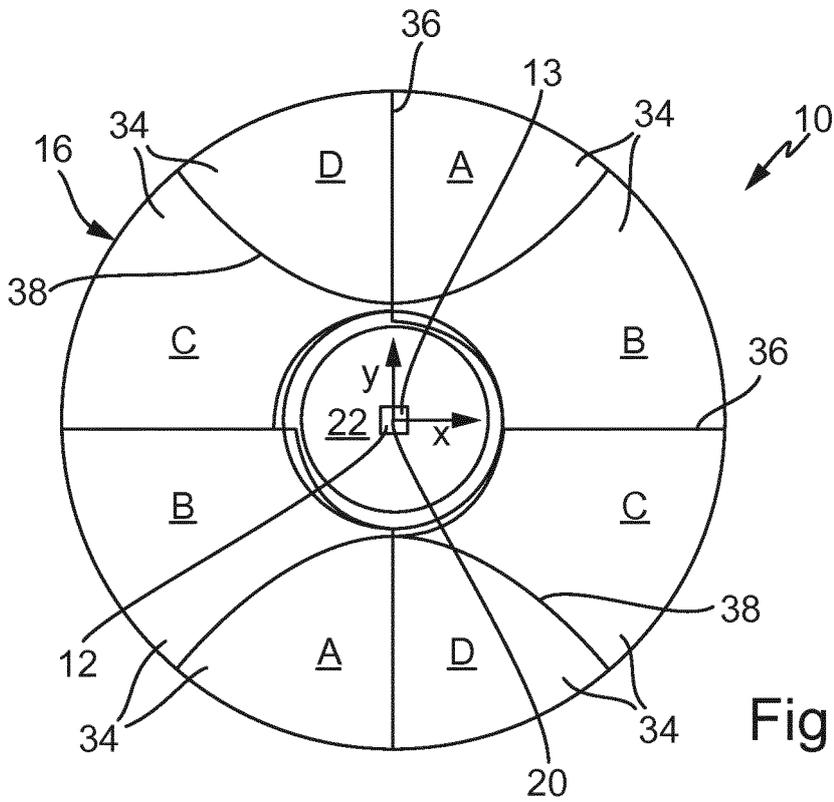


Fig. 8

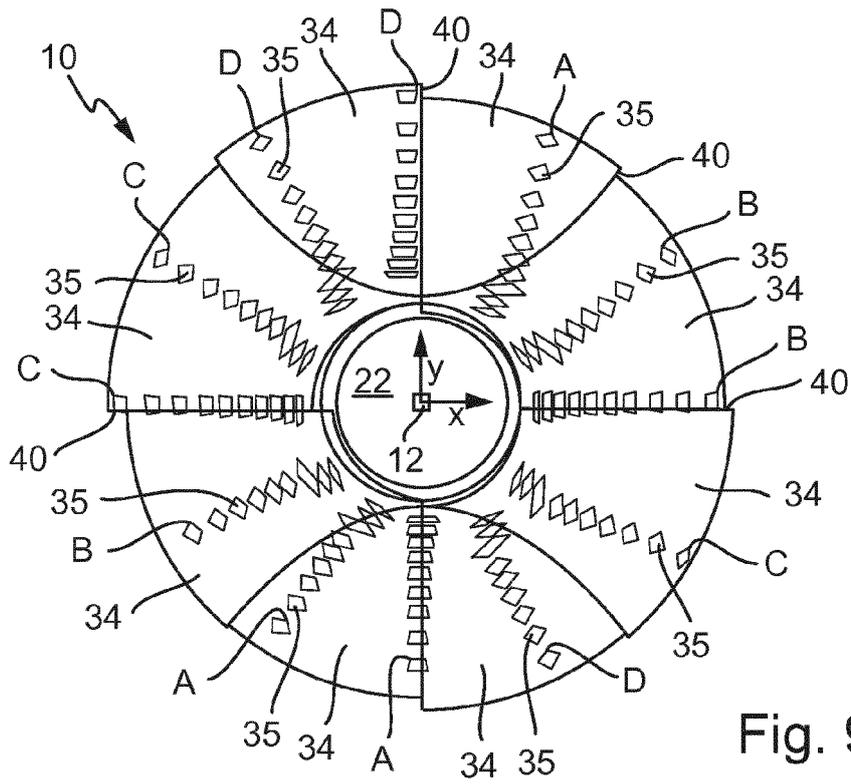


Fig. 9

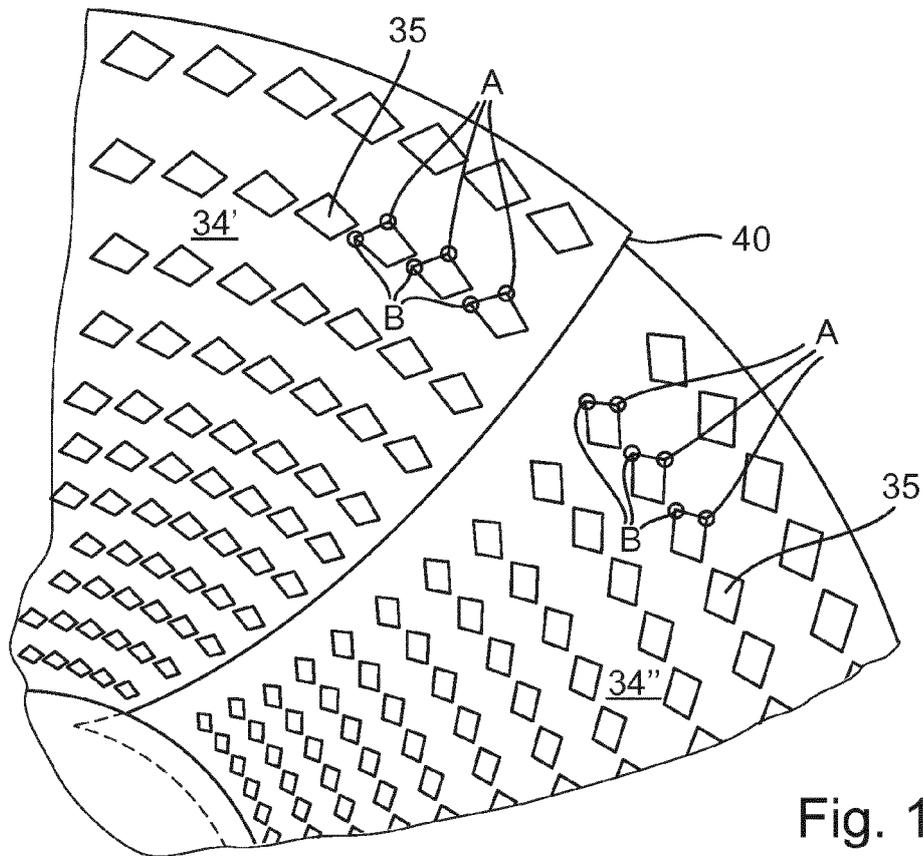


Fig. 10

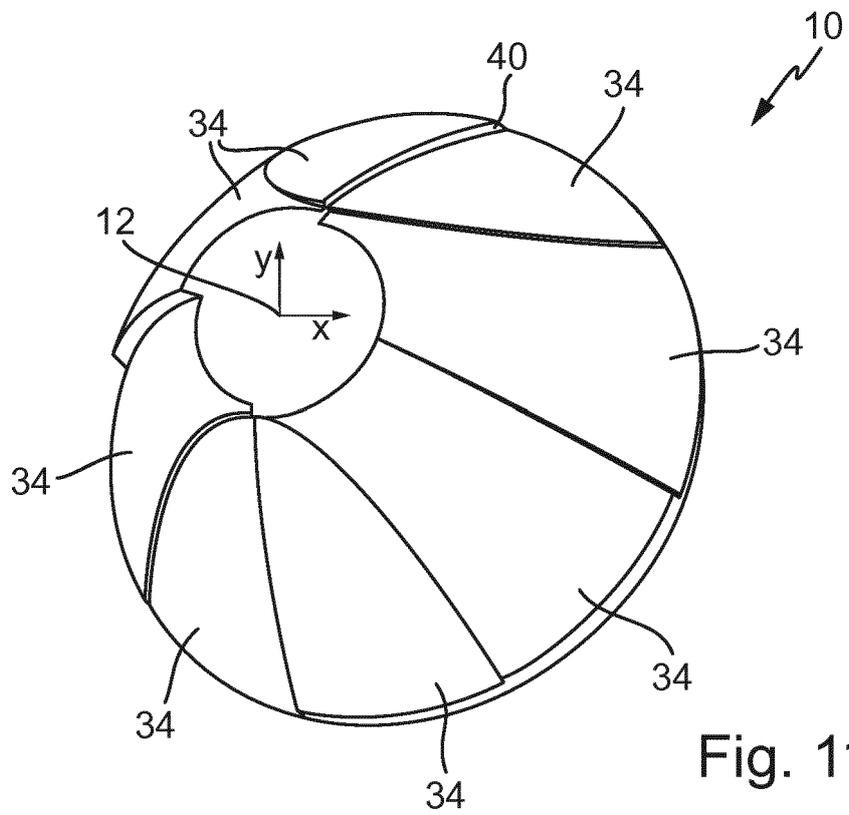


Fig. 11

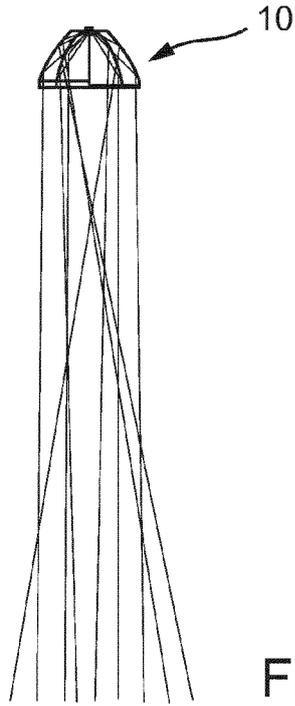


Fig. 12

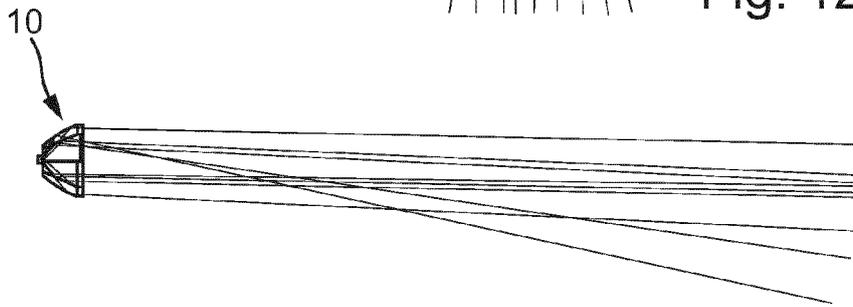


Fig. 13

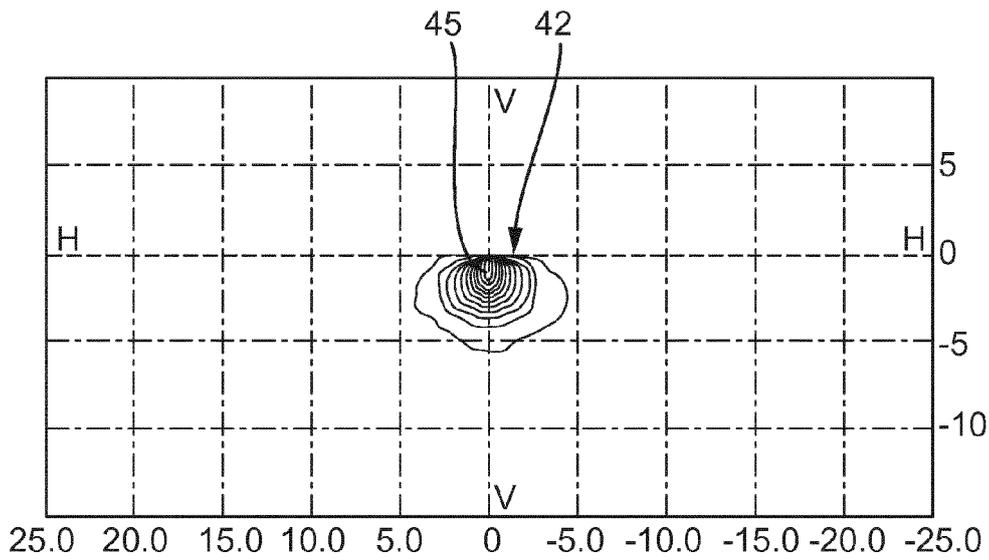
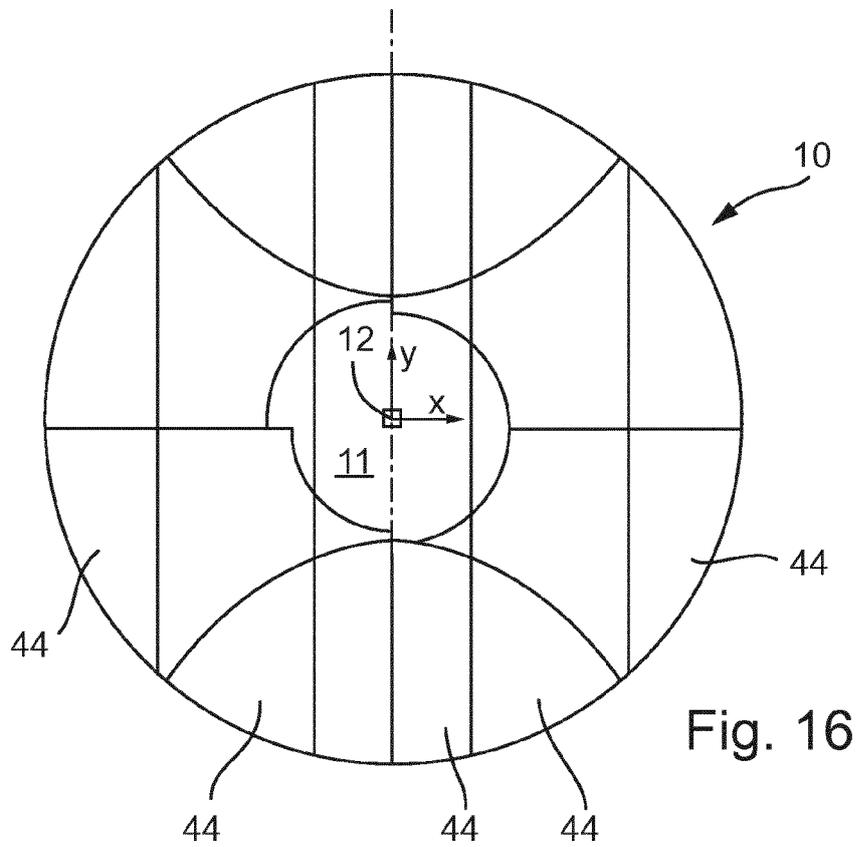
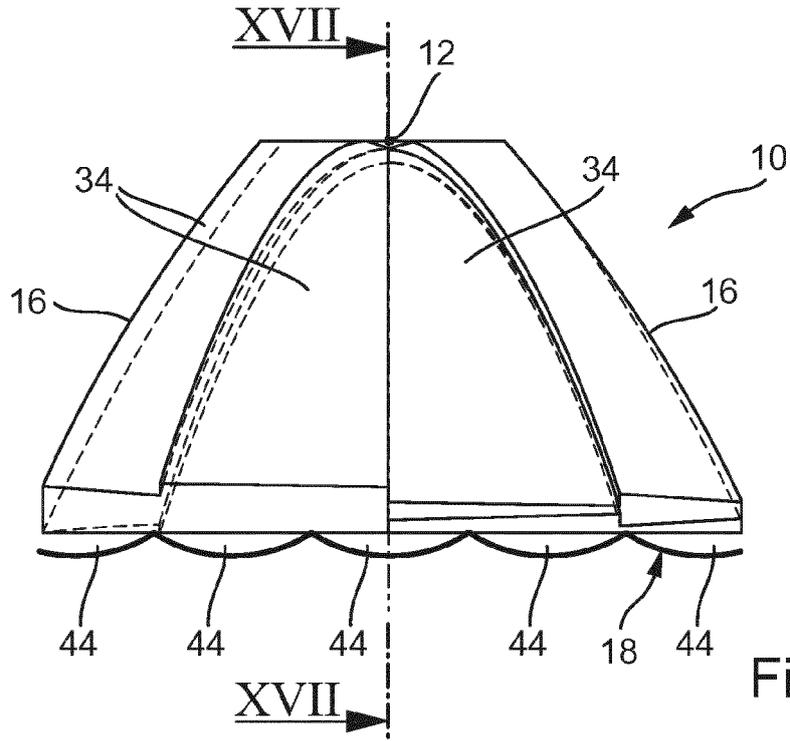


Fig. 14



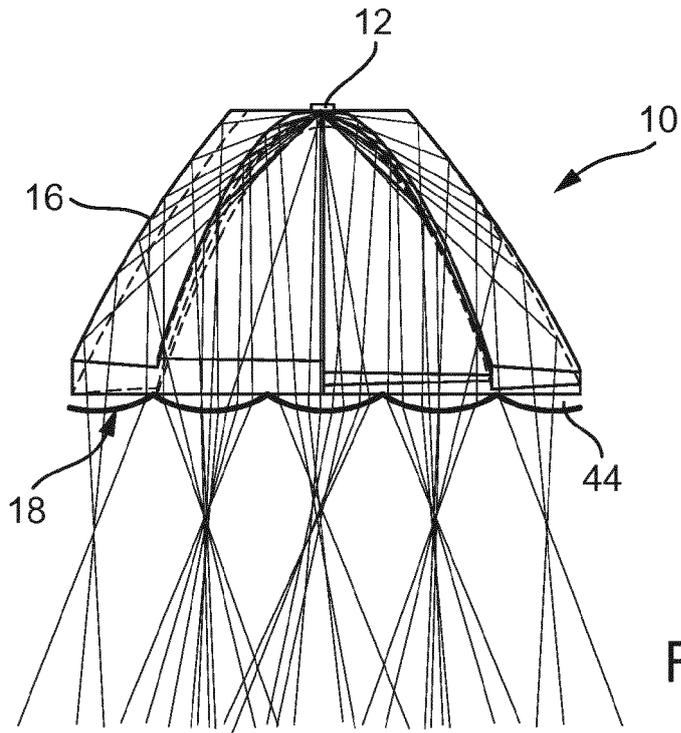


Fig. 18

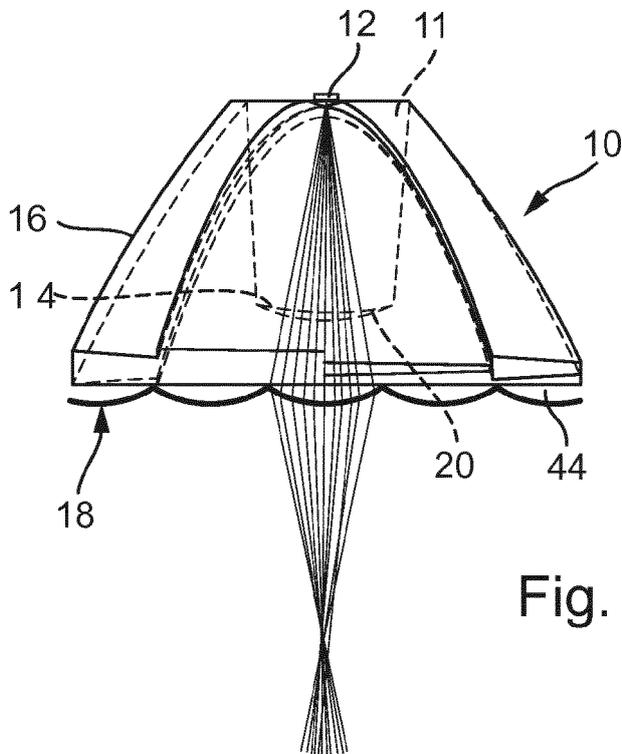


Fig. 19

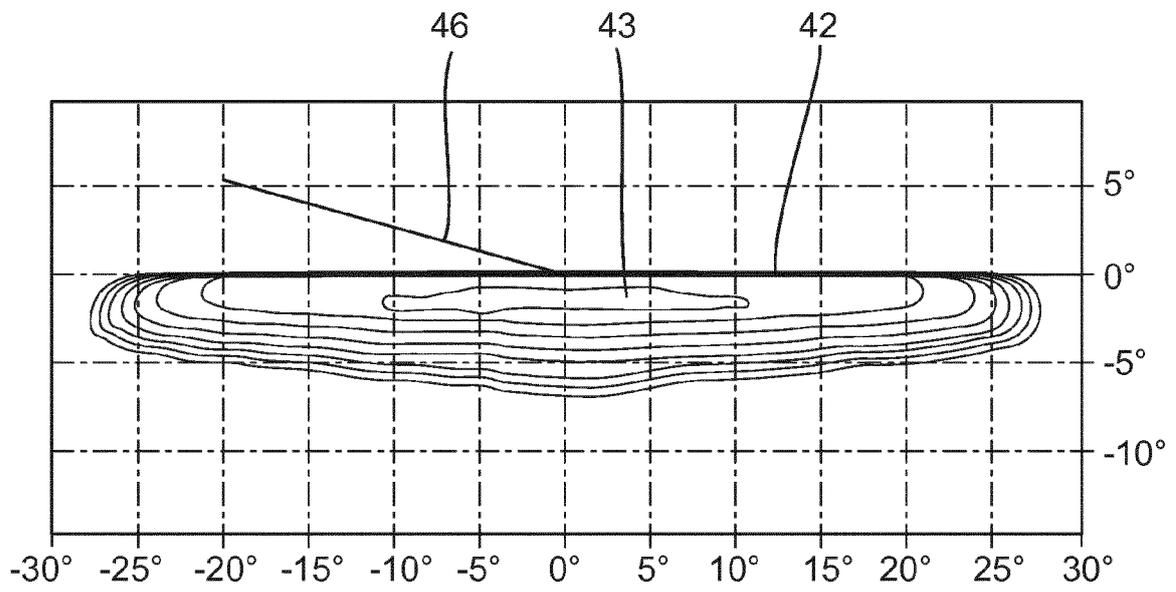


Fig. 20

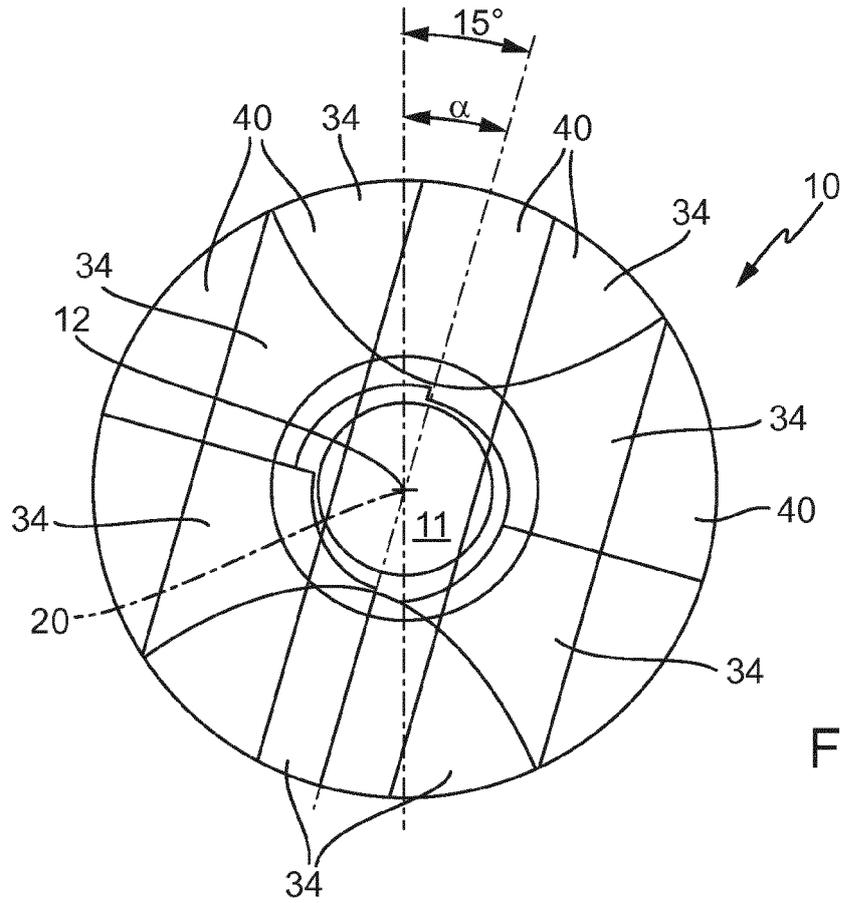


Fig. 21

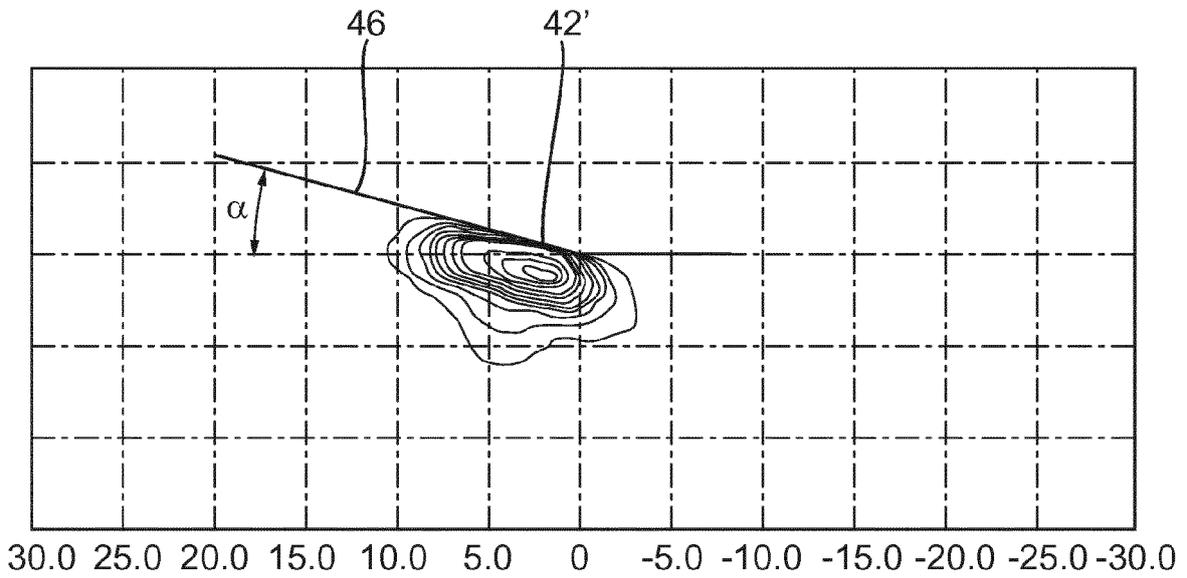


Fig. 22

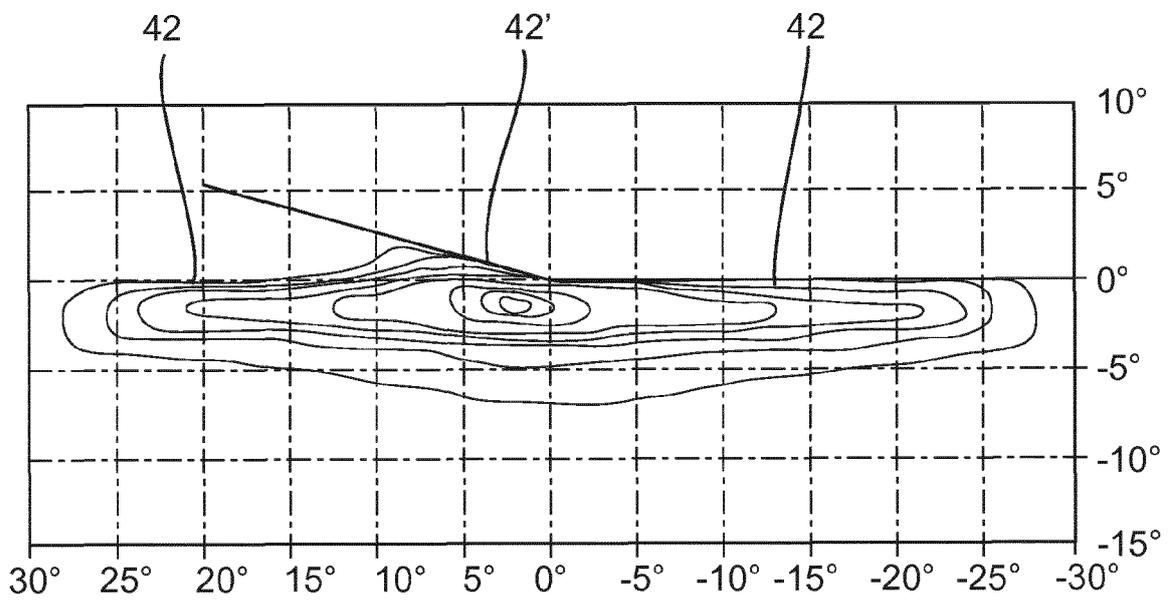


Fig. 23

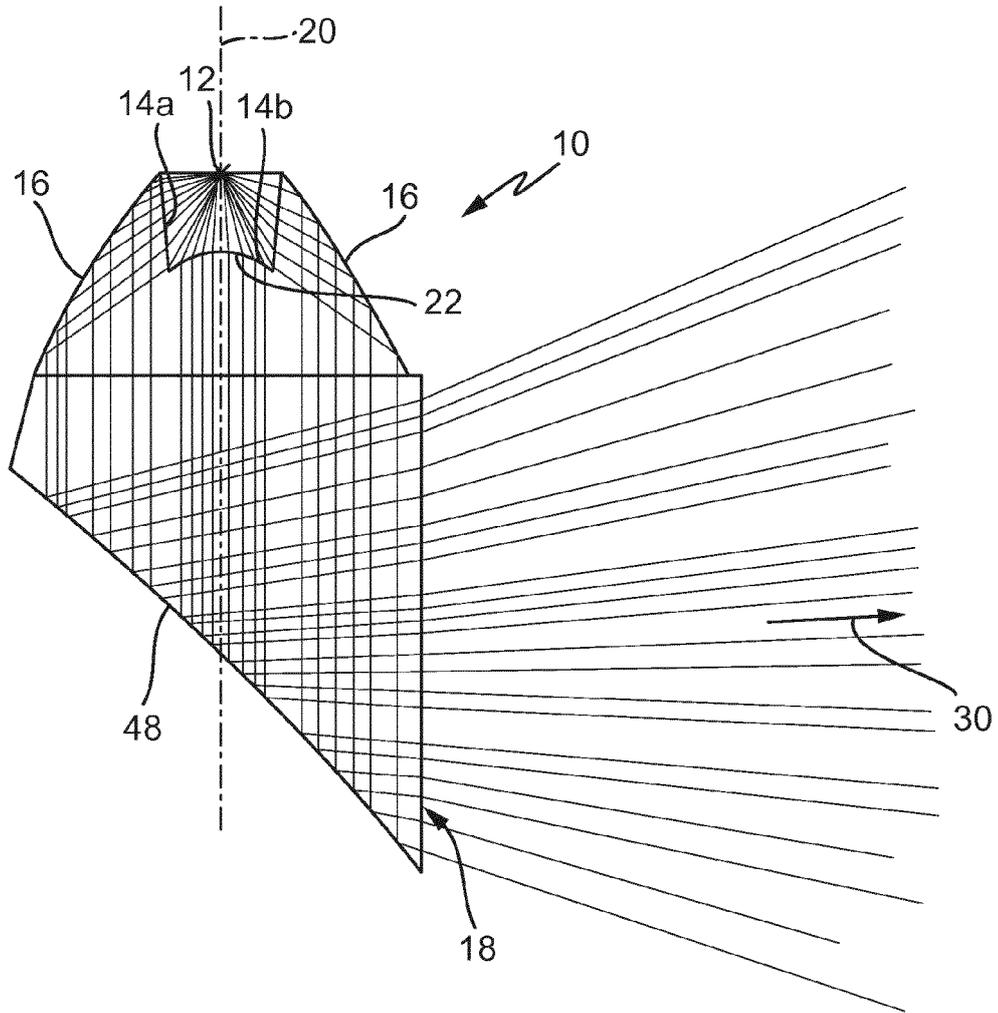


Fig. 24

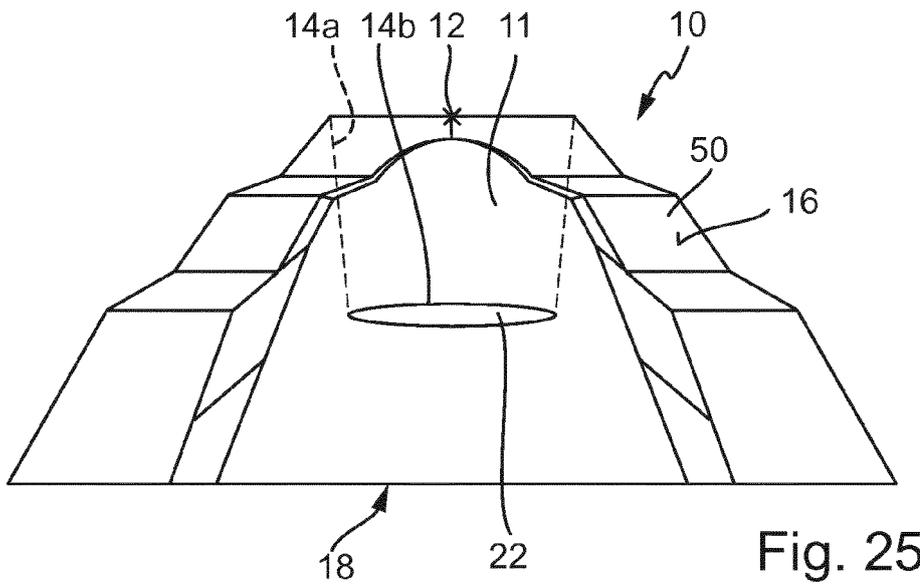


Fig. 25

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008061619 A1 [0008]
- DE 10310263 A1 [0009] [0024]
- DE 10312364 A1 [0009] [0024]