



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.07.2014 Patentblatt 2014/29

(51) Int Cl.:
F21S 8/10^(2006.01) F21V 13/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13198356.1**

(22) Anmeldetag: **19.12.2013**

(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:
• **Stefanov, Emil P.**
72762 Reutlingen (DE)
• **Buchberger, Christian**
72770 Reutlingen (DE)
• **Vogt, Henning**
72762 Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **15.01.2013 DE 102013200442**

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

(74) Vertreter: **DREISS Patentanwälte PartG mbB**
Patentanwälte
Gerokstrasse 1
70188 Stuttgart (DE)

(54) **Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, der zur Erzeugung streifenförmiger Lichtverteilungen eingerichtet ist**

(57) Vorgestellt wird ein Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer (30) mit einer Lichtleiteranordnung (10) mit wenigstens einem erstem Lichtleiterzweig (12) und einem zweiten Lichtleiterzweig (14). Jeder der beiden Zweige weist eine Lichtaustrittsfläche (12.1, 14.1) auf. Die Lichtaustrittsfläche (12.2, 14.2) wird jeweils von zwei Schmalseiten (12.3, 12.4, 14.3, 14.4) begrenzt. Die beiden Zweige (12, 14) sind so angeordnet, dass eine Schmalseite (12.4) des ersten Zweiges (12) parallel und unmittelbar benachbart zu einer Schmalseite (14.3) der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges (14) angeordnet ist. Jeder Zweig weist zwei Transportflächen (12.7, 14.7, 14.8) auf. Das Lichtmodul zeichnet sich dadurch aus, dass die Transportflächen Flächennormalen (12.7n, 12.8n, 14.7n, 14.8n) mit einer Richtungskomponente aufweisen, die mehr zu einer ersten Schmalseite (12.3, 12.4) der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten Schmalseite (12.4, 14.4) der beiden Schmalseiten des Zweiges weist, wobei die unmittelbar benachbart und parallel zueinander liegenden Schmalseiten eine zweite Schmalseite (12.4) des ersten Zweiges und eine erste Schmalseite (14.3) des zweiten Zweiges sind.

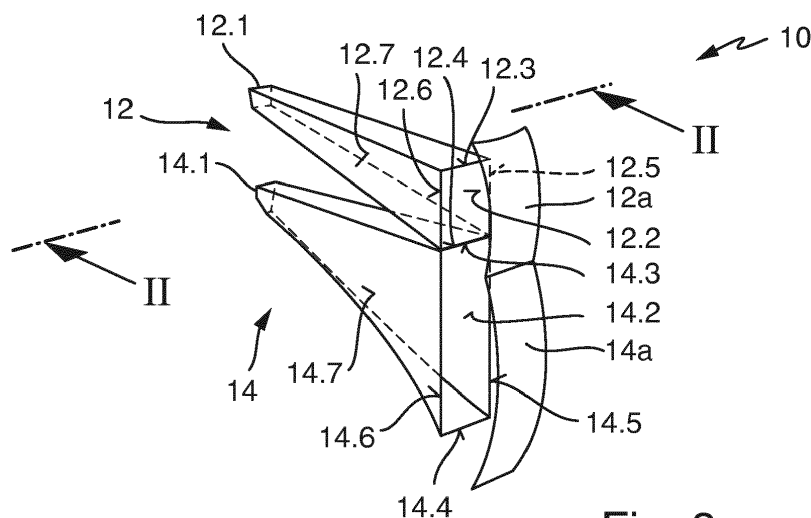


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solches Lichtmodul ist aus der DE 10 2009 053 581 B3 bekannt und weist eine Lichtleiteranordnung mit wenigstens einem erstem Lichtleiterzweig und einem zweiten Lichtleiterzweig auf. Jeder der beiden Zweige weist eine Lichteintrittsfläche und eine Lichtaustrittsfläche auf, wobei die Lichtaustrittsfläche jeweils von zwei Schmalseiten und zwei Längsseiten begrenzt wird. Die beiden Zweige sind so angeordnet, dass eine Schmalseite des ersten Zweiges parallel und unmittelbar benachbart zu einer Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges angeordnet ist. Die Schmalseiten der Lichtaustrittsflächen der beiden Zweige sind gleich lang, während die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges länger sind als die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges. Jeder Zweig weist zwei Transportflächen auf, die ein sich zwischen der Lichteintrittsfläche und der Lichtaustrittsfläche jedes Zweiges erstreckendes Lichtleitervolumen begrenzen, an denen im Lichtleiter propagierendes Licht interne Totalreflexionen erfährt und die von den Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des Zweiges begrenzt werden.

[0003] Die Zweige sind zusammen mit einer Vielzahl weiterer Zweige Bestandteile einer Primäroptik. Jede Lichteintrittsfläche weist eine LED auf, deren Licht in den Zweig eingekoppelt und über die Lichtaustrittsfläche ausgekoppelt wird. Die Lichtaustrittsflächen sind matrixartig angeordnet, so dass die Summe der Lichtaustrittsflächen eine pixelartig zusammengesetzte leuchtende Fläche bildet, deren Form durch Ein- und Ausschalten von LEDs variiert werden kann. Die leuchtende Fläche liegt im Inneren des Scheinwerfers als innere Lichtverteilung im Abstand einer Brennweite einer Sekundäroptik vor derselben und wird von dieser als äußere Lichtverteilung in das Vorfeld des Scheinwerfers projiziert. Das bekannte Lichtmodul wird im Folgenden auch als Matrix-Lichtmodul bezeichnet.

[0004] Bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Lichtmoduls in einem Kraftfahrzeugscheinwerfer ergibt sich die äußere Lichtverteilung auf der Fahrbahn damit als ein Bild der pixelartig zusammengesetzten, im Inneren des Scheinwerfers liegenden inneren Lichtverteilung, die auf der Lichtaustrittsfläche der Primäroptik entsteht. Durch Einschalten und Ausschalten einzelner LEDs und damit einzelner Pixel erscheinen auch die Bilder der Pixel in der äußeren Lichtverteilung entweder hell oder dunkel. Das Ausschalten oder Dimmen einzelner LEDs oder Gruppen von LEDs erlaubt damit zum Beispiel eine gezielte Verringerung der Beleuchtung in Bereichen, in denen der Gegenverkehr geblendet werden könnte.

[0005] Als bekannt vorausgesetzt werden auch Lichtmodule, die Lichtverteilungen mit nebeneinander liegenden streifenförmigen Einzellichtverteilungen erzeugen.

Jeder Streifen wird dabei von einem Lichtleiterzweig und einer Lichtquelle erzeugt. Im Vergleich mit dem Matrix-Lichtmodul ersetzt hier jeder Lichtleiterzweig eine Spalte von Lichtleiterzweigen der Matrix.

[0006] Die angestrebte horizontale Winkelauflösung eines solchen Lichtmoduls, das streifenförmige Lichtverteilungen erzeugt, liegt z.B. zwischen $1,0^\circ$ und $1,5^\circ$ in der Horizontalen, wobei sich diese Richtungsangabe auf die bestimmungsgemäße Verwendung des Scheinwerfers in einem Kraftfahrzeug bezieht. Diese Begrenzung ergibt sich in Verbindung mit den in der Praxis für die Verwendung in Kraftfahrzeugscheinwerfern zur Verfügung stehenden Lichtquellen, die in Bezug auf ihre Geometrie feste Abmessungen besitzen und auch nur einen begrenzten Lichtstrom abgeben. Diese Forderung grenzt bereits die Variabilität des optischen Systems ein.

[0007] Die für die genannte Verwendung bevorzugten High-Power-LEDs haben eine leuchtende und damit aktive Lichtaustrittsfläche mit quadratischer Form und einer Größe von ca. $0,5\text{mm}^2$. Die aktive Fläche ist dabei unabhängig vom abgegebenen Lichtstrom konstant. Gleichmaßen konstant ist auch die LED-Abstrahlcharakteristik, also die Winkelverteilung des abgestrahlten Lichtes. In der Regel handelt es sich um eine sogenannte Lambert-Charakteristik. Der sogenannte Warm-Lichtstrom im LED-Dauerbetrieb beträgt bei einem maximal zulässigen elektrischen Betriebsstrom z.B. ca. 80 Lumen. Es ist zwar zu erwarten, dass der Warmlichtstrom in Zukunft in begrenztem Maße zunehmen wird. In Bezug auf die vorliegende Erfindung ist der zur Verfügung stehende Lichtstrom jedoch als begrenzt zu betrachten.

[0008] Aus Kostengründen und aus Gründen der Zuverlässigkeit wird allgemein angestrebt, dass die Zahl der Lichtquellen eines Lichtmoduls möglichst gering sein sollte. Lichtmodule, die streifenförmige Lichtverteilungen erzeugen (im folgenden auch als Streifen-Lichtmodule bezeichnet), werden daher gegenüber Lichtmodulen, die matrixartig zusammengesetzte Lichtverteilungen erzeugen, bevorzugt. Um mit einem Streifen-Lichtmodul und damit möglichst wenig LEDs genügend Lichtstrom auf die Fahrbahn zu projizieren, um damit Lichtverteilungen mit vorgegeben hohen Maximalwerten für die Helligkeit und einer vorgegebenen Änderung der Helligkeit längs einer vertikalen Winkelskala zu erzeugen, ist auch eine hohe Lichtübertragungseffizienz erforderlich. Dabei wird hier unter der Lichtübertragungseffizienz zum Beispiel der aus einer Sekundäroptik austretende Lichtstrom nach seiner Normierung auf den in die Primäroptik eintretenden Lichtstrom verstanden.

[0009] Vor diesem Hintergrund besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Angabe eines Lichtmoduls der eingangs genannten Art, das eine Erzeugung von in vertikaler Richtung streifenförmigen Lichtverteilungen mit einer geringen Anzahl von Lichtquellen erlaubt. Die streifenförmige Lichtverteilung soll eine erste Schmalseite aufweisen, an der ein ausgeprägtes Maximum der Helligkeit liegt. Davon ausgehend und auf die gegenüberliegende zweite Schmalseite der streifenförmigen

migen Lichtverteilung hin zulaufend soll die Helligkeit abnehmen. Der Gradient der Beleuchtungsstärke oder Helligkeit soll dabei auf der der ersten Schmalseite der Lichtverteilung zugewandten Seite des Maximums viel steiler als auf der der zweiten Schmalseite zugewandten Seite des Maximums sein. Im Ergebnis soll sich ein beleuchteter Streifen mit einer scharfen Hell-Dunkel-Grenze an der ersten Schmalseite, einem sich daran anschließenden Bereich maximaler Helligkeit und einer auf der anderen Seite des Maximums weich und kontinuierlich auslaufenden Helligkeit, also einer mit zunehmendem Abstand von der scharfen Hell-Dunkelgrenze und dem Helligkeitsmaximum kontinuierlich über die Streifenlänge geringer werdenden Helligkeit einstellen. Dabei soll die Helligkeit mit zunehmendem Abstand vom Maximum überproportional zur Abstandszunahme abnehmen und entsprechend in umgekehrter Richtung von der zweiten Schmalseite ausgehend in Richtung zum Maximum hin überproportional zum Abstand von der zweiten Schmalseite zunehmen.

[0010] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die vorliegende Erfindung unterscheidet sich von dem bekannten Matrix-Lichtmodul dadurch, dass die genannten Transportflächen jedes Zweiges Flächennormalen aufweisen, die eine Richtungskomponente aufweisen, die mehr zu einer ersten der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten der beiden Schmalseiten des Zweiges weist. Dies gilt für eine Mehrzahl aller Punkte der Transportflächen, auf die über die zugehörige Lichteintrittsfläche eingekoppeltes Licht einfällt. Wesentlich ist auch, dass die unmittelbar benachbart und parallel zueinander liegenden Schmalseiten eine zweite Schmalseite des ersten Zweiges und eine erste Schmalseite des zweiten Zweiges sind.

[0011] Bei internen Totalreflexionen liegen ein in einem Punkt einfallender Strahl, das Lot der Reflexionsfläche in diesem Punkt, bzw. die Flächennormale in diesem Punkt, und der von diesem Punkt ausgehende reflektierte Strahl immer in ein und derselben Ebene. Das bedeutet, dass man bei vorgegebenem Einfallswinkel die Richtung des reflektierten Strahls durch die Neigung der reflektierenden Fläche und damit durch die Ausrichtung der Flächennormalen steuern kann.

[0012] Dadurch, dass die Flächennormalen derjenigen zwei Transportflächen jedes Zweiges, die von den Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des Zweiges begrenzt werden, eine Richtungskomponente aufweisen, die mehr zu einer ersten der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten der beiden Schmalseiten des Zweiges weist, wird das Licht bei der Reflexion bevorzugt in Richtung zur ersten Schmalseite umgelenkt.

[0013] Dadurch, dass dies für eine Mehrzahl aller Punkte der Transportflächen gilt, ergeben sich in der von der ersten Schmalseite begrenzten Hälfte der Lichtaustrittsfläche höhere Intensitäten als in der von der zweiten Schmalseite begrenzten Hälfte.

[0014] Dadurch, dass eine Schmalseite des ersten Zweiges parallel und unmittelbar benachbart zu einer

Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges angeordnet ist, sind auch die Bilder der Lichtaustrittsflächen in der äußeren Lichtverteilung entsprechend aneinander angrenzend angeordnet.

[0015] Dadurch, dass die unmittelbar benachbart und parallel zueinander liegenden Schmalseiten eine zweite Schmalseite des ersten Zweiges und eine erste Schmalseite des zweiten Zweiges sind, ergibt sich eine Anordnung, bei der ein dunklerer Bereich der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges an einen helleren Bereich der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges angrenzt. Dabei sind die aneinander angrenzenden Bereiche dort, wo sie aneinander angrenzen, bevorzugt gleich hell. Ein Helligkeitsmaximum der einen Fläche trifft also auf ein Helligkeitsminimum der anderen Fläche, wobei das Maximum der einen Fläche den gleichen Wert hat wie das Minimum der anderen Fläche.

[0016] Dadurch, dass die Schmalseiten der Lichtaustrittsflächen der beiden Zweige gleich lang sind, während die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges länger sind als die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges, ist die Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges größer als die Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges. Entsprechend wird der in den ersten Zweig eingekoppelte Lichtstrom auf eine kleinere Lichtaustrittsfläche verteilt, als der in den zweiten Zweig eingekoppelte Lichtstrom. Werden jeweils gleiche Lichtquellen benutzt, kann mit der kleineren Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges eine größere Maximalhelligkeit erzeugt werden als mit der größeren Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges.

[0017] Insgesamt liefert die Anordnung mit den beiden Lichtleiterzweigen damit eine streifenförmige Lichtverteilung, die in der Längsrichtung des Streifens von der ersten Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des ersten

[0018] Zweiges und der zweiten Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges begrenzt wird. Dabei nimmt die Helligkeit von einem ausgeprägten Maximum ausgehend, das an der ersten Schmalseite liegt, und auf die gegenüberliegende zweite Schmalseite hin zulaufend, ab. Der Gradient der Beleuchtungsstärke ist dabei auf der der ersten Schmalseite zugewandten Seite des Maximums viel steiler als auf der der zweiten Schmalseite zugewandten Seite des Maximums. Im Ergebnis stellt sich ein beleuchteter Streifen mit einer scharfen Hell-Dunkel-Grenze an der ersten Schmalseite und einer weich und kontinuierlich auslaufenden Helligkeit auf der anderen Seite des Maximums ein. Die Helligkeit nimmt dabei mit zunehmendem Abstand vom Maximum überproportional zur Abstandszunahme ab. Entsprechend nimmt sie in umgekehrter Richtung von der zweiten Schmalseite ausgehend in Richtung zum Maximum überproportional zum Abstand von der zweiten Schmalseite zu.

[0019] Insgesamt erlaubt die vorliegende Erfindung bei einer Nebeneinanderanordnung solcher Lichtleiteranordnungen mit einem ersten Lichtleiterzweig und einem zweiten Lichtleiterzweig in einem Lichtmodul die Erzeu-

gung einer aus einzelnen Streifen zusammengesetzten Lichtverteilung, die ein ausgeprägtes Intensitätsmaximum an einer Schmalseite des Streifens und einen kontinuierlichen Auslauf der Intensität, also eine kontinuierliche Abnahme der Helligkeit des Streifens in Richtung zur anderen Schmalseite aufweist.

[0020] Diese Vorteile werden mit einer Zahl von Lichtquellen erzielt, die insbesondere kleiner ist als die Zahl der Lichtquellen, die für ein Matrixlichtmodul der eingangs genannten Art benötigt werden, wenn dieses eine mit Blick auf das Maximum und den Auslauf vergleichbare Lichtverteilung erzeugen soll.

[0021] In einer konkreten Realisierung erlaubt die Erfindung die Erzeugung streifenförmiger Lichtverteilungen unter den eingangs genannten Randbedingungen mit einer ausgeprägten Hell-Dunkel-Grenze mit einem Helligkeitsmaximum von mehr als 120 Lux und einem sich bis auf eine vertikale Winkelbreite von bis zu 6° erstreckenden Helligkeitsauslauf.

[0022] Ein weiterer Vorteil der vertikal gestreckten Lichtaustrittsfläche liegt darin, dass die in der Ausbreitungsrichtung des Lichtes der Primäroptik nachfolgende Sekundäroptik in dieser vertikalen Richtung kleiner sein kann als dies ohne die vertikale Streckung der Lichtaustrittsfläche der Primäroptik der Fall wäre. Dies ergibt sich aus dem Etendue-Erhaltungssatz. In der angegebenen konkreten Realisierung konnte als Folge der durch die Primäroptik verbesserten vertikalen Lichtbündelung die vertikale Höhe einer Sekundäroptik auf 40 mm verringert werden. Ohne die Erfindung sind dagegen eher Werte von 60 bis 80 mm üblich.

[0023] Die lichtverteilungsformende Vorsatzoptik mit den entsprechend der vorliegenden Erfindung optimierten Lichtleiterzweigen besitzt eine hohe Lichtübertragungseffizienz. Dabei sind für ein System aus Primäroptik und Sekundäroptik, also ohne Abdeckscheibe, Werte von 50% bis über 60% erzielbar. D.h. 50% bis über 60% der in die Primäroptik eingekoppelten Lichtenergie treten auch wieder aus der Sekundäroptik aus. Der Wert hängt von den Seitenverhältnissen der Lichtaustrittsfläche (Verhältnis der Längen der Schmalseiten zu den Längen der Längsseiten) und der Lage des Lichtleiters bezüglich der optischen Achse der Sekundäroptik ab.

[0024] Als vorteilhafte Folge der hohen Effizienz der Lichtübertragung in den Zweigen/der Primäroptik sind weniger LEDs erforderlich, um regelkonforme Lichtverteilungen zu erzeugen.

[0025] Für die Realisierung einer Abblendlicht-Lichtfunktion und einer Fernlicht-Lichtfunktion sind bei einem Matrix-Lichtmodul nach der eingangs genannten DE 10 2009 053 581 B3 eine Zahl von 80 bis 120 LEDs mit je 80 Lumen Lichtstrom erforderlich. Die vorliegende Erfindung erlaubt es, diese Zahl auf ca. 60 LEDs zu reduzieren.

[0026] Diese Vorteile hängen eng zusammen mit einer sehr hohen Effizienz der im Rahmen der Erfindung verwendeten Lichtleiterzweige. Diese hohen Effizienzwerte ergeben sich daraus, dass die Primäroptik, beziehungs-

weise die einzelnen Lichtleiterzweige der Primäroptik, das in ihnen propagierende Licht gut konzentrieren, um aus der Lambert'-schen Lichtverteilung einer LED ein Bündel zu erzeugen, das auf eine vergleichsweise kleine Lichteintrittsfläche einer Sekundäroptik mit z.B. 40 mm Höhe konzentriert ist.

[0027] Die für dieses konkrete Beispiel erforderliche Bündelung gelingt nur, wenn die Lichtleiter nach dem bereits vorgestellten Prinzip aufgebaut sind und die Schmalseiten der Lichtaustrittsflächen der Zweige eine horizontale Breite von ca. 1,9 mm bis 2,1 mm haben. Da die Winkelauflösung vorgegeben ist, ergibt sich auch ein bevorzugter Brennweitenbereich für die Sekundäroptik, der in diesem konkreten Beispiel zwischen 90mm und 100mm liegt.

[0028] Würde man in diesem konkreten und realistischen Beispiel eine Lösung auf der Basis von mit Metall bedampften Reflektoren als Primäroptiken suchen, käme man nicht zum Ziel. Eine solche Primäroptik kann den gestellten Anforderungen nicht genügen, da Metallbedampfte Reflektoren Licht absorbieren (ca. 15% pro Reflexion) und bei mehrfacher Reflexion schnell einen Großteil des Lichtflusses absorbieren und in Wärme umwandeln. Das führt über kurz oder lang zur Zerstörung der Reflektoren durch Überhitzung und verhindert, dass die gewünschten Helligkeitswerte auch nur ansatzweise erreicht werden. Nur hochtransparente TIR-basierte (TIR = totale interne Reflexion) Primäroptiken sind in der Lage, den LED-Lichtstrom mit der erforderlichen Effizienz in den geforderten Winkelbereich zu bündeln.

[0029] Wenn es um winkelaufgelöste Streifen- oder Matrix-Scheinwerfern geht, führt daher kein Weg an einer Lichtleiter-basierten Primäroptik vorbei. Wie bereits ausgeführt wurde, ergeben sich dann bereits durch die LED-Größe Beschränkungen auf bestimmte geometrische Primäroptik-Maße.

[0030] Die vorliegende Erfindung liefert eine Lösung, die das Potential aufweist, zuvor unvereinbaren Rahmenbedingungen zu genügen und neuen Herausforderungen begegnen zu können.

[0031] Weitere Vorteile ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

[0032] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den jeweils angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Zeichnungen

[0033] Es zeigen, jeweils in schematischer Form:

Figur 1 ein erwünschtes und ein mit einer einzelnen LED erzielbares Helligkeitsprofil einer streifenförmigen Lichtverteilung;

- Figur 2 ein mit einer nicht erfindungsgemäßen Lösung erzielbares Helligkeitsprofil;
- Figur 3 eine Lichtleiteranordnung mit wenigstens einem erstem Lichtleiterzweig und einem zweiten Lichtleiterzweig;
- Figur 4 einen Schnitt durch die Anordnung nach Figur 1;
- Figur 5 vertikale Profile der Helligkeit I der vom ersten Zweig erzeugten Lichtverteilung, der vom zweiten Zweig erzeugten Lichtverteilung und einer aus diesen beiden Lichtverteilungen zusammengesetzten Lichtverteilung;
- Figur 6 ein Ausführungsbeispiel einer Primäroptik mit mehreren Anordnungen von Zweigpaaren in einer perspektivischen Ansicht aus einer ersten Blickrichtung;
- Figur 7 eine Vorderansicht von einem Streifen-Fernlichtmodul, also insbesondere eine Ansicht der Lichtaustrittsfläche;
- Figur 8 eine Rückansicht eines solchen Streifen-Fernlichtmoduls, also insbesondere eine Ansicht der Lichteintrittsflächen, und
- Figur 9 schematisch einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, der eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls aufweist.

[0034] Sowohl gleiche als auch funktional einander entsprechende Elemente werden in allen Figuren mit jeweils gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0035] Figur 1 zeigt mit dem gestrichelten Verlauf ein gewünschtes Helligkeitsprofil 1 einer streifenförmigen Lichtverteilung über dem Winkel ϑ_V , wie sie sich im Vorfeld des Lichtmoduls auf einem senkrecht zur Hauptabstrahlrichtung des Lichtmoduls angeordneten Messschirm einstellt. Dieser Winkel gibt bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Lichtmoduls in einem Kraftfahrzeugscheinwerfer in einem Kraftfahrzeug eine Winkelabweichung in vertikaler Richtung von einer Fahrzeuglängsachse an, die sich auf der Höhe des Horizonts vor dem Fahrzeug befindet. Der Wert $\vartheta_V = 0$ entspricht also der Höhe des Horizonts. Im dargestellten Fall weist die gewünschte Lichtverteilung gemäß Profil 1 unterhalb des Horizonts praktisch keine Helligkeit auf, gefolgt von einem steilen Anstieg auf einen großen Maximalwert, der sich knapp über dem Horizont einstellt, und einem allmählichen Abfall auf den Wert Null mit zunehmender Winkelhöhe über dem Horizont.

[0036] Der Abfall erfolgt kontinuierlich und mit zunehmendem Abstand vom Horizont überproportional, was sich am teilweise linksgekrümmten Verlauf des Profils zeigt.

[0037] Der durchgezogen gezeichnete Verlauf repräsentiert ein Helligkeitsprofil 2, wie es mit einem einzelnen Lichtleiterzweig, der weiter unten noch näher beschrieben wird und der von einer einzelnen Leuchtdiode gespeist wird, erzielt werden kann.

[0038] Dieses Profil 2 weist eine dem gewünschten Profil 1 sehr ähnliche Form auf, bleibt aber mit seinen Absolutwerten unter den Werten des gewünschten Profils. Dies liegt daran, dass der Lichtstrom der LED, die einen einzelnen Zweig mit Licht speist, zu gering ist. Die Form des erzielbaren Profils hängt auch von der Geometrie und Größe der Lichtaustrittsfläche der verwendeten Halbleiterlichtquelle ab, die in einem Lichtmodul eines Kraftfahrzeugscheinwerfers unmittelbar vor der Lichteintrittsfläche des Lichtleiterzweiges angeordnet ist. Der erzielbare Verlauf basiert auf der Verwendung einer für Scheinwerfer von Kraftfahrzeugen handelsüblichen Halbleiterlichtquelle, die einen bestimmten Lichtstrom liefert.

[0039] Das erwünschte Profil 1 würde sich aus dem Profil 2 ohne weitere Änderungen der Anordnung dann ergeben, wenn eine Lichtquelle gleicher Geometrie aber entsprechend höherem Lichtstrom verwendet werden könnte. Eine solche Lichtquelle steht aber nicht zur Verfügung.

[0040] Wenn man, um einen entsprechend größeren Lichtstrom bereitzustellen, an Stelle einer LED zwei LEDs verwendet, muss man den Lichtleiter zumindest soweit abändern, dass seine Lichteintrittsfläche die Lichteinkopplung von zwei Lichtquellen erlaubt. Die Lichteintrittsfläche muss also insbesondere größer sein, als wenn sie nur die Einkopplung von Licht einer einzigen Lichtquelle erlauben würde. Dann verändert sich zwangsläufig die Geometrie des Lichtleiters, zum Beispiel das Verhältnis seiner (unveränderten) Lichtaustrittsfläche zur nun größer gewordenen Lichteintrittsfläche.

[0041] Dann ergibt sich ein Profil 3. Sowohl bei dem Profil 1 als auch bei dem Profil 3 wird also der gleiche speisende Lichtstrom vorausgesetzt. Es fällt auf, dass das Profil 3 ein niedrigeres und vertikal breiter ausgedehntes Maximum aufweist. Der Helligkeitsauslauf in vertikaler Richtung (in den Figuren 1, 2 nach rechts) fällt noch recht kurz aus, und verhältnismäßig viel Licht wird nach oben und damit von der Hell-Dunkel-Grenze wegverteilt. Das Profil 3 weist insbesondere trotz im Vergleich zum Profile 2 verdoppeltem Lichtstrom keine Verdoppelung des Maximalwerts auf. Stattdessen ergibt sich eine unerwünschte Verbreiterung des Maximalwerts und damit insgesamt ein Profil, das weder die Form noch die Höhe des gewünschten Profils 1 hat.

[0042] Mit der Erfindung wird dagegen das gewünschte Profil 1 mit den zur Verfügung stehenden Halbleiterlichtquellen erreicht. Ein wesentliches Element der Erfindung besteht in der beschriebenen Anordnung von wenigstens zwei Lichtleiterzweigen, von denen jeder mit einer eigenen Halbleiterlichtquelle gespeist wird. Jeder der mindestens zwei Lichtleiterzweige beleuchtet dabei nur

einen Teil der vertikalen Winkelbreite der erwünschten Lichtverteilung.

[0043] Das Profil 1 entspricht einem Streifen, wie es im Rahmen der vorliegenden Erfindung mit zwei Zweigen pro Streifen erzeugt wird. Das Maximum des Profils 1 ist um ca. ein Viertel höher als das Maximum des mit gleichem Lichtstrom erzeugten Profils 3. Der Auslauf des Profils 1 ist ebenfalls ausgeprägter.

[0044] Figur 3 zeigt eine Lichtleiteranordnung 10 mit wenigstens einem erstem Lichtleiterzweig 12 und einem zweiten Lichtleiterzweig 14. Der erste Zweig 12 weist eine Lichteintrittsfläche 12.1 und eine Lichtaustrittsfläche 12.2 auf. Die Lichtaustrittsfläche 12.2 wird von zwei Schmalseiten 12.3 und 12.4 sowie von zwei Längsseiten 12.5 und 12.6 begrenzt.

[0045] Der zweite Zweig 14 weist eine Lichteintrittsfläche 14.1 und eine Lichtaustrittsfläche 14.2 auf. Die Lichtaustrittsfläche 14.2 wird von zwei Schmalseiten 14.3 und 14.4 sowie von zwei Längsseiten 14.5 und 14.6 begrenzt.

[0046] Die beiden Zweige 12, 14 sind so angeordnet, dass eine Schmalseite 12.4 des ersten Zweiges 12 parallel und unmittelbar benachbart zu einer Schmalseite 14.3 der Lichtaustrittsfläche 14.2 des zweiten Zweiges 14 angeordnet ist.

[0047] Die Schmalseiten der beiden Zweige sind gleich lang, während die Längsseiten 14.5, 14.6 der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges länger sind als die Längsseiten 12.5, 12.6 der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges.

[0048] Jeder Zweig weist zwei Transportflächen auf, die ein sich zwischen der Lichteintrittsfläche und der Lichtaustrittsfläche jedes Zweiges erstreckendes Lichtleitervolumen begrenzen und die ihrerseits durch Längsseiten der Lichtaustrittsflächen begrenzt werden und an denen im Lichtleiter propagierendes Licht interne Totalreflexionen erfährt.

[0049] Figur 3 zeigt eine Transportfläche 12.7 des ersten Zweiges 12, die von der Längsseite 12.6 der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges begrenzt wird. Die von der weiteren Längsseite 12.5 begrenzte weitere Transportfläche ist in der Figur 3 durch den Lichtleiterzweig 12 verdeckt. Eine Transportfläche ist eine Grenzfläche eines Lichtleiters, an der interne Totalreflexionen stattfinden.

[0050] Figur 3 zeigt ferner eine Transportfläche 14.7 des zweiten Zweiges 14, die von der Längsseite 14.6 der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges begrenzt wird. Die von der weiteren Längsseite 14.5 begrenzte weitere Transportfläche ist in der Figur 3 durch den Lichtleiterzweig 14 verdeckt.

[0051] Diese Transportflächen unterscheiden sich von anderen Transportflächen des jeweiligen Lichtleiters dadurch, dass sie von den Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des Zweiges begrenzt werden, wobei jeweils eine Transportfläche durch eine Längsseite begrenzt wird. Andere Transportflächen der beiden Zweige werden jeweils durch eine Schmalseite eines jeweiligen Zweiges

begrenzt.

[0052] Der Lichtaustrittsfläche 12.2 des ersten Zweiges ist im Strahlengang nachgelagert eine Austrittsoptikfläche 12.a zugeordnet. Analog ist der Lichtaustrittsfläche 14.2 des zweiten Zweiges 14 im Strahlengang nachgelagert eine Austrittsoptikfläche 14.a zugeordnet. Diese Austrittsoptikflächen sind jeweils kissenartig konvex von den Zweigen 12, 14 weg gewölbt. Dadurch wird das aus den Lichtaustrittsflächen der Zweige 12, 14 austretende Licht in Richtung auf eine Sekundäroptik (vgl. Figur 9) gebündelt. Nebenlichtstrahlen, welche bei ihrem Austritt aus den Lichtaustrittsflächen des einen Zweiges einen unerwünscht großen Winkel zur Hauptabstrahlrichtung aufweisen, mit dem sie zum Beispiel zu einer unerwünschten hellen Gitterstruktur auf der Fahrbahn beitragen würden, werden durch die Austrittsoptikflächen bevorzugt an der Sekundäroptik vorbei gelenkt. Dies ermöglicht es auch, eine ungewollte, diffuse Ausleuchtung von dunklen Bereichen der abgestrahlten Lichtverteilung zu vermeiden.

[0053] Eine Austrittsoptikfläche kann eine Grenzfläche sein, d.h., sie kann eine Lichtaustrittsfläche eines Zweiges sein, oder sie kann eine Lichtaustrittsfläche einer von dem zugeordneten Zweig separaten Austrittsoptik sein. Die Zweige und Austrittsoptiken sind aus transparentem Material wie Glas oder PMMA oder PC.

[0054] Die Lichtleiterzweige 12, 14 zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass die Transportflächen Flächennormalen mit einer Richtungskomponente aufweisen, die mehr zu einer ersten der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten der beiden Schmalseiten des Zweiges weisen, wobei dies für eine Mehrzahl aller Punkte der Transportflächen gilt, auf die über die zugehörige Lichteintrittsfläche eingekoppeltes Licht einfällt.

[0055] Dies wird im Folgenden unter Bezug auf die Figur 4 näher erläutert, die qualitativ einen parallel zu den Lichtaustrittsflächen 12.2. und 14.2 verlaufenden Schnitt durch die Anordnung 10 nach Figur 3 darstellt.

[0056] Im Einzelnen zeigt die Figur 4 einen Querschnitt der Anordnung 10, wobei sich dieser Querschnitt aus einem Querschnitt durch den ersten Zweig 12 und durch den zweiten Zweig 14 zusammensetzt.

[0057] Der Querschnitt des ersten Zweiges 12 wird durch die Transportflächen 12.7, 12.8, 12.9 und 12.10 begrenzt, die in der Figur 2 als Schnittkanten erscheinen. Die Transportfläche 12.7 ist die von der Längsseite 12.6 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 12.8 ist die von der Längsseite 12.5 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 12.9 ist die von der Schmalseite 12.3 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 12.10 ist die von der Schmalseite 12.4 begrenzte Transportfläche.

[0058] Die von den Längsseiten 12.6 und 12.5 der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges 12 begrenzten Transportflächen 12.7 und 12.9 weisen Flächennormalen auf. Figur 2 zeigt eine Flächennormale 12.7n der Transportfläche 12.7 und eine Flächennormale 12.9n der Transportfläche 12.9.

[0059] Diese beiden Flächennormalen weisen eine Richtungskomponente 15 auf, die mehr zu einer ersten Schmalseite 12.9 der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten Schmalseite 12.10 der beiden Schmalseiten des Zweiges 12 weist. In der Figur 4 ergibt sich das dadurch, dass die Richtungskomponente 15 zur Transportfläche 12.9 weist, die von der Schmalseite 12.3 begrenzt wird. Die Schmalseite 12.3 stellt damit eine erste Schmalseite im Sinne des Anspruchs 1 dar.

[0060] Dagegen weist die Richtungskomponente 15 von der Transportfläche 12.10 weg, die von der Schmalseite 12.4 begrenzt wird. Die Schmalseite 12.4 stellt damit eine zweite Schmalseite im Sinne des Anspruchs 1 dar.

[0061] Der Querschnitt des zweiten Zweiges 14 wird durch die Transportflächen 14.7, 14.8, 14.9 und 14.10 begrenzt, die in der Figur 4 als Schnittkanten erscheinen. Die Transportfläche 14.7 ist die von der Längsseite 14.6 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 14.8 ist die von der Längsseite 14.5 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 14.9 ist die von der Schmalseite 14.3 begrenzte Transportfläche. Die Transportfläche 14.10 ist die von der Schmalseite 14.4 begrenzte Transportfläche.

[0062] Die von den Längsseiten 14.6 und 14.5 der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges 12 begrenzten Transportflächen 14.7 und 14.8 weisen Flächennormalen auf. Figur 2 zeigt eine Flächennormale 14.7n der Transportfläche 14.7 und eine Flächennormale 14.8n der Transportfläche 14.8.

[0063] Diese beiden Flächennormalen weisen ebenfalls eine Richtungskomponente 15 auf, die mehr zu einer ersten der beiden Schmalseiten des Zweiges 14 als zu einer zweiten der beiden Schmalseiten des Zweiges 14 weist. In der Figur 4 ergibt sich das dadurch, dass die Richtungskomponente 15 zur Transportfläche 14.10 weist, die von der Schmalseite 14.3 begrenzt wird. Die Schmalseite 14.3 stellt damit eine erste Schmalseite im Sinne des Anspruchs 1 dar. Dagegen weist die Richtungskomponente von der Transportfläche 14.10 weg, die von der Schmalseite 14.4 begrenzt wird. Die Schmalseite 14.4 stellt damit eine zweite Schmalseite im Sinne des Anspruchs 1 dar.

[0064] Die Zweige 12, 14 und ihre Transportflächen sind so ausgestaltet, dass die unter Bezug auf die Figur 4 dargestellten Zusammenhänge für eine Mehrzahl aller Punkte der Transportflächen gelten, auf die über die zugehörige Lichteintrittsfläche eingekoppeltes Licht einfällt.

[0065] Bei der dargestellten Anordnung 10 sind die unmittelbar benachbart und parallel zueinander liegenden Schmalseiten 12.4 und 14.3 eine zweite Schmalseite 12.4 des ersten Zweiges 12 und eine erste Schmalseite 14.3 des zweiten Zweiges 14.

[0066] Dass die Flächennormale 14.7 eine Richtungskomponente 15 besitzt, die mehr zu einer ersten Schmalseite 14.9 der beiden Schmalseiten des Zweiges 14 als zu einer zweiten Schmalseite 14.10 der Schmalseiten des Zweiges 14 weist, soll zumindest für die Mehrzahl,

bevorzugt aber für alle Punkte der genannten seitlichen Transportflächen des zweiten Zweiges 14 gelten.

[0067] Dass die Flächennormalen 12.7, 12.9 des ersten Zweiges ebenfalls eine solche Richtungskomponente besitzen, die mehr zu einer ersten Schmalseite 12.9 der beiden Schmalseiten des Zweiges 12 als zu einer zweiten Schmalseite 12.10 der Schmalseiten des Zweiges 12 weist, soll auch im Fall des Zweiges 12 zumindest für die Mehrzahl, bevorzugt aber für alle Punkte der genannten seitlichen Transportflächen des ersten Zweiges 12 gelten.

[0068] Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Querschnitten durch den ersten, oberen Zweig 12 und den zweiten, unteren Zweig 14 besteht darin, dass der Breitenunterschied der Schmalseiten im Fall des zweiten Zweiges 14 größer ist als im Fall des ersten Zweiges 12. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass der Abstand der Schmalseiten eines Zweiges untereinander im Fall des ersten Zweiges 12 kleiner ist als im Fall des zweiten Zweiges 14. Dies gilt bevorzugt für alle Paare von Querschnitten durch die Zweige 12, 14, bei denen die Querschnitte eines Paares den gleichen Abstand von ihrer Lichteintrittsfläche und/oder Lichtaustrittsfläche aufweisen.

[0069] Beide Unterschiede tragen dazu bei, dass die Flächennormalen des zweiten Zweiges 14 steiler zur breiteren Schmalseite 14.9 des zweiten Zweiges 14 gerichtet sind, als die Flächennormalen des ersten Zweiges 12 zur breiteren Schmalseite des ersten Zweiges 12 gerichtet sind. Dadurch wird das im zweiten Zweig 14 propagierende Licht vergleichsweise stärker in der Nähe der breiteren Schmalseite des zweiten Zweiges konzentriert. Das im ersten Zweig 12 propagierende Licht wird dagegen vergleichsweise weniger stark in der Nähe der breiteren Schmalseite des ersten Zweiges 12 konzentriert.

[0070] Die Transportflächen 12.7, 12.8, 14.7, 14.8 werden in der dargestellten Ausgestaltung durch gerade Linien begrenzt. Die Begrenzungslinien verlaufen in anderen Ausgestaltungen gekrümmt, so dass die Form der Transportflächen nicht auf ebene Flächen begrenzt ist. Die Flächen können auch konvex oder konkav gewölbt sein. Wesentlich ist jedoch, dass die genannte Bedingung für die Flächennormalen eingehalten wird. Die in Fig. 4 oberen und unteren Transportflächen 12.9, 12.10, 14.9, 14.10 sind bevorzugt ebene Flächen, die in der Draufsicht eine Trapezform aufweisen, bei der breitere Seite auf der Lichtaustrittsseite des jeweiligen Zweiges liegt. Dadurch wird auch eine Konzentration des Lichtes auf die Streifenbreite erreicht. Alternativ zu einer Trapezform, die von geraden Kanten begrenzt wird, können die Längsseiten auch konkav oder konvex gewölbt sein, wobei aber die Breite der Fläche mit zunehmendem Abstand von der Lichteintrittsfläche und abnehmendem Abstand von der Lichtaustrittsfläche kontinuierlich größer werden soll. Dies gilt analog für alle parallel zu dem in der Figur 4 gezeigten Querschnitt liegenden Querschnitte durch die Anordnung der Figur 3.

[0071] Als Folge erzeugt der zweite Zweig 14 für sich

allein eine streifenförmige Lichtverteilung, bei der sich die Helligkeit zwischen den Schmalseiten der Lichtverteilung vergleichsweise stärker ändert als dies beim ersten Zweig der Fall ist. Der erste Zweig erzeugt dagegen für sich allein eine streifenförmige Lichtverteilung, bei der sich die Helligkeit zwischen den Schmalseiten der Lichtverteilung vergleichsweise schwächer ändert als dies beim zweiten Zweig der Fall ist.

[0072] Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Länge des von dem zweiten Zweig erzeugten Lichtstreifens größer ist als die Länge des von dem ersten Zweig erzeugten Lichtstreifens.

[0073] Aufgrund dieser strukturellen Unterschiede zwischen den beiden Zweigen 12, 14 erzeugen diese unterschiedliche Lichtverteilungen auf ihren Lichtaustrittsflächen.

[0074] Auf der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges ergibt sich nahe an der ersten Schmalseite ein Helligkeitsmaximum. Mit zunehmendem Abstand von der ersten Schmalseite und zunehmender Annäherung an die zweite Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges nimmt die Helligkeit bis auf einen Wert ab, der bevorzugt dem Wert entspricht, der sich auf der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges nahe an dessen erster Schmalseite 14.3 ergibt.

[0075] Mit zunehmendem Abstand von der ersten Schmalseite 14.3 und zunehmender Annäherung an die zweite Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges nimmt die Helligkeit allmählich und mit zunehmendem Abstand von der ersten Schmalseite überproportional schnell auf sehr geringe Werte ab, so dass sich ein weicher Helligkeitsauslauf ergibt.

[0076] Figur 5 zeigt qualitativ vertikale Profile der Helligkeit oder Lichtintensität I der vom ersten Zweig erzeugten Lichtverteilung, der vom zweiten Zweig erzeugten Lichtverteilung und der aus diesen beiden Lichtverteilungen zusammengesetzten Lichtverteilung über dem Winkel ϑV . Figur 5a zeigt die vom ersten Zweig 12 erzeugte Lichtverteilung. Figur 5b zeigt die vom zweiten Zweig 14 erzeugte Lichtverteilung und Figur 5c zeigt die sich als Summe der Einzellichtverteilungen ergebende Gesamtlichtverteilung.

[0077] Man entnimmt der Figur 5, dass der erste Zweig 12 ein ausgeprägtes Maximum (hohe I Werte) der Helligkeit über einen vergleichsweise schmalen Bereich von ca. 1,5 Grad Breite erzeugt. Der von Null Grad ausgehende starke Anstieg der Helligkeit entspricht einer scharfen Hell-Dunkel-Grenze. Diese ist der Schmalseite 12.3 zugeordnet. Diese scharfe Hell-Dunkel-Grenze ergibt sich auch in der Summenlichtverteilung gemäß Figur 5c. Eine ebenfalls noch scharfe Hell-Dunkelgrenze erzeugt der erste Zweig auch an einer der zweiten Schmalseite 12.4 zugeordneten Seite. In der Summenlichtverteilung (Figur 5c) bildet sich diese Hell-Dunkel-Grenze jedoch nicht ab, weil der Helligkeitsabfall der vom ersten Zweig 12 erzeugten Lichtverteilung dort vom Helligkeitsanstieg der vom zweiten Zweig 14 erzeugten Lichtverteilung gemäß Figur 3c kompensiert wird. Die vom zwei-

ten Lichtleiter 14 erzeugte Lichtverteilung ist in der Figur 3 etwa 5 Grad breit, und ihre Helligkeit nimmt von ihrem Helligkeitsmaximum ausgehend zu höheren Winkelwerten hin kontinuierlich ab und erreicht bei ca. 6,5 Grad verschwindend kleine Werte. Die angegebenen Winkelwerte sind keine zufällig gewählten Werte, sondern sie ergeben sich aus den gewünschten Werten der Streifenbreite, der Streifenhöhe und den Lichtströmen der zur Verfügung stehenden LEDs.

[0078] Der zweite Lichtleiter 14 erzeugt also einen ausgedehnten Helligkeitsauslauf, d.h. eine kontinuierliche Helligkeitsabnahme, die nicht als scharfe Hell-Dunkel-Grenze wahrgenommen wird, in Richtung zu einer Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des Lichtleiters 14. In der Figur 5 ist dieser Schmalseite der Wert $\vartheta V = 6,5^\circ$ zugeordnet.

[0079] Gleichzeitig erzeugt der zweite Lichtleiter 14 an der anderen Schmalseite seiner Lichtaustrittsfläche ein vergleichsweise scharf begrenztes Helligkeitsmaximum. In der Figur 5 ist dieser Schmalseite der Wert $\vartheta V = 1,5^\circ$ zugeordnet. An dieses Helligkeitsmaximum schließt sich ein noch höheres Maximum an, das von dem ersten Lichtleiter 12 erzeugt wird.

[0080] Die hier dargestellte Lage des hellen Streifens über dem Horizont ist für ein Lichtmodul charakteristisch, das einen Fernlichtanteil einer Lichtverteilung eines Kraftfahrzeugscheinwerfers erzeugt. Es versteht sich aber, dass die Erfindung auch zur Erzeugung von Abblendlicht-Lichtverteilungen geeignet ist. Dies ergibt sich schon aus der Fähigkeit, eine scharfe Hell-Dunkel-Grenze auf der einen Seite des Helligkeitsmaximums zu erzeugen.

[0081] Ein Abblendlicht-Scheinwerfer kann nach den gleichen Prinzipien aufgebaut werden. Dabei müssen die Streifen nicht nach unten, sondern nach oben auslaufen. Diese Anordnung ergibt sich daraus, dass die Sekundäroptik die Anordnung kopfüber und seitenverkehrt in das Vorfeld (z.B. auf einen Messschirm oder die Fahrbahn) projiziert.

[0082] Ein Bi-Funktions-Scheinwerfer, der sowohl Abblendlicht- als auch Fernlichtfunktion realisiert, kann ebenfalls nach den vorgestellten Prinzipien gebaut werden.

[0083] Die Zweige 12 und 14 sind zwar, wie Figur 4 und der zugehörigen Beschreibung zu entnehmen ist, nach den gleichen Prinzipien aufgebaut. Sie weisen aber auch Unterschiede auf, die unterschiedliche Wirkungen ergeben: Mindestens einer der Zweige, hier der Zweig 12, ist für die Maximum-Generierung zuständig, und mindestens ein anderer Zweig, hier der Zweig 14, ist für die Auslauf-Generierung zuständig.

[0084] Zusammen generieren diese einen zusammengesetzten Streifen mit einem hohen Maximum und einem ausgeprägten, einem exponentiellen Verlauf ähnelnden Helligkeits-Auslauf.

[0085] Der Übergang vom Rand des Konzentrationsprofils, das vom ersten Zweig 12 erzeugt wird, zum Maximum des Auslaufprofils, das vom zweiten Zweig 14 er-

zeugt wird, soll nahtlos und unauffällig erfolgen. Um den Übergang von dem Konzentrationsprofil zu dem Auslaufprofil möglichst unauffällig zu gestalten ist bevorzugt, dass benachbarten Lichtaustrittsflächen jeweils eine eigene Hauptaustrittsoptikfläche zugeordnet ist, die im Lichtweg jeweils hinter der Lichtaustrittsfläche angeordnet ist. Die Hauptaustrittsoptikfläche des einen Lichtleiters bildet dann jeweils eine Nebenausrittsoptikfläche für den benachbarten Lichtleiter. Licht das aus einem Randbereich einer Hauptaustrittsfläche austritt und aufgrund seiner Propagationsrichtung in eine Nebenausrittsoptikfläche eintritt, wird dort bevorzugt so umgelenkt, dass es nicht zur Sekundäroptik gelangt und damit nicht zu einer störend starken Aufhellung des Übergangsbereiches zwischen den beiden Einzellichtverteilungen beiträgt.

[0086] Damit gelingt es, die Einzellichtverteilungen, die von den einzelnen Zweigen generiert werden, zu einer streifenförmigen Verteilung zusammenzufügen, die dem gewünschten Profil sowohl in Bezug auf die Form des Profils als auch in Bezug auf gewünschte Maximalwerte entspricht.

[0087] Hinsichtlich der schaltungstechnischen Ansteuerung der Lichtquellen ist bevorzugt, dass die Ansteuerschaltung dazu eingerichtet ist, die Lichtquellen eines Streifens gemeinsam zu betreiben. Eine andere Ausgestaltung sieht eine individuelle Ansteuerung dieser Lichtquellen vor, so dass eine zusätzliche Variabilität der zu erzeugenden Lichtverteilung erzielt wird. So kann z.B. die das Helligkeitsmaximum erzeugende Lichtquelle gedimmt werden, um die Randausleuchtung hervorzuheben, oder die die Randausleuchtung erzeugende Lichtquelle kann gedimmt werden, um die Aufmerksamkeit des Fahrers noch stärker in den maximal hell beleuchteten Bereich zu lenken. Möglich ist auch ein Abdunkeln einzelner Streifen, um eine Blendung des Gegenverkehrs, der sich innerhalb der Lichtkegels gerade in dem betreffenden Streifen aufhält, zu vermeiden.

[0088] Die Erfindung erlaubt insbesondere eine Profilskalierung bei Verdopplung des LED-Lichtflusses (zum Beispiel von 80Lm auf 160Lm pro Paar von Zweigen), bei der sämtliche Helligkeitswerte des Profils ebenfalls verdoppelt werden.

[0089] Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Primäroptik 20 mit mehreren Anordnungen von Zweigpaaren in einer perspektivischen Ansicht, in der insbesondere die Lichteintrittsflächen 22, 24 sichtbar sind.

[0090] Bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung in einem Lichtmodul eines Kraftfahrzeuges sind die Paare in horizontaler Richtung H nebeneinander angeordnet und die Zweige eines Paares sind in vertikaler Richtung V übereinander angeordnet. Die obere Reihe wird von ersten Zweigen 12 gebildet. Die untere Reihe wird von zweiten Zweigen 14 gebildet. Je ein erster Zweig 12 und ein zweiter Zweig 14 bilden zusammen eine Anordnung gemäß Figur 3, die zusammen einen Streifen einer Lichtverteilung erzeugt. Die hier sechs nebeneinander liegenden Paare sind lateral (längs der Horizontalen H) mit ei-

nem solchen Abstand voneinander angeordnet, dass die von den Paaren erzeugten streifenförmigen Lichtverteilungen unmittelbar benachbart aneinander angrenzend berühren oder gerade ineinander übergehen. Die Lichtaustrittsflächen der einzelnen Zweige und/oder ihrer zugeordneten Primäroptikflächen sind dazu bevorzugt einander berührend angeordnet. Besonders bevorzugt wird dies durch eine einstückigstoffschlüssige Realisierung der ganzen Anordnung aus hier 6 Paaren von je zwei Zweigen erzielt. Es versteht sich, dass die Zahl der Paare auch von 6 verschieden sein kann.

[0091] Besonders bevorzugt sind auch die konvexen Austrittsoptiken mit in diese Anordnung integriert. Es sind dann keine Justageschritte erforderlich, um die konvexen Lichtaustrittsflächen lagerichtig vor den Lichtaustrittsflächen der Zweige anzuordnen und es sind auch keine Befestigungsmittel erforderlich, um die lagerichtige Anordnung zu fixieren. Dies gilt analog auch für die Zweige selbst, die bei einer einstückigen Realisierung in lagerichtiger Anordnung zueinander in der einstückigen Anordnung fixiert sind.

[0092] In der in Fig. 6 dargestellten Ausgestaltung haben die ersten Zweige 12 eine mehreckige (z.B. 8-eckige) Lichteintrittsfläche 22, die geringfügig größer als die aktive, Licht emittierende LED-Fläche ist und die nicht rechteckig ist.

[0093] Der erste Zweig 12 hat bevorzugt einen Querschnitt, bei dem, wenn man die Bezugszeichen aus der Fig. 4 betrachtet, eine obere Seite 12.9 eines ersten Zweiges 12 in etwa die gleiche Breite hat, wie sie auch auf der Hälfte des Abstands der oberen Seite 12.9 und der unteren Seite 12.10 in der Mitte des Querschnittsprofils herrscht. Dagegen ist die untere Seite 12.10 bevorzugt etwas schmaler, so dass die unteren Hälften der in der Fig. 4 mit den Bezugszeichen 12.7 und 12.8 versehenen Seitenflächen ein auf dem Kopf gestelltes Dachprofil (Trapez) aufbauen. Dies ist in der Fig. 4 in Form von gepunkteten Linien dargestellt. Dieses Dachprofil fördert die Konzentrationsbildung eher zur oberen Auskoppelkante. Da die auf den Kopf gestellte Dachspitze bei den ersten Zweigen nicht so stark ausgeprägt ist wie bei den zweiten Zweigen 14, wo diese Form in der Figur 6 deutlich erkennbar ist, bildet sich bei den oberen Zweigen 12 kein stark abfallender

[0094] Helligkeitsauslauf.

[0095] Die Lichtaustrittsfläche eines jeden der Zweige 12 und 14 ist größer als die Lichteintrittsfläche 22 des jeweiligen Zweiges. Das ist eine wichtige Voraussetzung, damit der Zweig eine bündelnde Wirkung auf den eingekoppelten Lichtfluss ausüben kann. In Verbindung mit der Brennweite der verwendeten abbildenden Sekundäroptik wird dieser Querschnitt (Pixel) auf die Fahrbahn projiziert.

[0096] Die Winkelhöhe dieser Projektion beträgt für einen ersten Zweig 12 an einer senkrecht dazu stehenden Messwand 0,9° bis 1,5°, bevorzugt ca 1°.

[0097] Betrachtet man nun die zweiten Zweige in der Figur 6, so fällt auf, dass ihre Lichteintrittsflächen 24 an-

ders geformt sind als die Lichteintrittsflächen 22 der ersten Zweige 12. Die Lichteintrittsflächen der zweiten Zweige 14 sind mehreckig. Die zweiten Zweige können die gleiche Seitenanzahl aufweisen wie die ersten Zweige 12. Wesentlich ist jedoch, dass sich die zweiten Zweige in der vertikalen Richtung über einen größeren Winkelbereich erstrecken als die ersten Zweige 12. Dies gilt zumindest in der Nähe der Lichtaustrittsflächen der Zweige, bevorzugt aber für die ganze Länge der Zweige. Das so geformte, auf dem Kopf gestellte Dachprofil der zweiten Zweige 14 ist daher nach unten spitzer (Vergleiche auch Figur 4). Aus der Sicht der LED trifft nach der Einkopplung ein größerer Anteil des eingekoppelten Lichtstroms auf diese geneigten Seitenflächen, die in der Figur 4 den Kanten 14.7 und 14.8 zugeordnet sind. Dieser Lichtstromanteil wird zur breiteren Schmalseite des Zweiges umgelenkt. Die breitere Schmalseite ist bevorzugt als ebene Fläche verwirklicht. Durch die Umlenkung formt sich das Helligkeitsmaximum an der oberen schmalen Auskoppelkante, also der breiteren Schmalseite der Lichtaustrittsfläche des Zweiges und ein einem exponentiellen Verlauf ähnlicher Auslauf der Helligkeit in Richtung zur schmalen Schmalseite des Zweiges 14.

[0098] Die vertikale Ausdehnung der Lichtaustrittsflächen der zweiten Zweige 14 ist hier deutlich größer als die vertikale Ausdehnung der Lichtaustrittsflächen der ersten Zweige 12. Die horizontale Breite der Lichtaustrittsflächen ist dagegen innerhalb eines Paares von Zweigen bevorzugt konstant. Auch bei den ersten Zweigen 12 ist die horizontale Breite der jeweiligen Lichtaustrittsfläche als die horizontale Breite der zugehörigen Lichteintrittsfläche dieses Zweiges. Das führt dazu, dass insbesondere in vertikaler Richtung eine viel stärkere Bündelung als in horizontaler Richtung erfolgt. Die durch die Sekundäroptik eines Projektionssystems abgebildete Winkelhöhe beträgt für die von einem zweiten Zweig 14 erzeugten Streifen bevorzugt 4 Grad bis 6°, besonders bevorzugt 5°.

[0099] Die gemeinsame Streifenhöhe beträgt z.B. $1^\circ + 5,0^\circ = 6^\circ$ in vertikaler Richtung. Diese Streifenhöhe und die geforderten Helligkeitswerte wären mit nur einem Zweig und einer einzigen Licht in den Zweig einspeisenden (handelsüblichen und daher für Scheinwerfer verfügbaren) LED nicht zu erreichen, weil der Lichtstrom einer einzelnen Lichtquelle (LED) nicht ausreichen würde.

[0100] Nur eine Lichtstromverdopplung pro LED könnte Abhilfe schaffen. Das ist jedoch aus physikalischen Gründen nicht möglich. Würde man die Einkopplung aufweiten, so dass eine zweite LED am gleichen Lichtleiter angesetzt werden kann, wäre die geforderte Konzentration trotzdem nicht möglich, da die Quellen mindestens den doppelten Öffnungswinkel in Bezug auf die Auskoppelfläche definieren.

[0101] Nur getrennte Lichtleiter 12, 14, wie sie hier in einer bestimmten Anordnung vorgeschlagen werden, erlauben eine Skalierung des Helligkeitsprofils als Funktion des Lichtstroms. Das Helligkeitsmaximum an der oberen

Kante des zweiten Lichtleiters 14 ist an den Helligkeitswert der unteren Kante des zugehörigen ersten Zweiges 12 angepasst.

[0102] Die Ausleuchtung eines einzelnen Streifens mit zwei LEDs bringt es mit sich, dass im Vergleich zu einer Ausleuchtung mit nur einer LED auch die doppelte thermische Leistung, die im Chip der LED(s) frei wird, abgeführt werden muss. Dazu ist es bekannt und auch hier vorgesehen, einen Kühlkörper zu verwenden. In Verbindung mit der vorliegenden Verwendung von zwei Zweigen pro Streifen ergeben sich folgende weitergehenden Vorteile:

[0103] Gegenüber einer Alternative, bei der zwei LEDs ihr Licht in den gleichen Zweig einkoppeln, ergeben sich bei der hier vorgeschlagenen Verwendung von zwei Zweigen pro Streifen wegen der dann einen Abstand voneinander aufweisenden Lichteintrittsflächen der Zweige eines Paares größere Abstände zwischen den LEDs. Das vereinfacht das Lay-Out (Verdrahtung) der zum elektrischen Anschluss der LEDs dienenden Leiterplatten, und es reduziert die lokale thermische Belastung. Dies erlaubt eine Verwendung von Standard-Leiterplatten, was sich günstig auf die Herstellungskosten auswirkt.

[0104] Stellt man nun unterschiedlich hohe Lichtleiter zusammen, kann die Primäroptik 26 für einen Streifen-Scheinwerfer generiert werden. Diese kann das in den Figuren 7 und 8 dargestellte Aussehen haben. Dabei wird hier unter der Primäroptik die Gesamtheit der Zweige und ihrer zugehörigen Austrittsoptiken verstanden, unabhängig davon, ob es diese Elemente eine einstückig-stoffschlüssig zusammenhängende bauliche Einheit bilden oder aus einzelnen Elementen zusammengesetzt sind.

[0105] Dabei zeigt die Figur 7 eine Vorderansicht einer Primäroptik 26 eines Streifen-Fernlichtmoduls, also insbesondere eine Ansicht der Lichtaustrittsfläche.

[0106] In der horizontalen Mitte des Streifenscheinwerfers werden höhere Maximalwerte als in den Randstreifen gefordert. Außerdem werden für den Zentralbereich auch an sich höhere Streifen gefordert, z.B. von -0.57°V bis auf $+6^\circ\text{V}$. Für einen so ausgedehnten Streifen würde der Lichtstrom einer einzelnen Lichtquelle nicht reichen. Mindestens zwei Lichtquellen müssen das E-Profil aufbauen, wobei die eine einen vertikal schmalen Maximum-Bereich formt und die zweite den Auslauf. In der dargestellten Ausgestaltung weist die Primäroptik 8 zentral angeordnete Paare aus zwei vertikal übereinander liegenden Zweigen auf. Dadurch wird eine hohe maximale Helligkeit und ein in vertikaler Richtung weicher Helligkeitsauslauf erzielt.

[0107] In den in horizontaler Richtung H links und rechts neben der Mitte liegenden Randbereichen ist dagegen ein weicher Auslauf in horizontaler Richtung wünschenswert und es sind keine so hohen maximalen Helligkeiten erforderlich wie in der Mitte.

[0108] Daher werden links und rechts von der Mitte an Stelle von Paaren nur einzelne Zweige angeordnet. Be-

sonders bevorzugt ist dabei, dass mehrere einzelne Zweige auf jeder Seite verwendet werden und dass die horizontale Breite der weiter außen liegenden einzelnen Zweige größer ist als die horizontale Breite der weiter innen liegenden einzelnen Zweige.

[0109] Bevorzugt ist auch, dass die vertikale Höhe der weiter außen liegenden einzelnen Zweige kleiner ist als die vertikale Höhe der weiter innen liegenden einzelnen Zweige.

[0110] Jede dieser Eigenschaften trägt einzeln für sich betrachtet und insbesondere aber auch in Kombination mit der jeweils anderen Eigenschaft zu einer horizontal breiten und zur Seite weich auslaufenden Lichtverteilung bei.

[0111] Figur 8 zeigt dagegen eine Rückansicht einer solchen Primäroptik 26 eines Streifen-Fernlichtmoduls, also insbesondere eine Ansicht der Lichteintrittsflächen. Die Verbindung der Fig. 7 und 8 zeigt insbesondere, dass jedem Zweig je eine dazugehörige Austrittsoptik zugeordnet ist.

[0112] Figur 9 zeigt schematisch einen Kraftfahrzeugscheinwerfer 30 mit einem Gehäuse 32, das von einer transparenten Abdeckscheibe 34 abgedeckt wird und in dem ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls angeordnet ist. Bei dem Lichtmodul handelt es sich um ein Projektionsmodul. Dieses weist insbesondere eine Primäroptik 28 auf. Die Primäroptik entspricht hier dem Gegenstand der Figuren 7 und 8. Die Lichtaustrittsflächen der Austrittsoptik dieser Primäroptik liegen im Abstand einer Brennweite einer Sekundäroptik 36 in Richtung der optischen Achse der Sekundäroptik im Lichtweg vor der Sekundäroptik. Die Sekundäroptik ist bevorzugt als Linse aus transparentem Material, insbesondere aus Glas oder Kunststoff, insbesondere PC oder PMMA hergestellt. In einer weiteren Ausgestaltung ist die Sekundäroptik als Doppellayer-Achromat aus beiden Kunststoffen hergestellt. Die Sekundäroptik bildet die sich auf den gesamten Lichtaustrittsfläche der Austrittsoptik einstellende innere Lichtverteilung als äußere Lichtverteilung in das Vorfeld des Scheinwerfers ab. Als Bestandteile des Projektionsmoduls sind die Primäroptik und die Sekundäroptik relativ zueinander so angeordnet, dass die Primäroptik das aus ihrer Austrittsoptik austretende Lichtbündel so auf die Sekundäroptik konzentriert, dass möglichst wenig Licht an der Sekundäroptik vorbeigelangt. Das Licht geht dabei von LEDs aus, wobei bevorzugt jeweils eine LED vor jeder Lichteintrittsfläche eines der Zweige angeordnet ist. Zur Vermeidung von Farbsäumen wird bevorzugt eine Achromat-Eigenschaft aufweisende Sekundäroptik verwendet, auf deren Linsenoberfläche streuende Mikrostrukturen regelmäßig oder unregelmäßig verteilt angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer (30)

mit einer Lichtleiteranordnung (10) mit wenigstens einem erstem Lichtleiterzweig (12) und einem zweiten Lichtleiterzweig (14), wobei jeder der beiden Zweige eine Lichteintrittsfläche (12.1, 14.1) und eine Lichtaustrittsfläche (12.2, 14.2) aufweist, wobei die Lichtaustrittsfläche jeweils von zwei Schmalseiten (12.3, 12.4, 14.3, 14.4) und zwei Längsseiten (12.5, 12.6, 14.5, 14.6) begrenzt wird, und wobei die beiden Zweige so angeordnet sind, dass eine Schmalseite (12.4) des ersten Zweiges parallel und unmittelbar benachbart zu einer Schmalseite (14.3) der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges angeordnet ist, wobei die Schmalseiten der Lichtaustrittsflächen der beiden Zweige gleich lang sind, während die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des zweiten Zweiges länger sind als die Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des ersten Zweiges, und wobei jeder Zweig zwei Transportflächen (12.7, 12.8, 14.7, 14.8) aufweist, die ein sich zwischen der Lichteintrittsfläche und der Lichtaustrittsfläche jedes Zweiges erstreckendes Lichtleitervolumen begrenzen und an denen im Lichtleiter propagierendes Licht interne Totalreflexionen erfährt und die von den Längsseiten der Lichtaustrittsfläche des Zweiges begrenzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Transportflächen Flächennormalen (12.7n, 12.8n, 14.7n, 14.8n) aufweisen, die eine Richtungskomponente aufweisen, die mehr zu einer ersten Schmalseite (12.3, 14.3) der beiden Schmalseiten des Zweiges als zu einer zweiten Schmalseite (12.4, 14.4) der beiden Schmalseiten des Zweiges weist, wobei dies für eine Mehrzahl aller Punkte der Transportflächen gilt, auf die über die zugehörige Lichteintrittsfläche eingekoppeltes Licht einfällt, und dass die unmittelbar benachbart und parallel zueinander liegenden Schmalseiten eine zweite Schmalseite (12.4) des ersten Zweiges und eine erste Schmalseite (14.3) des zweiten Zweiges sind.

2. Lichtmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Breitenunterschied der Schmalseiten im Fall des zweiten Zweiges (14) größer ist als im Fall des ersten Zweiges (12).

3. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Abstand der Schmalseiten eines Zweiges untereinander im Fall des ersten Zweiges (12) kleiner ist als im Fall des zweiten Zweiges 14.

4. Lichtmodul nach einem der Ansprüche 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dies für alle Paare von Querschnitten durch die Zweige 12,14 gilt, bei denen die Querschnitte eines Paares den gleichen Abstand von ihrer Lichteintrittsfläche und/oder Lichtaustrittsfläche aufweisen.

5. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden An-

sprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Zweig (14) dazu eingerichtet ist, für sich allein eine streifenförmige Lichtverteilung zu erzeugen, bei der sich die Helligkeit zwischen den Schmalseiten der Lichtverteilung vergleichsweise stärker ändert als dies beim ersten Zweig der Fall ist.

5

6. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Zweig dazu eingerichtet ist, für sich allein eine streifenförmige Lichtverteilung zu erzeugen, bei der sich die Helligkeit zwischen den Schmalseiten der Lichtverteilung vergleichsweise schwächer ändert als dies beim zweiten Zweig der Fall ist. 10
15
7. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Zweig (12) dazu eingerichtet ist, in Streifenlängsrichtung ein ausgeprägtes Maximum der Helligkeit über einen vergleichsweise schmalen Bereich von ca. 0,9° bis 1,5° Breite, insbesondere über einen Bereich von ca. 1° Breite zu erzeugen. 20
8. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vom zweiten Lichtleiter (14) erzeugte streifenförmige Lichtverteilung in Richtung der Streifenlänge 4 bis 6 Grad breit ist und von ihrem Helligkeitsmaximum ausgehend zu höheren Winkelwerten kontinuierlich abnimmt. 25
30
9. Lichtmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtaustrittsfläche (12.2) des ersten Zweiges im Strahlengang nachgelagert eine Austrittsoptikfläche (12.a) zugeordnet ist und dass der Lichtaustrittsfläche (14.2) des zweiten Zweiges (14) im Strahlengang nachgelagert eine Austrittsoptikfläche 14.a zugeordnet ist, wobei diese Austrittsoptikflächen jeweils kissenartig konvex von den Zweigen (12, 14) weg gewölbt sind. 35
40
10. Lichtmodul nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austrittsoptikflächen jeweils eine Lichtaustrittsfläche eines Zweiges ist oder dass sie eine Lichtaustrittsfläche einer von dem zugeordneten Zweig separaten Austrittsoptik ist. 45

50

55

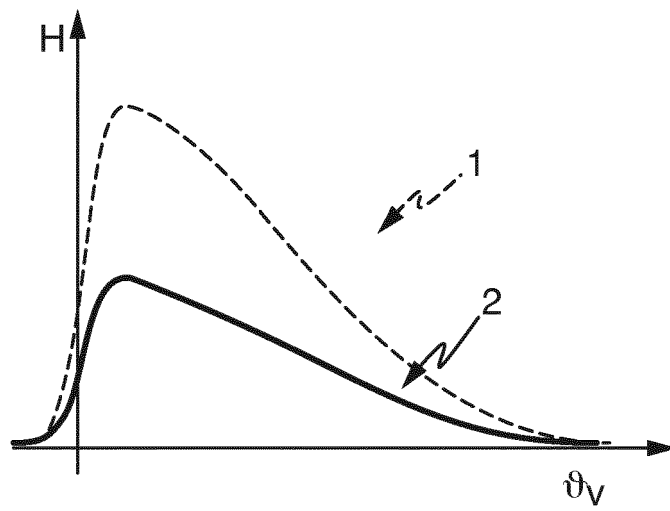


Fig. 1

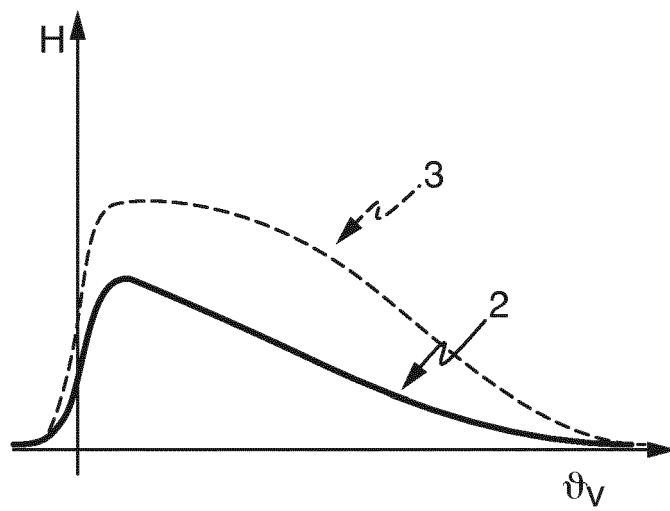
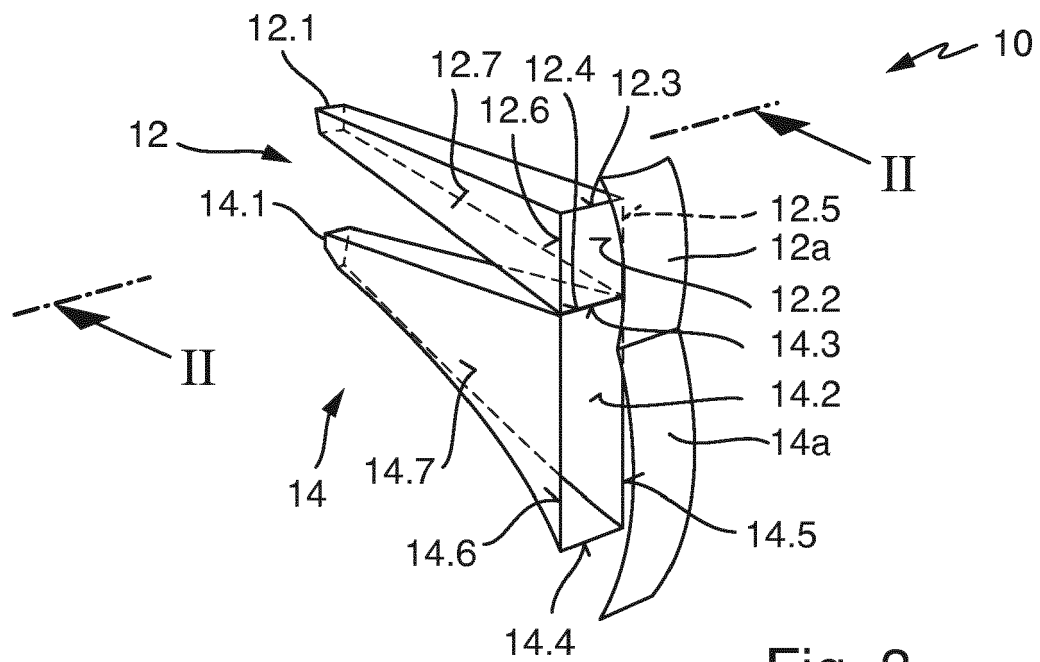


Fig. 2



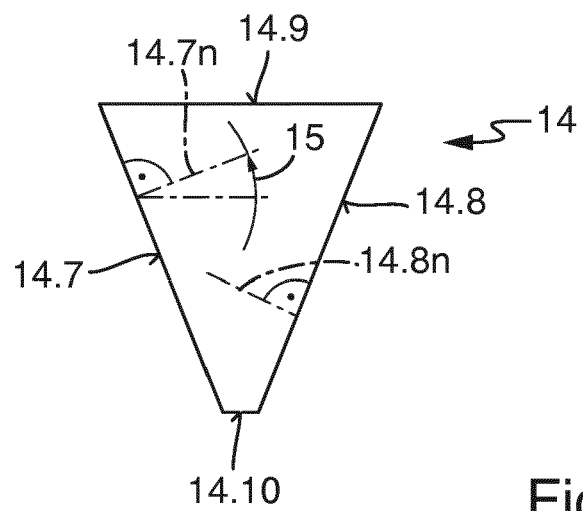
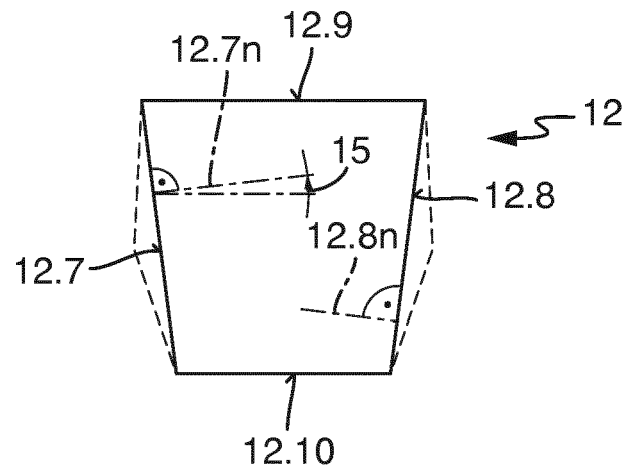


Fig. 4

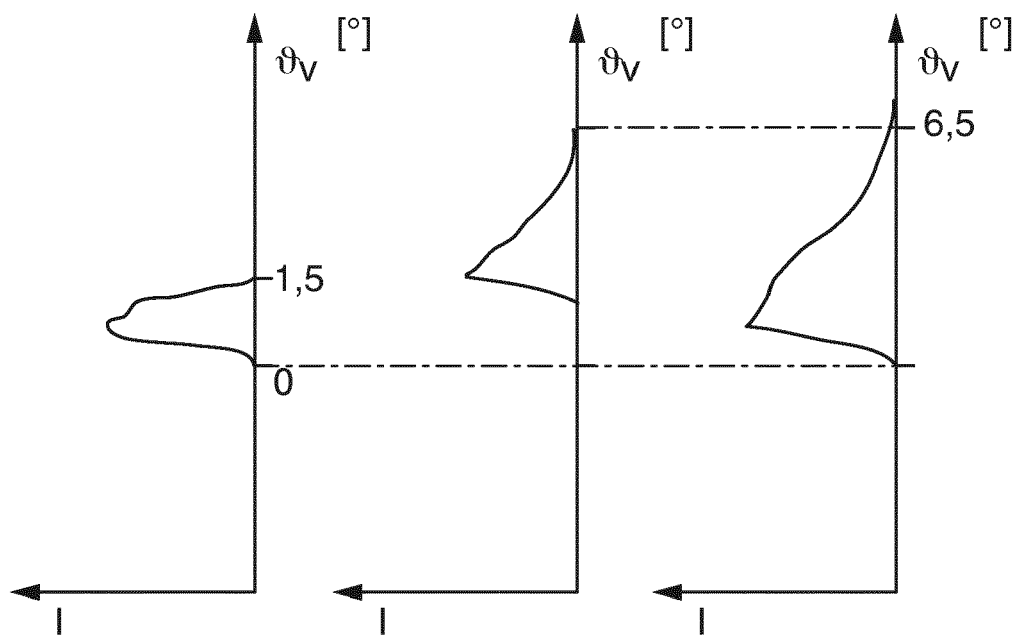
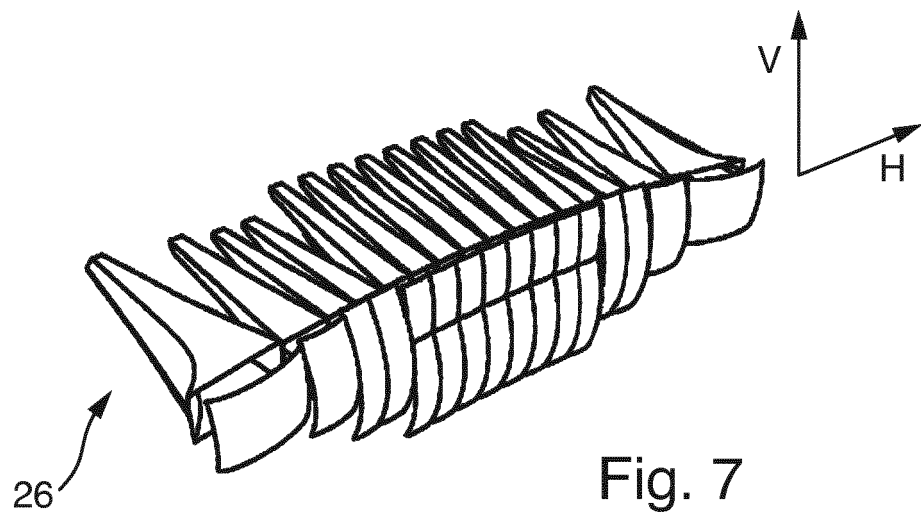
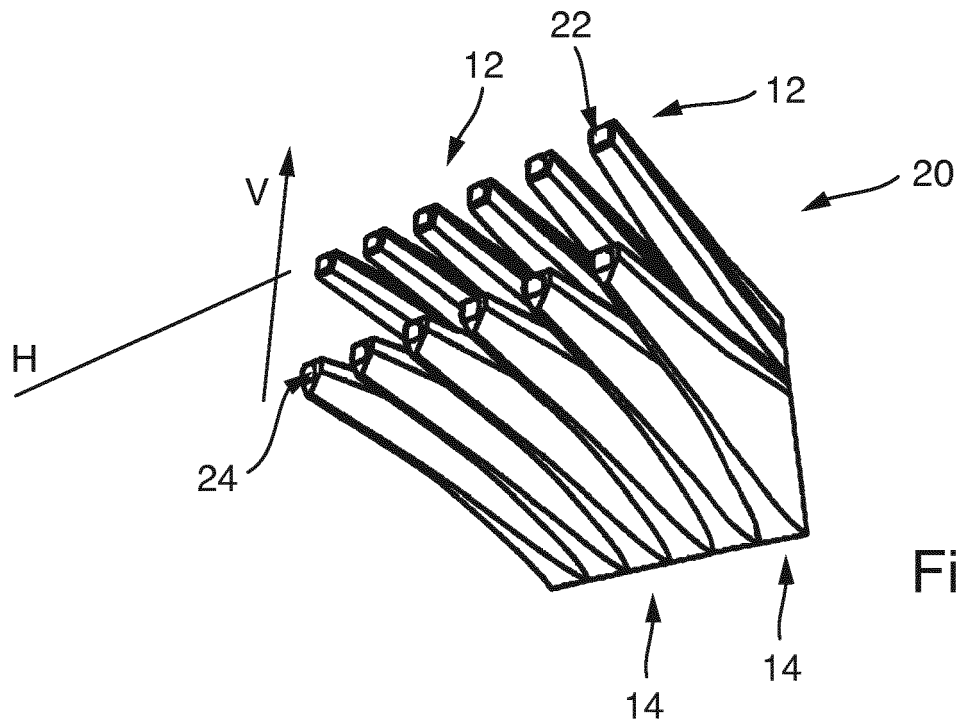


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 5c



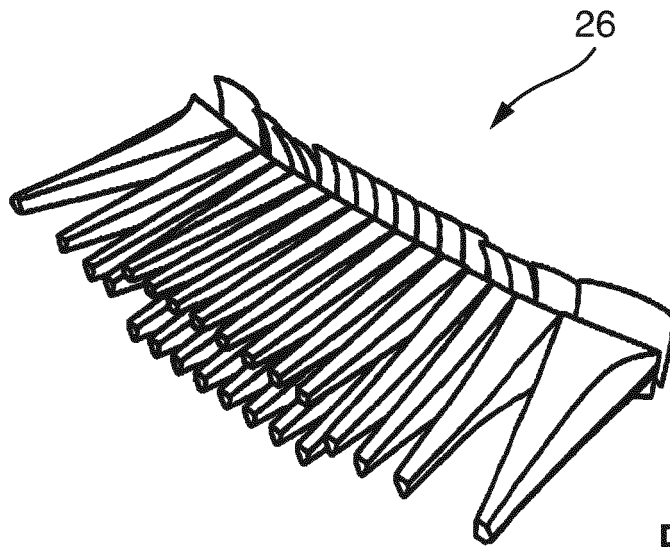


Fig. 8

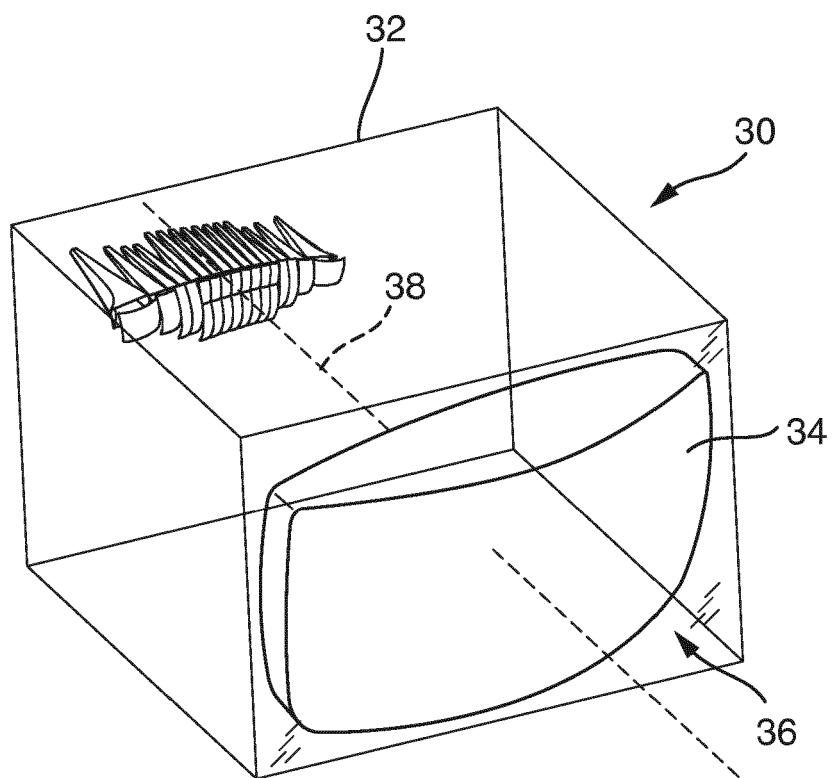


Fig. 9

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 102009053581 B3 [0002] [0025]