



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.05.2017 Patentblatt 2017/20

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

(21) Anmeldenummer: **16198063.6**

(22) Anmeldetag: **10.11.2016**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Brendle, Matthias**
72074 Tübingen (DE)
• **Rosenhahn, Ernst-Olaf**
72411 Bodelshausen (DE)
• **Moisel, Jörg**
89233 Neu-Ulm (DE)

(30) Priorität: **11.11.2015 DE 102015222188**

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

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

(54) **LICHTMODUL FÜR EIN FAHRZEUGSCHEINWERFER UND KRAFTFAHRZEUGSCHEINWERFER MIT EINEM SOLCHEN LICHTMODUL**

(57) Die Erfindung betrifft Lichtmodul (10) für einen Fahrzeugscheinwerfer, umfassend mindestens eine LED-Lichtquelle (12) zur Ausstrahlung eines LED-Lichtbündels (18), mindestens eine Laserlichtquelle (14) zur Ausstrahlung eines Laserlichtbündels (30) und eine Konversionseinrichtung (16), welche derart angeordnet ist, dass das LED-Lichtbündel (18) in einer LED-Lichtverteilung (28) und das Laserlichtbündel (30) in einer Laserlichtverteilung (36) auf die Konversionseinrichtung (16) treffen, und welche derart ausgebildet ist, dass durch die auftreffenden Lichtbündel (18, 30) ein Sekundärlichtbün-

del (40) abgestrahlt wird. Es wird vorgeschlagen, dass die Konversionseinrichtung (16) räumlich getrennt und separat von der mindestens einen LED-Lichtquelle (12) angeordnet ist, und dass das Lichtmodul (10) mindestens eine Umlenkeinrichtung (48) mit einer Vielzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren und bewegbaren Umlenkelementen (50) zum gezielten Reflektieren zumindest eines Teils des Sekundärlichtbündels (40) und zur Erzeugung einer Abstrahllichtverteilung (7) des Lichtmoduls (10) umfasst.

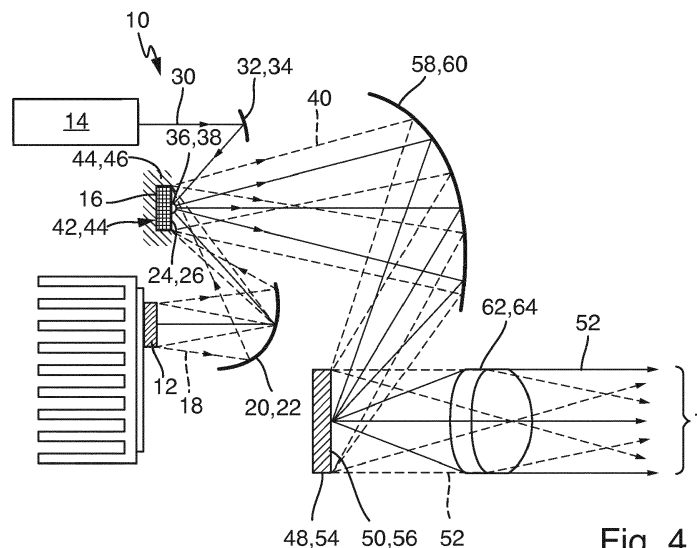


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul für einen Fahrzeugscheinwerfer. Das Lichtmodul umfasst mindestens eine LED-Lichtquelle zum Ausstrahlen eines LED-Lichtbündels und mindestens eine Laserlichtquelle zum Ausstrahlen eines Laserlichtbündels. Weiter umfasst das Lichtmodul eine Konversionseinrichtung, welche bezüglich der Lichtquellen derart angeordnet ist, dass das LED-Lichtbündel mit einer LED-Lichtverteilung und das Laserlichtbündel mit einer Laser-Lichtverteilung auf die Konversionseinrichtung treffen, und welche derart ausgebildet ist, dass die auf die Konversionseinrichtung treffenden Lichtbündel das Abstrahlen eines Sekundärlichtbündels von der Konversionseinrichtung bewirken.

[0002] Die Erfindung betrifft auch einen Kraftfahrzeugscheinwerfer, der ein Gehäuse mit einer durch eine transparente Abdeckscheibe verschlossenen Lichtaustrittsöffnung aufweist. In dem Gehäuse ist mindestens ein Lichtmodul zur Erzeugung einer Abstrahllichtverteilung angeordnet, welche durch die Abdeckscheibe auf eine Fahrbahn vor ein mit dem Scheinwerfer ausgestattetes Kraftfahrzeug gelangt.

[0003] Im Bereich der Kfz-Beleuchtung, insbesondere bei Kfz-Scheinwerfern, ist die Verwendung von leistungsstarken Lichtquellen mit möglichst hoher Leuchtdichte erwünscht. Dadurch lassen sich mit kleinem Bau- raum lichtstarke Beleuchtungseinrichtungen realisieren. Die abgestrahlten Lichtverteilungen müssen bestimmte, in der Regel gesetzlich vorgegebene Eigenschaften aufweisen. Diese Eigenschaften betreffen sowohl eine Form der Lichtverteilung (Erstreckung in horizontaler und/oder vertikaler Richtung) als auch eine Lichtstärkeverteilung (Helligkeitsverteilung) innerhalb der Lichtverteilung. Für die Frontlichter eines Kraftfahrzeuges (z.B. Abblendlicht, Fernlicht, Positionslicht, Tagfahrlicht, Nebellicht, etc.) ist in der Regel weißes Licht erwünscht.

[0004] Mit Laserlichtquellen, beispielsweise Halbleiter-Laserdioden, lassen sich hohe Strahlungsleistungen erzielen. Allerdings strahlen Laserlichtquellen meist nahezu monochromatisches, kohärentes und stark kollimiertes Laserlicht aus, das in dieser Form nicht unmittelbar als abgestrahltes Licht der Beleuchtungseinrichtung verwendet werden kann. Laserlichtquellen werden in der Kfz-Beleuchtung daher mit einer Konversionseinrichtung bzw. einem Wellenlängenkonverter eingesetzt. Dabei wird zumindest ein Teil des von den Lichtquellen erzeugten und ausgesandten Lichts unmittelbar beim Auftreffen auf den Wellenlängenkonverter in Licht einer anderen Farbe umgewandelt.

[0005] Um den geringen Lichtstrom, den die Laserdioden zur Verfügung stellen, auszugleichen, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, Hybridsysteme einzusetzen, die neben einer Laserlichtquelle auch mindestens eine konventionelle Lichtquelle, bspw. in Form einer LED oder eines LED-Arrays, aufweisen. Die resultierende Abstrahllichtverteilung eines Hybridsystems umfasst

eine Grundlichtverteilung, die mit der LED-Lichtquelle erzeugt wird. Die Laserlichtquelle erzeugt eine spotartige Laserlichtverteilung, die eine höhere Beleuchtungsstärke aufweisen kann als die Grundlichtverteilung und dazu dient, einen oder mehrere konzentrierte Bereiche der Abstrahllichtverteilung zu beleuchten, um dort lokal die Lichtstärke zu erhöhen. Die Spot-Lichtverteilung ist für sich häufig nicht heller als das Grundlicht. In der Überlagerung von Spot und Grundlicht ergibt sich jedoch die höhere Beleuchtungsstärke in dem spotartigen Bereich der Lichtverteilung. Ein solches Hybridsystem ist bspw. aus der EP 2 487 407 A2 bekannt. Dabei ist die Konversionseinrichtung direkt auf dem LED-Chip angeordnet und überdeckt die lichtemittierende Oberfläche der LED-Lichtquelle vollständig.

[0006] Die Laserlichtquelle und die LED-Lichtquelle können einen gemeinsamen Wellenlängenkonverter beleuchten. Wenn das emittierte Licht auf den Wellenlängenkonverter, z.B. einen Körper aus einem fluoreszierenden Leuchtstoff trifft, werden Elektronen in dem Wellenlängenkonverter unter Photonenabsorption in ein höheres Energieniveau angehoben. Die Elektronen können sich jedoch nicht auf diesem Niveau halten und fallen deshalb praktisch augenblicklich in ihren ursprünglichen Grundzustand zurück. Dabei setzen sie die aufgenommene Energie wieder frei und es kommt zur Emission des Fluoreszenzlichts. D.h. es werden Photonen (also Lichtstrahlen) einer bestimmten Wellenlänge (einer bestimmten Farbe) abgegeben. Auf diese Weise ist es möglich, dass zumindest ein Teil des von den Lichtquellen erzeugten und ausgesandten Lichts unmittelbar beim Auftreffen auf den Wellenlängenkonverter in Licht einer anderen Farbe umgewandelt wird. So wird bspw. blaues LED- oder Laserlicht von einer Konversionseinrichtung mit Phosphor zumindest teilweise in gelbes Licht umgewandelt. Eine Überlagerung des nicht konvertierten blauen Lichts und des konvertierten gelben Lichts ergibt das gewünschte weiße Licht.

[0007] Das beschriebene Hybridsystem hat jedoch den Nachteil, dass die Wärmeentwicklung des LED-Chips direkt auf die Konversionseinrichtung wirkt. Dies führt zu einer Abnahme der Konversionseffizienz und beeinflusst die Lebensdauer und Farbstabilität der LED (umfassend den LED-Chip und den Konverter) negativ. Ferner wird das Licht der Laserlichtquelle und das Licht der LED erst nach dem Auftreffen auf das Fluoreszenzelement, also nach der Wellenlängenkonversion, vermischt. Sind die Lichtquellen farblich nicht genau aufeinander abgestimmt, führt dies zu einem inhomogenen Farbeindruck des abgestrahlten Lichts des Lichtmoduls. Außerdem kann eine derartige Beleuchtungseinrichtung, bei der das Laserlicht und das LED-Licht mittels einer Linse auf die Fahrbahn projiziert werden, von anderen Verkehrsteilnehmern als störend wahrgenommen werden und insbesondere den Gegenverkehr blenden.

[0008] Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Lichtmodul mit mindestens einer LED-Licht-

quelle, mindestens einer Laserlichtquelle und einer Konversionseinrichtung dahingehend auszugestalten und weiterzubilden, dass die oben genannten Nachteile und Einschränkungen des bekannten Lichtmoduls überwunden werden.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ausgehend von dem Lichtmodul der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass die Konversionseinrichtung separat von der mindestens einen LED-Lichtquelle ausgebildet und räumlich getrennt von dieser angeordnet ist, und dass das Lichtmodul in einem Strahlengang des Sekundärlichtbündels mindestens eine Umlenkeinrichtung mit einer Vielzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren und bewegbaren Umlenkelementen zum gezielten Reflektieren zumindest eines Teils des Sekundärlichtbündels und zur Erzeugung einer Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls umfasst.

[0010] Anders als bei den bekannten Beleuchtungseinrichtungen ist die Konversionseinrichtung also nicht unmittelbar auf einer Lichtaustrittsfläche des LED-Chips angeordnet, sondern außerhalb des LED-Gehäuses und zwar räumlich getrennt und separat von der mindestens einen LED-Lichtquelle. Der LED-Chip und die Konversionseinrichtung bilden also zwei separate Einheiten und können getrennt voneinander in das Lichtmodul eingesetzt und völlig unabhängig voneinander in dem Lichtmodul angeordnet werden. Dabei ist auch vorteilhaft, dass durch die räumliche Trennung der LED-Lichtquelle und der Konversionseinrichtung eine thermische Trennung der beiden Wärmequellen realisiert wird, so dass eine lokale Überhitzung des Lichtmoduls bzw. der Beleuchtungseinrichtung, in die das Lichtmodul eingebaut ist, verhindert werden kann. Einer Beeinträchtigung der Konversionseigenschaften der Konversionseinrichtung kann dadurch vorgebeugt werden.

[0011] Das Lichtmodul umfasst außerdem mindestens eine Umlenkeinrichtung mit einer Vielzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren und bewegbaren Umlenkelementen zum gezielten Reflektieren zumindest eines Teils des von der Konversionseinrichtung abgestrahlten Sekundärlichtbündels. Der reflektierte Teil des Sekundärlichtbündels erzeugt eine Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls, vorzugsweise auf einer Fahrbahn vor einem mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ausgestatteten Fahrzeug. Durch gezieltes Bewegen von einzelnen oder einer Gruppe von ausgewählten Umlenkelementen kann die Form der Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls aber auch die Lichtstärkeverteilung innerhalb der Abstrahllichtverteilung variiert werden. Die Abstrahllichtverteilung ist somit sowohl hinsichtlich ihrer Form (Ausdehnung oder Erstreckung) als auch hinsichtlich ihrer Helligkeitsverteilung dynamisch veränderbar. Die Ansteuerung der Umlenkelemente und damit die Variation der Abstrahllichtverteilung kann in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Kraftfahrzeugs (z.B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Beladung, Lenkwinkel, Querbeschleunigung, etc.) erfolgen. Bei der Ansteuerung der Umlenkelemente können auch Umgebungspara-

meter des Fahrzeugs (z.B. Außentemperatur, Niederschlag, Fahrt in einem Stadtzentrum, auf einer Landstraße oder einer Autobahn, detektierte andere Verkehrsteilnehmer im Umfeld des Fahrzeugs, etc.) berücksichtigt werden.

[0012] Durch ein gezieltes Ansteuern der Umlenkelemente kann die Abstrahllichtverteilung bspw. zwischen Fernlicht und Abblendlicht umgeschaltet werden. Außerdem kann z.B. in dem Bereich, in dem sich ein entgegenkommendes oder vorausfahrendes Fahrzeug oder ein anderer Verkehrsteilnehmer befindet, die Lichtstärke in der Abstrahllichtverteilung gezielt verringert, vorzugsweise auf null gesetzt werden (sog. Teilfernlichtfunktion). Ein Blenden der anderen Verkehrsteilnehmer kann somit wirksam verringert werden. Dementsprechend wäre es auch denkbar, dass in dem Bereich, in dem vor dem Fahrzeug ein Objekt detektiert worden ist, die Lichtstärke in der Abstrahllichtverteilung gezielt erhöht wird, um das Objekt für den Fahrer des Fahrzeugs hervorzuheben (sog. Markierungslicht). Ferner ist es denkbar, dass die Umlenkelemente zur Realisierung einer dynamischen Kurvenlichtfunktion der Abstrahllichtverteilung (horizontales Verschwenken) oder einer Leuchtweiteregulierung (vertikales Verschwenken) angesteuert werden, um die Ausrichtung des Abstrahllichtbündels bzw. der resultierenden Abstrahllichtverteilung horizontal und/oder vertikal bzw. die Lichtstärkeverteilung innerhalb der Abstrahllichtverteilung zu variieren. Mithilfe des Hybridsystems bzw. der Hybridlichtquelle wird eine feste Lichtverteilung auf der Umlenkeinrichtung erzeugt. Diese Lichtverteilung wird auf die Fahrbahn projiziert und lässt sich pixelweise ein- und ausschalten bzw. dimmen (z.B. durch schnelles Ein- und Ausschalten mit verändertem Verhältnis von Einschalt- zu Ausschaltzeiten). Schließlich wäre es sogar denkbar, die Umlenkelemente für das LED-Lichtbündel und das Laserlichtbündel unterschiedlich anzusteuern, so dass bei einer weitgehend konstanten Position des durch das LED-Lichtbündel erzeugten Teils der Abstrahllichtverteilung der durch das Laserlichtbündel erzeugte konzentrierte Spotbereich der Abstrahllichtverteilung mit größerer Beleuchtungsstärke relativ dazu bewegt wird. Der Spotbereich kann zur Vergrößerung der Reichweite nach oben und/oder zur besseren Ausleuchtung von Seitenbereichen der Lichtverteilung, bspw. am Fahrbahnrand, zur Seite hin bewegt werden.

[0013] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist häufig von einem sog. LED-Lichtbündel und einem sog. Laserlichtbündel die Rede. Dies bezeichnet nur, von welcher Lichtquelle das jeweilige Lichtbündel ausgestrahlt wird. Selbstverständlich kann das LED-Lichtbündel beliebige Wellenlängen bzw. Farben aus dem Farbspektrum von LEDs und kann das Laserlichtbündel beliebige Wellenlängen bzw. Farben aus dem Farbspektrum von Lasern aufweisen. Ferner kann das LED-Lichtbündel auch zur Erzeugung eines anderen Teils der Abstrahllichtverteilung als zur Erzeugung einer Grundlichtverteilung genutzt werden. Ebenso kann das Laserlichtbündel zur Erzeugung eines anderen Teils der

Abstrahllichtverteilung als zur Erzeugung einer Spotlichtverteilung genutzt werden. Es ist durchaus möglich, dass man anhand des ausgesandten Lichts keinen Unterschied zwischen einem Laserlichtbündel und einem LED-Lichtbündel erkennt.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung leuchtet die LED-Lichtverteilung eine Oberfläche auf einer ersten Seite der Konversionseinrichtung möglichst homogen aus. Vorzugsweise leuchtet die LED-Lichtverteilung die gesamte Oberfläche auf der ersten Seite der Konversionseinrichtung möglichst homogen aus. Somit strahlt die Konversionseinrichtung auftreffendes Licht der LED-Lichtverteilung ebenfalls großflächig ab. Dieses Licht kann besonders vorteilhaft zur Erzeugung eines großflächigen Bereichs in dem Sekundärlichtbündel genutzt werden. Auf diese Weise kann dann nach dem Umlenken des Sekundärlichtbündels durch die Umlenkeinrichtung als Abstrahllichtverteilung bspw. eine großflächige Grundlichtverteilung erzeugt werden.

[0015] Vorteilhafterweise ist in einem Strahlengang des LED-Lichtbündels zwischen der mindestens einen LED-Lichtquelle und der Konversionseinrichtung ein erstes optisches Element zur Erzeugung einer homogenen flächigen Ausleuchtung der gesamten Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung angeordnet. Das optische Element lenkt die von der LED-Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahlen auf die Oberfläche, vorzugsweise auf die gesamte Oberfläche, der ersten Seite der Konversionseinrichtung. Mittels des optisch wirksamen Elements kann das von der LED-Lichtquelle ausgestrahlte LED-Lichtbündel die Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung besonders homogen ausleuchten. Das kann dann letzten Endes zu einer besonders homogenen großflächigen Grundlichtverteilung führen. Das erste optische Element kann insbesondere als Reflektor, z.B. als ein parabolischer oder elliptischer Reflektor, ausgebildet sein. Ebenso ist es möglich, dass das optische Element als eine Linse ausgebildet ist. Vorzugsweise ist das optische Element ein Hohlspiegel oder eine Sammellinse.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beleuchtet die Laserlichtverteilung einen Leuchtpunkt auf einer Oberfläche einer ersten Seite der Konversionseinrichtung. Ein Leuchtpunkt ist insbesondere ein in seiner Erstreckung begrenzter oder konzentrierter Bereich. Vorzugsweise wird mit der Laserlichtverteilung nur ein Teilbereich der Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung beleuchtet. Somit strahlt die Konversionseinrichtung auftreffendes Licht der Laserlichtverteilung ebenfalls konzentriert ab. Dieses Licht kann besonders vorteilhaft zur Erzeugung eines kleinen, besonders hell ausgeleuchteten Spotbereichs in dem Sekundärlichtbündel genutzt werden. Auf diese Weise kann dann nach dem Umlenken des Sekundärlichtbündels durch die Umlenkeinrichtung als Abstrahllichtverteilung bspw. ein konzentrierter Spot erzeugt werden. Die Abstrahllichtverteilung kann auch aus einer

Überlagerung der durch das LED-Lichtbündel erzeugten Grundlichtverteilung und des durch das Laserlichtbündel erzeugten Spots gebildet sein.

[0017] Vorteilhafterweise ist in einem Strahlengang des Laserlichtbündels zwischen der mindestens einen Laserlichtquelle und der Konversionseinrichtung ein zweites optisches Element zur Erzeugung des Leuchtpunkts der Laserlichtverteilung auf der Oberfläche der Konversionseinrichtung angeordnet. Mittels des optischen Elements kann ein besonders konzentriertes Laserlichtbündel zur Erzeugung des Spots aufgeweitet und/oder das Laserlichtbündel gezielt in einen bestimmten Bereich auf der Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung gelenkt werden. Das optische Element kann insbesondere derart ausgebildet sein, dass es ein auftreffendes Lichtbündel bricht, streut, reflektiert oder bündelt. Insofern kann das zweite optische Element ebenfalls als ein Reflektor oder als eine optische Linse ausgebildet sein.

[0018] Die von dem LED-Lichtbündel möglichst vollflächig ausgeleuchtete erste Seite der Konversionseinrichtung kann eine besonders großflächige homogene Lichtstärkeverteilung in der Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls erzeugen. Diese kann zur Erzeugung eines Grundlichts oder Basislichts genutzt werden. Der von dem Laserlichtbündel konzentriert ausgeleuchtete Bereich auf der ersten Seite der Konversionseinrichtung kann einen konzentrierten Spotbereich mit hoher Lichtstärkeverteilung in der Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls erzeugen. Die Lichtstärke in dem durch das Laserlichtbündel erzeugten Spotbereich ist vorzugsweise größer als die Lichtstärke in dem durch das LED-Lichtbündel erzeugten Grundlicht.

[0019] Vorzugsweise treffen das von der LED-Lichtquelle ausgestrahlte LED-Lichtbündel und das von der Laserlichtquelle ausgestrahlte Laserlichtbündel auf die gleiche Seite der Konversionsrichtung. Die Laserlichtverteilung und die LED-Lichtverteilung können zumindest teilweise auf gleiche Bereiche der Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung auftreffen, so dass sich das Laserlichtbündel und das LED-Lichtbündel teilweise mischen bevor sie auf der Konversionseinrichtung auftreffen. Dies führt insbesondere in den Übergangsbereichen zwischen den durch das Laserlichtbündel erzeugten Bereichen des Sekundärlichtbündels und den durch das LED-Lichtbündel erzeugten Bereichen des Sekundärlichtbündels und damit auch in der Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls zu einem besonders homogenen Gesamteindruck bezüglich der Helligkeit und/oder der Farbe.

[0020] Es ist denkbar, dass die mindestens eine LED-Lichtquelle Licht einer ersten Wellenlänge ausstrahlt, so dass das Licht bspw. blau erscheint. Dieses Licht trifft auf die erste Seite der Konversionseinrichtung und wird teilweise in Licht einer zweiten Wellenlänge umgewandelt, bspw. in gelbes Licht. Das nicht konvertierte Licht der ersten Wellenlänge überlagert sich mit dem konvertierten Licht der zweiten Wellenlänge, so dass sich in der

Summe Licht einer gewünschten Farbe, bspw. weißes Licht, ergibt. Selbstverständlich kann die LED-Lichtquelle auch anders farbiges (nicht blaues) Licht der ersten Wellenlänge aussenden, das dann von der Konversionseinrichtung mit einem anderen wellenlängenkonvertierenden Material (nicht Phosphor) teilweise in Licht einer zweiten Wellenlänge umgewandelt wird. Eine Überlagerung des nicht konvertierten Lichts der ersten Wellenlänge und das konvertierten Lichts der zweiten Wellenlänge ergibt das Licht der gewünschten Farbe.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfassen eine der ersten Seite (Vorderseite) gegenüberliegende zweite Seite (Rückseite) der Konversionseinrichtung und/oder zwischen den ersten und zweiten Seiten der Konversionseinrichtung angeordnete Seitenflächen der Konversionseinrichtung Licht reflektierende Oberflächen. Licht des LED-Lichtbündels und/oder des Laserlichtbündels, das nicht direkt beim Auftreffen auf der Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung in Licht für das Sekundärlichtbündel umgewandelt wird, sondern die Konversionseinrichtung über die Rückseite und/oder die Seitenflächen als Streulicht verlassen würde, wird an der Licht reflektierenden Oberfläche der gegenüberliegenden zweiten Seite und/oder an den Licht reflektierenden Seitenflächen reflektiert, vorzugsweise in Richtung der ersten Seite der Konversionseinrichtung. Somit kann zur Erzeugung der Abstrahllichtverteilung auch Licht genutzt werden, das beim Auftreffen auf die Oberfläche der ersten Seite der Konversionseinrichtung nicht direkt in Licht des Sekundärlichtbündels umgewandelt wird. Dadurch ergibt sich eine besonders hohe Effizienz des Lichtmoduls. Als Materialien für die lichtreflektierenden Oberflächen werden insbesondere Metalle (Al, Ag) oder weiß-reflektierende Materialien (TiO_2 , BaSO_4) vorgeschlagen. Selbstverständlich können auch andere Materialien zum Einsatz kommen.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist in dem Strahlengang des von der Konversionseinrichtung ausgesandten Sekundärlichtbündels ein drittes optisches Element angeordnet und dazu ausgebildet, zumindest einen Teil des Sekundärlichtbündels auf die Umlenkeinrichtung zu lenken. Durch das dritte optische Element ist es insbesondere möglich, die Lichtstrahlen des Sekundärlichtbündels gezielt zu streuen oder zu bündeln, bzw. in bestimmte Bereiche auf der Umlenkeinrichtung zu lenken. Vorzugsweise ist das dritte optische Element derart in dem Lichtmodul angeordnet, dass das Sekundärlichtbündel auf die Umlenkeinrichtung gelenkt wird, insbesondere auch dann wenn die Umlenkeinrichtung nicht in einem Strahlengang des von der Konversionseinrichtung ausgehenden Sekundärlichtbündels liegt. Dadurch kann die Umlenkeinrichtung weitgehend unabhängig von der Konversionseinrichtung im Lichtmodul angeordnet werden, und es ergeben sich weitere Freiheitsgrade hinsichtlich der Anordnung dieser Einrichtungen im Lichtmodul. Das dritte optische Element ist beispielsweise ein Kondensor umfassend eine oder mehrere Sammellinsen oder einen Reflektor.

[0023] Vorteilhafterweise umfasst die Konversionseinrichtung ein Material mit wellenlängenkonvertierenden Eigenschaften, insbesondere Phosphor oder ein anderes fluoreszierendes Material. Trifft das LED-Lichtbündel und/oder das Laserlichtbündel einer ersten Wellenlänge (einer ersten Farbe) auf die Konversionseinrichtung, wird die Konversionseinrichtung zur Phosphoreszenz oder Fluoreszenz angeregt und strahlt Licht einer anderen zweiten Wellenlänge (einer zweiten Farbe) ab. Die Konversionseinrichtung ist vorzugsweise auf die Spektren des LED-Lichtbündels und des Laserlichtbündels abgestimmt, so dass das Licht dieser Lichtbündel möglichst effizient umgewandelt und zur Erzeugung der Abstrahllichtverteilung genutzt wird.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Umlenkeinrichtung ein digitales Mikrospiegelarray (Digital Mirror Device, DMD), das eine Vielzahl von arrayartig neben- und/oder übereinander angeordnete Einzelelemente in Form von Mikrospiegeln umfasst, von denen das von einer Lichtquelle erzeugte Licht reflektiert wird. Die Mikrospiegel eines DMD ergänzen sich zu einer im Wesentlichen geschlossenen Reflexionsfläche. Jeder Mikrospiegel lässt sich in seiner Ausrichtung zumindest um eine Drehachse, vorzugsweise frei im dreidimensionalen Raum, also um zwei Drehachsen, einzeln verstellen.

[0025] Geeigneter Aktoren zum Verstellen der Mikrospiegel sind bspw. elektrostatische Aktoren oder Piezoaktoren. Es wäre auch denkbar, die einzelnen Mikrospiegel zumindest bereichsweise magnetisierbar auszubilden, so dass durch Anlegen eines Magnetfeldes ein Mikrospiegel oder eine Gruppe von mehreren Mikrospiegeln verstellt werden kann. Die Mikrospiegel eines DMD besitzen in der Regel jeweils zwei stabile Endlagen, zwischen denen der Mikrospiegel innerhalb einer Sekunde bis zu einigen Tausend Mal, bspw. bis zu 5.000 Mal, umgeschaltet werden kann. Durch die individuelle Verstellbarkeit der einzelnen Mikrospiegel ist es möglich, dass ein auf einen der Mikrospiegel auftreffender Lichtstrahl entweder über die Projektionsoptik auf die Fahrbahn in die Abstrahllichtverteilung oder in eine andere Richtung reflektiert wird, in der der Lichtstrahl keinen Beitrag zu dem auf der Fahrbahn auftreffenden Lichtbündel bzw. zu der Abstrahllichtverteilung liefert. Mit einem digitalen Mikrospiegelarray können also Teile des Sekundärlichtbündels gezielt abgelenkt und somit die Lichtstärkeverteilung innerhalb der Abstrahllichtverteilung nahezu beliebig beeinflusst werden. So ist es möglich nicht nur zwischen Abblendlicht und Fernlicht umzuschalten, sondern es können darüber hinaus einzelne Bereiche aus dem Sekundärlichtbündel gezielt beeinflusst werden, beispielsweise um die Lichtstärke in diesen Bereichen gezielt zu verstärken oder zu verringern bis hin zum völligen Ausblenden, so dass die Lichtstärkeverteilung in der resultierenden Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls nahezu beliebig variiert werden kann. Bei einem raschen hin und her Schalten der Mikrospiegel ergibt sich die resultierende Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls ge-

mittelt über die Zeit.

[0026] Das auf das Mikrospiegelarray auftreffende Sekundärlichtbündel setzt sich zusammen aus Licht der LED-Lichtverteilung und aus Licht der Laserlichtverteilung. Das Sekundärlichtbündel trifft mit einer bestimmten Sekundärlichtverteilung auf die Reflexionsfläche des Mikrospiegelarrays. Die LED-Lichtverteilung erzeugt in der Sekundärlichtverteilung vorzugsweise einen größeren ausgeleuchteten Bereich als der spotförmige Bereich, der von der Laserlichtverteilung beleuchtet wird. Eine derartige Sekundärlichtverteilung, die einen hohen Lichtstrom und ein Zentrum mit einer besonders hohen Leuchtdichte aufweist, eignet sich besonders gut zur Beleuchtung von digitalen Mikrospiegelarrays. Eine durch ein Mikrospiegelarray realisierte Reflektorfläche ist sehr teuer und muss deshalb möglichst klein gehalten werden. Eine kompakte und starke Lichtquelle mit einem hohen Lichtstrom und einer punktuell hohen Leuchtdichte ist daher von Vorteil, insbesondere deswegen, da Leuchtdichte und Lichtstrom unmittelbar die Leistung des digitalen Mikrospiegelarrays begrenzen. Ein kleinbauendes DMD ist auch von Vorteil, wenn es um die Realisierung eines möglichst kompakten Lichtmoduls und damit auch einer kompakten Beleuchtungseinrichtung geht.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist das Lichtmodul eine Projektionsoptik auf, um die von der Umlenkeinrichtung erzeugte Abstrahllichtverteilung des Lichtmoduls auf einer Fahrbahn vor einem Fahrzeug, in dem das erfindungsgemäße Lichtmodul eingebaut ist, optisch abzubilden. Die Projektionsoptik umfasst insbesondere einen Reflektor oder eine Projektionslinse.

[0028] Vorzugsweise erzeugt das Laserlichtbündel in der Abstrahllichtverteilung einen konzentrierten Bereich mit einer höheren Beleuchtungsstärke als ein ausschließlich von dem LED-Lichtbündel erzeugter anderer Bereich der Abstrahllichtverteilung. Die LED-Lichtverteilung erzeugt in der Abstrahllichtverteilung insbesondere eine Grundlichtverteilung, die vor dem Fahrzeug einen großen Bereich ausleuchtet, der insbesondere von einer Seite an einem Fahrbahnrand bis zu einer anderen Seite an einem gegenüberliegenden Fahrbahnrand reicht. Die Laserlichtverteilung erzeugt in der Abstrahllichtverteilung dagegen insbesondere eine Leuchtpot-Lichtverteilung, die einen konzentrierten Bereich mit einer höheren Beleuchtungsstärke ausleuchtet als die Grundlichtverteilung. Die Grundlichtverteilung und die Leuchtpotlichtverteilung können gemeinsam die Abstrahllichtverteilung bilden. Das gilt sowohl für eine Abblendlichtverteilung und eine Fernlichtverteilung als auch für beliebig andere Lichtverteilungen. Die Leuchtpot-Lichtverteilung kann im Zentrum der Abstrahllichtverteilung, an einer oder zwei gegenüberliegenden Seiten oder an einer beliebig anderen Stelle der Abstrahllichtverteilung angeordnet sein. Wo genau der Leuchtpot in der Abstrahllichtverteilung liegt, hängt von der Ausrichtung der entsprechenden Mikrospiegel ab, auf die der Teil der Sekundärlichtverteilung fällt, der von dem Laserlichtbündel

erzeugt wird.

[0029] Weitere Merkmale und vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung können der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren entnommen werden. Es zeigen:

- 5 Fig. 1a bis 1d verschiedene an sich aus dem Stand der Technik bekannte Lichtmodule;
- 10 Fig. 2 ein Lichtmodul mit einer Umlenkeinrichtung;
- Fig. 3a ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform;
- 15 Fig. 3b einen Ausschnitt aus Fig. 3a;
- Fig. 4 ein erfindungsgemäßes Lichtmodul gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;
- 20 Fig. 5 einen Kraftfahrzeugscheinwerfer;

25 **[0030]** Die Figuren 1a bis 1d zeigen aus dem Stand der Technik bekannte Lichtmodule 1 mit einer LED-Lichtquelle 2 und einer Laserlichtquelle 3. Solche Lichtmodule 1 werden auch als Hybridsystem bezeichnet. Direkt auf der LED 2, innerhalb eines Gehäuses der LED oder unmittelbar auf dem LED-Chip ist eine Konversionseinrichtung 4 in Form eines Fluoreszenzelements angeordnet. Die LED 2 beleuchtet eine Rückseite des Fluoreszenzelements 4 und die Laserlichtquelle 3 eine Vorderseite desselben. Das Fluoreszenzelement 4 strahlt unter Anregung zur Fluoreszenz durch das von der Laserlichtquelle 3 ausgesandte Laserlicht und das von der LED-Lichtquelle 2 ausgesandte LED-Licht sichtbares Licht aus. Zur Abbildung eines von dem Fluoreszenzelement 4 emittierten Sekundärlichtbündels 6 als eine Abstrahllichtverteilung 7 (vgl. Fig. 1a, wo beispielhaft eine Abblendlichtverteilung 7 gezeigt ist) auf einer Fahrbahn vor einem mit dem Lichtmodul 1 ausgestatteten Kraftfahrzeug ist ein optisches Element 5, beispielsweise eine Projektionslinse (vgl. Fig. 1a, 1b, 1d) oder ein Reflektor (vgl. Fig. 1c) vorgesehen.

30 **[0031]** Figur 2 zeigt ebenfalls ein Lichtmodul 1, das als Hybridsystem mit einer Laser-Lichtquelle 3 und einer LED-Lichtquelle 2 ausgebildet ist. Die Konversionseinrichtung 4 ist unmittelbar auf dem LED-Chip oder im Gehäuse der LED 2 angeordnet. Die LED 2 beleuchtet in Lichtaustrittsrichtung betrachtet die Rückseite der Konversionseinrichtung 4 und die Laserlichtquelle 3 eine Vorderseite. Das von der Konversionseinrichtung 4 abgestrahlte Sekundärlichtbündel 6 wird von einem optischen Element, beispielsweise einem Reflektor 8, auf eine Umlenkeinrichtung 8a gelenkt. Von der Umlenkeinrichtung 8a gelangt das Licht des Sekundärlichtbündel 6 auf eine Projektionsoptik 5 und wird von dieser in einer Abstrahl-

lichtverteilung 7 auf einer Fahrbahn vor einem mit dem Lichtmodul 1 ausgestatteten Kraftfahrzeug abgebildet. Alle in den Figuren 1a bis 1d und Fig. 2 gezeigten Ausführungsformen haben gemeinsam, dass die Konversionseinrichtung 4 innerhalb des Gehäuses der LED 2 oder unmittelbar auf dem LED-Chip angeordnet ist.

[0032] Figur 3a zeigt ein erfindungsgemäßes Lichtmodul in einer ersten bevorzugten Ausführungsform. Das Lichtmodul ist in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet und ist für den Einbau in einen Kraftfahrzeug-Scheinwerfer 70 (vgl. Figur 5) ausgebildet. Der Scheinwerfer 70 umfasst ein Gehäuse 72, das vorzugsweise aus Kunststoff gefertigt ist. In einer Lichtaustrittsrichtung 74 weist das Gehäuse 72 eine Lichtaustrittsöffnung 76 auf, die durch eine transparente Abdeckscheibe 78 verschlossen ist. Die Abdeckscheibe 78 schützt das Innere des Gehäuses 72 sowie die darin angeordneten Scheinwerferkomponenten vor Feuchtigkeit und Verschmutzung. Die Abdeckscheibe 78 kann als eine sogenannte klare Scheibe ohne optisch wirksame Profile (zum Beispiel Prismen oder Zylinderlinsen) ausgebildet sein. Alternativ kann die Scheibe 78 zumindest bereichsweise mit optisch wirksamen Profilen versehen sein (sog. Streuscheibe). Im Innern des Scheinwerfergehäuses 72 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein erfindungsgemäßes Lichtmodul 10 angeordnet. Das Lichtmodul 10 ist fest oder relativ zum Scheinwerfergehäuse 72 bewegbar im Gehäuse 72 angeordnet. Insbesondere kann das Lichtmodul 10 um eine horizontale Achse vertikal verschwenkbar (für eine Leuchtweiteregelung) und/oder um eine vertikale Achse horizontal verschwenkbar (für eine dynamische Kurvenlichtfunktion) angeordnet sein. Diese Freiheitsgrade können aber insbesondere bei einem Lichtmodul 10, das ein DMD als Umlenkeinrichtung 48 aufweist, auch durch gezieltes Verstellen der einzelnen DMD-Elemente 50 realisiert werden. Das Lichtmodul 10 erzeugt eine gewünschte Lichtverteilung, beispielsweise eine Abblendlicht-, Fernlicht-, Positionslicht-, Tagfahrlicht-, oder Nebellichtverteilung.

[0033] Das Lichtmodul 10 umfasst mindestens eine LED-Lichtquelle 12, mindestens eine Laserlichtquelle 14 und eine Konversionseinrichtung 16. In dem dargestellten Beispiel ist jeweils eine Lichtquelle 12; 14 dargestellt. Selbstverständlich kann das Lichtmodul 10 jeweils auch mehr als die gezeigte eine Lichtquelle 12; 14 aufweisen. Die LED-Lichtquelle 12 kann eine oder mehrere LED-Chips umfassen. Mehrere LED-Chips sind vorzugsweise arrayartig neben- und/oder übereinander angeordnet. Erfindungsgemäß ist der LED-Chip oder sind die LED-Chips der LED-Lichtquelle 12 separat und in einem Abstand zu der Konversionseinrichtung 16 angeordnet.

[0034] Die LED-Lichtquelle 12 strahlt ein LED-Lichtbündel 18 aus, das auf die Konversionseinrichtung 16 trifft. In dem gezeigten Beispiel trifft das LED-Lichtbündel 18 zunächst auf ein erstes optisch wirksames Element 20 und wird von diesem auf eine Oberfläche 24 auf einer ersten Seite 26 (Vorderseite) einer Konversionseinrich-

tung 16 gelenkt (vgl. Fig. 3b). Das erste optisch wirksame Element 20 ist in dem gezeigten Beispiel als ein Hohlspiegel 22 ausgebildet. Es könnte aber auch als eine Linse ausgebildet sein, oder aber eine Kombination mehrerer Reflektoren und/oder Linsen umfassen. Das optisch wirksame Element 20, 22 bewirkt eine möglichst homogene vollflächige Ausleuchtung der gesamten Oberfläche 24 mit einer von dem LED-Lichtbündel 18 erzeugten LED-Lichtverteilung 28.

[0035] Die Laserlichtquelle 14 strahlt ein (stark konzentriertes) Laserlichtbündel 30 (sog. Laserstrahl) aus, das auf die Konversionseinrichtung 16 trifft. In dem gezeigten Beispiel trifft das Laserlichtbündel 30 auf ein zweites optisch wirksames Element 32 (Fig. 3a) und wird von diesem ebenfalls auf die Oberfläche 24 auf der ersten Seite 26 der Konversionseinrichtung 16 gelenkt. Das zweite optisch wirksame Element 32 ist hier als ein Reflektor 34 ausgebildet. Selbstverständlich kann es aber auch als eine Linse ausgebildet sein, oder aber eine Kombination mehrerer Reflektoren und/oder Linsen umfassen. Das optisch wirksame Element 32, 34 bewirkt eine punktförmige, spotartige Beleuchtung eines konzentrierten Bereichs der Oberfläche 24 mit einer von dem Laserlichtbündel 30 erzeugten Laserlichtverteilung 36 (Fig. 3b). Dabei kann es erforderlich sein, den Laserstrahl 30 etwas aufzuweiten. Die Laserlichtverteilung 36 beleuchtet die Oberfläche 24 vorzugsweise mit einem Leuchtpunkt 38. Die Lichtstärke in dem konzentrierten Bereich des Leuchtpunkts 38 ist größer als in dem restlichen Bereich der Oberfläche 24 der Konversionseinrichtung 16.

[0036] Die LED-Lichtquelle 12 strahlt Licht einer bestimmten Farbe bzw. einer bestimmten Wellenlänge aus. Insbesondere wird vorgeschlagen, dass das von der LED-Lichtquelle 12 ausgesandte Licht UV (Ultraviolett)-Strahlung (in einem Wellenlängenbereich von etwa 240nm bis 450nm, insbesondere von 350nm bis 450nm) oder blaues Licht (in einem Wellenlängenbereich von etwa 450nm bis 500nm) ist. Die Laserlichtquelle 14 strahlt Licht einer ähnlichen Wellenlänge aus. Die Konversionseinrichtung 16 ist mit einem fluoreszierenden Leuchtstoff versehen. Dabei handelt es sich beispielsweise um Phosphor oder um ein beliebig anderes fluoreszierendes Material. Vorzugsweise ist die Konversionseinrichtung 16 auf das Spektrum des von den Lichtquellen 12, 14 erzeugten und ausgesandten Lichts 18, 30 abgestimmt, vorzugsweise auf einen Wellenlängenbereich zwischen 400nm und 550nm. Das bedeutet, dass die Konversionseinrichtung 16 für Licht dieser Wellenlänge eine besonders hohe Effizienz aufweist.

[0037] Die von den Lichtquellen 12, 14 ausgesandten Lichtbündel 18, 30 können unmittelbar beim Auftreffen auf die Oberfläche 24 der Konversionseinrichtung 16 teilweise (bzw. größtenteils) in Licht einer anderen Wellenlänge umgewandelt werden. Beispielsweise kann das Licht der Lichtquellen 12, 14 in gelbes Licht in einem Wellenlängenbereich zwischen 560nm und 620nm umgewandelt werden. Zusammen mit dem nicht umgewan-

delten, also weiterhin sichtbaren blauen Licht 18, 30, das ohne Wellenlängenkonversion an der Oberfläche 24 der Konversionseinrichtung 16 gestreut wird, ergibt sich durch eine additive Farbmischung ein weißes bzw. weißliches Licht aufweisendes Sekundärlichtbündel 40. Bei einem UV-Laser oder einer UV-LED als Lichtquelle erfolgt eine Konvertierung in blaues und gelbes Licht bzw. in blaues, rotes und grünes Licht, so dass sich durch eine additive Farbmischung auch hier wieder weißes Licht des Sekundärbündels 40 ergibt.

[0038] In dem vorliegenden Beispiel ist eine der ersten Seite gegenüberliegende zweite Seite 42 (Rückseite) der Konversionseinrichtung 16 mit einer lichtreflektierenden Oberfläche 44 versehen. Außerdem können zwischen den ersten und zweiten Seiten 26, 42 angeordnete Seitenflächen 46 der Konversionseinrichtung 16 ebenfalls lichtreflektierende Oberflächen 44 aufweisen. Die durch die Oberfläche 24 der ersten Seite 26 der Konversionseinrichtung 16 hindurchtretenden Lichtstrahlen werden an den lichtreflektierenden Oberflächen 44 reflektiert und treten an der Oberfläche 24 der ersten Seite 26 wieder aus der Konversionseinrichtung 16 aus. Dabei können die reflektierten Lichtstrahlen mit oder ohne Konversion in eine andere Wellenlänge zur Erzeugung der Abstrahllichtverteilung 7 (vgl. Fig. 4) des Lichtmoduls 10 beitragen, so dass dieses eine höhere Effizienz aufweist.

[0039] Ein wichtiger Aspekt des erfindungsgemäßen Lichtmoduls 10 besteht darin, dass die Konversionseinrichtung 16 räumlich getrennt und separat von den Lichtquellen 12, 14 in dem Lichtmodul 10 angeordnet ist. Die Konversionseinrichtung 16 kann innerhalb des Lichtmoduls 10 beliebig, beispielsweise an beliebigen Bauteilen oder optischen Elementen angeordnet werden. Selbstverständlich würde die vorliegende Erfindung auch mit Licht anderer Wellenlängen und darauf abgestimmten fluoreszierenden Materialien für die Konversionseinrichtung 16 funktionieren.

[0040] Das von der Konversionseinrichtung 16 ausgestrahlte Sekundärlichtbündel 40 trifft auf ein drittes optisches Element 58, das in diesem Beispiel als eine Sammellinse ausgebildet ist. Das dritte optische Element 58 lenkt das Sekundärlichtbündel 40 in Richtung einer Umlenkeinrichtung 48 (vgl. Fig. 4). Obwohl die Umlenkeinrichtung in den Fig. 3a und 3b nicht ausdrücklich gezeigt ist, ist sie Bestandteil des dort gezeigten Lichtmoduls 10 gemäß der ersten Ausführungsform.

[0041] Die Umlenkeinrichtung 48 umfasst eine Vielzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren und bewegbaren Umlenkelementen 50 zum Reflektieren zumindest eines Teils des Sekundärlichtbündels 40. Der von den Umlenkelementen 50 reflektierte Teil des Sekundärlichtbündels 40 erzeugt eine Abstrahllichtverteilung 7 des Lichtmoduls 10. Durch gezieltes Bewegen ausgewählter Umlenkelemente 50 kann die Form der Abstrahllichtverteilung 7 aber auch die Lichtstärkeverteilung in der Abstrahllichtverteilung 7 variiert werden. Somit ist sowohl die Form als auch die Lichtstärkeverteilung im Lichtbündel der

[0042] Abstrahllichtverteilung 7 dynamisch veränderbar. Durch ein gezieltes Ansteuern der Umlenkelemente 50 kann die Abstrahllichtverteilung 7 beispielsweise zwischen Fernlicht und Abblendlicht oder beliebig anderen Lichtverteilungen umgeschaltet werden. Außerdem kann z.B. in dem Bereich in dem sich ein entgegenkommendes oder vorausfahrendes Fahrzeug befindet, die Lichtstärke in der Abstrahllichtverteilung 7 gezielt verringert, vorzugsweise auf null gesetzt werden. Insbesondere ein Blenden des Gegenverkehrs kann somit wirksam verringert werden. Ferner ist es denkbar, in dem Bereich in dem ein Objekt vor dem Fahrzeug detektiert wurde, die Lichtstärke gezielt zu erhöhen, um die Aufmerksamkeit des Fahrers auf das Objekt zu lenken.

[0043] In Figur 4 ist die Umlenkeinrichtung 48 als ein digitales Mikrospiegelarray 54 (Digital Mirror Device, DMD) ausgebildet. Das digitale Mikrospiegelarray 54 besteht aus einer Vielzahl von arrayartig neben- und/oder übereinander angeordneten Mikrospiegeln 56, von denen das Licht des Sekundärlichtbündels 40 reflektiert wird. Jeder Mikrospiegel 56 lässt sich in seiner Ausrichtung zumindest um eine Drehachse, vorzugsweise frei im dreidimensionalen Raum, also um zwei Drehachsen, einzeln verstellen. Die Mikrospiegel 56 besitzen in der Regel jeweils zwei stabile Endlagen, zwischen denen die Mikrospiegel innerhalb einer Sekunde bis zu mehreren Tausend Mal wechseln können. Durch die individuelle Verstellbarkeit der Mikrospiegel 56 ist es möglich, bestimmte Teile des Sekundärlichtbündels 40 gezielt abzulenken und somit die Lichtstärkeverteilung innerhalb des Lichtbündels der Abstrahllichtverteilung 7 nahezu beliebig zu beeinflussen. So ist es möglich, nicht nur zwischen Abblendlicht und Fernlicht umzuschalten, sondern es können darüber hinaus einzelne Bereiche aus dem Sekundärlichtbündel 40 gezielt beeinflusst werden, beispielsweise um die Lichtstärke in diesen Bereichen gezielt zu verringern oder zu erhöhen, so dass die Lichtstärkeverteilung in der resultierenden Abstrahllichtverteilung 7 des Lichtmoduls 10 in beliebigen Bereichen 7a, 7b nahezu beliebig variiert werden kann.

[0044] Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die mindestens eine LED-Lichtquelle 12 und die mindestens eine Laserlichtquelle 14 eine gemeinsame Konversionseinrichtung 16 beleuchten, von der ein Sekundärlichtbündel 40 auf eine Umlenkeinrichtung 48 abgestrahlt wird. Das Sekundärlichtbündel 40 setzt sich somit zusammen aus Licht 18 der LED-Lichtverteilung 28 und aus Licht 30 der Laserlichtverteilung 36 und trifft mit einer bestimmten Sekundärlichtverteilung 40 auf die Umlenkelemente 50 der Umlenkeinrichtung 48. Die LED-Lichtverteilung 28 erzeugt in der Sekundärlichtverteilung 40 vorzugsweise einen größeren ausgeleuchteten Bereich 7a als der spotförmige Bereich 7b, der von der Laserlichtverteilung 36 beleuchtet wird. Eine derartige Sekundärlichtverteilung 40, die einen hohen Lichtstrom und ein Zentrum mit einer besonders hohen Leuchtdichte aufweist, eignet sich besonders gut zur Beleuchtung von digitalen Mikrospiegelarrays 54.

Eine durch ein Mikrospiegelarray 54 realisierte Reflektorfläche ist sehr teuer und muss deswegen möglichst klein gehalten werden. Eine kompakte und starke Lichtquelle, wie bspw. die Laserlichtquelle 14, mit einem hohen Lichtstrom und einer punktuell hohen Leuchtdichte ist daher ideal, da Leuchtdichte und Lichtstrom unmittelbar die Leistung des digitalen Mikrospiegelarrays 54 begrenzen.

[0045] Das dritte optische Element 58 des Lichtmoduls 10 ist in diesem Beispiel als ein Hohlspiegel 60 ausgebildet. Der Hohlspiegel 60 lenkt das Sekundärlichtbündel 40 auf die Umlenkeinrichtung 48. Ausgehend von der Umlenkeinrichtung 48 in Form des digitalen Mikrospiegelarrays 54 wird das Abstrahllichtbündel 52 mittels einer Projektionsoptik 62, die in diesem Beispiel als eine Projektionslinse 64 ausgebildet ist, als Abstrahllichtverteilung 7 auf einer Fahrbahn vor einem Fahrzeug abgebildet, das mit dem erfindungsgemäßen Lichtmodul 10 ausgestattet ist. Insbesondere ist die Projektionsoptik 62 als ein Kondensor 64 ausgebildet, der eine oder zwei Sammellinsen umfasst.

Patentansprüche

1. Lichtmodul (10) für einen Fahrzeugscheinwerfer, umfassend:

- mindestens eine LED-Lichtquelle (12) zur Ausstrahlung eines LED-Lichtbündels (18);
- mindestens eine Laserlichtquelle (14) zur Ausstrahlung eines Laserlichtbündels (30);
- eine Konversionseinrichtung (16), welche bezüglich der Lichtquellen (12, 14) derart angeordnet ist, dass das LED-Lichtbündel (18) mit einer LED-Lichtverteilung (28) und das Laserlichtbündel (30) mit einer Laserlichtverteilung (36) auf die Konversionseinrichtung (16) treffen, und welche derart ausgebildet ist, dass die auf die Konversionseinrichtung (16) treffenden Lichtbündel (18, 30) das Abstrahlen eines Sekundärlichtbündels (40) von der Konversionseinrichtung (16) bewirken,

dadurch gekennzeichnet, dass die Konversionseinrichtung (16) separat von der mindestens einen LED-Lichtquelle (12) ausgebildet und räumlich getrennt von dieser angeordnet ist, und dass das Lichtmodul (10) in einem Strahlengang des Sekundärlichtbündels (40) mindestens eine Umlenkeinrichtung (48) mit einer Vielzahl von unabhängig voneinander ansteuerbaren und bewegbaren Umlenkelementen (50) zum gezielten Reflektieren zumindest eines Teils des Sekundärlichtbündels (40) und zur Erzeugung einer Abstrahllichtverteilung (7) des Lichtmoduls (10) umfasst.

2. Lichtmodul (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die LED-Lichtverteilung (28) eine Oberfläche (24) auf einer ersten Seite (26) der Konversionseinrichtung (16) möglichst homogen ausleuchtet.

3. Lichtmodul (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Strahlengang des LED-Lichtbündels (18) zwischen der mindestens einen LED-Lichtquelle (12) und der Konversionseinrichtung (16) ein erstes optisches Element (20) zur Erzeugung einer homogenen flächigen Ausleuchtung der gesamten Oberfläche (24) der ersten Seite (26) der Konversionseinrichtung (16) angeordnet ist.

4. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserlichtverteilung (36) einen Leuchtpot (38) auf einer Oberfläche (24) einer ersten Seite (26) der Konversionseinrichtung (16) beleuchtet.

5. Lichtmodul (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Strahlengang des Laserlichtbündels (30) zwischen der mindestens einen Laserlichtquelle (14) und der Konversionseinrichtung (16) ein zweites optisches Element (32) zur Erzeugung des Leuchtpots (38) der Laserlichtverteilung (36) auf der Oberfläche (24) der Konversionseinrichtung (16) angeordnet ist.

6. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der ersten Seite (26) gegenüberliegende zweite Seite (42) der Konversionseinrichtung (16) und/oder zwischen den ersten und zweiten Seiten (26, 42) angeordnete Seitenflächen (46) der Konversionseinrichtung (16) Licht reflektierende Oberflächen (44) umfassen.

7. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Strahlengang des Sekundärlichtbündels (40) ein drittes optisches Element (58) angeordnet und ausgebildet ist, zumindest einen Teil des Sekundärlichtbündels (40) auf die Umlenkeinrichtung (48) zu lenken.

8. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konversionseinrichtung (16) ein Material mit wellenlängenkonvertierenden Eigenschaften, insbesondere Phosphor oder ein anderes fluoreszierendes Material, umfasst.

9. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkeinrichtung (48) ein digitales Mikrospiegelarray (54), nachfolgend als Digital Mirror Device oder DMD bezeichnet, mit einer Vielzahl von arrayartig nebeneinander und/oder übereinander angeordneten, einzeln oder gruppenweise ansteuerbaren Mikrospiegeln (56)

umfasst.

10. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtmodul
 (10) eine Projektionsoptik (62) aufweist, um ein von
 der Umlenkeinrichtung (48) erzeugtes Abstrahllicht-
 bündel (52) als Abstrahllichtverteilung (7) des Licht-
 moduls (10) auf einer Fahrbahn vor einem Fahrzeug,
 in dem das Lichtmodul (10) eingebaut ist, optisch
 abzubilden. 5
 10

11. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass das Laserlichtbün-
 del (30) in der Abstrahllichtverteilung (7) einen kon-
 zentrierten Bereich (7b) mit einer höheren Beleuch-
 tungsstärke erzeugt als ein ausschließlich von dem
 LED-Lichtbündel (18) erzeugter anderer Bereich
 (7a) der Abstrahllichtverteilung (7). 15

12. Kraftfahrzeugscheinwerfer (70) umfassend ein Ge-
 häuse (72) mit einer durch eine transparente Ab-
 deckscheibe (78) verschlossenen Lichtaustrittsöff-
 nung (76) und mindestens ein in dem Gehäuse (72)
 angeordnetes Lichtmodul (10) zur Erzeugung einer
 Abstrahllichtverteilung (7), welche durch die Ab-
 deckscheibe (78) auf eine Fahrbahn vor ein mit dem
 Scheinwerfer (70) ausgestattetes Kraftfahrzeug ge-
 langt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Licht-
 modul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aus-
 gebildet ist. 20
 25
 30

35

40

45

50

55

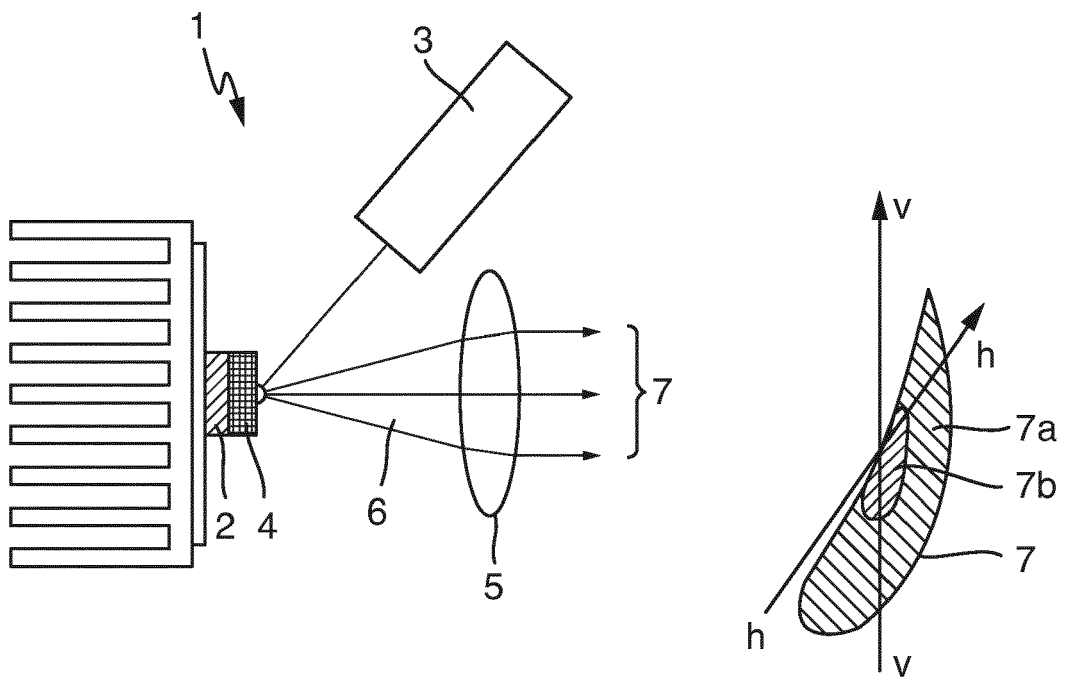


Fig. 1a (Stand der Technik)

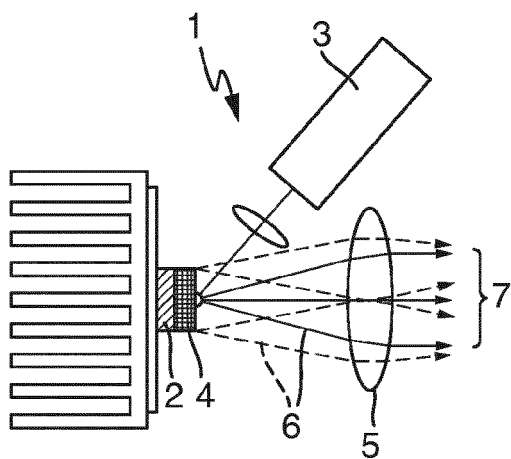


Fig. 1b

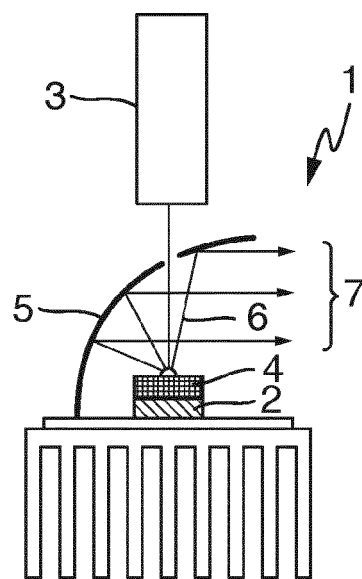


Fig. 1c

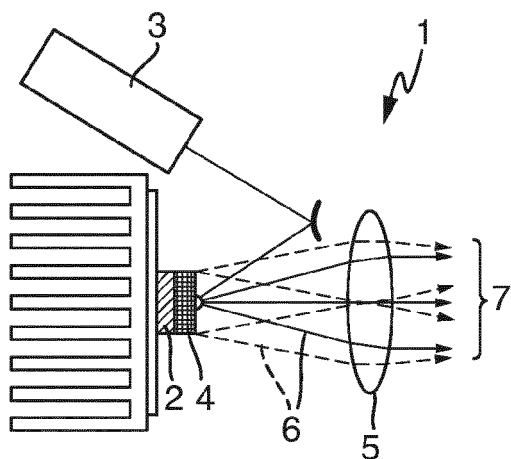


Fig. 1d

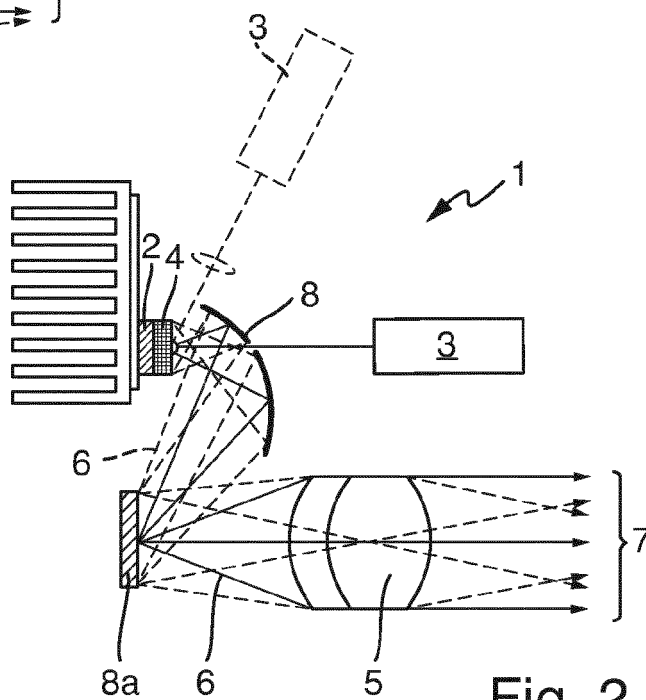
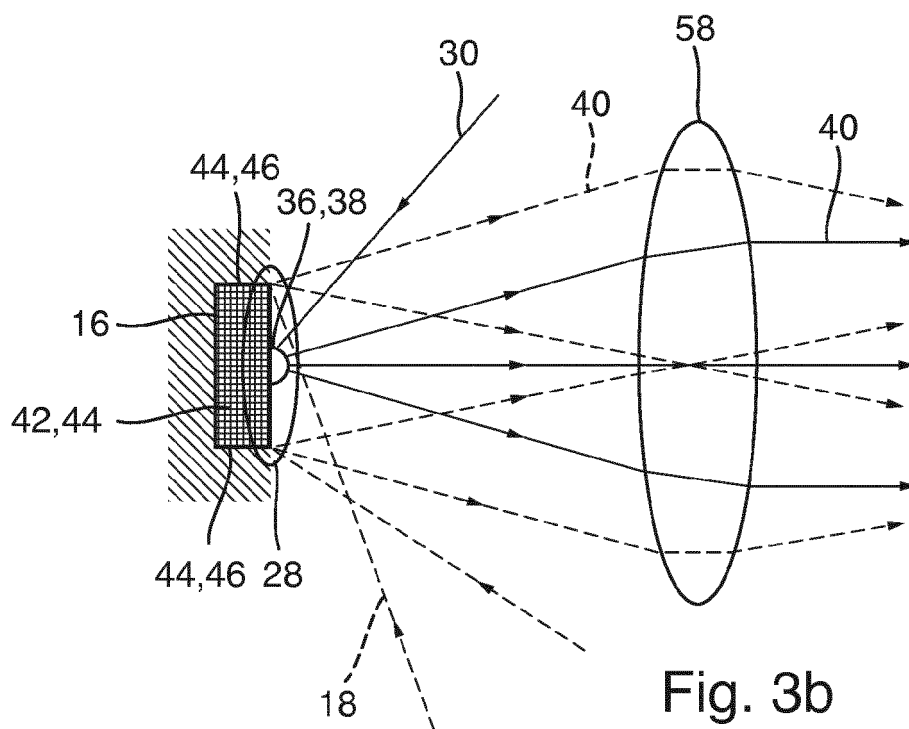
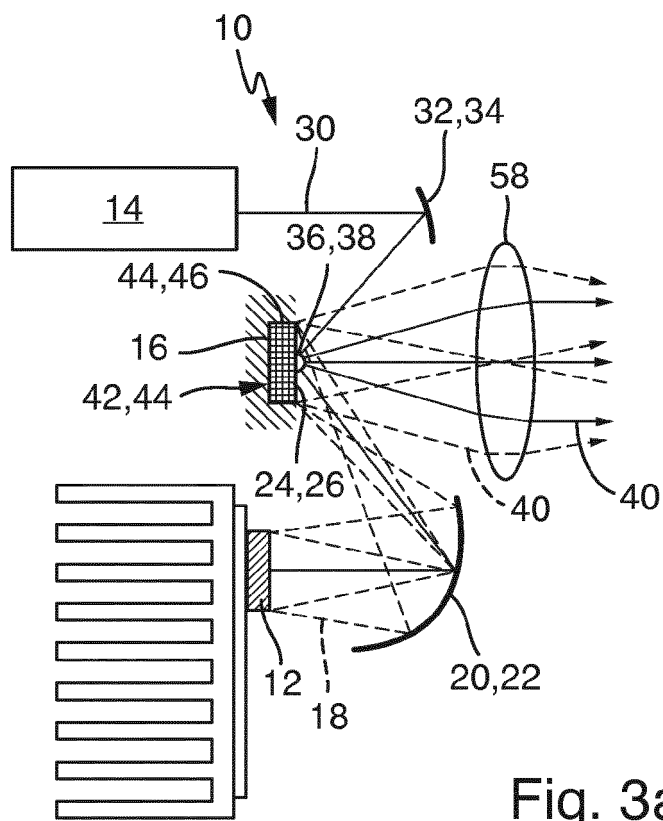
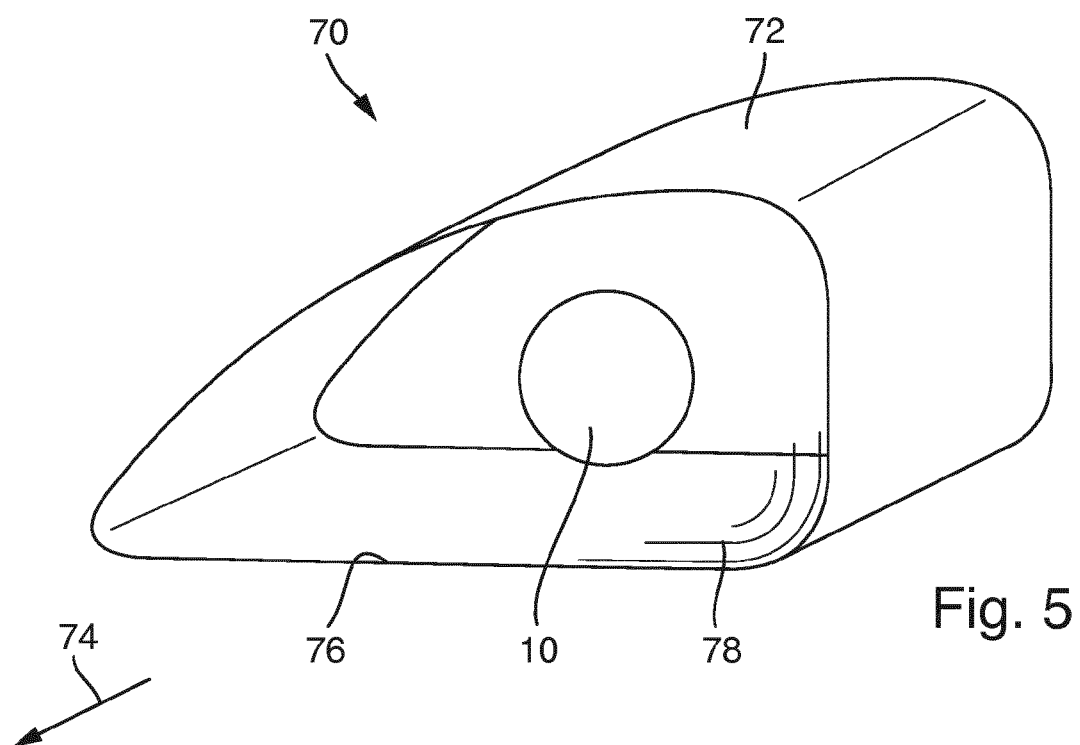
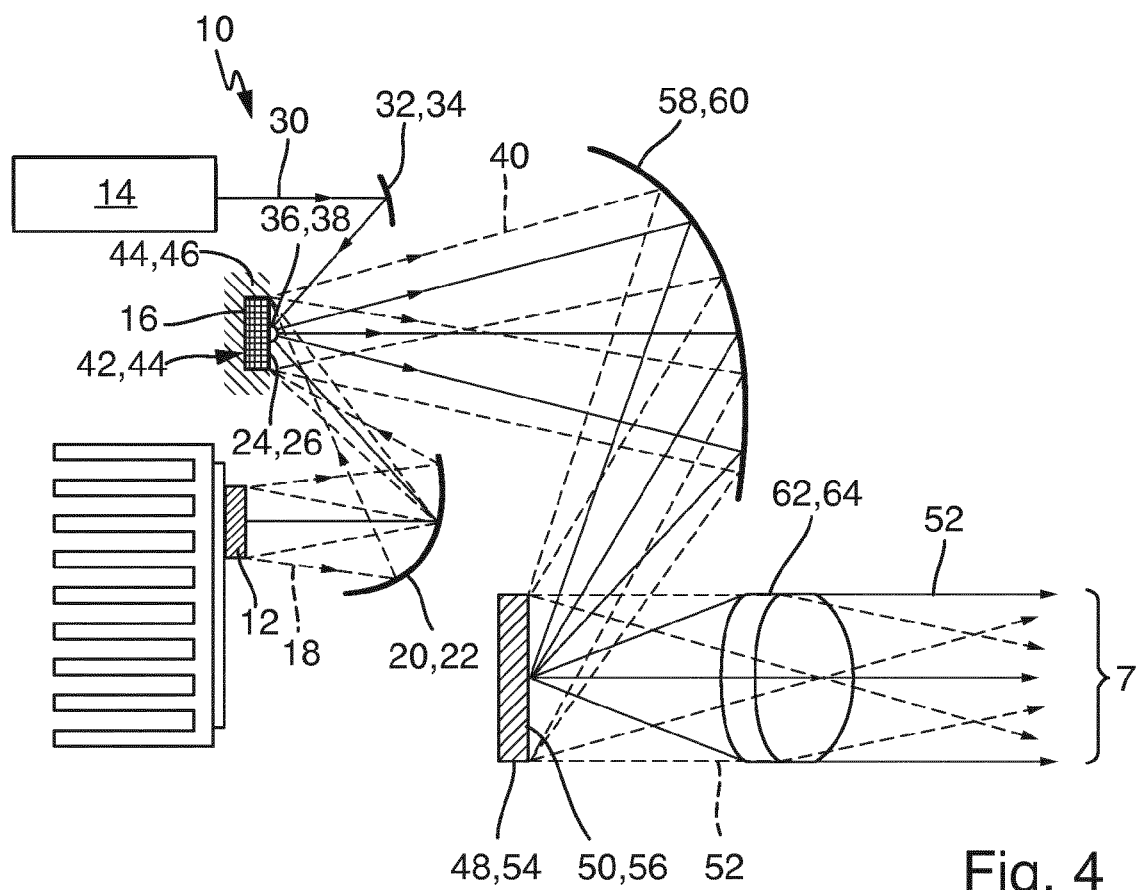


Fig. 2







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 19 8063

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A,D	EP 2 487 407 A2 (STANLEY ELECTRIC CO LTD [JP]) 15. August 2012 (2012-08-15) * das ganze Dokument *	1-12	INV. F21S8/10
A,P	US 2015/375672 A1 (TAKAHASHI KOJI [JP]) 31. Dezember 2015 (2015-12-31) * Absätze [0130] - [0139]; Abbildung 11 *	1-12	
A	US 2015/160454 A1 (BHAKTA VIKRANT R [US]) 11. Juni 2015 (2015-06-11) * Absatz [0050]; Abbildung 5 *	1-12	
A	DE 10 2014 213179 A1 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 29. Januar 2015 (2015-01-29) * Absatz [0037]; Abbildung 9 *	1-12	
A	JP 2015 088283 A (SHARP KK) 7. Mai 2015 (2015-05-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-12	
A	DE 10 2012 211915 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 9. Januar 2014 (2014-01-09) * Absätze [0025] - [0027]; Abbildung 1 *	6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F21S G02B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. März 2017	Prüfer Panatsas, Adam
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 8063

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-03-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2487407 A2	15-08-2012	EP 2487407 A2	15-08-2012
		JP 2012169050 A	06-09-2012
		US 2012206931 A1	16-08-2012
US 2015375672 A1	31-12-2015	JP 2016011039 A	21-01-2016
		US 2015375672 A1	31-12-2015
US 2015160454 A1	11-06-2015	EP 3079946 A1	19-10-2016
		US 2015160454 A1	11-06-2015
		WO 2015089018 A1	18-06-2015
DE 102014213179 A1	29-01-2015	CN 104279485 A	14-01-2015
		DE 102014213179 A1	29-01-2015
		FR 3008477 A1	16-01-2015
		JP 2015018652 A	29-01-2015
JP 2015088283 A	07-05-2015	KEINE	
DE 102012211915 A1	09-01-2014	DE 102012211915 A1	09-01-2014
		WO 2014009289 A1	16-01-2014

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2487407 A2 [0005]