



(11) **EP 3 133 337 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.02.2017 Patentblatt 2017/08

(51) Int Cl.:
F21S 8/12^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16184136.6**

(22) Anmeldetag: **15.08.2016**

(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

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

(72) Erfinder: **Kittel, Joachim
72762 Reutlingen (DE)**

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

(30) Priorität: **17.08.2015 DE 102015215660**

(54) **LASERSCHEINWERFER MIT VERRINGERTEM FARBFehler**

(57) Vorgestellt wird ein Laserscheinwerfer mit einer Laserlichtquelle, einem Leuchtmittel und einer Lichtumlenkeinrichtung, die voneinander verschiedene Teilbereiche des Leuchtmittels zeitlich getrennt voneinander mit Laserlicht beleuchtet. Das Leuchtmittel streut einfallendes Laserlicht als Streulicht bevorzugt in einen ersten Raumwinkelbereich, der kleiner ist als ein zweiter Raumwinkelbereich ist, in den das Leuchtmittel Fluoreszenzlicht abstrahlt. Eine Projektionslinse ist so angeordnet dass ein zentraler Bereich ihrer Lichteintrittsfläche mit

dem in dem ersten Raumwinkelbereich propagierenden Licht beleuchtet wird und eine Randzone ihrer Lichteintrittsfläche mit Licht beleuchtet wird, das sich nur in dem zweiten Raumwinkelbereich ausbreitet. Die Größe der beleuchteten Lichteintrittsfläche beträgt das Vierfache bis das Sechzehnfache der Größe des zentralen Bereichs. Die Linse fokussiert die Randzone beleuchtendes Fluoreszenzlicht in denselben Bildpunkt wie den zentralen Bereich beleuchtendes Fluoreszenzlicht.

EP 3 133 337 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Laserscheinwerfer mit einer Laserlichtquelle, einem Leuchtmittel und einer Lichtumlenkeinrichtung, die dazu eingerichtet ist, voneinander verschiedene Teilbereiche des Leuchtstoffs zeitlich getrennt voneinander mit Laserlicht zu beleuchten, wobei das Leuchtmittel die Eigenschaft besitzt, einfallendes Laserlicht bevorzugt in einen ersten Raumwinkelbereich zu streuen, der kleiner ist als ein zweiter Raumwinkelbereich, in den das Leuchtmittel Fluoreszenzlicht abstrahlt, und in dem der erste Raumwinkelbereich vollständig enthalten ist, und mit einer Projektionslinse, die so angeordnet ist, dass ihre Lichteintrittsfläche den ersten Raumwinkelbereich quer zur Ausbreitungsrichtung des gestreuten Laserlichts schneidet.

[0002] Ein solcher Scheinwerfer wird von den Erfindern als per se bekannt vorausgesetzt. Bei dem bekannten Laserscheinwerfer wird das Leuchtmittel, das beispielsweise Phosphor enthält, mit einem blauen Laserlicht emittierenden Laser zur Fluoreszenz angeregt. Das von dem Leuchtmittel ausgehende Fluoreszenzlicht besitzt Frequenzen aus dem gelb-roten Spektralbereich. Zusammen mit im Leuchtmittel gestreutem blauen Laserlicht ergibt sich weißes Mischlicht.

[0003] Wird ein fokussierter Laserstrahl mit einer scan-Vorrichtung, zum Beispiel mit einem steuerbar beweglichen Mikrospiegel, abtastend auf verschiedene Bereiche des Leuchtmittels gerichtet, kann die resultierende Lichtverteilung gezielt variiert werden. Damit kann ein adaptiver Scheinwerfer bereitgestellt werden, der es erlaubt, die Lichtverteilung dynamisch an die Fahrsituation anzupassen, in dem zum Beispiel Bereiche der Lichtverteilung, in denen andere Verkehrsteilnehmer geblendet werden könnten, nicht beleuchtet werden, und in denen andere Bereiche, in denen eine solche Blendefahrer besteht, besonders hell und weitreichend oder hell und breit ausgeleuchtet werden. Dabei wird die Verkehrssituation zum Beispiel von einer on board Kamera erfasst und einer Bildverarbeitung unterzogen, um Steuersignale für den Mikrospiegel zu bilden.

[0004] Ein solcher Laserscheinwerfer ist zum Beispiel aus der DE 10 2007 055 480 B3 bekannt. Bei dem bekannten Gegenstand wird ein fokussierter Laserstrahl eines Lasers, der blaues Licht emittiert, mit Hilfe eines Scanners über einen Leuchtstoff (z.B. einen Phosphor) bewegt, welcher das blaue Licht des Lasers durch Mischung mit gelbem oder gelb-rotem Fluoreszenzlicht in weißes Mischlicht umwandelt. Das weiße Licht wird über eine Optik auf die Fahrbahn gerichtet. Durch Bewegen des Lichtflecks des fokussierten Laserstrahls auf dem Leuchtmittel und gleichzeitiges Modulieren der Laserleistung können beliebige Lichtverteilungen erzeugt werden.

[0005] Aus der EP 0 291 475 A2 ist ein Scheinwerfer bekannt, der einen winkelbeweglichen Reflektor aufweist, der einen schmalen Strahl sehr schnell in unterschiedliche Raumrichtungen umlenkt. Als Folge werden

kleine Bereiche im Takt der Richtungsänderungen des Strahles sequentiell beleuchtet und damit mit Licht abgetastet und damit gescannt. Die Gesamtfläche, die sich als Vereinigung der sequentiell abtastend beleuchteten kleinen Bereiche ergibt, stellt sich für den menschlichen Sehsinn bei hinreichend schneller Abtastung und periodisch ausreichend schnell wiederholter Abtastsequenz als zusammenhängende, helle Fläche und damit als eine zusammenhängende Lichtverteilung dar. Eine hinreichend schnelle Abtastung ergibt sich zum Beispiel dann, wenn die Abtastsequenz mit einer Frequenz wiederholt wird, die größer als 100 Hz ist.

[0006] Für die praktische Realisierung eines solchen Scheinwerfers ist eine Projektionsoptik notwendig, welche eine innerhalb des Scheinwerfers durch die abtastende Beleuchtung einzelner Bereiche des Leuchtmittels erzeugte innere Lichtverteilung mit ausreichender Abbildungsqualität auf die Straße projiziert, so dass die Fahrbahn und ihre Umgebung möglichst hell beleuchtet wird. Um Blendungen zu vermeiden, werden solche Lichtverteilungen mit Hell-Dunkel-Grenzen erzeugt, die abgedunkelte Bereiche von hellen Bereichen der Lichtverteilungen abgrenzen. Die Abdunkelung erfolgt dabei mit dem Ziel, Blendungen anderer Verkehrsteilnehmer und/oder Eigenblendungen durch stark reflektierende Schilder zu vermeiden.

[0007] Bei Verwendung einzelner Linsen kommt es bekanntlich wegen der auch als Dispersion bekannten Abhängigkeit des Brechungsindex der Linse von der Wellenlänge des Lichtes zur chromatischen Aberration, also zu Farbfehlern, die sich als störende, an der Hell-Dunkel-Grenze entlang verlaufende Farbsäume zeigen.

[0008] Um auf der Straße Lichtverteilungen mit scharfen Hell-Dunkel-Grenzen zu erzeugen, benötigt man im Allgemeinen eine hochwertige, aus mehreren Linsen bestehende Abbildungsoptik, wobei die Linsen aus Material mit von Linse zu Linse verschiedener Brechzahl bestehen.

[0009] Die bekannten, solche Farbfehler mit mehreren Linsen korrigierenden Projektionsoptiken sind teuer.

[0010] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung in der Angabe eines Scheinwerfers der eingangs genannten Art, dessen Lichtverteilungen keine Farbsäume oder nur deutlich weniger stark ausgeprägte Farbsäume aufweisen.

[0011] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Von dem eingangs genannten Stand der Technik unterscheidet sich die vorliegende Erfindung dadurch, dass die Linse so angeordnet ist, dass ein zentraler Bereich ihrer Lichteintrittsfläche mit dem in dem ersten Raumwinkelbereich propagierenden Licht beleuchtet wird und eine den zentralen Bereich umgebende Randzone ihrer Lichteintrittsfläche mit Licht beleuchtet wird, das sich nur in dem zweiten Raumwinkelbereich, nicht aber in dem ersten Raumwinkelbereich ausbreitet, und wobei ein beleuchteter Teil der Lichteintrittsfläche größer als der zentrale Bereich (6a) ist, und wobei die Linse in dem zentralen Bereich so gestaltet ist, dass sie

von einem Punkt des Leuchtmittels ausgehendes und die Randzone der Lichteintrittsfläche beleuchtendes Fluoreszenzlicht in denselben Bildpunkt fokussiert wie Fluoreszenzlicht, das von demselben Punkt des Leuchtmittels ausgeht und das den zentralen Bereich der Lichteintrittsfläche beleuchtet. Durch diese Merkmale werden die folgenden Wirkungen erzielt:

Das in dem ersten Raumwinkelbereich propagierende Licht setzt sich aus einem Anteil von gestreutem Laserlicht und einem Fluoreszenzlichtanteil zusammen. Die in dem ersten Raumwinkelbereich verlaufenden Strahlen sind vergleichsweise nahe an der optischen Achse verlaufende Strahlen. Für diese Strahlen ist insbesondere die chromatische Aberration viel kleiner als eine chromatische Aberration von Strahlen, die durch den Randbereich der Lichteintrittsfläche hindurch laufen.

[0012] In dem ersten Raumwinkelbereich propagiert Streulicht und Fluoreszenzlicht. In dem Teil des zweiten Raumwinkelbereichs, der nicht zu dem ersten Raumwinkelbereich gehört, dominiert das Fluoreszenzlicht, da das Streulicht bevorzugt in den kleineren, ersten Raumwinkelbereich emittiert wird. Dadurch, dass die Linse so angeordnet ist, dass ein zentraler Bereich ihrer Lichteintrittsfläche mit dem in dem ersten Raumwinkelbereich propagierenden Licht beleuchtet wird und eine den zentralen Bereich umgebende Randzone ihrer Lichteintrittsfläche mit Licht beleuchtet wird, das sich nur in dem zweiten Raumwinkelbereich, nicht aber in dem ersten Raumwinkelbereich ausbreitet, wird der Bereich der Linse, in dem beim Stand der Technik der größte Anteil an den unerwünschten Farbsäumen entsteht, überwiegend mit Fluoreszenzlicht und nicht oder nur mit sehr wenig gestreutem Laserlicht beleuchtet. Dadurch kann die Geometrie der Linse dort mit dem Ziel einer optimierten Brechung des Fluoreszenzlichtes gestaltet werden. Eine optimierte Brechung zeichnet sich dadurch aus, dass nahe an der optischen Achse der Linse und weniger nahe an der optischen Achse der Linse verlaufende Strahlen, die von demselben Punkt des Leuchtmittels ausgehen, in denselben Punkt auf der optischen Achse gebrochen werden.

[0013] Das Merkmal, dass die Linse in dem zentralen Bereich so gestaltet ist, dass sie von einem Punkt des Leuchtmittels ausgehendes und die Randzone ihrer Lichteintrittsfläche beleuchtendes Fluoreszenzlicht in denselben Bildpunkt fokussiert wie Fluoreszenzlicht, das von demselben Punkt des Leuchtmittels ausgeht und das den zentralen Bereich der Lichteintrittsfläche, bedeutet damit, dass die Linse in ihrem Randbereich auf die Wellenlängen des Fluoreszenzlichtes optimiert ist.

[0014] Im Umkehrschluss folgt daraus, dass sie dort nicht auf die Wellenlängen des gestreuten Laserlichtes optimiert ist. Von einem Punkt des Leuchtmittels ausgehendes, gestreutes Laserlicht wird also durch die Randzone nicht in denselben Bildpunkt abgebildet wie von

dem Punkt des Leuchtmittels ausgehendes und durch den zentralen Bereich der Linse gebrochenes Licht. Dieses gestreute Laserlicht wird insbesondere nicht in den Punkt abgebildet, in den das von demselben Punkt des Leuchtmittels ausgehende Fluoreszenzlicht abgebildet wird. Dieser Effekt, der wieder zu Farbsäumen führen würde, wird durch die Beschränkung der Ausbreitung des gestreuten Laserlichtes auf einen zentralen Raumwinkel in Verbindung mit der Optimierung des Randes der Linse auf das Fluoreszenzlicht wirksam unterdrückt.

[0015] Durch die Erfindung kann selbst mit einer einzelnen, kostengünstigen Kunststofflinse eine relativ hohe Winkelauflösung erreicht werden.

[0016] Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Gesamtgröße der Lichteintrittsfläche der Linse das Vierfache bis das Sechzehnfache der Größe ihres zentralen Bereichs beträgt.

[0017] Bevorzugt ist auch, dass das Leuchtmittel Streuteilchen mit einem Durchmesser zwischen 0,5 Mikrometern und 10 Mikrometern enthält.

[0018] Ferner ist bevorzugt, dass das Leuchtmittel eine Dichte von Streuteilchen aufweist, bei der die Streuung des Laserlichtes noch überwiegend in Vorwärtsrichtung, das heißt, parallel zu der Richtung des einfallenden Laserlichtes erfolgt.

[0019] Bevorzugt ist auch, dass das Leuchtmittel eine erste Schicht zur Streuung des einfallenden Laserlichtes und eine zweite Schicht aufweist, in der sich der Leuchstoff befindet, der durch das einfallende Laserlicht zur Emission von Fluoreszenzlicht angeregt wird.

[0020] Ferner ist bevorzugt, dass die streuende Schicht aus großen Mikropartikeln mit Durchmessern von über 500 nm besteht.

[0021] Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die streuende Schicht im Strahlengang der einfallenden Laserstrahlung bevorzugt vor der zur Fluoreszenz eingerichteten Schicht liegt.

[0022] Eine weitere Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die streuende Schicht ein diffraktives Element, also zum Beispiel ein Beugungsgitter ist.

[0023] Bevorzugt ist auch, dass als Material der zweiten Schicht ein nicht oder ein nur wenig streuendes Material verwendet wird.

[0024] Weitere Vorteile ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

[0025] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei bezeichnen gleiche Bezugszeichen in verschiedenen Figuren jeweils gleiche oder zumindest ihrer Funktion nach vergleichbare Elemente. Es zeigen, jeweils in schematischer Form:

- Figur 1 eine Anordnung aus einem konventionellem Leuchtmittel und einer Projektionslinse;
- Figur 2 die Anordnung aus der Figur 1 mit einem anderen Leuchtmittel, wie es bevorzugt für die Erfindung verwendet wird;
- Figur 3 eine Projektionslinse zusammen mit von einem Punkt des Leuchtmittels ausgehenden Strahlen von Fluoreszenzlicht;
- Figur 4 die Linse aus der Figur 3 zusammen mit von demselben Punkt ausgehenden Strahlen von Streulicht;
- Figur 5 Strahlengänge, wie sie in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung auftreten;
- Figur 6 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laserscheinwerfers; und
- Figur 7 eine bevorzugte Ausgestaltung eines Leuchtmittels.

[0027] Im Einzelnen zeigt die Figur 1 eine Anordnung aus einem konventionellem Leuchtmittel 2' und einer Projektionslinse 6, wobei das Leuchtmittel mit kohärentem Laserlicht 1 beleuchtet wird und wobei das Leuchtmittel einen Teil des Laserlichts ohne Wellenlängenkonversion streut, wobei das resultierende Streulicht 4 die gleiche Wellenlänge wie das einfallende, kohärente Laserlicht besitzt, und wobei das Leuchtmittel einen anderen Teil des einfallenden Laserlichts absorbiert und in Fluoreszenzlicht 3 konvertiert, das eine größere Wellenlänge besitzt als das Laserlicht 1 und das gestreute Laserlicht 4.

[0028] Ein Leuchtmittel besteht im Allgemeinen aus einer Mischung von fluoreszierenden Stoffen, zum Beispiel einem Phosphor, streuenden Teilchen, zum Beispiel aus Titandioxid, und einem transparenten Bindemittel, bzw. Kleber. Typischerweise werden die Konzentrationsverhältnisse dieser Komponenten so gewählt, dass das vom Leuchtmittel ausgehende gestreute Laserlicht und das vom Leuchtmittel ausgehende Fluoreszenzlicht weißes Mischlicht ergeben.

[0029] Bei bekannten Leuchtmitteln 2' wird eine ähnliche Winkelverteilung des gestreuten Laserlichtes und des Fluoreszenzlichtes angestrebt. Siehe dazu zum Beispiel die DE 10 2012 206 970 A1. Eine solche Ähnlichkeit ist auch beim Gegenstand der Figur 1 insofern gegeben, als beide Lichtarten 3 und 4 jeweils fast die gesamte Lichteintrittsfläche der Projektionslinse 6 beleuchten.

[0030] Diese Eigenschaft, die gesamte Lichteintrittsfläche der Projektionslinse auszuleuchten, ist bei dem Fluoreszenzlichtbündel eigentlich immer gegeben, da das von dem Leuchtmittel 2 ausgehende Fluoreszenzlicht 3 in der Regel keine Vorzugsrichtung besitzt und fast isotrop, d.h. mit einer fast halbkugelförmigen Ab-

strahlcharakteristik von dem Leuchtmittel 2' abgestrahlt wird. Die Projektionslinse 6 schneidet gewissermaßen einen zweiten Raumwinkelbereich aus dieser Halbkugel hinaus. Dieser zweite Raumwinkel ergibt sich dann näherungsweise als Quotient der Lichteintrittsfläche der Linse im Zähler und eines Abstandsquadrates im Nenner, wobei der Abstand zwischen einem auf dem Leuchtmittel liegenden Ursprungspunkt der Halbkugel und der Lichteintrittsfläche der Projektionslinse liegt.

[0031] Das Streulicht 4 geht dagegen vom Leuchtmittel 2' in der Regel in einem Bündel aus, das um eine Hauptabstrahlrichtung zentriert ist, welche der Einstrahlrichtung des ungestreuten Laserlichtes 1 entspricht. Daher ergibt sich in der Regel bereits beim Stand der Technik ein Leuchtmittel 2', das die Eigenschaft besitzt, einfallendes Laserlicht 1 als Streulicht 4 bevorzugt in einen ersten Raumwinkelbereich zu streuen, der kleiner ist als ein zweiter Raumwinkelbereich, in den das Leuchtmittel Fluoreszenzlicht 3 abstrahlt, und in dem der erste Raumwinkelbereich vollständig enthalten ist.

[0032] Beim Stand der Technik wird in der Regel versucht, die Lichteintrittsfläche der Projektionslinse 6 nicht nur mit dem Fluoreszenzlicht 3, sondern auch mit dem gestreuten Laserlicht 4 möglichst komplett auszuleuchten. Dazu werden Leuchtmittel 2' verwendet, die durch ihre Zusammensetzung gezielt darauf abgestimmt sind, Laserlicht in einen breiten Raumwinkel zu streuen, der die Lichteintrittsfläche der Linse möglichst weitgehend abdeckt.

[0033] Bei der vorliegenden Erfindung wird ein anderer Ansatz verfolgt. Die Figur 2 zeigt die Anordnung aus der Figur 1 mit einem anderen Leuchtmittel 2, wie es bevorzugt für die Erfindung verwendet wird. Insofern zeigt die Figur 2 wesentliche Elemente einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung. Im Unterschied zum Stand der Technik wird bei dieser Ausgestaltung ein Leuchtmittel 2 verwendet, welches das Laserlicht 1 in einen Raumwinkelbereich streut, der so klein ist, dass gezielt nur ein zentraler Bereich 6a der Projektionslinse 6, beziehungsweise der Lichteintrittsfläche der Projektionslinse 6 mit dem Streulicht 4 ausgeleuchtet wird, während das Fluoreszenzlicht 3 bevorzugt die gesamte Lichteintrittsfläche der Projektionslinse 6 ausleuchtet.

[0034] Die Eigenschaft, Laserlicht nur in einen relativ kleinen Raumwinkel zu streuen, wird bevorzugt durch eine oder mehrere der folgenden Modifikationen des Leuchtmittels 2 verwirklicht. Ein bei der Erfindung verwendetes Leuchtmittel 2 besteht ebenfalls aus einer Mischung von fluoreszierenden Stoffen, zum Beispiel einem Phosphor, streuenden Teilchen, zum Beispiel aus Titandioxid, und einem transparenten Bindemittel, bzw. Kleber. Auch hier werden die Konzentrationsverhältnisse dieser Komponenten so gewählt, dass das vom Leuchtmittel ausgehende gestreute Laserlicht 4 und das vom Leuchtmittel 2 ausgehende Fluoreszenzlicht 3 weißes Mischlicht ergeben.

[0035] Die typischerweise 1 - 10 Mikrometer großen Phosphorteilchen streuen überwiegend in Vorwärtsrich-

tung. Ist die Dichte der Streuteilchen so hoch, dass überwiegend Vielfachstreuung auftritt, wird die Streuverteilung isotrop.

[0036] Es ist daher bevorzugt, dass das Leuchtmittel 2 eine Dichte der Streuteilchen aufweist, bei der die Streuung des Laserlichtes noch überwiegend in Vorwärtsrichtung, das heißt, parallel zu der Richtung des einfallenden Laserlichtes 1 erfolgt. Kleine Teilchen aus Titandioxid oder Siliziumdioxid mit typischen Durchmessern unterhalb von 500 nm streuen ebenfalls isotrop. Es ist daher ebenfalls bevorzugt, dass das Leuchtmittel 2, wenn es Streuteilchen aus Titandioxid und/oder Siliziumdioxid aufweist, diese nur in einer Konzentration aufweist, die hinreichend klein ist, so dass sich noch ein hinreichend kleiner Raumwinkel ergibt in dem sich die gestreute Laserstrahlung 4 ausbreitet.

[0037] Die Verringerung der Größe des von gestreutem Laserlicht 4 erfüllten Raumwinkels wird, ausgehend von üblicherweise bei Laserscheinwerfern verwendeten Leuchtmitteln 2', durch eine Verringerung der Konzentration an streuenden Teilchen und/oder durch den Einsatz von nicht streuendem Phosphor erreicht. Die räumliche Verteilung des Fluoreszenzlichtes 3 wird dagegen nur wenig durch Änderungen der genannten Parameter beeinflusst. Die Isotropie ist der Erzeugung des Fluoreszenzlichts 3 immanent.

[0038] Wie die Figur 2 zeigt, führt die Verkleinerung des Raumwinkels, in den das von dem Leuchtmittel 2 ausgehende Streulicht 4 gestreut wird, in Verbindung mit dem Beibehalten der übrigen Geometrie, insbesondere dem Abstand f der Lichteintrittsfläche der Projektionslinse von dem Leuchtmittel und der Größe der Lichteintrittsfläche der Projektionslinse quer zum einfallenden Lichte dazu, dass nur ein zentraler Bereich 6a der Lichteintrittsfläche mit Fluoreszenzlicht 3 und Streulicht 4 beleuchtet wird und dass eine Randzone 6b der Lichteintrittsfläche nur mit Fluoreszenzlicht 3 beleuchtet wird. Der Abstand f entspricht bevorzugt der Brennweite der Projektionslinse 6.

[0039] In den Figuren 1 und 2 ist nur Licht dargestellt, das von einem Punkt 2a des Leuchtmittels 2 ausgeht. Im realen Fall geht das Licht auch von andern Punkten, bevorzugt von der ganzen, der Linse zugewandten Oberfläche des Leuchtmittels 2 aus.

[0040] Die Projektionslinse 6 aus den Figuren 1 und 2 besitzt in Relation zu dem vergleichsweise kleinen Öffnungswinkel des Streulichtes 4 in der Figur 2 einen großen Öffnungswinkel auf ihrer dem Leuchtmittel zugewandten Lichteintrittsfläche. Dieser große Öffnungswinkel ist einerseits vorteilhaft, um möglichst viel Fluoreszenzlicht für die Erzeugung von weißem Mischlicht nutzen zu können.

[0041] Linsen mit großem Öffnungswinkel sind aber besonders anfällig für chromatische Aberrationen, weil das Licht am Rand solcher Linsen vergleichsweise stärker gebrochen wird als am Rand von Linsen mit kleinerem Öffnungswinkel.

[0042] Bei der Anordnung von Projektionslinse 6 und

einem Leuchtmittel 2, das die Streustrahlung 4 in einen vergleichsweise kleinen Raumwinkel bündelt, ergibt sich der Effekt, dass die äußere Randzone 6b der Linse 6 nur Fluoreszenzlicht 3 bricht, also Licht aus einem Spektralbereich, der das Streulicht nicht mitumfasst und deshalb vergleichsweise schmal ist. Entsprechend klein fällt auch der Dispersionseffekt aus, so dass Farbfehler deutlich weniger ausgeprägt sind als beim Gegenstand der Figur 1. Außerdem lässt sich dieser Randbereich 6b dann für den genannten schmalen Wellenlängenbereich optimieren, so dass unterschiedlich weit von der optischen Achse 7 entfernt verlaufende Strahlen, die von einem Punkt des Leuchtmittels ausgehen, in einen Punkt im Bildraum abgebildet werden.

[0043] Die Figur 3 zeigt eine Projektionslinse 6 zusammen mit von einem Punkt 2a des Leuchtmittels aus Figur 2 ausgehenden Strahlen von Fluoreszenzlicht. Die Linse 6 ist hier so beschaffen, dass sie für das Fluoreszenzlicht 3 optimiert gestaltet ist. Der Leuchtmittelpunkt 2a ist in einem objektseitigen Brennpunkt der Linse 6 für das Fluoreszenzlicht 3 angeordnet. Die Linse 6 sammelt das von dem objektseitigen Brennpunkt 2a ausgehende Fluoreszenzlicht 3 und fokussiert dieses Licht in ihren bildseitigen Brennpunkt 8 für dieses Licht. Dass diese Linse 6 für das Fluoreszenzlicht 3 optimiert ist, bedeutet insbesondere, dass von einem Objektpunkt 2a ausgehende und nahe der optischen Achse 7 verlaufende Strahlen 3.1 in den gleichen Bildpunkt 8 fokussiert werden wie von demselben Objektpunkt 2a ausgehende Randstrahlen 3.2. Dies wird bevorzugt durch eine an die Dispersion des Fluoreszenzlichtes angepasste Krümmung erreicht.

[0044] Die Figur 4 zeigt die Linse aus der Figur 3 zusammen mit von demselben Punkt 2a ausgehenden Strahlen von Streulicht 4. Das Streulicht 4 weist eine kürzere Wellenlänge auf als das Fluoreszenzlicht 3 und wird daher insbesondere in den weit von der optischen Achse 7 entfernt liegenden Randbereichen der Linse 6 stärker gebrochen als das Fluoreszenzlicht 3. Streulicht 4, das von demselben Punkt 2a ausgeht wie Fluoreszenzlicht 3, wird nicht in denselben Punkt 8 fokussiert wie das Fluoreszenzlicht 3. Da die Linse 6 für Fluoreszenzlicht 3 optimiert ist, kann sie zwangsläufig nicht gleichzeitig für das gestreute Laserlicht 4 optimiert sein. Das bedeutet, dass Randstrahlen 4.2 des gestreuten Laserlichtes 4 stärker gebrochen werden als zentraler verlaufende Strahlen 4.1 des gestreuten Laserlichtes 4.

[0045] Bei einer Überlagerung der Strahlengänge der Figuren 3 und 4 entsteht in der Bildpunktebene der Figur 3 ein weißer Mischlichtpunkt, der nach außen in einen ihn umgebenden Streulichtring übergeht. Dieser Farbfehler führt beim Stand der Technik zu den störenden Farbsäumen in der Lichtverteilung.

[0046] Die Figur 5 zeigt Strahlengänge, wie sie in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung auftreten. Im Einzelnen zeigt die Figur 5 einen Punkt 2a eines Leuchtmittels 2, das die Eigenschaft besitzt, einfallendes Laserlicht als Streulicht 4 bevorzugt in einen ersten Raumwinkelbereich 10 zu streuen, der kleiner ist als ein zweiter

Raumwinkelbereich 12, in den das Leuchtmittel 2 Fluoreszenzlicht 3 abstrahlt, und in dem der erste Raumwinkelbereich 10 vollständig enthalten ist.

[0047] Eine Projektionslinse 6 ist so angeordnet, dass ihre Lichteintrittsfläche den ersten Raumwinkelbereich 10 quer zur Ausbreitungsrichtung des Streulichtes 4 schneidet. Die Linse 6 ist insbesondere so angeordnet, dass ein zentraler Bereich 6a ihrer Lichteintrittsfläche mit dem in dem ersten Raumwinkelbereich 10 propagierenden Licht (Streulicht 4 und ein Teil des Fluoreszenzlichtes 3) beleuchtet wird und eine den zentralen Bereich 6a umgebende Randzone 6b ihrer Lichteintrittsfläche mit nur in dem zweiten Raumwinkelbereich 12, nicht aber mit dem sich im ersten Raumwinkelbereich 10 ausbreitenden Licht beleuchtet wird.

[0048] Die optische Achse der Projektionslinse 6 ist bevorzugt mit der Abstrahlrichtung des Lichtmoduls ausgerichtet. Der zentrale Bereich 10 ist ein quer zu der optischen Achse liegender, innerer Bereich der Lichteintrittsfläche der vom Raumwinkel 10 beleuchtet wird, beziehungsweise diesen Raumwinkel charakterisiert. Die größere Randzone, die den inneren Bereich umgibt und vom Raumwinkel 12 ausgeleuchtet wird, beziehungsweise diesen Raumwinkel charakterisiert, reicht vorzugsweise bis zum Rand der Linse.

[0049] Dabei beträgt die Gesamtgröße der Lichteintrittsfläche (zentraler Bereich plus Randzone) bevorzugt das Vierfache bis das Sechzehnfache der Größe ihres zentralen Bereichs. Die Linse 6 ist in dem zentralen Bereich 6a so gestaltet, dass sie von dem Punkt 2a des Leuchtmittels 2 ausgehendes Streulicht 4 in einen Bildpunkt 8 fokussiert, und die Linse ist in der Randzone 6b so gestaltet, dass sie von dem Punkt 2a des Leuchtmittels 6 ausgehendes Fluoreszenzlicht 3 in denselben Bildpunkt 8 fokussiert.

[0050] In Bezug auf die Strahlen, die näher an der optischen Achse 7 verlaufen als die Randstrahlen, spielt eine wellenlängenabhängige Gestaltung oder Optimierung der Gestaltung eine wesentlich kleinere Rolle, da die chromatische Aberration proportional zum radialen Abstand von der optischen Achse 7 ist und die achsnahen Strahlen verschiedener Wellenlängen ausreichend gut fokussiert werden können.

[0051] Die Figur 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laserscheinwerfers 14. Der Laserscheinwerfer 14 weist ein Gehäuse 16 auf, das eine Lichtaustrittsöffnung besitzt. Die Lichtaustrittsöffnung wird von einer transparenten Abdeckscheibe 18 abgedeckt. Im Inneren des Gehäuses befindet sich ein Lichtmodul, das unter anderem den Gegenstand der Figur 2 aufweist.

[0052] Das Lichtmodul weist eine Laserlichtquelle 20, ein Leuchtmittel 2 und eine Lichtumlenkeinrichtung 22 auf, die dazu eingerichtet ist, voneinander verschiedene Teilbereiche oder Punkte 2a, 2b, 2c, ... des Leuchtmittels 2 zeitlich getrennt voneinander mit Laserlicht 1 zu beleuchten, wobei die Lichtumlenkeinrichtung 22 wenigstens ein bewegliches erstes Lichtumlenkelement 22.1

aufweist, das dazu eingerichtet ist, auf sich einfallendes Laserlicht zu verschiedenen Zeitpunkten in verschiedene Raumrichtungen zu richten, und wobei die Lichtumlenkeinrichtung 22 dazu eingerichtet ist, in eine erste Raumrichtung gerichtetes Licht in einem ersten Strahlengang auf einen ersten Teilbereich 2a des Leuchtmittels zu lenken, und in eine zweite Raumrichtung gerichtetes Licht in einem zweiten Strahlengang auf einen zweiten Teilbereich 2b des Leuchtmittels zu lenken. Ein solches Lichtumlenkelement wird im Folgenden auch als Scanner bezeichnet. Mit einem solchen Scanner können zum Beispiel Scheinwerfer gebaut werden, die nahezu jede beliebige Lichtverteilung erzeugen können. Dies ermöglicht eine dynamische Anpassung einer vom Scheinwerfer erzeugten Lichtverteilung an veränderliche Verkehrsbedingungen.

[0053] Dazu nimmt zum Beispiel eine im Kraftfahrzeug installierte Kamera 24 die Verkehrssituation vor dem Fahrzeug auf. Ein Steuergerät 26 analysiert die Bilder und steuert das Lichtumlenkelement 22 und damit die Lichtverteilung so, dass die Fahrbahn immer optimal ausgeleuchtet ist und eine Blendung des Gegenverkehrs vermieden wird. Dabei wird ein fokussierter Laserstrahl der Laserlichtquelle mit Hilfe des Scanners über das Leuchtmittel bewegt, welches das blaue Licht des Lasers durch Mischung mit gelbem oder gelb-rotem Fluoreszenzlicht in weißes Mischlicht umwandelt. Das weiße Licht wird über eine Optik auf die Fahrbahn gerichtet. Durch Bewegen des Lichtflecks des fokussierten Laserstrahls auf dem Leuchtmittel und gleichzeitiges Modulieren der Laserleistung können beliebige Lichtverteilungen erzeugt werden.

[0054] Als Folge der Bewegung des Lichtumlenkelements 22 werden die Bereiche 2a, usw. des Leuchtmittels im Takt der Richtungsänderungen des Strahles sequentiell beleuchtet und damit mit Licht abgetastet und damit gescannt. Die Gesamtfläche, die sich als Vereinigung der sequentiell abtastend beleuchteten kleinen Bereiche ergibt, stellt sich für den menschlichen Sehsinn bei hinreichend schneller Abtastung und periodisch ausreichend schnell wiederholter Abtastsequenz als zusammenhängende, helle Fläche und damit als eine zusammenhängende Lichtverteilung dar. Eine hinreichend schnelle Abtastung ergibt sich zum Beispiel dann, wenn die Abtastsequenz mit einer Frequenz wiederholt wird, die größer als 100 Hz ist.

[0055] Die Erfindung funktioniert für Lichtverteilungen, die relativ schmal sind, besonders gut. Ein Beispiel einer schmalen Lichtverteilung ist eine sogenannte Spotlichtverteilung, die bis zu $\pm 10^\circ$ um eine zentrale Hauptabstrahlrichtung herum breit ist. Bei größerer seitlicher Streuung verlagert sich unter Umständen auch das vergleichsweise schmale Bündel des vom Leuchtmittel ausgehenden und von der Projektionslinse gebündelten Laserlichtes, das vorher im Leuchtmittel gestreut worden ist, in die für das Fluoreszenzlicht optimierte Randzone der Projektionslinse. In diesem Fall sieht eine weitere Ausgestaltung vor, dass man den die Leuchtmittelober-

fläche abtastenden Laserstrahl gesteuert so bewegt, dass das vom Leuchtmittel bevorzugt in die Vorwärtsrichtung ausgehende Lichtbündel immer zentral durch die Projektionslinse hindurch läuft.

[0056] Die Figur 7 zeigt eine bevorzugte Ausgestaltung eines Leuchtmittels 6, mit dem sich die gewünschten Verteilungen des gestreuten Laserlichtes (Streulicht 4) und des Fluoreszenzlichtes 3 erzielen lassen. Dieses Leuchtmittel weist eine erste 60 Schicht zur Streuung des einfallenden Laserlichtes und eine zweite Schicht 62 auf, in der sich der Leuchtstoff befindet, der durch das einfallende Laserlicht zur Emission von Fluoreszenzlicht angeregt wird. Die streuende Schicht 60 besteht bevorzugt aus großen Mikropartikeln 64 mit Durchmessern von über 500 nm. Diese Schicht liegt im Strahlengang der einfallenden Laserstrahlung 1 bevorzugt vor der zur Fluoreszenz eingerichteten Schicht 62 und beeinflusst überwiegend das in den ersten Raumwinkel gestreute Streulicht 4. Die Größe dieser Partikel ist bevorzugt so ausgewählt, dass die Streuung bevorzugt in der Vorwärtsrichtung stattfindet und somit optimal an eine Projektionslinse 6, beziehungsweise an deren zentralen Bereich 6a, angepasst werden kann.

[0057] Als Fluoreszenzmittel wird bevorzugt ein nicht oder ein nur wenig streuendes Material verwendet, wie es zum Beispiel aus der Veröffentlichung "Toward scatter-free Phosphors in white Phosphor-converted light-emitting diodes", Optics Express, Vol. 20, Issue 9, pp. 10218-10228 (2012), bekannt ist. Ein nur wenig streuendes Fluoreszenzmittel kann zum Beispiel durch Einbettung des Phosphors in ein Matrixmaterial erzeugt werden, welches den gleichen oder einen zumindest ähnlichen Brechungsindex wie die Phosphorpartikel besitzt. Es sei noch angemerkt, dass eine Realisierung dieser Erfindung auch bei einem nicht scannenden Laserscheinwerfer denkbar wäre.

Patentansprüche

1. Laserscheinwerfer (14) mit einer Laserlichtquelle (20), einem Leuchtmittel (2) und einer Lichtumlenkeinrichtung (22), die dazu eingerichtet ist, voneinander verschiedene Teilbereiche (2a, 2b,...) des Leuchtmittels zeitlich getrennt voneinander mit Laserlicht (1) zu beleuchten, wobei das Leuchtmittel die Eigenschaft besitzt, einfallendes Laserlicht als Streulicht (4) bevorzugt in einen ersten Raumwinkelbereich (10) zu streuen, der kleiner ist als ein zweiter Raumwinkelbereich (12), in den das Leuchtmittel Fluoreszenzlicht (3) abstrahlt, und in dem der erste Raumwinkelbereich (10) vollständig enthalten ist, und mit einer eine Lichteintrittsfläche aufweisenden Projektionslinse (6), die so angeordnet ist, dass die Lichteintrittsfläche den ersten Raumwinkelbereich (10) quer zur Ausbreitungsrichtung des gestreuten Laserlichts (4) schneidet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Linse (6) so angeordnet ist,

dass ein zentraler Bereich (6a) ihrer Lichteintrittsfläche mit dem in dem ersten Raumwinkelbereich (10) propagierenden Licht beleuchtet wird und eine den zentralen Bereich (6a) umgebende Randzone (6b) ihrer Lichteintrittsfläche mit Licht beleuchtet wird, das sich nur in dem zweiten Raumwinkelbereich (12), nicht aber in dem ersten Raumwinkelbereich (10) ausbreitet, und wobei ein beleuchteter Teil der Lichteintrittsfläche größer als der zentrale Bereich (6a) ist, und wobei die Linse (6) in dem zentralen Bereich (6a) so gestaltet ist, dass sie von einem Punkt (2a) des Leuchtmittels (2) ausgehendes und die Randzone (6b) der Lichteintrittsfläche beleuchtendes Fluoreszenzlicht (3.2) in denselben Bildpunkt (8) fokussiert wie Fluoreszenzlicht (3.1), das von demselben Punkt (2a) des Leuchtmittels ausgeht und das den zentralen Bereich (6a) der Lichteintrittsfläche beleuchtet.

2. Laserscheinwerfer (14) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Gesamtgröße der Lichteintrittsfläche der Linse (6) das Vierfache bis das Sechzehnfache der Größe ihres zentralen Bereichs (6a) beträgt.

3. Laserscheinwerfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leuchtmittel (2) Streuteilchen mit einem Durchmesser zwischen 0,5 Mikrometern und 10 Mikrometern enthält.

4. Laserscheinwerfer nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leuchtmittel Streuteilchen in einer Dichte aufweist, bei der die Streuung des Laserlichtes noch überwiegend in Vorwärtsrichtung, das heißt, parallel zu der Richtung des einfallenden Laserlichtes (1) erfolgt.

5. Laserscheinwerfer (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leuchtmittel (2) eine erste Schicht (60) zur Streuung des einfallenden Laserlichtes und eine zweite Schicht (62) aufweist, in der sich der Leuchtstoff befindet, der durch das einfallende Laserlicht zur Emission von Fluoreszenzlicht angeregt wird.

6. Laserscheinwerfer (14) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die streuende Schicht (60) aus großen Mikropartikeln 64 mit Durchmessern von über 500 nm besteht.

7. Laserscheinwerfer (14) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die streuende Schicht (60) im Strahlengang der einfallenden Laserstrahlung (1) bevorzugt vor der zur Fluoreszenz eingerichteten Schicht (62) liegt.

8. Laserscheinwerfer nach Anspruch 6 oder 7, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die streuende Schicht ein diffraktives Element ist.

9. Laserscheinwerfer (14) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Material der zweiten Schicht ein nicht oder ein nur wenig streuendes Material verwendet wird

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

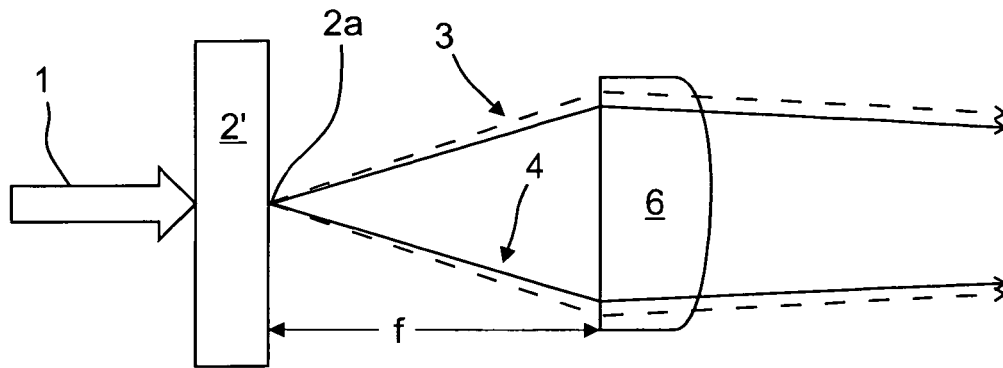


Fig. 1

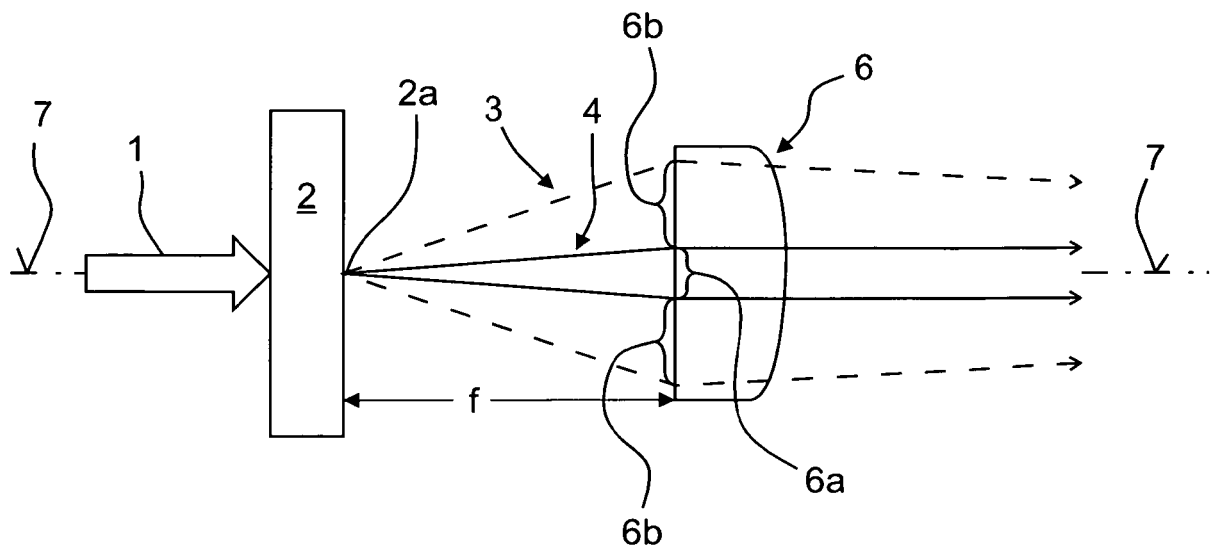
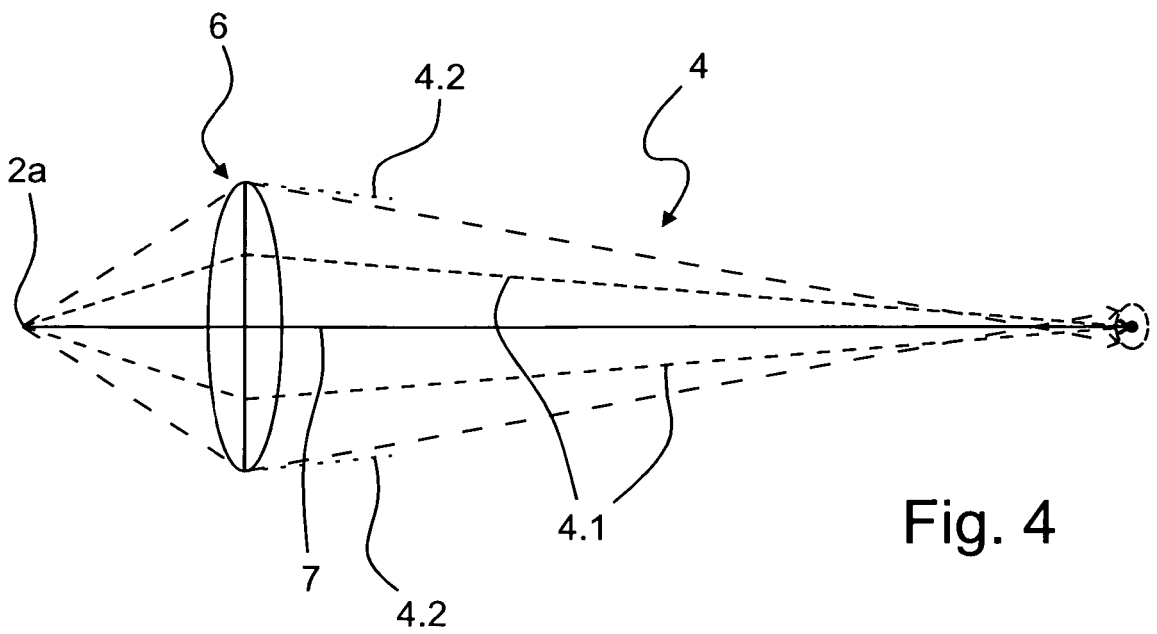
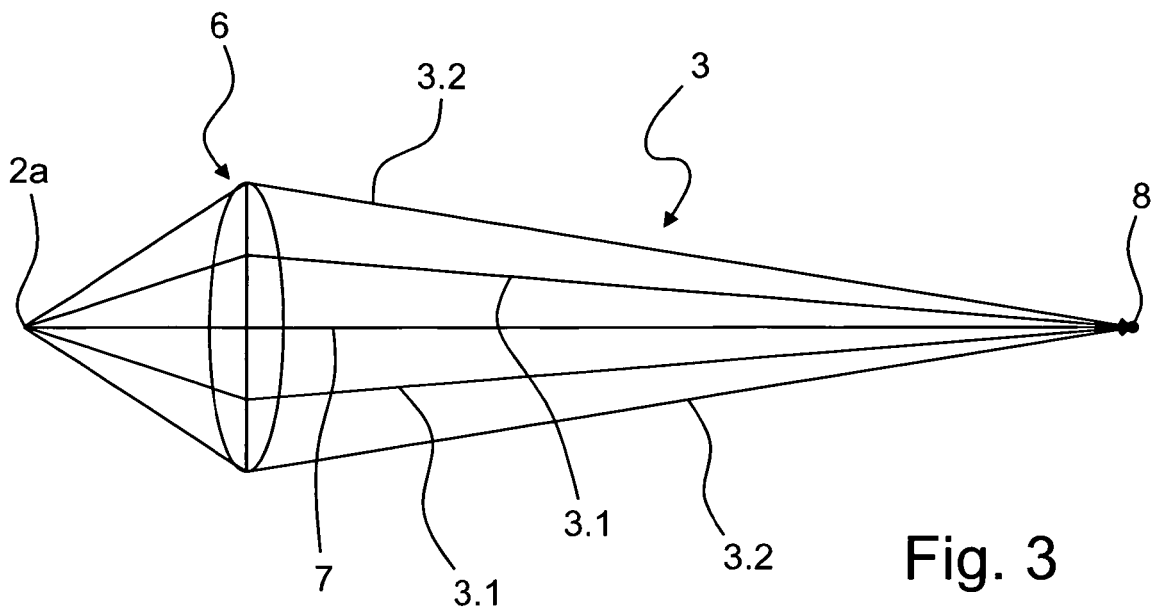


Fig. 2



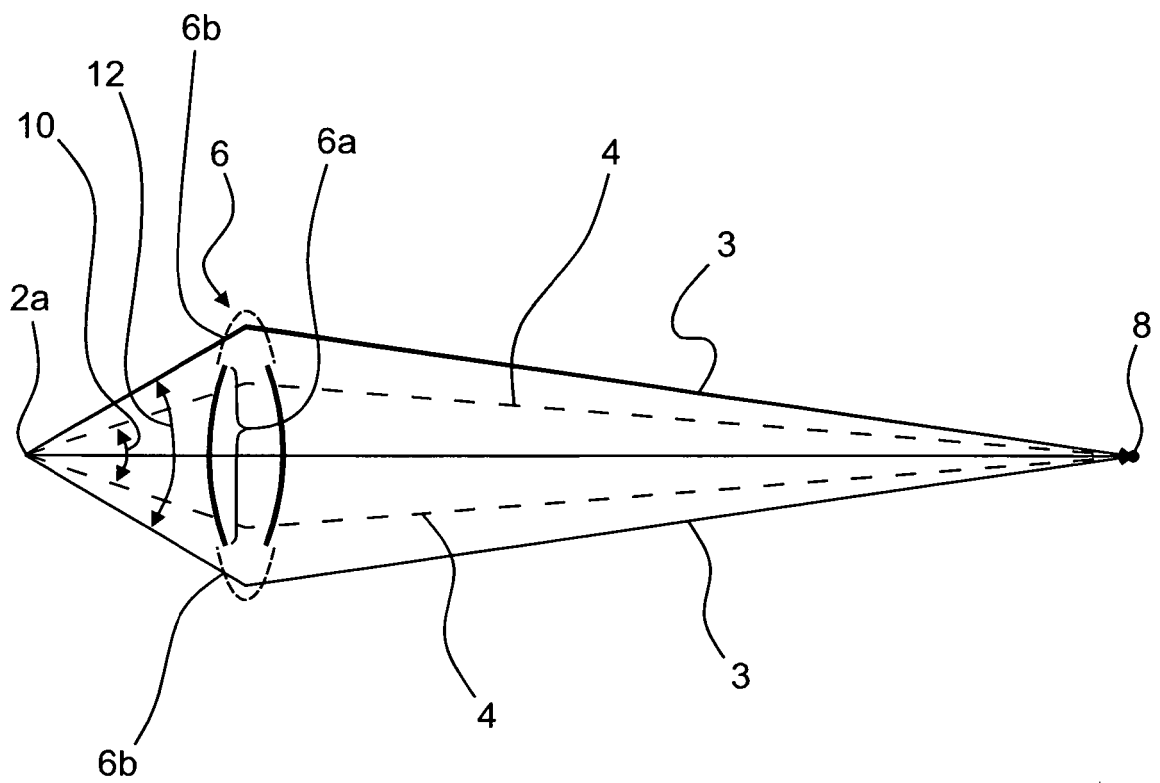


Fig. 5

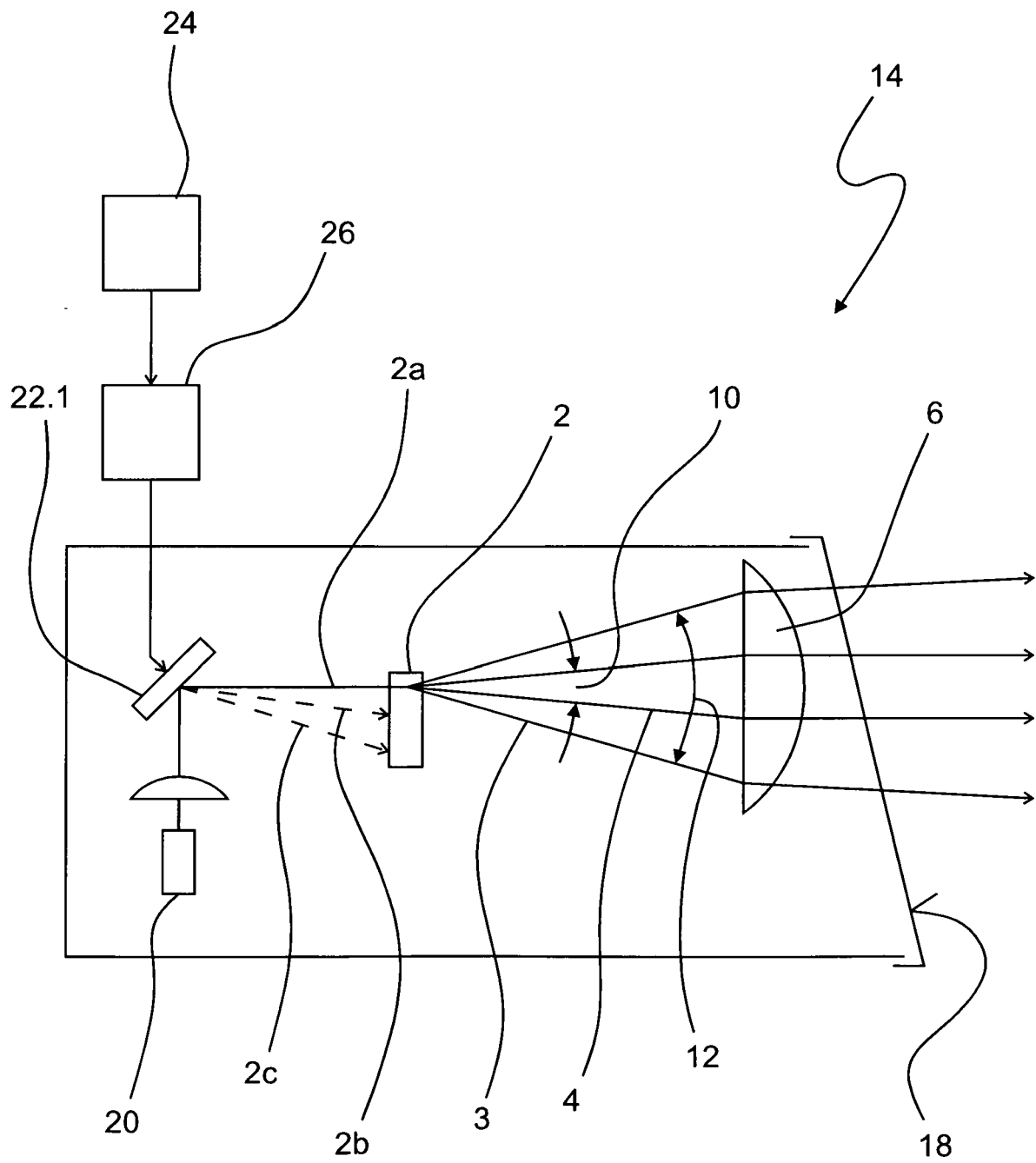


Fig. 6

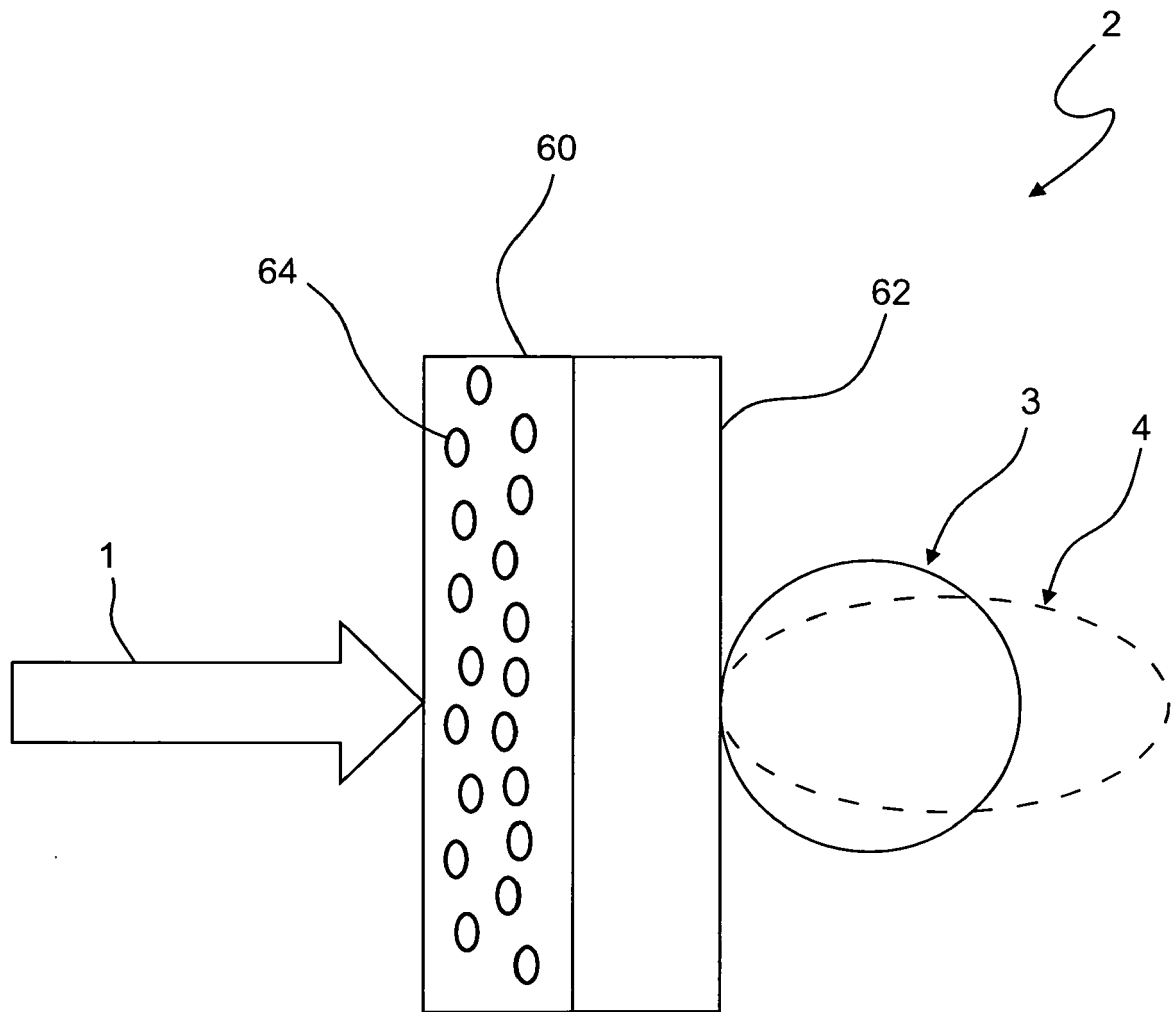


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 18 4136

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)
X	WO 2015/111649 A1 (STANLEY ELECTRIC CO LTD [JP]) 30. Juli 2015 (2015-07-30)	1-4	INV. F21S8/12
Y	* das ganze Dokument *	5-9	
Y	WO 2009/112961 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; ASHDOWN IAN [CA]) 17. September 2009 (2009-09-17) * Absatz [0070]; Abbildung 8 *	5-9	
Y	DE 10 2013 215976 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 19. Februar 2015 (2015-02-19) * Absätze [0037] - [0039]; Abbildungen 1, 2 *	1-9	
Y	JP 2014 026836 A (SHARP KK) 6. Februar 2014 (2014-02-06) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 2 523 022 A1 (AUTOMOTIVE LIGHTING REUTLINGEN [DE]) 14. November 2012 (2012-11-14) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 2 461 090 A2 (STANLEY ELECTRIC CO LTD [JP]) 6. Juni 2012 (2012-06-06) * das ganze Dokument *	1-9	
A	EP 1 980 787 A1 (KOITO MFG CO LTD [JP]) 15. Oktober 2008 (2008-10-15) * das ganze Dokument *	1-9	
A	DE 10 2013 021688 A1 (AUDI AG [DE]) 25. Juni 2015 (2015-06-25) * das ganze Dokument *	1-9	
A	JP 2014 235992 A (SHARP KK) 15. Dezember 2014 (2014-12-15) * das ganze Dokument *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F21S
1	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
	München	5. Januar 2017	Sarantopoulos, A
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 03.82 (P04C03)

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

EP 16 18 4136

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.

05-01-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015111649 A1	30-07-2015	JP 2015138735 A WO 2015111649 A1	30-07-2015 30-07-2015
WO 2009112961 A1	17-09-2009	KEINE	
DE 102013215976 A1	19-02-2015	DE 102013215976 A1 KR 20150020317 A	19-02-2015 25-02-2015
JP 2014026836 A	06-02-2014	KEINE	
EP 2523022 A1	14-11-2012	CN 102777844 A DE 102011075510 A1 EP 2523022 A1	14-11-2012 15-11-2012 14-11-2012
EP 2461090 A2	06-06-2012	EP 2461090 A2 US 2012163009 A1	06-06-2012 28-06-2012
EP 1980787 A1	15-10-2008	CN 101285561 A EP 1980787 A1 JP 4782064 B2 JP 2008262755 A KR 20080092274 A US 2008253141 A1	15-10-2008 15-10-2008 28-09-2011 30-10-2008 15-10-2008 16-10-2008
DE 102013021688 A1	25-06-2015	KEINE	
JP 2014235992 A	15-12-2014	KEINE	

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

- DE 102007055480 B3 [0004]
- EP 0291475 A2 [0005]
- DE 102012206970 A1 [0029]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Toward scatter-free Phosphors in white Phosphor-converted light-emitting diodes. *Optics Express*, 2012, vol. 20 (9), 10218-10228 [0057]