

(19)



(11)

EP 3 203 140 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.03.2024 Patentblatt 2024/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F21S 41/25^(2018.01) F21S 41/265^(2018.01)
F21S 41/153^(2018.01)

(21) Anmeldenummer: **17154052.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F21S 41/265; F21S 41/143; F21S 41/153;
F21S 41/176; F21S 41/25; F21W 2103/60

(22) Anmeldetag: **31.01.2017**

(54) **BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG FÜR EIN FAHRZEUG UND ZUGEHÖRIGES BETRIEBSVERFAHREN**

LIGHTING DEVICE FOR A VEHICLE AND ASSOCIATED OPERATING METHOD

DISPOSITIF D'ÉCLAIRAGE POUR UN VÉHICULE ET PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT CORRESPONDANT

(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

(74) Vertreter: **Hofstetter, Schurack & Partner**
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei
PartG mbB
Balanstrasse 57
81541 München (DE)

(30) Priorität: **02.02.2016 DE 102016001103**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 983 253 WO-A1-00/11498
WO-A1-2012/162713 DE-A1-102008 023 551
DE-A1-102012 008 833 US-A1- 2014 092 619
US-A1- 2015 377 442

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.08.2017 Patentblatt 2017/32

(73) Patentinhaber: **Audi AG**
85045 Ingolstadt (DE)

- **Anonymous: "Keystone effect - Wikipedia, the free encyclopedia", , 5. Dezember 2013 (2013-12-05), XP055308854, Gefunden im Internet:
 URL:https://web.archive.org/web/20131205053432/http://en.wikipedia.org/wiki/Keystone_effect [gefunden am 2016-10-10]**

- (72) Erfinder:
- **Vargas Rivero, Jose Roberto**
86161 Augsburg (DE)
 - **Gut, Carsten**
88662 Überlingen (DE)
 - **Reim, Johannes**
85072 Eichstätt (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 203 140 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und 2 und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Beleuchtungseinrichtung für ein Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7 und 8.

[0002] Mittels eines anamorphotischen Elements kann allgemein eine auf dieses auftreffende Lichtverteilung verzerrt, beispielsweise gestreckt oder gestaucht werden. Nach der Interaktion mit dem anamorphotischen Element ergibt sich also ein verzerrtes Abbild der einfallenden Lichtverteilung. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist der Begriff "Licht" dabei nicht notwendig auf den vom Menschen wahrnehmbaren Spektralbereich beschränkt, sondern kann sich auch auf andere und/oder zusätzliche Frequenzen elektromagnetischer Strahlung beziehen.

[0003] Die US 2014 / 0 092 619 A1 beschreibt eine Nebelleuchte mit einer LED und einer refraktiven/TIR-Linse, deren zentraler Bereich rein refraktiv ist, während in einem peripheren Bereich eine interne Totalreflexion (TIR) vorgesehen ist. Von der Linse ausgehendes, konvergierendes Licht durchtritt ein Lichtleitblech und anschließend eine anamorphotische Linse. Letztere formt einen emergenten Lichtstrahl, der in einer lateralen Richtung eine breitere Divergenz aufweist als in einer vertikalen Richtung. Die anamorphotische Linse kann dazu eine flache Seite und eine geriffelte Seite haben, wobei die entsprechende Riffelung ein sich wiederholendes Muster haben kann.

[0004] Aus der DE 10 2012 008 833 A1 ist eine Beleuchtungsanordnung für einen Scheinwerfer mit mehreren optischen Abbildungselementen bekannt, bei der eine Anzahl von Leuchtdioden gruppenweise zu Leuchtdiodenfeldern zusammengefasst sind. Mittels der Abbildungselemente kann jeweils eine Höhe oder Breite eines mittels eines Leuchtdiodenfeldes erzeugten Lichtbündels gestreckt oder gestaucht werden. Die Leuchtdiodenfelder können versetzt zu einer optischen Achse eines jeweils zugeordneten Abbildungselements angeordnet sein. Aufgrund der Anordnung liegt dabei eine Grenze eines Lichtbündels eines Leuchtdiodenfeldes unmittelbar an einer Grenze eines Lichtbündels eines unmittelbar benachbart angeordneten Leuchtdiodenfeldes. Es wird eine unverzerrte Abbildung in einem mittleren Bereich einer Lichtverteilung ermöglicht, wobei sich eine Vergrößerung der Lichtverteilung durch eine Verzerrung der äußeren Lichtbündel ergibt.

[0005] Die US 2015 / 0 377 442 A1 offenbart einen Fahrzeugscheinwerfer mit einem DMD, einer Lichtquelle und jeweils einer Beleuchtungs- und Projektionsoptik. Wenigstens eines dieser Elemente formt dabei einen Lichtstrahl so, dass von dem DMD reflektiertes, pixeliertes Licht ein nicht-gleichförmiges Strahlprofil aufweist, welches dazu geeignet ist, einen Anteil eines Gesamtlichtstrahls des Scheinwerfers zu projizieren. Der Gesamtlichtstrahl weist dabei als Anteile einen Abblend-

lichtteil, einen Fernlichtteil und einen mittleren Teil auf. Es ist dabei vorgesehen, dass die nicht-gleichförmige Verteilung von weißem Licht auf dem DMD zentral eine höhere Intensität aufweist, welche ausgehend von dem Zentrum abnimmt. Die Projektionsoptik kann eine anamorphotische Linse umfassen, um das DMD-Licht durch Streckung an ein Sichtfeld (FOV) anzupassen.

[0006] Aus der EP 1 983 253 A2 ist ein Scheinwerfer für Fahrzeuge bekannt mit einer vor einer Lichtquelleneinheit angeordneten Optikeinheit zur Erzeugung einer vorgegebenen Lichtverteilung. Die Optikeinheit weist dabei auf einer der Lichtquelleneinheit abgewandten Seite eine bauchige Lichtauskoppelfläche auf, die zumindest in einem horizontalen Mittelschnitt kegelschnittförmig mit einer konischen Konstante in einem Bereich zwischen -1 und 0 verläuft. Die Lichtauskoppelfläche kann anamorphotisch ausgestaltet sein und mehrere unterschiedliche Krümmungslinienbereiche aufweisen, die ineinander übergehen.

[0007] Aus der EP 2 752 615 A1 ist eine Kraftfahrzeug-scheinwerfervorrichtung bekannt, bei der eine aus einer Mehrzahl von lichtemittierenden Elementen zusammengesetzte Lichtquelle und eine Projektionslinse in einem Abstand zueinander angeordnet sind, welcher geringer ist als die Brennweite der Projektionslinse. Damit kann eine gleichmäßigere Ausleuchtung erreicht werden, indem die Auswirkungen der Abstände der einzelnen lichtemittierenden Elemente auf das Lichtbild minimiert werden. Optional können dabei auf einer von der Lichtquelle abgewandten Seite der Projektionslinse zusätzlich eine konvexe und eine konkave Linse vorgesehen sein, welche zusammen ein anamorphotisches Linsensystem bilden können, sodass eine entsprechende Formung der Lichtverteilung ermöglicht wird.

[0008] Die US 2014/0092619 A1 offenbart eine Nebelleuchte für ein Fahrzeug, bei der von einer LED ausgestrahltes Licht durch eine spezielle Linse gelenkt wird, welche in einem zentralen Abschnitt übliche lichtbrechende Eigenschaften aufweist und in außenliegenden Bereichen eine Totalreflexion an inneren Oberflächen ermöglicht. Im weiteren Strahlengang ist eine anamorphotische Linse vorgesehen, mittels welcher die Winkelausdehnung des Lichtstrahls in einer vertikalen Richtung reduziert und in einer horizontalen Richtung erhöht werden soll. Eine Oberfläche der anamorphotischen Linse kann dabei ein sich gleichmäßig wiederholendes Muster wie etwa eine vertikale Rillenstruktur aufweisen.

[0009] Die US 2008/0285293 A1 beschreibt einen Fahrzeugaußenspiegel, in dessen Gehäuse eine Lichtquelle und eine im Strahlengang der Lichtquelle angeordnete Linse untergebracht sind. Bei der Linse kann es sich um eine Zylinderlinse oder eine anamorphotische Linse handeln, mittels welcher auf einer Bodenfläche neben dem Fahrzeug eine längliche Lichtverteilung erzeugt werden soll, welche sich im Wesentlichen in Fahrzeuginnenrichtung erstreckt. Insbesondere ist die Linse dabei drehbar mit einem Mechanismus zum Einklappen des Außenspiegels gekoppelt, sodass die längliche

Form der beleuchteten Fläche unabhängig von der Stellung des Außenspiegels realisierbar ist.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Beleuchtungseinrichtung für ein Fahrzeug und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Beleuchtungseinrichtung bereitzustellen, mittels welcher mit möglichst geringem Aufwand eine Lichtverteilung individuell gestaltet werden kann.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und 2 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 7 und 8 gelöst. Vorteilhaftige Ausgestaltungen der Erfindung mit zweckmäßigen Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0012] Um eine Beleuchtungseinrichtung für ein Fahrzeug bereitzustellen, mittels welcher mit möglichst geringem Aufwand eine Lichtverteilung individuell gestaltet werden kann, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Lichtverteilung in zumindest einer Richtung durch das anamorphotische Element nichtlinear verzerrbar ist, also verzerrt wird. Mit anderen Worten werden also nicht alle Teilbereiche der Lichtverteilung in der zumindest einen Richtung gleichmäßig verzerrt, sondern es werden in dieser Richtung aufeinanderfolgend angeordnete Teilbereiche der Lichtverteilung unterschiedlich stark verzerrt. Der Grad beziehungsweise das Ausmaß der Verzerrung steigen also von einem ersten Teilbereich der verzerrten Lichtverteilung zu einem zweiten von diesem ersten Teilbereich ausgehend in der genannten zumindest einen Richtung gelegenen zweiten Teilbereich an, wobei dieser Anstieg entlang einer sich in der zumindest einen Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen einem nichtlinearen Zusammenhang beziehungsweise Verlauf folgt. Eine solche nichtlineare Verzerrung der von der Pixel-Lichtquelle auf das anamorphotische Element eingestrahlenen Lichtverteilung ermöglicht es, auf besonders vorteilhafte Art und Weise die Lichtverteilung - insbesondere in Form von Mustern oder Bildern - so auf eine Oberfläche in einer Umgebung des Fahrzeugs zu projizieren, dass eine besonders gute Erkennbarkeit insbesondere für Beobachter in der Umgebung des Fahrzeugs und/oder eine gleichmäßigere Ausleuchtung der beleuchteten Oberfläche erzielbar ist.

[0013] Eine solche Beleuchtungseinrichtung ist vorliegend insbesondere als oder in Verbindung mit einem Frontscheinwerfer des Fahrzeugs vorgesehen, es ist jedoch auch ein Einsatz an nahezu beliebiger anderer Stelle des Fahrzeugs denkbar, etwa als Rückscheinwerfer beziehungsweise Rücklicht oder an den Seiten des Fahrzeugs. In jedem Fall wird die an einem Fahrzeug montierte Beleuchtungseinrichtung sich in bestimmungsgemäßem Betrieb oberhalb eines von dem Fahrzeug befahrenen Untergrundes befinden, welcher der Einfachheit halber im Folgenden unabhängig von seiner konkreten Beschaffenheit als Fahrbahn bezeichnet wird. Dadurch ergibt es sich zwangsläufig, dass bei konstanter gleichmäßiger Pixel-Größe der Pixel-Lichtquelle bezie-

hungsweise der von der Pixel-Lichtquelle ausgestrahlten unverzerrten Lichtverteilung ohne eine speziell angepasste Verzerrung, das heißt hier ohne das anamorphotische Element, bei einer Beleuchtung der Fahrbahn in der Umgebung des Fahrzeugs durch die Beleuchtungseinrichtung die Größe der jeweils einem Pixel zugeordneten Bereiche der beleuchteten Fläche auf der Fahrbahn mit zunehmendem Abstand von dem Fahrzeug ansteigt. In diesem Fall würde also die Flächenhelligkeit sowie die Pixeldichte und damit die Auflösung eines von der Beleuchtungseinrichtung auf die Fahrbahn gestrahlten Musters oder Bildes in unvorteilhafter Weise variieren. Dieser Effekt der Pixelvergrößerung beziehungsweise der Abnahme der Pixeldichte steigt in dabei mit zunehmender Entfernung vom Fahrzeug nichtlinear an.

[0014] Dieser unerwünschte, negative Effekt wird durch das im Strahlengang der Beleuchtungseinrichtung vorgesehene anamorphotische Element ausgeglichen, indem die von der Pixel-Lichtquelle abgestrahlte unverzerrte Lichtverteilung durch das anamorphotische Element nichtlinear verzerrt wird. Das anamorphotische Element ist dabei so gestaltet, dass solche Pixel beziehungsweise Teilbereiche der Lichtverteilung, welche zu einer Beleuchtung von weiter von dem Fahrzeug entfernt liegenden Teile der Fahrbahn beitragen, stärker verzerrt werden also solche Pixel beziehungsweise Teilbereiche der Lichtverteilung, welche zur Beleuchtung von näher an dem Fahrzeug liegenden Bereichen der Fahrbahn beitragen. Damit kann die Pixeldichte auf der beleuchteten Oberfläche durch ein einziges anamorphotisches Element gerade in den Bereichen gezielt erhöht werden, in denen sich aufgrund der gegebenen Geometrie der größte positive Effekt erzielen lässt. Dies stellt eine deutlich weniger aufwändige und damit einfachere Möglichkeit gegenüber beispielsweise der Alternative dar, die Pixeldichte der Pixel-Lichtquelle zu erhöhen.

[0015] Prinzipiell kann das anamorphotische Element dabei auf verschiedene Weisen realisiert sein, bevorzugt als transmissives Element - wie etwa als Linse - oder beispielsweise aber auch als reflektives Element - etwa als Spiegelement.

[0016] In einer Ausführungsform der Erfindung ist das anamorphotische Element als Freiformlinse ausgestaltet. Eine solche Freiformlinse kann dabei eine ebene, der Pixel-Lichtquelle zugewandte Seite und eine dieser gegenüberliegenden, asphärische Seite aufweisen. Letztere kann auch sehr komplexe, nicht rotationssymmetrische Formen aufweisen, wodurch eine besonders genaue Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen wie etwa die genaue Einbaulage beziehungsweise -position und die gewünschte Größe und Gestalt des beziehungsweise ausleuchtbaren Bereiches ermöglicht wird. Prinzipiell kann eine solche Freiformlinse jedoch auch auf beiden gegenüberliegenden beziehungsweise auf allen Seiten eine beliebige zweckmäßige Formgebung aufweisen.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform ist das anamorphotische Element als Gradientenlinse ausgebildet. Eine

solche Gradientenlinse kann unabhängig von ihrer Form durch inhärente Materialeigenschaften kontinuierlich oder bereichsweise variierende optische Eigenschaften, insbesondere Brechungseigenschaften, aufweisen und lässt sich beispielsweise durch eine gezielte Dotierung des Linsenmaterials realisieren. Eine Gradientenlinse kann beispielsweise zylinderförmig gestaltet sein, wodurch gegebenenfalls eine Montage beziehungsweise Integration in die Beleuchtungseinrichtung vereinfacht und/oder die Bauraumausnutzung verbessert werden kann. Prinzipiell sind jedoch auch nahezu beliebige andere Formen für eine Gradientenlinse denkbar. Ebenso denkbar ist eine Realisierung durch einen mehrschichtigen Aufbau der Gradientenlinse beispielsweise aus verschiedenen Kunststoffen.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das anamorphotische Element als Anordnung einer Mehrzahl von Linsen beziehungsweise Einzellinsen, welche sich durch zumindest eine optische Eigenschaft, insbesondere eine Brechungseigenschaft, unterscheiden, ausgebildet. Eine solche Anordnung kann als Linsenarray bezeichnet werden. Dabei können die einzelnen Linsen jeweils regelmäßig beispielsweise als Halbzylinder geformt sein, wodurch sich gegebenenfalls eine kostengünstigere Herstellung erzielen lässt. Untereinander können sich die einzelnen Linsen dann beispielsweise durch ihre Größe, ihre Gestalt, das verwendete Material oder sonstige Eigenschaften unterscheiden, sofern sich insgesamt der gewünschte Effekt ergibt.

[0019] Bei der Erfindung ist es vorgesehen, dass innerhalb einer sich in eine Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in eben diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung durch das anamorphotische Element verzerrt sind, wozu eine Krümmung des anamorphotischen Elements in dieser Richtung asymmetrisch abnimmt. Die verzerrte Lichtverteilung ist dabei diejenige Lichtverteilung, die unmittelbar nach der Interaktion mit dem anamorphotischen Element vorliegt.

[0020] Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass beispielsweise jeweils ein Teilbereich der Lichtverteilung einem Pixel der Pixel-Lichtquelle zugeordnet ist beziehungsweise entspricht, alle Pixel der Pixel-Lichtquelle in zumindest einer Richtung die gleiche Größe beziehungsweise Ausdehnung aufweisen und diese von der Pixel-Lichtquelle ausgestrahlte, aus gleich großen Pixeln zusammengesetzte Lichtverteilung durch das anamorphotische Element derart verzerrt wird, dass die Ausdehnung der durch jeweils einen Pixel beleuchteten Bereiche der Fahrbahn unabhängig von der Entfernung von der Beleuchtungseinrichtung beziehungsweise von dem Fahrzeug in Beleuchtungsrichtung - das heißt beispielsweise bei einem Einsatz der Beleuchtungseinrichtung als Frontscheinwerfer, also in Fahrzeuginnenrichtung - gerade konstant ist.

[0021] Ein quadratischer Verlauf der Verzerrung ist dabei besonders vorteilhaft, da die Ausdehnung in Beleuchtungsrichtung der jeweils einem Pixel zugeordneten beleuchteten Bereiche auf der Fahrbahn mit zunehmender Entfernung von dem Fahrzeug quadratisch ansteigt. Somit kann durch ein anamorphotisches Element, welches eine quadratische Verzerrung bewirkt, der durch den Winkel zwischen den von der Beleuchtungseinrichtung ausgehenden Lichtstrahlen und der Fahrbahn beziehungsweise der beleuchteten Oberfläche - das heißt also durch die Projektion der Lichtverteilung auf die Fahrbahn - hervorgerufene Effekt der Pixelvergrößerung gerade ausgeglichen werden, indem unter einem flacheren Winkel und damit in größerer Entfernung von dem Fahrzeug auf die Fahrzeug treffende Teilbereiche der Lichtverteilung entsprechend dem Quadrat der Entfernung stärker gestaucht werden.

[0022] Die Größe der jeweils einem Pixel entsprechenden Teilbereich der verzerrten Lichtverteilung unmittelbar nach Interaktion mit dem anamorphotischen Element oder auch an anderen Stellen des Strahlverlaufs ist also nicht notwendigerweise einheitlich und erst die auf der Fahrbahn als Abbild dargestellten Teilbereiche beziehungsweise Pixel weisen wieder eine einheitliche Größe auf.

[0023] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Pixel-Lichtquelle einen Flächenlichtmodulator, insbesondere ein Digital Micromirror Device (DMD). Ein solches DMD weist eine Vielzahl von Mikrosiegeln auf, welche zwischen wenigstens zwei Positionen verkippbar sind, sodass durch eine gezielte Ansteuerung beliebige aus Pixeln zusammengesetzte Lichtverteilungen, Muster oder Bilder erzeugbar sind. Die Mikrospiegel können dazu entsprechend verkippbar werden, sodass das auf sie treffende Licht zu einem Absorber gelenkt wird und nicht in die Umgebung der Beleuchtungseinrichtung beziehungsweise des Fahrzeugs gelangt.

[0024] Dabei ist es vorgesehen, dass das DMD direkt oder indirekt von einer aktiven Lichtquelle beleuchtet wird und seinerseits als passive Pixel-Lichtquelle dient, die das anamorphotische Element beleuchtet. Mit anderen Worten ist das DMD also im von der primären, aktiven Lichtquelle ausgehenden Strahlengang zwischen dieser aktiven Lichtquelle und dem anamorphotischen Element angeordnet.

[0025] Durch die Verwendung eines DMD kann besonders vorteilhaft eine beliebige, hochaufgelöste Lichtverteilung erzeugt werden, wobei durch die hohe Schaltfrequenz der Mikrospiegelaktuatoren auch problemlos flüssige Animationen beziehungsweise bewegte Bilder oder Muster erzeugbar beziehungsweise darstellbar sind. Es können auch gezielt beliebige Bereiche ausgeblendet beziehungsweise abgedunkelt werden, sodass beispielsweise vorausfahrende oder entgegenkommende Fahrzeuge oder andere Verkehrsteilnehmer nicht angestrahlt und somit nicht geblendet werden.

[0026] In einer anderen Ausbildung der Beleuchtungseinrichtung ist die Pixel-Lichtquelle aus einer Mehrzahl

von aktiven Lichtquellen zusammengesetzt. Es kann also beispielsweise eine Matrix aus einzelnen Lasern oder LEDs vorgesehen sein, welche direkt oder indirekt das anamorphotische Element beleuchten, wobei in diesem Fall durch gezieltes Ein- und Ausschalten der einzelnen Lichtquellen die gewünschte Lichtverteilung erzeugbar ist. Eine solche Anordnung ermöglicht es gegebenenfalls die Anzahl optischer Elemente im Strahlengang zu reduzieren und somit die Beleuchtungseinrichtung in einer kompakteren Bauform zu konstruieren.

[0027] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung umfasst die Beleuchtungseinrichtung zumindest einen Laser und ein in einem Strahlengang des Lasers angeordnetes optisches Konverterelement, insbesondere ein Phosphorelement. Mit anderen Worten ist es in diesem Fall vorgesehen, dass der Laser die beziehungsweise eine primäre, aktive Lichtquelle der Beleuchtungseinrichtung darstellt und im weiteren Strahlenverlauf das optische Konverterelement angestrahlt wird, welches die einfallende Laserstrahlung in Licht umsetzt, welches sich in zumindest einer Eigenschaft von dem durch den Laser erzeugten Licht unterscheidet. Beispielsweise kann typischerweise zumindest annähernd monochromatisches Laserlicht in weißes Licht umgesetzt werden, welches besonders gut für Umgebungsbeleuchtungszwecke im Automobilbereich geeignet ist. Auch kann das optische Konverterelement eine weniger stark ausgeprägte Punktquellencharakteristik aufweisen beziehungsweise Licht in einem größeren Winkel oder mit größerer Divergenz abstrahlen als der Laser. Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst die Beleuchtungseinrichtung eine Sensorik zur Erfassung einer mittels der Beleuchtungseinrichtung beleuchteten Oberfläche, wobei mittels der Beleuchtungseinrichtung auf der erfassten Oberfläche ein aus zumindest annähernd gleich großen Pixeln zusammengesetztes Muster erzeugbar ist. Mit anderen Worten kann die von der Pixel-Lichtquelle zu dem anamorphotischen Element abgestrahlte Lichtverteilung in Abhängigkeit von den von der Sensorik gelieferten Daten gegebenenfalls bereits so angepasst werden, dass sich im Zusammenspiel mit der durch das anamorphotische Element bewirkten Verzerrung und der Projektionsgeometrie auf der erfassten Oberfläche eine besonderes gut erkennbare Darstellung beziehungsweise ein Abbild der Lichtverteilung ergibt. Hier soll insbesondere die Erkennbarkeit durch außerhalb des mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ausgestatteten Fahrzeugs verbessert werden, wobei situationsabhängig selbstverständlich auch jeweilige Fahrzeuginsassen von einer verbesserten oder auch speziell für sie angepassten Darstellung profitieren können. Eine entsprechende Sensorik kann eine Vielzahl verschiedener Sensoren umfassen. Dazu gehören beispielsweise Radar-, Ultraschall- und Lasersensoren sowie Kameras und allgemein optische Sensoren, wobei zusätzlich gegebenenfalls jeweilige entsprechende Sendeinrichtungen vorgesehen sind.

[0028] Die Anpassung der Lichtverteilung kann dabei

durch eine gezielte Ansteuerung der Pixel-Lichtquelle erfolgen, wofür beispielsweise eine elektronische Steuereinheit (ECU, englisch "Electronic Control Unit") vorgesehen sein kann. Es ist also eine Anpassung beziehungsweise Steuerung der Lichtverteilung durch entsprechend ausgelegte Software und/oder Elektronik denkbar, sodass eine Realisierung verschiedener Lichtverteilungen oder Darstellungen mit einer einzigen Beleuchtungseinrichtung möglich ist.

[0029] Konkret können beispielsweise mehrere Pixel der Pixel-Lichtquelle zu einem größeren Pixel beziehungsweise Teilbereich der Lichtverteilung zusammengefasst beziehungsweise zugeordnet werden. Besonderen Einfluss kann hier der Winkel zwischen den von der Beleuchtungseinrichtung ausgehenden Lichtstrahlen und der erfassten beleuchteten Oberfläche haben. Typische Fahrbahnunebenheiten und -neigungen haben zwar typischerweise nur einen vernachlässigbar geringen Einfluss, beispielsweise eine ungefähr senkrecht zu der von dem Fahrzeug befahrenen Fahrbahn in Beleuchtungsrichtung vor dem Fahrzeug aufragende Wand, kann jedoch eine signifikante Modifikation der von der Pixel-Lichtquelle ausgestrahlten Lichtverteilung erfordern, um eine aus zumindest annähernd gleich großen Pixeln zusammengesetzte Darstellung auf der Wand - oder allgemein auf einer geneigten Oberfläche - zu erhalten.

[0030] Durch diese Kombination der sensorischen Erfassung der zu beleuchtenden Oberfläche und der entsprechenden gezielt abgestimmten Ansteuerung der Pixel-Lichtquelle beziehungsweise der Modifikation der Lichtverteilung kann besonders vorteilhaft in verschiedensten Situationen eine optimal erkennbare Darstellung erzielt werden.

[0031] Für alle Ausführungsformen der Erfindung gilt, dass auch andere als die beschriebenen Geometrien denkbar sind, sodass beispielsweise die Pixel-Lichtquelle nicht notwendigerweise Lichtverteilungen, Muster oder Bilder ausstrahlen muss, welche aus gleich großen Pixeln zusammengesetzt sind. Auch in diesem Fall würde jedoch durch das anamorphotische Element eine Verzerrung bewirkt werden, welche entlang zumindest einer Richtung einem quadratischen Zusammenhang folgt.

[0032] Ebenso ist es auch denkbar, dass die beleuchtete Oberfläche der zumindest im Wesentlichen ebenen von dem Fahrzeug befahrenen Fahrbahn entspricht, sondern beispielsweise durch eine beliebige andere Oberfläche gebildet wird. Solche anderen Oberflächen können etwa Oberflächen anderer Fahrzeuge oder Oberflächen - beispielsweise Wände - von Gebäuden sein.

[0033] Um ein Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungseinrichtung für ein Fahrzeug bereitzustellen, mittels welchem mit möglichst geringem Aufwand eine Lichtverteilung individuell gestaltet werden kann, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das anamorphotische Element mittels einer Pixel-Lichtquelle zumindest teilweise mit einer Lichtverteilung beleuchtet wird und

diese Lichtverteilung in zumindest einer Richtung durch das anamorphotische Element nichtlinear verzerrt wird, wobei innerhalb einer sich in diese Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung durch das anamorphotische Element verzerrt werden, wozu eine Krümmung des anamorphotischen Elements (10) in dieser Richtung asymmetrisch abnimmt.

[0034] Die bisher und im Folgenden sowie in den Patentansprüchen beschriebenen funktionalen Ausbildungen der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung sind entsprechend sinngemäß auch auf das erfindungsgemäße Verfahren beziehungsweise die zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Vorrichtungen und Bauteile übertragbar und umgekehrt.

[0035] Insgesamt lässt sich die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren in jeder Ausführungsform besonders vorteilhaft dazu nutzen, durch gezielte Darstellungen Informationen an die Umgebung, das heißt beispielsweise an weitere Verkehrsteilnehmer, aber auch an jeweilige Insassen des mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ausgestatteten Fahrzeugs zu übermitteln, wobei eine für Kommunikationszwecke eine Darstellung beziehungsweise Projektion mit einheitlicher Auflösung, das heißt mit einheitlicher Pixelgröße, besonders wünschenswert ist.

[0036] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische und perspektivische Prinzipdarstellung einer Beleuchtungseinrichtung;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Verzerrungsmusters;
- Fig. 3a eine schematische und perspektivische Darstellung einer anamorphotischen Freiformlinse; und
- Fig. 3b eine schematische und perspektivische Darstellung eines aus einer Anordnung mehrerer Einzellinsen gebildeten anamorphotischen Elements.

[0037] Fig. 1 zeigt eine schematische und perspektivische Prinzipdarstellung einer Beleuchtungseinrichtung 1 mit einem Laser 2 als primärer aktiver Lichtquelle, der einen Laserstrahl 3 aussendet. In einem Strahlengang des Lasers 2 beziehungsweise des Laserstrahls 3 sind vorliegend mehrere optische Elemente angeordnet, wobei die Beleuchtungseinrichtung 1 insgesamt vorlie-

gend als Frontscheinwerfer ausgebildet ist. Nachfolgend werden entsprechend ihrer Reihenfolge im Strahlengang ausgehend von dem Laser 2 die in dem Strahlengang angeordneten optischen Elemente beschrieben.

[0038] Der Laserstrahl 3 trifft zunächst auf ein optisches Konverterelement, welches vorliegend als Phosphorelement 4 ausgebildet ist und regt dieses zum Leuchten beziehungsweise zum Umsetzen des eingestrahlichten, beispielsweise blauen Laserlichts in weißes Licht an. Während der Laser 2 eine sehr helle Punktlichtquelle darstellt, welche einen intensiven Lichtstrahl geringer Divergenz aussendet, kann das Phosphorelement 4 einen weniger stark gerichteten Kegel weißen Lichtes abstrahlen. Das Phosphorelement 4 kann dazu auch entsprechend geformt sein, indem die gewünschte Strahlaufweitung beispielsweise durch konvexe Oberflächen oder allgemein eine Linsenform unterstützt wird.

[0039] Um das gegebenenfalls flächig von dem Phosphorelement 4 abgestrahlte Licht optimal nutzen zu können, ist vorliegend im Strahlengang ein refraktives Element in Form einer Linse 5 vorgesehen, welche hier beispielhaft zu verstehen ist und repräsentativ auch für mehrere optische Elemente stehen kann. Insgesamt wird durch die Linse oder die Linsen 5 das von dem Phosphorelement 4 ausgesendete Licht je nach konkreter Anforderung gebündelt, aufgeweitet oder allgemein geformt, um eine optimale Ausleuchtung nachfolgender optischer Elemente zu erzielen.

[0040] Auf die Linse 5 folgend ist im weiteren Strahlverlauf ein optisches Ablenkelement in Form eines Digital Micromirror Device (DMD) 6 angeordnet, welches vorliegend einen auf einem Träger angeordneten beleuchteten Bereich beziehungsweise Spiegelbereich 7 aufweist. Die einzelnen Mikrospiegel des DMD 6 können jeweils als einzelner Pixel aufgefasst werden, sodass durch gezieltes Einstellen der Verkippung der Mikrospiegel eine gewünschte Lichtverteilung erzeugbar ist. Es können jedoch auch mehrere Mikrospiegel zu einem einzigen Pixel der Lichtverteilung zusammengefasst werden. Auf diese Weise dient das unter einem Winkel angestrahlte DMD 6 als passive Pixel-Lichtquelle, welche eine vorgebbare Lichtverteilung 9 abstrahlt. Vorliegend ist durch gezieltes Verkippen einer Untermenge von Mikrospiegeln des DMD 6 ein ausgeblendeter Bereich 8 erzeugt, der also einen dunklen Bereich in der Lichtverteilung 9 darstellt beziehungsweise erzeugt.

[0041] Die von dem DMD 6 ausgestrahlte Lichtverteilung 9 trifft auf ein anamorphotisches Element, welches vorliegend als einzelne anamorphotische Linse 10 realisiert ist. Beim Durchtritt durch diese anamorphotische Linse 10 wird die Lichtverteilung 9 verzerrt und als Bild 11 der Lichtverteilung 9 auf eine Oberfläche in der Umgebung der Beleuchtungseinrichtung 1 - vorliegend auf eine Fahrbahn 12 - projiziert. In dem Bild 11 der Lichtverteilung 9 ist deutlich ein Bild 13 des ausgeblendeten Bereichs 8 zu erkennen, wobei in diesem nicht beleuchteten Bereich ein fremdes Fahrzeug 14 dargestellt ist. Durch Ausblenden beziehungsweise Nicht-Beleuchten

des Bereiches, in dem sich das fremde Fahrzeug 14 befindet, kann vorteilhaft eine Blendung oder Irritation jeweiliger Fahrzeuginsassen vermieden werden, wodurch die Sicherheit im Straßenverkehr gesteigert werden kann.

[0042] Bei bekannten Beleuchtungseinrichtungen für Fahrzeuge, welche keine oder nur eine herkömmliche, einfache anamorphotische Linse mit einer gleichmäßigen Verzerrung verwenden, ist der durch die Geometrie der Projektion unvermeidlich gegebene Effekt zu beobachten, dass in einem tatsächlich auf der Fahrbahn 12 dargestellten beziehungsweise erkennbaren Bild einer Lichtverteilung 9 auch bei konstanter Pixelgröße der Pixel-Lichtquelle die Größe der den einzelnen Pixeln entsprechenden Teilbereiche beziehungsweise Teilbilder mit zunehmender Entfernung von dem Fahrzeug variiert. Um diesen unerwünschten Effekt auszugleichen, ist es vorliegend vorgesehen, dass die anamorphotische Linse 10 eine unterschiedlich starke Verzerrung von verschiedenen Pixeln entsprechenden Teilbereichen der Lichtverteilung 9 bewirkt. Konkret ist dabei vorgesehen, dass diejenigen Pixel in der Lichtverteilung 9, deren Bilder in größerer Entfernung von der Beleuchtungseinrichtung 1 im Bild 11 der Lichtverteilung 9 auf der Fahrbahn 12 dargestellt werden, stärker verzerrt werden als diejenigen Pixel der Lichtverteilung 9, deren Bilder als Teile des Bildes 11 der Lichtverteilung 9 auf der Fahrbahn 12 näher an der Beleuchtungseinrichtung 1 auf der Fahrbahn 12 dargestellt werden.

[0043] Insbesondere steigt der Grad beziehungsweise die Stärke der Verzerrung dabei von den weniger stark zu den stärker verzerrten Pixeln der Lichtverteilung 9 quadratisch an. Dieser quadratische Anstieg der Verzerrung wird bei der Projektion der so verzerrten Lichtverteilung auf die Fahrbahn 12 gerade durch die Projektion auf die Fahrbahn 12, das heißt durch den aufgrund des Winkels zwischen den von der Beleuchtungseinrichtung 1 ausgehenden Lichtstrahlen und der Fahrbahn 12 entstehenden Effekten der Pixelvergrößerung mit zunehmender Entfernung von dem Fahrzeug, ausgeglichen. Damit stellen sich im Endeffekt im Bild 11 der Lichtverteilung 9 auf der Fahrbahn 12 unabhängig von der Entfernung von dem Fahrzeug beziehungsweise von der Beleuchtungseinrichtung 1 die den einzelnen Pixeln der Lichtverteilung 9 zugeordneten Bereiche gleich groß dar beziehungsweise erstrecken sich über gleich große Flächenstücke der Fahrbahn 12.

[0044] Somit kann in diesem typischen Fall ohne zusätzlichen Berechnungs- oder Steuerungsaufwand allein aufgrund der inhärenten optischen Eigenschaften der anamorphotischen Linse 10 auch bei besonders einfach zu realisierender konstanter Pixelgröße der verwendeten Pixel-Lichtquelle, das heißt hier also des DMD 6, anderen sich in der Umgebung aufhaltenden Verkehrsteilnehmern oder Personen eine optimale, unverzerrte Darstellung von Informationen präsentiert werden und/oder eine gleichmäßigere Ausleuchtung und/oder eine präzisere Aussparung von Bereichen die nicht be-

leuchtet werden sollen, erzielt werden.

[0045] Eine für Kommunikations- und/oder Informationszwecke nützliche, auf die Fahrbahn 12 projizierbare Lichtverteilung 9 beziehungsweise ein Bild 11 einer Lichtverteilung 9 kann beispielsweise einen - gegebenenfalls auch animierten oder mit gegebenenfalls animierten Pfeilen versehenen - Zebrastreifen darstellen, mittels dessen Fußgängern signalisiert werden kann, dass sie von dem Fahrzeug erkannt wurden und eine sichere Fahrbahnüberquerung möglich ist.

[0046] Fig. 2 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Verzerrungsmuster 15, das sich als verzerrte Lichtverteilung verstehen lässt, welche sich beim Durchtritt einer aus gleich großen Pixeln zusammengesetzten Lichtverteilung 9 durch die anamorphotische Linse 10 unmittelbar nach dieser ergibt. Zur Orientierung ist ein zweidimensionales Koordinatensystem mit x- und y-Richtungen dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass beispielsweise der Pixel 16 der größte Pixel ist und beim Durchlaufen des Verzerrungsmusters 15 in y-Richtung die nachfolgenden Pixel kleiner werden, sodass beispielsweise der Pixel 17 nurmehr einen Bruchteil der Höhe beziehungsweise Ausdehnung in y-Richtung des Pixels 16 aufweist. Entsprechendes gilt auch für jeden anderen Pixel, sodass ausgehend von einem beliebigen Pixel die Abfolge der sich in y-Richtung an diesen anschließenden Pixel in ihrer Ausdehnung in y-Richtung gemäß einem quadratischen Zusammenhang, das heißt also einem mathematischen Zusammenhang, der durch eine quadratische Funktion beschrieben werden kann, abnehmen.

[0047] Zusätzlich zu dieser zunehmenden Stauchung beziehungsweise Verzerrung in positiver y-Richtung ist vorliegend auch eine - wenn auch weniger stark ausgeprägt dargestellte - zunehmende Verzerrung in x-Richtung erkennbar, die dazu führt, dass ausgehend von einem beliebigen Pixel die Abfolge der sich in negativer x-Richtung an diesen anschließenden Pixel in ihrer Ausdehnung in x-Richtung abnehmen. Diese ansteigende Verzerrung in negativer x-Richtung ist als optional zu betrachten, da beispielsweise bei einer Beleuchtungsrichtung in Fahrzeuginnenrichtung die x-Richtung des Verzerrungsmusters 15 die Ausdehnung des beleuchteten Bereiches auf der Fahrbahn 12 in Fahrbahn- und Fahrzeugquerrichtung beschreibt und hier die Ausdehnung des beleuchteten Bereiches typischerweise deutlich geringer ist als die Ausdehnung des beleuchteten Bereiches auf der Fahrbahn 12 in Fahrbahn- und Fahrzeuglängsrichtung, entsprechende der in y-Richtung des Verzerrungsmusters 15. Damit ist auch der Effekt der durch die Projektion hervorgerufenen Pixelvergrößerung im Bild 11 der Lichtverteilung 9 auf der Fahrbahn 12 in x-Richtung deutlich weniger stark ausgeprägt beziehungsweise für Beobachter weniger auffallend.

[0048] In Fig. 3a und in Fig. 3b ist jeweils eine mögliche Ausführungsform der anamorphotischen Linse 10 dargestellt. Fig. 3a zeigt dabei eine Freiformlinse 19, welche eine Halblinsenform mit einer flachen Seite 20 und einer

gekrümmten Seite 21 aufweist. Die Krümmung der gekrümmten Seite 21 nimmt dabei in negativer y-Richtung ab, sodass eine Abweichung von einer sphärischen Form gegeben und auch deutlich erkennbar ist.

[0049] Die in Fig. 3b dargestellte Variante zeigt eine Linsenanordnung 22, welche ebenfalls eine flache Seite 23 aufweist. Die dieser flachen Seite 23 gegenüberliegende Seite ist hier jedoch aus einer Mehrzahl von Einzellinsen 24, 25, 26, 27 zusammengesetzt, welche jeweils eine Halblinsen- beziehungsweise Halbzyylinderform mit gleich- beziehungsweise regelmäßiger Krümmung aufweisen. Dabei unterscheiden sich die Einzellinsen 24 bis 27 sowohl durch ihre Krümmung als auch durch ihre Dicke beziehungsweise Materialstärke, wobei sich die entsprechenden Werte in negativer y-Richtung von einer zur jeweils nächsten der Einzellinsen 24 bis 27 verringern. Das bedeutet, dass die Einzellinse 24 sowohl die größte Dicke beziehungsweise Materialstärke als auch die größte Krümmung aller Einzellinsen 24 bis 27 aufweist und die Einzellinse 27 entsprechend die geringste Dicke beziehungsweise Materialstärke und die geringste Krümmung besitzt.

[0050] Durch ihre jeweilige regelmäßige Form bewirkt jede der Einzellinsen 24 bis 27 eine gleichmäßige Verzerrung der durch sie hindurchtretenden Teile der Lichtverteilung 9 und die beschriebene, insgesamt nichtlineare Verzerrung der Lichtverteilung 9 ergibt sich erst über die gesamte Fläche hinweg im Vergleich der jeweiligen Teilbereiche. Für eine derart aus Einzellinsen 24 bis 27 zusammengesetzte anamorphotische Linsenanordnung 22 sind neben der hier schematisch dargestellten eine Vielzahl weiterer Varianten denkbar, wobei prinzipiell auch die Einzellinsen 24 bis 27 jeweils für sich genommen nicht regelmäßig geformt sein müssen, sondern jeweils auch als Freiformlinse und/oder als Gradientenlinse ausgebildet sein können. Auch ist die hier dargestellte halbzyindrische Form der Einzellinsen 24 bis 27 nur als Beispiel zu verstehen und es wäre ebenso beispielsweise eine halbkugelige oder sonstige Gestalt denkbar. Damit können jeder Einzellinse 24 bis 27 eine einzige oder mehrere Pixelzeilen oder aber ein einziger oder mehrere Pixeln zugeordnet sein.

[0051] Ebenso ist selbstverständlich auch für die in Fig. 3a dargestellte Freiformlinse 19 eine Vielzahl von Formen denkbar. Diese Vielfalt bietet den Vorteil, dass eine optimale Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen möglich ist, während die aus mehreren Einzellinsen 24 bis 27 zusammengesetzte Linsenanordnung 22 gegebenenfalls kostengünstiger herstellbar ist.

[0052] Unabhängig von der konkreten Gestalt der anamorphotischen Linse 10 kann diese beispielsweise aus einem Glas oder aus einem Kunststoffmaterial gefertigt sein. Um die optischen Eigenschaften der Beleuchtungseinrichtung 1 zu verbessern, kann eine reflexionsreduzierende Beschichtung vorgesehen sein, um Verluste zu minimieren.

[0053] Insgesamt kann unabhängig von der konkreten

Ausführungsform also durch eine anamorphotische Linse 10 im Strahlengang der Beleuchtungseinrichtung 1 eine insbesondere nichtlineare Verzerrung einer Lichtverteilung 9 bewirkt werden, wodurch eine besonders vorteilhafte Anpassung der Pixelgröße beziehungsweise Pixeldichte im letztendlich auf einer beleuchteten Oberfläche erkennbaren Bild 11 der Lichtverteilung 9 erzielbar ist. Damit kann die Erkennbarkeit und die wahrgenommene Qualität eines Bildes oder eines Musters signifikant verbessert werden, wobei insbesondere nicht die Pixelanzahl beziehungsweise Pixeldichte der eingesetzten Pixel-Lichtquelle erhöht werden muss, sodass hiermit eine besonders effiziente und ressourcensparende Lösung gegeben ist und die Pixeldichte beziehungsweise Auflösung gezielt in denjenigen Bereichen erhöht beziehungsweise verbessert werden kann, in denen sich der größte positive Effekt erzielen lässt.

20 Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung (1) für ein Fahrzeug, mit einer Pixel-Lichtquelle (6) und einem von der Pixel-Lichtquelle (6) zumindest teilweise mit einer Lichtverteilung (9) beleuchtbaren anamorphotischen Element (10),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Lichtverteilung (9) in zumindest einer Richtung durch das anamorphotische Element (10) nichtlinear verzerrt wird, wobei innerhalb einer sich in eine Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung (9) durch das anamorphotische Element (10) verzerrt sind, wozu eine Krümmung des anamorphotischen Elements (10) in dieser Richtung asymmetrisch abnimmt, wobei

- das anamorphotische Element (10) als Freiformlinse (10, 19) ausgestaltet ist, oder

- das anamorphotische Element (10) als Anordnung (22) einer Mehrzahl von Einzellinsen (24, 25, 26, 27), welche sich durch zumindest eine optische Eigenschaft unterscheiden, ausgebildet ist.

2. Beleuchtungseinrichtung (1) für ein Fahrzeug, mit einer Pixel-Lichtquelle (6) und einem von der Pixel-Lichtquelle (6) zumindest teilweise mit einer Lichtverteilung (9) beleuchtbaren anamorphotischen Element (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtverteilung (9) in zumindest einer Richtung

- durch das anamorphotische Element (10) nichtlinear verzerrt wird, wobei innerhalb einer sich in eine Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung (9) durch das anamorphotische Element (10) verzerrt sind, wobei das anamorphotische Element (10) als Gradientenlinse ausgebildet ist.
3. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pixel-Lichtquelle (6) einen Flächenlichtmodulator (6), insbesondere ein Digital Micromirror Device (6), umfasst.
 4. Beleuchtungseinrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pixel-Lichtquelle (6) aus einer Mehrzahl von aktiven Lichtquellen zusammengesetzt ist.
 5. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinrichtung (1) zumindest einen Laser (2) und ein in einem Strahlengang des Lasers (2) angeordnetes optisches Konverterelement (4), insbesondere ein Phosphorelement (4), umfasst, das eine Wellenlänge von einfallendem Laserlicht des Lasers (2) in Licht einer anderen Wellenlänge konvertiert.
 6. Beleuchtungseinrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinrichtung (1) eine Sensorik zur Erfassung einer mittels der Beleuchtungseinrichtung (1) beleuchteten Oberfläche (12) und eine elektronische Steuereinheit zum Anpassen der von der Pixel-Lichtquelle (6) zu dem anamorphotischen Element (10) abgestrahlten Lichtverteilung in Abhängigkeit von von der Sensorik gelieferten Daten zu einem Winkel zwischen von der Beleuchtungseinrichtung ausgehenden Lichtstrahlen und der beleuchteten Oberfläche (12) durch Ansteuern der Pixel-Lichtquelle (6) umfasst, sodass mittels der Beleuchtungseinrichtung (1) auf der erfassten Oberfläche (12) ein aus zumindest annähernd gleich großen Pixeln zusammengesetztes Muster (11) erzeugt wird.
 7. Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungseinrichtung (1) für ein Fahrzeug, bei dem ein anamorphotisches Element (10) mittels einer Pixel-Licht-

quelle (6) zumindest teilweise mit einer Lichtverteilung (9) beleuchtet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- 5 die Lichtverteilung (9) in zumindest einer Richtung durch das anamorphotische Element (10) nichtlinear verzerrt wird, wobei innerhalb einer sich in diese Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung (9) durch das anamorphotische Element (10) verzerrt werden, wozu eine Krümmung des anamorphotischen Elements (10), welches als Freiformlinse (10, 19) ausgestaltet ist oder als Anordnung (22) einer Mehrzahl von Einzellinsen (24, 25, 26, 27), welche sich durch zumindest eine optische Eigenschaft unterscheiden, ausgebildet ist, in dieser Richtung asymmetrisch abnimmt.

8. Verfahren zum Betreiben einer Beleuchtungseinrichtung (1) für ein Fahrzeug, bei dem ein anamorphotisches Element (10) mittels einer Pixel-Lichtquelle (6) zumindest teilweise mit einer Lichtverteilung (9) beleuchtet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtverteilung (9) in zumindest einer Richtung durch das anamorphotische Element (10) nichtlinear verzerrt wird, wobei innerhalb einer sich in diese Richtung erstreckenden Abfolge von Teilbereichen der verzerrten Lichtverteilung jeweilige sich in diese Richtung erstreckende Ausdehnungen der Teilbereiche gemäß einem monotonen quadratischen Zusammenhang gegenüber den entsprechenden Teilbereichen der unverzerrten Lichtverteilung (9) durch das anamorphotische Element (10), welches als Gradientenlinse ausgebildet ist, verzerrt werden.

Claims

1. A lighting device (1) for a vehicle, comprising a pixel light source (6) and an anamorphic element (10) capable of being at least partially lighted with a light distribution (9) by the pixel light source (6), **characterized in that** the light distribution (9) is non-linearly distorted in at least one direction by the anamorphic element (10), wherein, within a sequence of partial areas of the distorted light distribution extending in one direction, respective extents of the partial areas extending in this direction are distorted by the anamorphic element (10) according to a monotonous quadratic relation with respect to the corresponding partial areas of the undistorted light distribution (9), whereto a curvature of the anamorphic element (10) asymmetrically decreases in this direction, wherein

- the anamorphic element (10) is configured as a freeform lens (10, 19),
or
 - the anamorphic element (10) is formed as an arrangement (22) of a plurality of individual lenses (24, 25, 26, 27), which differ by at least one optical characteristic.
2. A lighting device (1) for a vehicle, comprising a pixel light source (6) and an anamorphic element (10) capable of being at least partially lighted with a light distribution (9) by the pixel light source (6),
characterized in that
the light distribution (9) is non-linearly distorted in at least one direction by the anamorphic element (10), wherein, within a sequence of partial areas of the distorted light distribution extending in one direction, respective extents of the partial areas extending in this direction are distorted by the anamorphic element (10) according to a monotonous quadratic relation with respect to the corresponding partial areas of the undistorted light distribution (9), wherein the anamorphic element (10) is formed as a gradient lens.
 3. The lighting device (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that**
the pixel light source (6) includes an area light modulator (6), in particular a digital micromirror device (6).
 4. The lighting device (1) according to claim 1 or 2, **characterized in that**
the pixel light source (6) is composed of a plurality of active light sources.
 5. The lighting device (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that**
the lighting device (1) includes at least one laser (2) and an optical converter element (4), in particular a phosphor element (4), arranged in a beam path of the laser (2), which converts a wavelength of incident laser light of the laser (2) into light of another wavelength.
 6. The lighting device (1) according to any one of the preceding claims, **characterized in that**
the lighting device (1) includes a sensor technology for capturing a surface (12) capable of being lighted by means of the lighting device (1) and an electronic control unit for adapting the light distribution radiated from the pixel light source (6) to the anamorphic element (10) depending on data provided by the sensor technology about an angle between light beams originating from the lighting device and the lighted surface (12) by controlling the pixel light source (6), such that a pattern (11) composed of at least approximately equally sized pixels is generated on the cap-

tured surface (12) by means of the lighting device (1).

7. A method for operating a lighting device (1) for a vehicle, in which an anamorphic element (10) is at least partially lighted with a light distribution (9) by means of a pixel light source (6), **characterized in that** the light distribution (9) is non-linearly distorted in at least one direction by the anamorphic element (10), wherein, within a sequence of partial areas of the distorted light distribution extending in this direction, respective extents of the partial areas extending in this direction are distorted by the anamorphic element (10) according to a monotonous quadratic relation with respect to the corresponding partial areas of the undistorted light distribution (9), where to a curvature of the anamorphic element (10), which is configured as a freeform lens (10, 19) or is formed as an arrangement (22) of a plurality of individual lenses (24, 25, 26, 27), which differ by at least one optical characteristic, asymmetrically decreases in this direction.
8. A method for operating a lighting device (1) for a vehicle, in which an anamorphic element (10) is at least partially lighted with a light distribution (9) by means of a pixel light source (6), **characterized in that** the light distribution (9) is non-linearly distorted in at least one direction by the anamorphic element (10), wherein, within a sequence of partial areas of the distorted light distribution extending in this direction; respective extents of the partial areas extending in this direction are distorted by the anamorphic element (10), which is formed as a gradient lens, according to a monotonous quadratic relation with respect to the corresponding partial areas of the undistorted light distribution (9).

Revendications

1. Dispositif d'éclairage (1) pour un véhicule, comportant une source de lumière à pixels (6) et un élément anamorphotique (10) pouvant être éclairé par la source de lumière à pixels (9) au moins en partie avec une distribution de lumière (9),
caractérisé en ce que
la distribution de lumière (9) est déformée non linéairement dans au moins une direction par l'élément anamorphotique (10), dans lequel, dans une séquence de zones partielles de distribution de lumière déformée s'étendant dans une direction, des extensions respectives des zones partielles s'étendant dans cette direction suivant une relation quadratique monotone par rapport aux zones partielles correspondantes de la distribution de lumière non déformée (9) sont déformées par l'élément anamorphotique (10), une courbure de l'élément anamorphotique (10) diminuant dans cette direction de façon asymé-

trique,

- l'élément anamorphotique (10) étant configuré comme une lentille de forme libre (10, 19),
- ou
- l'élément anamorphotique (10) étant conçu comme un agencement (22) d'une pluralité de lentilles individuelles (24, 25, 26, 27) qui diffèrent par au moins une propriété optique.

2. Dispositif d'éclairage (1) pour un véhicule, comportant une source de lumière à pixels (6) et un élément anamorphotique (10) pouvant être éclairé par la source de lumière à pixels (9) au moins en partie avec une distribution de lumière (9),

caractérisé en ce que

la distribution de lumière (9) est déformée non linéairement dans au moins une direction par l'élément anamorphotique (10), dans lequel, dans une séquence de zones partielles de distribution de lumière déformée s'étendant dans une direction, des extensions respectives des zones partielles s'étendant dans cette direction suivant une relation quadratique monotone par rapport aux zones partielles correspondantes de la distribution de lumière non déformée (9) sont déformées par l'élément anamorphotique (10), l'élément anamorphotique (10) étant conçu comme une lentille à gradient.

3. Dispositif d'éclairage (1) selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la source de lumière à pixels (6) comprend un modulateur de lumière surfacique (6), en particulier une matrice à micro-miroirs (6).

4. Dispositif d'éclairage (1) selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

la source de lumière à pixels (6) est composée d'une pluralité de sources de lumière actives.

5. Dispositif d'éclairage (1) selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

le dispositif d'éclairage (1) comprend au moins un laser (2) et un élément de conversion optique (4) agencé dans un trajet de faisceau du laser (2), en particulier un élément luminophore (4), qui convertit une longueur d'onde de la lumière laser incidente du laser (2) en lumière d'une autre longueur d'onde.

6. Dispositif d'éclairage (1) selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

le dispositif d'éclairage (1) comprend un système de capteur destiné à détecter une surface (12) pouvant être éclairée au moyen du dispositif d'éclairage (1)

et une unité de commande électronique destinée à adapter la distribution de lumière émise par la source de lumière à pixels (6) vers l'élément anamorphotique (10) en fonction de données fournies par le système de capteur à un angle compris entre des faisceaux lumineux sortant du dispositif d'éclairage et la surface éclairée (12) par une commande de la source de lumière à pixels (6), de sorte qu'un motif (11) composé de pixels de taille au moins sensiblement égale est généré sur la surface détectée (12) au moyen du dispositif d'éclairage (1).

7. Procédé pour faire fonctionner un dispositif d'éclairage (1) pour un véhicule, dans lequel un élément anamorphotique (10) est éclairé au moyen d'une source de lumière à pixels (6) au moins en partie avec une distribution de lumière (9),

caractérisé en ce que

la distribution de lumière (9) est déformée non linéairement dans au moins une direction par l'élément anamorphotique (10), dans lequel, dans une séquence de zones partielles de distribution de lumière déformée s'étendant dans une direction, des extensions respectives des zones partielles s'étendant dans cette direction suivant une relation quadratique monotone par rapport aux zones partielles correspondantes de la distribution de lumière non déformée (9) sont déformées par l'élément anamorphotique (10), une courbure de l'élément anamorphotique (10), qui est configuré comme une lentille de forme libre (10, 19) ou comme un agencement (22) d'une pluralité de lentilles individuelles (24, 25, 26, 27) qui diffèrent par au moins une propriété optique, étant formée et diminuant dans cette direction de façon asymétrique.

8. Procédé pour faire fonctionner un dispositif d'éclairage (1) pour un véhicule, dans lequel un élément anamorphotique (10) est éclairé au moyen d'une source de lumière à pixels (6) au moins en partie avec une distribution de lumière (9),

caractérisé en ce que

la distribution de lumière (9) est déformée non linéairement dans au moins une direction par l'élément anamorphotique (10), dans lequel, dans une séquence de zones partielles de distribution de lumière déformée s'étendant dans cette direction, des extensions respectives des zones partielles s'étendant dans cette direction suivant une relation quadratique monotone par rapport aux zones partielles correspondantes de la distribution de lumière non déformée (9) sont déformées par l'élément anamorphotique (10) qui est conçu comme une lentille à gradient.

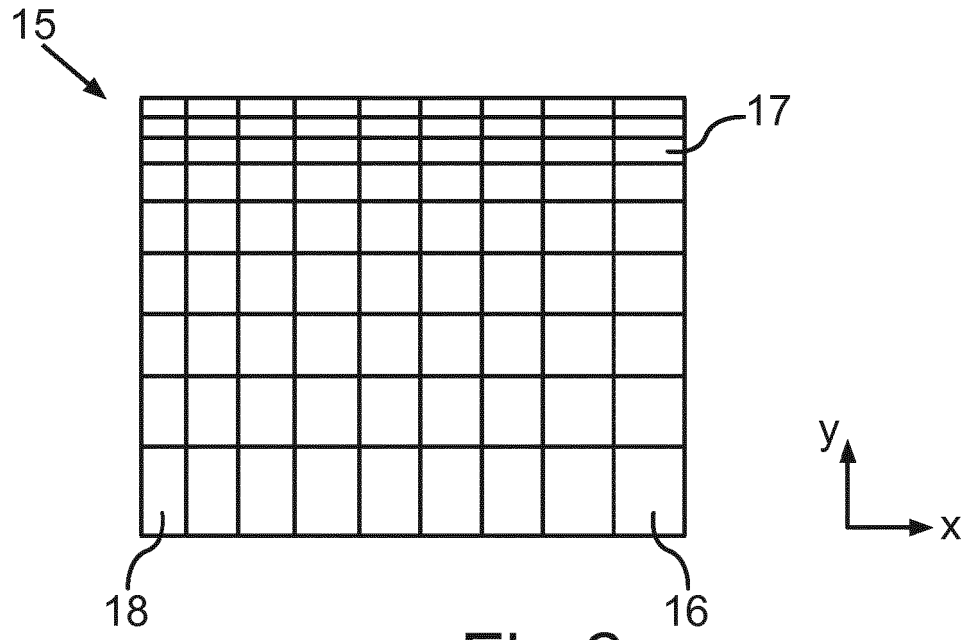


Fig.2

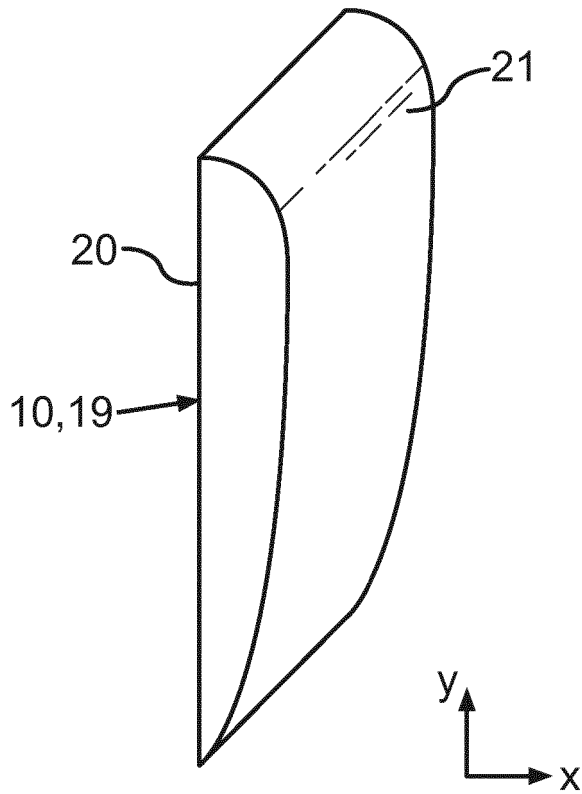


Fig.3a

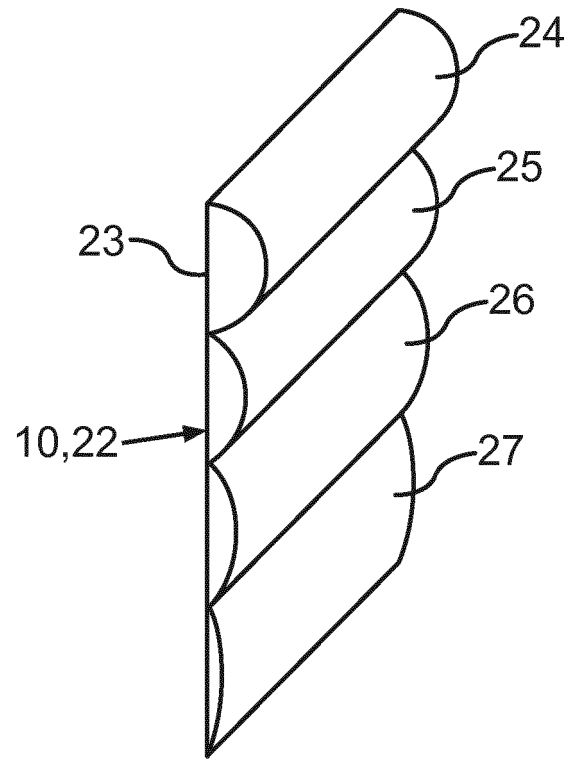


Fig.3b

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

- US 20140092619 A1 [0003] [0008]
- DE 102012008833 A1 [0004]
- US 20150377442 A1 [0005]
- EP 1983253 A2 [0006]
- EP 2752615 A1 [0007]
- US 20080285293 A1 [0009]