



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.08.2017 Patentblatt 2017/34

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

(21) Anmeldenummer: **17156657.3**

(22) Anmeldetag: **17.02.2017**

(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:
• **Knittel, Joachim**
72762 Reutlingen (DE)
• **Licht, Martin**
72762 Reutlingen (DE)

(30) Priorität: **19.02.2016 DE 102016102991**

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

(54) **KRAFTFAHRZEUG-SCHEINWERFER MIT EINEM FLÜSSIGKRISTALLDISPLAY**

(57) Vorgestellt wird ein Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer Lichtquelle (24), einem polarisierenden Strahlteiler (26), der von der Lichtquelle (24) her einfallendes Licht in ein erstes Teilbündel (36) einer ersten Polarisationsrichtung und ein zweites Teilbündel (38) einer zweiten Polarisationsrichtung aufteilt, und mit einem ersten und einem zweiten reflektierenden Flüssigkristall-

matrixelementbereich (28, 30), deren Einfluss auf die Polarisationsrichtung des reflektierten Lichtes steuerbar ist. Der Scheinwerfer zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche vom Strahlteiler her einfallendes Licht zum Strahlteiler zurückreflektieren.

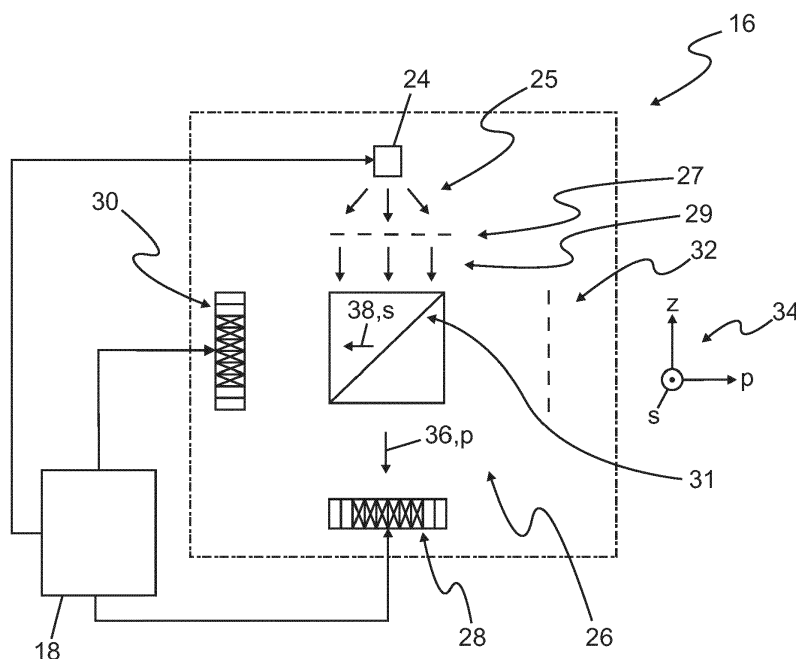


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kraftfahrzeugscheinwerfer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein solcher Scheinwerfer ist aus der DE 10 2013 113 807 A1 bekannt. Flüssigkristallmatrixbauteile werden als Display (LCD), aber auch in Videoprojektoren verwendet. Bei Verwendung in Scheinwerfern bilden die dort herrschenden Umgebungsbedingungen, wie zum Beispiel stark wechselnde Temperaturen, zu überwindende Anwendungshindernisse. Ein weiterer Nachteil besteht in einem eher schwach ausgeprägten Kontrastverhältnis zwischen leuchtenden und nicht leuchtend eingestellten Matrixelementen.

[0003] Nachteilig ist auch, dass die Funktion der Flüssigkristallmatrixelemente als in ihrer Helligkeit steuerbare Segmente einer Lichtaustrittsfläche des Flüssigkristallmatrixbauteils eine Beleuchtung mit linear polarisiertem Licht voraussetzt. Licht üblicher Lichtquellen ist zunächst nicht polarisiert und weist zwei Anteile zueinander orthogonaler Polarisationsrichtungen auf. Bei der Verwendung von Flüssigkristallmatrixbauteilen wird das Licht, bevor es auf das Flüssigkristallmatrixbauteil trifft, polarisiert. Die Polarisation erfolgt dabei in der Regel durch einen Polarisationsfilter, der nur einen der beiden Anteile durchlässt und der den anderen Anteil absorbiert. Bei einer Beleuchtung des Flüssigkristallmatrixbauteils mit herkömmlichen Lichtquellen geht daher etwa 50 % des Lichtes verloren.

[0004] Aus der DE 10 2013 113 807 A1 ist es bekannt, beide Anteile zur Erzeugung einer Lichtverteilung zu nutzen.

[0005] Diese Schrift zeigt einen Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einer Lichtquelle, einem polarisierenden Strahlteiler, der in einem von der Lichtquelle ausgehenden Lichtbündel angeordnet ist und der das von der Lichtquelle her einfallende Licht in ein erstes Teilbündel und ein zweites Teilbündel aufteilt, wobei das Licht des ersten Teilbündels eine erste Polarisationsrichtung aufweist und eine erste Hauptpropagationsrichtung aufweist, und wobei das Licht des zweiten Teilbündels eine zweite Polarisationsrichtung und eine zweite Hauptpropagationsrichtung aufweist, und mit einem ersten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereich, dessen Einfluss auf die Polarisationsrichtung des reflektierten Lichtes steuerbar ist, und mit einem zweiten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereich dessen Einfluss auf die Polarisationsrichtung des reflektierten Lichtes steuerbar ist. Die Flüssigkristallmatrixelementbereiche werden in Transmission betrieben.

[0006] Der aus der DE 10 2013 113 807 A1 bekannte Scheinwerfer benötigt für jede Polarisationsrichtung eine eigene Projektionsoptik. Jede der beiden Projektionsoptiken überträgt polarisiertes Licht. Scheinwerfer sollen in der Regel Lichtverteilungen erzeugen, die aus unpolarisiertem Licht bestehen. Damit wird eventuell eine zusätzliche Vorrichtung zur Depolarisierung erforderlich. Da

zwei Projektionsoptiken erforderlich sind, ergibt sich eine Verdopplung der Lichtaustrittsfläche und damit auch eine Halbierung der Leuchtdichte gegenüber einer Lösung, die nur eine Projektionsoptik erfordert.

[0007] Der bekannte Scheinwerfer ist ein sogenannter Matrixscheinwerfer, bei dem die Helligkeit einzelner Pixel des Flüssigkristallelements steuerbar ist. Allgemein erlauben Matrixscheinwerfer in der Automobiltechnik eine dynamische Anpassung der Lichtverteilung der Frontscheinwerfer an wechselnde Umgebungsbedingungen. Beispielsweise können bei Nachtfahrt mit Fernlicht einzelne Teilbereiche der Lichtverteilung abgedunkelt werden, so dass ein entgegenkommendes Fahrzeug trotz eingeschaltetem Fernlicht nicht geblendet wird. Außer mit Flüssigkristalldisplays können solche Scheinwerfer zum Beispiel auch mit Mikrosiegeln (z.B. DE 10 2013 113807 A1, EP 2 813 395 A1) realisiert werden. Nachteilig bei diesen Konzepten sind die hohen Kosten für die Mikrospiegel.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Scheinwerfer der eingangs genannten Art anzugeben, der eine kleinere Lichtaustrittsfläche benötigt und eine größere Leuchtdichte besitzt und der auch ohne zusätzliche Depolarisatoren dazu in der Lage ist, eine im Wesentlichen aus unpolarisiertem Licht bestehende Lichtverteilung zu erzeugen.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Von dem Stand der Technik nach der DE 10 2013 113 807 A1 unterscheidet sich die vorliegende Erfindung dadurch, dass der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich in dem ersten Teilbündel so angeordnet ist, dass er vom Strahlteiler her einfallendes Licht zum Strahlteiler zurückreflektiert, und dass der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich in dem zweiten Teilbündel so angeordnet ist, dass er vom Strahlteiler her einfallendes Licht zum Strahlteiler zurückreflektiert. Die Flüssigkristallmatrixelementbereiche werden bei der Erfindung in Reflexion betrieben. Geeignete Flüssigkristallbauteile sind zum Beispiel aus der Veröffentlichung "Optical Imaging and Metrology", edited by W. Osten and N. Reingand, 2012 Wiley-VCH Verlag bekannt.

[0010] Das von den Flüssigkristallmatrixelementbereichen zurückreflektierte Licht wird vom Strahlteiler vereint und mittels einer Projektionsoptik in die Abstrahlrichtung projiziert. Die Flüssigkristallmatrixelementbereiche haben vor allem die Aufgabe, das einfallende Licht pixelweise gemäß der geforderten Lichtfunktion zu modulieren.

[0011] Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche parallel zueinander ausgerichtet sind, und dass zwischen dem zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereich und dem Strahlteiler ein Umlenkspiegel angeordnet ist.

[0012] Bevorzugt ist auch, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche in derselben Ebene angeordnet sind.

[0013] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeich-

net sich dadurch aus, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche aneinander angrenzen und zu demselben Bauelement gehören.

[0014] Ferner ist bevorzugt, dass die einzelnen Pixel der Flüssigkristallmatrixelementbereiche so angesteuert werden, dass die Polarisation des an ihnen reflektierten Lichtes in einem äußeren Bereich nicht gedreht wird und in einem inneren Bereich gedreht wird und dass derjenige innere Bereich, der mit dem einem größeren Vergrößerungsfaktor in eine Beleuchtungszone des Scheinwerfers abgebildet wird, kleiner ist als derjenige innere Bereich, der mit dem einem größeren Vergrößerungsfaktor in eine Beleuchtungszone des Scheinwerfers abgebildet wird.

[0015] Bevorzugt ist auch, dass der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich zu einem ersten Bauelement gehört, und dass der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich zu einem zweiten, vom ersten Bauelement separaten Bauelement gehört.

[0016] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche parallel zueinander in verschiedenen, zueinander parallelen Ebenen versetzt zueinander angeordnet sind.

[0017] Bevorzugt ist auch, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche parallel zueinander in verschiedenen, zueinander parallelen Ebenen soweit versetzt zueinander angeordnet sind, und dass ein senkrecht zu den Pixeloberflächen liegender Abstand zwischen den beiden Flüssigkristallelementbereichen genauso groß ist wie ein mittlerer Abstand des Umlenkspiegels vom Strahlteiler.

[0018] Bevorzugt ist auch, dass die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche einen rechten Winkel miteinander einschließen, wobei eine Oberfläche des Flüssigkristallmatrixelementbereichs einer ersten Seite des Strahlteilers zugewandt ist und wobei eine Oberfläche des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs einer zweiten Oberfläche des Strahlteilers zugewandt ist.

[0019] Bevorzugt ist auch, dass die Flüssigkristallmatrixelementbereiche so angeordnet sind, dass das vom Strahlteiler her einfallende Licht lotrecht auf die Flüssigkristallmatrixelementbereiche einfällt und damit auch lotrecht reflektiert wird.

[0020] Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich durch eine Projektionsoptik aus, die im Strahlengang des von den Flüssigkristallmatrixelementbereichen reflektierten Lichtes hinter dem Strahlteiler angeordnet ist.

[0021] Bevorzugt ist auch, dass ein strahlteilerseitiger Brennpunkt der Projektionsoptik in der Nähe der Oberflächen der Flüssigkristallmatrixelementbereiche liegt.

[0022] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass ein erstes optisches Element zwischen der Lichtquelle und dem Strahlteiler angeordnet ist, und dass das erste optische Element dazu eingerichtet ist, von der Lichtquelle ausgehendes Licht zu parallelisieren.

[0023] Ferner ist bevorzugt, dass das erste optische

Element eine Linse, ein Reflektor oder eine katadioptrische Vorsatzoptik ist.

[0024] Bevorzugt ist auch, dass der polarisierende Strahlteiler aus zwei prismatischen Hälften besteht.

[0025] Bevorzugt ist auch, dass der Strahlteiler ein Dünnschichtpolarisator ist.

[0026] Weitere Vorteile ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

[0027] 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.

[0028] 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 das technische Umfeld der Erfindung in Form eines Scheinwerfers eines Kraftfahrzeugs;

Figur 2 Einzelheiten eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Scheinwerfers;

Figur 3 Einzelheiten eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Scheinwerfers;

Figur 4 Einzelheiten eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Scheinwerfers; und

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel mit einem Reflektor als Projektionsoptik.

[0029] Im Einzelnen zeigt die Figur 1 einen Scheinwerfer 10 eines Kraftfahrzeugs. Der Scheinwerfer 10 weist ein Gehäuse 12 auf, dessen Lichtaustrittsöffnung von einer transparenten Abdeckscheibe 14 abgedeckt wird. Im Inneren des Gehäuses 12 befindet sich ein Lichtmodul 16 und ein Steuergerät 18.

[0030] Das Steuergerät 18 ist dazu eingerichtet, insbesondere dazu programmiert, die Funktion des Lichtmoduls 16 in Abhängigkeit von Signalen eines Fahrerwunschgebers 20 oder eines übergeordneten Lichtsteuergeräts 22 des Kraftfahrzeugs zu steuern. Der Fahrerwunschgeber 20 ist zum Beispiel ein Lichtschalter des Kraftfahrzeugs.

[0031] Die Figur 2 zeigt Einzelheiten eines Merkmals der Erfindung aufweisenden Lichtmoduls 16 eines erfindungsgemäßen Scheinwerfers. Das Lichtmodul 16 weist eine Lichtquelle 24, einen polarisierenden Strahlteiler 26, einen ersten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereich 28, einen zweiten reflektierenden Flüssig-

kristallmatrixelementbereich 30, und eine Projektionsoptik 32 auf.

[0032] Die Lichtquelle 24 weist bevorzugt wenigstens eine, bevorzugt jedoch mehrere Leuchtdioden auf. Die Leuchtdioden geben Licht weißer Farbe ab, wie es für Kraftfahrzeugscheinwerfer zulässig ist.

[0033] Ein von der Lichtquelle 24 ausgehendes Lichtbündel 25 aus unpolarisiertem Licht wird bevorzugt zunächst von einem ersten optischen Element 27 parallelisiert. Das erste optische Element 27 ist bevorzugt als Linse oder als Reflektor oder als katadioptrische Vorsatzoptik verwirklicht. Das von dem ersten optischen Element 27 ausgehende parallelisierte Lichtbündel 29 fällt auf den polarisierenden Strahlteiler 26 ein. Das erste optische Element 27 befindet sich zwischen der Lichtquelle 24 und dem Strahlteiler 26.

[0034] Der Strahlteiler 26 ist hier schematisch als Strahlteilerwürfel dargestellt, der aus zwei prismatischen Hälften besteht, die in der Zeichnungsebene jeweils die Form eines rechtwinkligen und gleichseitigen Dreiecks besitzen und die längs ihrer dem jeweiligen rechten Winkel gegenüberliegenden Basisflächen zu einem Würfel zusammengesetzt sind. Die Basisflächen eines solchen Würfels sind dann die strahlteilenden Flächen 31. Abweichend von dieser Ausgestaltung ist der Strahlteiler 26 bevorzugt ein Dünnschichtpolarisator.

[0035] In der Figur 2 erscheinen die strahlteilenden Flächen 31 des Strahlteilers 26 als Linie, die in einer p-z-Ebene eines rechtwinklig-rechtshändigen Koordinatensystems 34 liegt. Das Koordinatensystem 34 weist eine s-Achse, eine p-Achse und eine z-Achse auf, wobei die Achsen orthogonal zueinander sind. Die Form und Lage der strahlteilenden Fläche 31 ergibt sich bei dieser Darstellung durch Verschiebung der die strahlteilende Fläche 31 darstellenden Linie in der S-Richtung.

[0036] Eine Lichteinfallsebene, in der letztlich von der Lichtquelle 24 ausgehendes Licht auf den Strahlteiler 26 einfällt, ist mit der Zeichnungsebene identisch und ist daher parallel zu einer p-z-Ebene. Eine solche Lichteinfallsebene wird von der Richtung des einfallenden Strahls und dem Lot der ebenen Fläche, auf die der Strahl einfällt, definiert.

[0037] Das einfallende, unpolarisierte Licht 29 weist einen ersten Anteil auf, der parallel zu der p-z-Lichteinfallsebene polarisiert ist. Dieser Anteil wird im Folgenden auch als p-Anteil bezeichnet. Seine Polarisationsrichtung liegt in der Zeichnungsebene.

[0038] Das einfallende, unpolarisierte Licht 29 weist darüber hinaus einen zweiten Anteil auf, der senkrecht zu der p-z-Lichteinfallsebene polarisiert ist. Dieser Anteil wird im Folgenden auch als s-Anteil bezeichnet. Seine Polarisationsrichtung steht senkrecht auf der Zeichnungsebene.

[0039] Der polarisierende Strahlteiler 26 hat die Eigenschaft, für einen der beiden Anteile transparent zu sein und den anderen Anteil zu reflektieren. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit soll im Folgenden davon ausgegangen werden, dass der polarisierende Strahlteiler 26

für den p-Anteil transparent ist und den s-Anteil reflektiert. Das bedeutet, dass der p-Anteil durch die strahlteilenden Flächen 31 hindurchtritt und dass der s-Anteil an den strahlteilenden Flächen 31 reflektiert wird. In einer alternativen Ausgestaltung ist der polarisierende Strahlteiler 26 für den s-Anteil transparent und reflektiert den s-Anteil.

[0040] Der polarisierende Strahlteiler 26 teilt das letztlich von der Lichtquelle 24 her direkt oder, wenn ein erstes optisches Element 27 vorhanden ist, über das erste optische Element 27 einfallende Licht 29 in ein erstes Teilbündel 36 und ein zweites Teilbündel 38 auf.

[0041] Das Licht des ersten Teilbündels 36 weist eine erste Polarisationsrichtung (hier parallel zur Einfallsebene, daher als p-Richtung bezeichnet) und eine erste Hauptpropagationsrichtung auf. Dieses Teilbündel 36 tritt durch die strahlteilenden Flächen 31 hindurch. Die erste Hauptpropagationsrichtung weist zu dem ersten Flüssigkristallmatrixelementbereich 28, der damit mit dem p-Anteil beleuchtet wird.

[0042] Das Licht des zweiten Teilbündels 38 weist eine zweite Polarisationsrichtung (hier senkrecht zur Einfallsebene, daher als s-Richtung bezeichnet) und eine zweite Hauptpropagationsrichtung auf. Dieses Teilbündel 38 wird an den strahlteilenden Flächen reflektiert. Nach der Reflexion weist die zweite Hauptpropagationsrichtung zu dem zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereich 30, der damit mit dem s-Anteil beleuchtet wird.

[0043] Der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich 28 ist in dem ersten Teilbündel 36 so angeordnet, dass er vom Strahlteiler 26 her einfallendes Licht zum Strahlteiler 26 zurückreflektiert. Der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich 28 ist also senkrecht zum einfallenden Teilbündel 36 ausgerichtet. Der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 30 ist in dem zweiten Teilbündel 38 so angeordnet, dass er vom Strahlteiler 26 her einfallendes Licht zum Strahlteiler 26 zurückreflektiert. Der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 30 ist also senkrecht zum einfallenden Teilbündel 38 ausgerichtet. Jeder Flüssigkristallmatrixelementbereich 28, 30 ist bevorzugt als LCoS-Bauelement (LCoS = Liquid Crystal on Silicon) oder Teilbereich eines zusammenhängenden LCoS-Bauelements verwirklicht.

[0044] Der Einfluss des ersten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereichs 30 auf die Polarisationsrichtung des an ihm reflektierten Lichtes ist vom Steuergerät 18 pixelweise steuerbar. Durch den Steuerungseingriff wird die Polarisationsrichtung des reflektierten Strahls mehr oder weniger gedreht. In der Figur 2 weist der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich 28 in der p-Richtung 10 Pixel auf, so dass sich bei gleicher Pixelzahl in der s-Richtung eine Zahl von 100 Pixeln ergeben würde. In der Realität kann die Zahl der Pixel auch wesentlich höher sein und in der Größenordnung von mehreren hunderttausend liegen.

[0045] Analog dazu ist auch der Einfluss des zweiten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereichs 30 auf die Polarisationsrichtung des an ihm reflektierten

Lichtes vom Steuergerät 18 pixelweise steuerbar. In der Figur 2 weist der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 30 in der z-Richtung 10 Pixel auf, so dass sich bei gleicher Pixelzahl in der s-Richtung eine Zahl von 100 Pixeln ergeben würde. Auch hier gilt, dass die Zahl der Pixel in der Realität wesentlich größer sein kann. Diese Zahl wird im Allgemeinen der Zahl der Pixel des ersten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 28 entsprechen.

[0046] An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Reflexionsgrad der Flüssigkristallmatrixelementbereiche zusätzlich vom Einfallswinkel des auf die Pixel auftreffenden Lichtes abhängig ist. Aus diesem Grunde ist die mit dem ersten optischen Element 27 erzielte Parallelisierung vorteilhaft, da sie dazu führt, dass die Lichtstrahlen eines Bündels jeweils mit dem gleichen Einfallswinkel auf die Pixel auftreffen. Der Auftreffwinkel zum Lot ist dabei bevorzugt Null Grad. Dann ergibt sich zwanglos eine Richtungsumkehr bei der in den Pixeln erfolgenden Reflexion, die das in den Pixeln reflektierte Licht ohne weitere Umlenkungen wieder zu dem Strahlteiler zurückführt.

[0047] Für die folgende Erläuterung wird angenommen, dass die gekreuzt dargestellten Pixel vom Steuergerät so angesteuert werden, dass sie die Polarisation des auf sie einfallenden Lichtes um 90° drehen, so dass auf diese Pixel einfallendes Licht, das in p-Richtung polarisiert ist, aus den mit Kreuzen versehenen Pixeln als in s-Richtung polarisiertes Licht austritt. Analog soll für die gekreuzt dargestellten Pixel gelten, dass auf die Pixel einfallendes Licht, das in s-Richtung polarisiert ist, aus diesen Pixeln als in p-Richtung polarisiertes Licht austritt.

[0048] Die nicht gekreuzt dargestellten Pixel sollen dagegen die Polarisationsrichtung nicht verändern, so dass die Polarisationsrichtung des aus diesen Pixeln austretenden Lichtes der Polarisationsrichtung des auf diese Pixel einfallenden Lichtes entspricht.

[0049] Im Ergebnis führt dies dazu, dass das an den gekreuzt dargestellten Pixeln des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 30 reflektierte Licht, das zum Strahlteiler 26 zurückreflektiert wird, dort als in p-Richtung polarisiertes Licht auftritt und als solches vom Strahlteiler in p-Richtung transmittiert wird.

[0050] Analog dazu trifft das an den gekreuzt dargestellten Pixeln des ersten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 28 reflektierte Licht, das direkt zum Strahlteiler zurückreflektiert wird, dort als in s-Richtung polarisiertes Licht auf und wird als solches vom Strahlteiler in die p-Richtung reflektiert. Die beiden Lichtanteile werden also vom Strahlteiler 26 wieder zu einem Lichtbündel zusammengeführt. Dieses Lichtbündel wird bevorzugt von einer Projektionsoptik 32 in eine vor dem Scheinwerfer liegende Beleuchtungszone verteilt.

[0051] Die in der Figur 2 nicht gekreuzt dargestellten Pixel der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 sind Pixel, die vom Steuergerät 18 so angesteuert werden, dass sie die Polarisation des dort auftreffenden Lichtes nicht drehen. Das hat zur Folge, dass die an den nicht gekreuzt dargestellten Pixeln des ersten Flüssig-

kristallmatrixelementbereichs 28 reflektierten Strahlen in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einer p-Polarisierung auf den Strahlteiler auftreffen und daher nach der Reflexion am ersten Flüssigkristallmatrixelementbereich 28 in Richtung der Lichtquelle 24 transmittiert werden. Diese Lichtstrahlen tragen also nicht zu der Lichtverteilung in der Beleuchtungszone vor dem Scheinwerfer bei.

[0052] Analog dazu werden die an den nicht gekreuzt dargestellten Pixeln des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 30 reflektierten Strahlen in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einer s-Polarisierung auf den Strahlteiler 26 auftreffen und daher in Richtung der Lichtquelle 24 reflektiert werden. Auch diese Lichtstrahlen tragen also nicht zu der Lichtverteilung in der Beleuchtungszone vor dem Scheinwerfer bei.

[0053] Ein strahlteilerseitiger Brennpunkt der Projektionsoptik 32 liegt bevorzugt in der Nähe der Oberflächen der Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30. Unter einer Nähe wird dabei ein Abstand des Brennpunktes zu den Oberflächen 28, 30 verstanden, der zwischen 0 und 10% der Brennweite der Projektionsoptik 32 beträgt. Dann bildet die Projektionsoptik 32 das sich dort in der Umgebung des Brennpunktes einstellende Beleuchtungsmuster des vom Strahlteiler 26 zur Projektionsoptik transmittierten Lichtanteils als Lichtverteilung in die genannte Beleuchtungszone ab. Das sich in der Beleuchtungszone vor dem Scheinwerfer einstellende Beleuchtungsmuster ist daher durch eine Ansteuerung der Pixel mit einer durch die Pixelgröße gegebenen Feinheit formbar.

[0054] Durch eine Änderung einer Ansteuerung der Pixel durch das Steuergerät 18 lassen sich daher verschiedene Lichtverteilungen mit steuerbar verteilten hellen und dunklen Bereichen in der Beleuchtungszone vor dem Scheinwerfer erzeugen. Da die beiden verschiedenen polarisierten Anteile von dem Strahlteiler 26 wieder zu einem Bündel vereinigt werden, besteht die sich in der Beleuchtungszone einstellende Lichtverteilung im Wesentlichen aus unpolarisiertem Licht. Dies setzt voraus, dass das räumliche Muster der Pixelansteuerung bei beiden Flüssigkristallmatrixelementbereichen gleich oder zumindest ähnlich ist.

[0055] Der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 30 ist dabei bevorzugt so angeordnet, dass seine Pixeloberfläche senkrecht zu dem vom Strahlteiler 26 her ausgehenden und ohne Umlenkung auf ihn einfallenden Licht ausgerichtet ist. Darüber hinaus ist der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 30 bevorzugt so angeordnet, dass der Abstand seiner Pixeloberfläche vom Strahlteiler 26 genauso groß ist wie der Abstand der Pixeloberfläche des ersten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 28 vom Strahlteiler 26.

[0056] Dann ergeben sich bei diesem Ausführungsbeispiel gleiche Vergrößerungsfaktoren für die durch die Projektionsoptik 32 erfolgende Abbildung der Pixeloberflächen des ersten Flüssigkristallmatrixelementbereichs und des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs.

[0057] Im Unterschied zu einem weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispiel benötigt dieses Ausführungsbeispiel keinen Umlenkspiegel zwischen einem der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 und dem Strahlteiler 26. Allerdings benötigt dieses Ausführungsbeispiel zwei verschiedene Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteile, da die Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 nicht in einer einzigen Ebene angeordnet sind und daher nicht als Teilbereiche eines einzigen Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteils verwirklicht werden können.

[0058] In einer bevorzugten Ausgestaltung weist das von der Lichtquelle 24 her auf den Strahlteiler 26 auftreffende weiße Licht quer zu seiner Ausbreitungsrichtung ein Intensitätsprofil mit einem Maximum auf, das im Bereich einer mittleren Abstrahlrichtung liegt und das zu den Seiten hin, also mit zunehmendem Abstand von der mittleren Abstrahlrichtung, kontinuierlich niedriger wird. Dadurch ergibt sich in der letztlich in einer vom Scheinwerfer beleuchteten Beleuchtungszone vor dem Kraftfahrzeug ein zu den Seiten weich, d.h. ohne scharfe Hell-Dunkel-Grenze auslaufende Helligkeit, was die Bildung einer für Kraftfahrzeuge üblichen Lichtverteilung begünstigt.

[0059] Prinzipiell ist es erwünscht, dass die Projektionsoptik 32 die Oberfläche der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 und deren Pixel scharf und möglichst positionsgenau überlappend in die Beleuchtungszone abbildet, so dass das Bild von jedem Pixel möglichst weitgehend durch unpolarisiertes Licht beleuchtet wird.

[0060] Die Figur 3 zeigt Einzelheiten eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Scheinwerfers. Bei dem Gegenstand der Figur 3 erfolgt die Beleuchtung des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs 30 über einen Spiegel 39. Der Spiegel 39 ist bevorzugt so ausgestaltet, dass er beide Polarisationsrichtungen s und p gleich gut reflektiert und die beiden Polarisationsrichtungen bei der Reflexion nicht verändert. Die Abstände der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28 und 30 von der Projektionsoptik 32 sind bei dem Gegenstand der Figur 3 verschieden voneinander.

[0061] Im Allgemeinen liegt dann der strahlteilerseitige Brennpunkt der Projektionsoptik 32 näher an einem der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 als an dem jeweils anderen Flüssigkristallmatrixelementbereich 30, 28. Als Folge ergeben sich für die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 unterschiedliche Gegenstandsweiten und damit auch leicht unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren bei der durch die Projektionsoptik 32 erfolgenden Abbildung.

[0062] Da Flüssigkristallmatrixelementbereiche und insbesondere LCoS-Bereiche eine sehr große Zahl von Pixeln besitzen (z.B. mehrere hunderttausend), kann dieser unerwünschte Effekt unterschiedlicher Vergrößerungsfaktoren durch ein Anpassen der Objektgröße auf den Flüssigkristallmatrixelementbereichen kompensiert

werden.

[0063] Für eine Erläuterung der Kompensation soll zunächst angenommen werden, dass der in der Figur 3 näher an der Projektionsoptik 32 liegende erste Flüssigkristallmatrixelementbereich 28 ohne kompensierende Maßnahmen mit einem größeren Vergrößerungsfaktor in die Beleuchtungszone abgebildet werden würde als der weiter von der Projektionsoptik 32 entfernt liegende zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich 38.

[0064] Figur 4 veranschaulicht die Abbildung der Oberfläche der Flüssigkristallmatrixelementbereiche in die vor dem Fahrzeug liegenden Beleuchtungszone des Scheinwerfers. Die Figur 4 zeigt links in dem Figurenteil a) die Oberflächenbereiche 28', 30' der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30, in denen die Polarisation gedreht wird, in der p-s-Ebene und rechts im Figurenteil b) die Überlappung ihrer beiden Bilder 28'', 30'' nach ihrer durch die Projektionsoptik 32 erfolgenden Abbildung in die Beleuchtungszone. In dem in der Beleuchtungszone liegenden Bildbereich soll zum Beispiel ein rechteckiger Bereich positionsgenau überlappend mit Beiträgen 28'', 30'' beider Polarisationsrichtungen beleuchtet werden.

[0065] Dazu werden die einzelnen Pixel der Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 so geschaltet, dass die Polarisation in dem äußeren Bereich nicht gedreht wird und in den inneren Bereichen gedreht wird. Der äußere Bereich ist in der Figur 4 jeweils die Differenz der Flächen 30 und 30' sowie 28 und 28'. Nur Licht aus den Bereichen, in denen die Polarisation gedreht wird, wird vom Strahlteiler zur Projektionsoptik durchgelassen oder reflektiert. Derjenige Flüssigkristallmatrixelementbereich, der mit dem größeren Vergrößerungsfaktor in die Beleuchtungszone abgebildet wird, wird durch eine entsprechende Ansteuerung seiner äußeren Pixel auf dem Flüssigkristallmatrixelementbereich verkleinert. Im dargestellten Beispiel ist dies der Flüssigkristallmatrixelementbereich 28.

[0066] Die dann resultierenden Bereiche 28', 30' unterschiedlicher Größe auf den Flüssigkristallmatrixelementbereichen werden dann durch die Projektionsoptik so abgebildet, dass ihre Bilder 28'', 30'' in der Beleuchtungszone positionsgenau überlappend miteinander verschmelzen.

[0067] Für den Fall, dass eine polarisierte Lichtverteilung in der Beleuchtungszone erzeugt werden soll, kann der Polarisationsgrad dieser Lichtverteilung durch elektronische Ansteuerung der Pixel der Flüssigkristallmatrixelementbereiche angepasst werden. Werden zum Beispiel die Pixel eines der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 so geschaltet, dass das von ihnen reflektierte Licht vom Strahlteiler nicht zu der Projektionsoptik gerichtet wird, ergibt sich durch den jeweils anderen der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche eine nahezu einhundertprozentig polarisierte Lichtverteilung.

[0068] Das Ausführungsbeispiel nach der Figur 3 benötigt einen Umlenkspiegel 39 zwischen einem der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 und

dem Strahlteiler 26. Dieser prinzipielle Nachteil geht aber mit dem Vorteil einher, dass dieses Ausführungsbeispiel keine zwei verschiedenen Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteile benötigt, da die Flüssigkristallmatrixelementbereiche hier in einer einzigen Ebene angeordnet sind und daher als Teilbereiche eines einzigen Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteils verwirklicht werden können.

[0069] Die unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren, die bei diesem Beispiel aus den unterschiedlichen optischen Weglängen zwischen der Projektionsoptik 32 auf der einen Seite und jeweils einem der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 auf der anderen Seite resultieren, können durch eine Anordnung der beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 in zueinander versetzten Ebenen vermieden werden.

[0070] In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die beiden Flüssigkristallelementbereiche dazu in verschiedenen Ebenen mit parallel zueinander angeordneten Pixeloberflächen angeordnet. Dabei ist bevorzugt, dass ein senkrecht zu den Pixeloberflächen liegender Abstand zwischen den beiden Flüssigkristallelementbereichen genauso groß ist wie ein mittlerer Abstand des Umlenkspiegels 39 vom Strahlteiler 26. Die Pixeloberflächen der Flüssigkristallmatrixelementbereiche sind dann in der z-Richtung gerade soweit versetzt angeordnet, dass die optischen Weglängen des dort reflektierten Lichtes gleich sind. Bei dieser Festlegung des Abstands sind dann die beiden Flüssigkristallelementbereiche gleich weit von der Projektionslinse entfernt angeordnet. Als Folge werden beide Bereiche von der Projektionsoptik 32 mit gleichem Vergrößerungsfaktor in die vor dem Scheinwerfer liegende Beleuchtungszone abgebildet.

[0071] Allerdings benötigt dieses Ausführungsbeispiel dann zwei verschiedene Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteile, da die Flüssigkristallmatrixelementbereiche nicht in einer einzigen Ebene angeordnet sind und daher nicht als Teilbereiche eines einzigen Flüssigkristallmatrixelementbereichs-Bauteils verwirklicht werden können.

[0072] Bei dem in den Figur 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Projektionsoptik 32 eine Projektionslinse, die in diesen Figuren durch ihre gestrichelt dargestellte Hauptebene repräsentiert wird.

[0073] Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem an Stelle der Projektionslinse ein Reflektor 40 als Projektionsoptik 32 verwendet wird.

Patentansprüche

1. Kraftfahrzeugscheinwerfer (10) mit einer Lichtquelle (24), einem polarisierenden Strahlteiler (26), der in einem von der Lichtquelle (24) ausgehenden Lichtbündel (25) angeordnet ist und der das von der Lichtquelle (24) her einfallende Licht in ein erstes Teilbündel (36) und ein zweites Teilbündel (38) aufteilt, wobei das Licht des ersten Teilbündels (36) eine ers-

te Polarisationsrichtung aufweist und eine erste Hauptpropagationsrichtung aufweist, und wobei das Licht des zweiten Teilbündels (38) eine zweite Polarisationsrichtung und eine zweite Hauptpropagationsrichtung aufweist, und mit einem ersten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereich (28), dessen Einfluss auf die Polarisationsrichtung des an ihm reflektierten Lichtes steuerbar ist, und mit einem zweiten reflektierenden Flüssigkristallmatrixelementbereich (30) dessen Einfluss auf die Polarisationsrichtung des an ihm reflektierten Lichtes steuerbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich (28) in dem ersten Teilbündel (36) so angeordnet ist, dass er vom Strahlteiler (26) her einfallendes Licht zum Strahlteiler (26) zurückreflektiert, und dass der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich (30) in dem zweiten Teilbündel (38) so angeordnet ist, dass er vom Strahlteiler (26) her einfallendes Licht zum Strahlteiler (26) zurückreflektiert.

2. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) parallel zueinander ausgerichtet sind, und dass zwischen dem zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereich (30) und dem Strahlteiler (26) ein Umlenkspiegel (39) angeordnet ist.
3. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) in derselben Ebene angeordnet sind.
4. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) aneinander angrenzen und zu demselben Bauelement gehören.
5. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Pixel der Flüssigkristallmatrixelementbereiche 28, 30 so angesteuert werden, dass die Polarisation des an ihnen reflektierten Lichtes in einem äußeren Bereich nicht gedreht wird und in einem inneren Bereich (28', 30') gedreht wird und dass derjenige innere Bereich (28'), der mit dem einem größeren Vergrößerungsfaktor in eine Beleuchtungszone des Scheinwerfers abgebildet wird, kleiner ist als derjenige innere Bereich (30'), der mit dem einem größeren Vergrößerungsfaktor in eine Beleuchtungszone des Scheinwerfers abgebildet wird.
6. Scheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Flüssigkristallmatrixelementbereich (28) zu einem ersten Bauelement gehört, und der zweite Flüssigkristallmatrixelementbereich (30) zu einem zwei-

ten, vom ersten Bauelement separaten Bauelement gehört.

7. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) parallel zueinander in verschiedenen, zueinander parallelen Ebenen versetzt zueinander angeordnet sind. 5
8. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) parallel zueinander in verschiedenen, zueinander parallelen Ebenen so weit versetzt zueinander angeordnet sind, dass ein senkrecht zu den Pixeloberflächen liegender Abstand zwischen den beiden Flüssigkristallelementbereichen genauso groß ist wie ein mittlerer Abstand des Umlenkspiegels (39) vom Strahlteiler (26). 10 15
9. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) einen rechten Winkel miteinander einschließen, wobei eine Oberfläche des Flüssigkristallmatrixelementbereichs (28) einer ersten Seite des Strahlteilers (26) zugewandt ist und wobei eine Oberfläche des zweiten Flüssigkristallmatrixelementbereichs (30) einer zweiten Oberfläche des Strahlteilers (26) zugewandt ist. 20 25
10. Scheinwerfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass die Flüssigkristallmatrixelementbereiche so angeordnet sind, dass das vom Strahlteiler her einfallende Licht lotrecht auf die Flüssigkristallmatrixelementbereiche einfällt und damit auch lotrecht reflektiert wird. 30 35
11. Scheinwerfer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Projektionsoptik, die im Strahlengang des von den Flüssigkristallmatrixelementbereichen reflektierten Lichtes hinter dem Strahlteiler angeordnet ist. 40
12. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein strahlteilerseitiger Brennpunkt der Projektionsoptik (32) in der Nähe der Oberflächen der Flüssigkristallmatrixelementbereiche (28, 30) liegt. 45
13. Scheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erstes optisches Element (27) zwischen der Lichtquelle (24) und dem Strahlteiler (26) angeordnet ist, und dass das erste optische Element (27) dazu eingerichtet ist, von der Lichtquelle (24) ausgehendes Licht zu parallelisieren. 50 55
14. Scheinwerfer (10) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste optische Element

(27) eine Linse, ein Reflektor oder eine katadioptrische Vorsatzoptik ist.

15. Scheinwerfer (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der polarisierende Strahlteiler (26) aus zwei prismatischen Hälften besteht.
16. Scheinwerfer (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strahlteiler (26) ein Dünnschichtpolarisator ist.

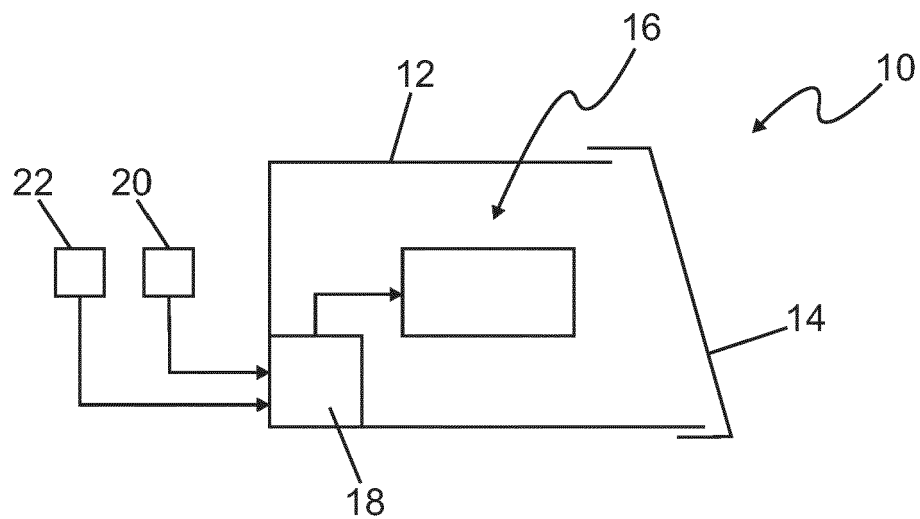


Fig. 1

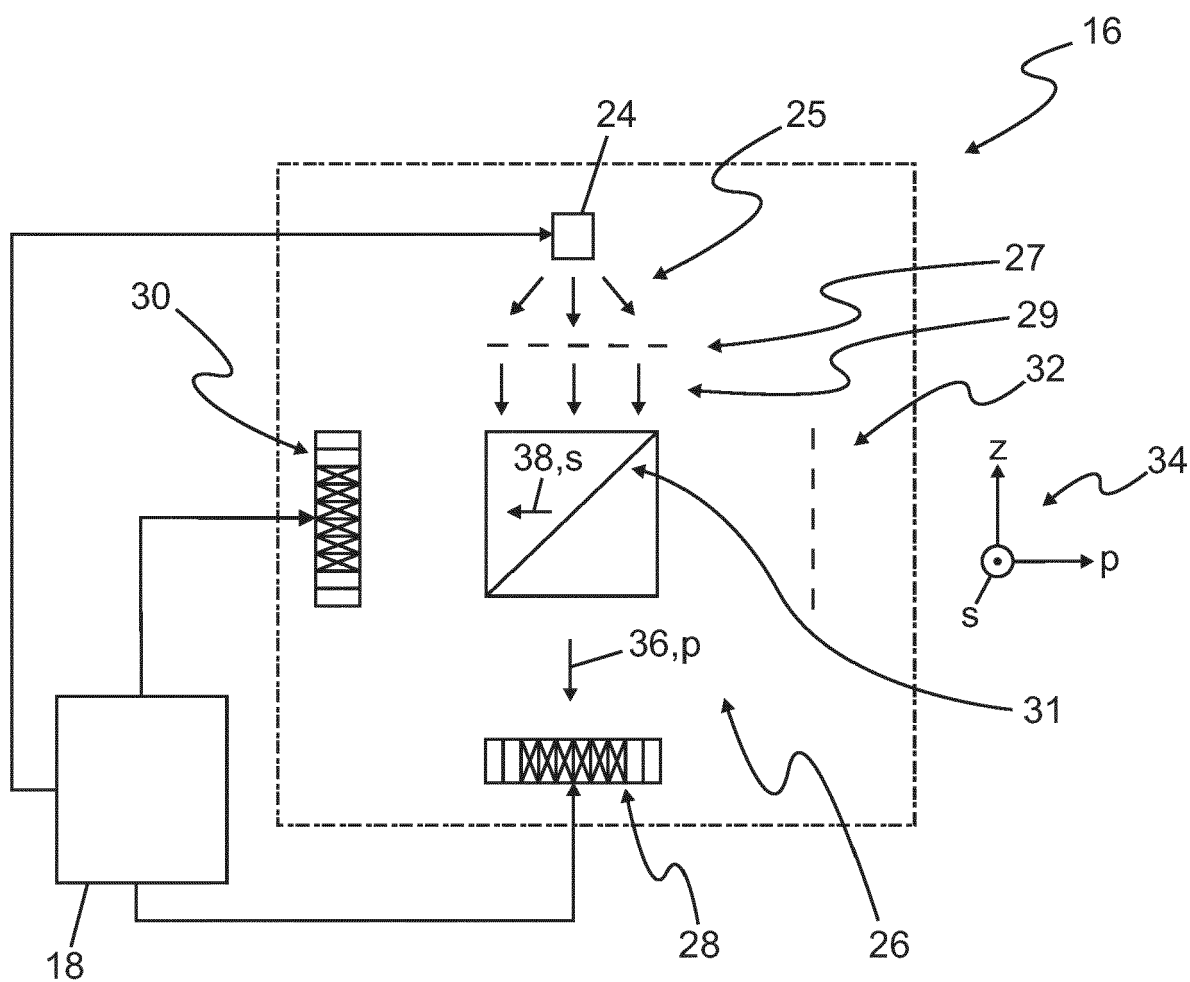


Fig. 2

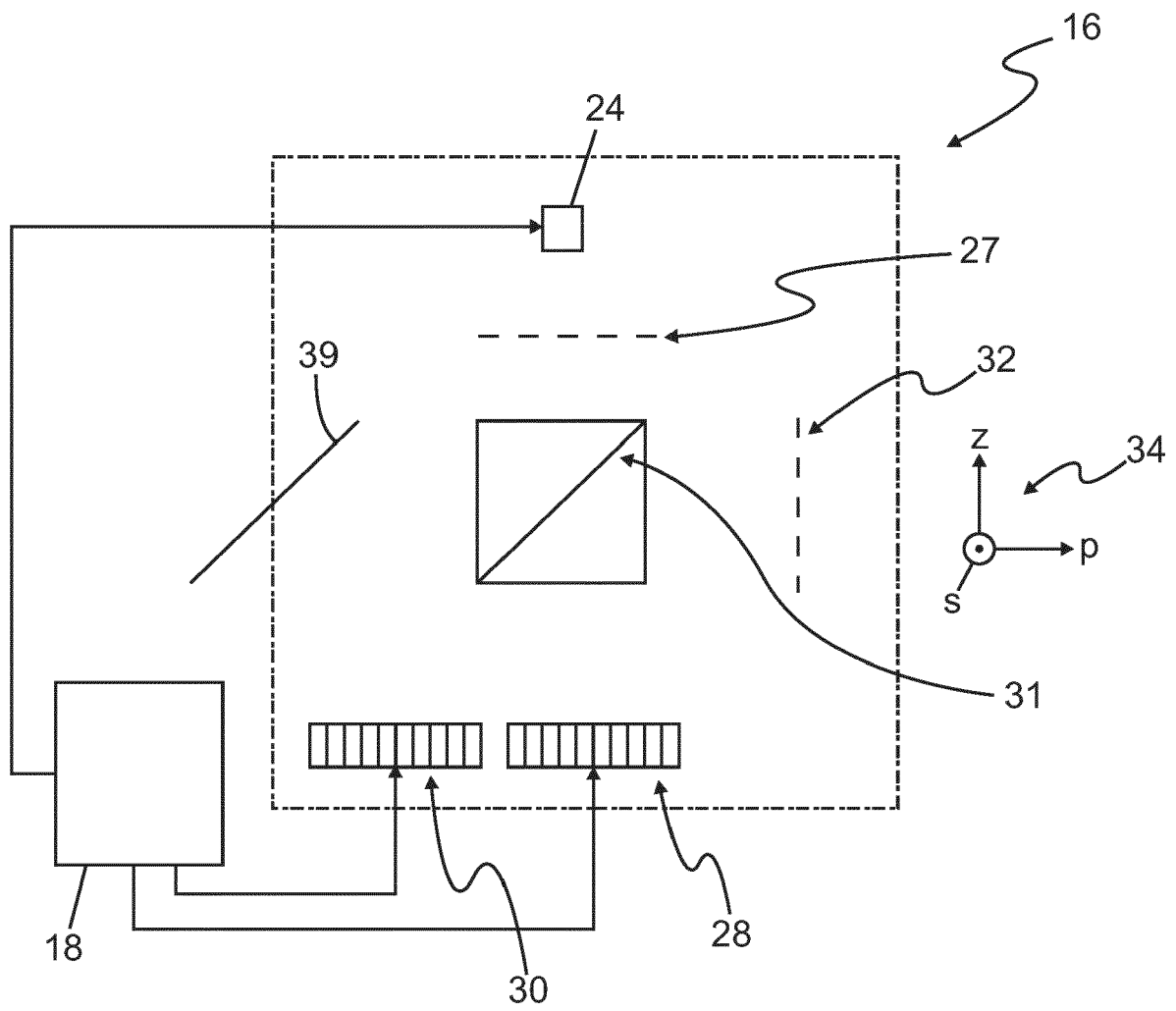


Fig. 3

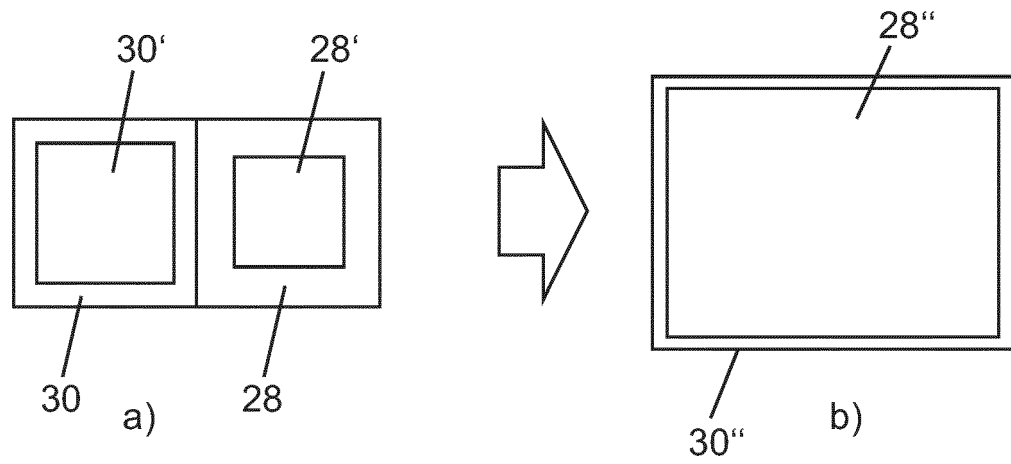


Fig. 4

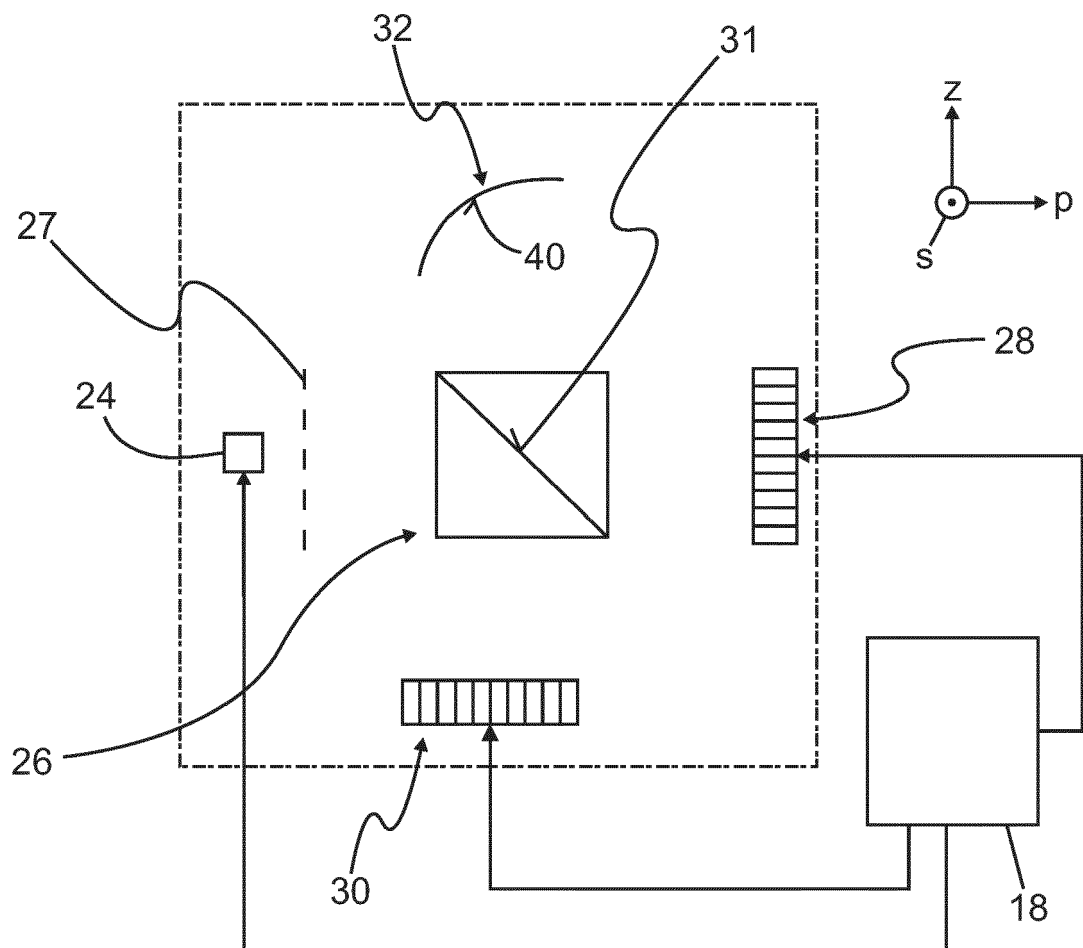


Fig. 5

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 102013113807 A1 [0002] [0004] [0006] [0007] [0009]
- EP 2813395 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Optical Imaging and Metrology. Wiley-VCH Verlag, 2012 [0009]