



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 212 436.5**
(22) Anmeldetag: **16.07.2012**
(43) Offenlegungstag: **16.01.2014**

(51) Int Cl.: **F21S 2/00** (2012.01)
F21V 9/10 (2012.01)
F21V 9/14 (2013.01)

(71) Anmelder:
OSRAM GmbH, 80807, München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2012 / 0 081 674 A1
JP 2012- 123 179 A

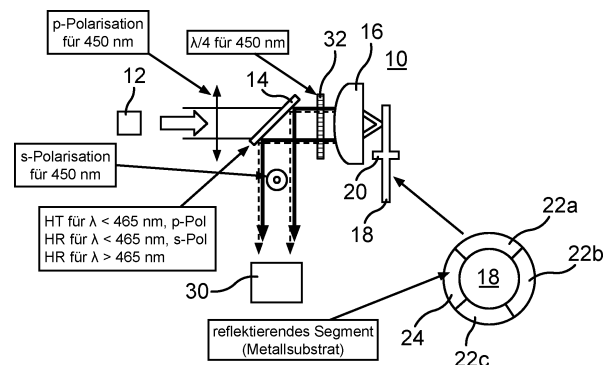
(72) Erfinder:
Mehl, Oliver, 14167, Berlin, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Lichtmodul für eine Projektionsvorrichtung und Verfahren zur Generierung des Blauanteils in einem Lichtmodul für eine Projektionsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul (10) für eine Projektionsvorrichtung umfassend eine Laservorrichtung (12), die ausgelegt ist, linear polarisierte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich abzugeben, ein Leuchtrad (18), das im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung angeordnet ist, einen ersten Strahlteiler (14), der im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen der Laservorrichtung (12) und dem Leuchtrad (18) angeordnet ist sowie eine Fokussiervorrichtung (16), die im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler (14) und dem Leuchtrad (18) angeordnet ist, wobei das Lichtmodul (10) weiterhin mindestens eine Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) umfasst, die ausgelegt ist, die Polarisation einer sie zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufenden Strahlung um 90° zu drehen, wobei der erste Strahlteiler (14) derart angeordnet ist, dass er sich weiterhin im Strahlengang von Strahlung im blauen Wellenlängenbereich befindet, die die Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufen hat.



Beschreibung

[0001] Lichtmodul für eine Projektionsvorrichtung und Verfahren zur Generierung des Blauanteils in einem Lichtmodul für eine Projektionsvorrichtung

Technisches Gebiet

[0002] Die Erfindung betrifft ein Lichtmodul für eine Projektionsvorrichtung umfassend eine Laservorrichtung, die ausgelegt ist, linear polarisierte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich abzugeben, ein Leuchtrad, das im Strahlengang der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung angeordnet ist, einen ersten Strahlteiler, der im Strahlengang der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung zwischen der Laservorrichtung und dem Leuchtrad angeordnet ist, sowie eine Fokussiervorrichtung, die im Strahlengang der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler und dem Leuchtrad angeordnet ist. Sie betrifft überdies ein Verfahren zur Generierung des Blauanteils in einem entsprechenden Lichtmodul.

Stand der Technik

[0003] In Projektoren, die zur Lichterzeugung Leuchtstoffe verwenden, beispielsweise LARP (Laser Activated Remote Phosphor), werden üblicherweise Leuchtstoffräder eingesetzt. In LARP-Konzepten, die Linsensysteme zur Einsammlung des konvertierten und des Pumplichts verwenden, ist ein aufwändiger Strahlengang für das Recycling der blauen Strahlenanteile notwendig. Dies liegt daran, dass die Gesamtkosten eines derartigen Lichtmoduls überwiegend in der Bereitstellung des blauen Laserlichts begründet sind.

[0004] Deshalb ist man bestrebt, nur eine Lichtquelle sowohl zum Pumpen als auch zur Bereitstellung des blauen Kanals zu verwenden. Blaues Licht, das auf keinen Phosphor trifft, wird deshalb wieder dem ursprünglichen Strahl zugeführt. Durch die Verwendung nur einer Lichtquelle für den blauen Kanal lassen sich auch wesentlich kompaktere Lichtmodule herstellen.

[0005] Fig. 1 zeigt in diesem Zusammenhang ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren zur Adressierung dieses Problems, welches unter der Bezeichnung „Wrap-Around“ bekannt ist. Das Lichtmodul als Gesamtes ist dabei mit **10** bezeichnet. Es umfasst eine Laservorrichtung **12**, die ausgelegt ist, linear polarisierte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich abzugeben. Diese durchläuft einen ersten Strahlteiler **14**, der ausgebildet ist, Strahlung in einem Wellenlängenbereich <465 nm durchzulassen (HT = hochtransmittiv) und Strahlung in einem Wellenlängenbereich >465 nm zu reflektieren (HR = hochreflektierend). Die von der Laservorrichtung **12** abgege-

bene Strahlung durchläuft daher den Spiegel **14** und trifft auf eine Fokussiervorrichtung **16**, die zwischen dem Strahlteiler **14** und dem Leuchtrad **18** angeordnet ist.

[0006] Im Lichtmodul **10** ist das Leuchtrad **18** in Seitenansicht zu sehen, während es in Fig. 1 rechts unten in Draufsicht zu sehen ist. Das Leuchtrad **18** ist an einer Achse **20** drehbar gelagert und weist vorliegend einen Bereich **22a** auf, der mit einem Phosphor beschichtet ist, der die auf ihn auftreffende Strahlung im blauen Wellenlängenbereich in den roten Wellenlängenbereich konvertiert. Ein Bereich **22b** umfasst einen Phosphor, der ausgelegt ist, die auf ihn auftreffende Strahlung im blauen Wellenlängenbereich in den grünen Wellenlängenbereich zu konvertieren, während ein Bereich **22c** mit einem Phosphor beschichtet ist, der ausgelegt ist, die auf ihn auftreffende Strahlung im blauen Wellenlängenbereich in den gelben Wellenlängenbereich zu konvertieren. Der Bereich **24** weist einen Schlitz auf, d.h. wenn dieser Bereich in dem Lichtmodul von Fig. 1 oben angeordnet ist, kann die Anregungsstrahlung das Leuchtrad **18** ungehindert passieren. Die von den Bereichen **22a**, **22b**, **22c** abgegebene Strahlung durchläuft die Fokussiervorrichtung **16** und trifft auf den Spiegel **14** auf. Aufgrund der geänderten Wellenlänge wird diese Strahlung nunmehr am Spiegel **14** reflektiert.

[0007] Die den geschlitzten Bereich **24** des Leuchtrads **18** durchlaufende Strahlung trifft hingegen auf eine Kollimationsvorrichtung **26** und anschließend seriell auf vorliegend drei Umlenkspiegel **28a**, **28b**, **28c**. Der letzte Umlenkspiegel **28c** lenkt die Strahlung auf den Strahlteiler **14**, den die Strahlung durchdringt, sodass die blauen Strahlungsanteile den von den Leuchtstoffen konvertierten Strahlungsanteilen überlagert und dann der Eingangsapertur **30** einer Projektionsengine **30** zugeführt werden.

[0008] Problematisch an dem in Fig. 1 dargestellten Lichtmodul **10** ist der dafür benötigte Raumbedarf. Insbesondere bei tragbaren Anwendungen ist es erwünscht, wenn das eingesetzte Lichtmodul möglichst wenig Bauraum beansprucht. Weiterhin nachteilig an dem in Fig. 1 dargestellten Lichtmodul ist der hohe Aufwand für die Montage der unterschiedlichen optischen Komponenten, der sich auch in unerwünscht hohen Herstellungskosten niederschlägt.

Darstellung der Erfindung

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein gattungsgemäßes Lichtmodul derart weiter zu bilden, dass es bei vergleichbaren optischen Leistungen weniger Bauraum beansprucht.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Lichtmodul mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie

durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 15.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass diese Aufgabe gelöst werden kann, wenn eine Polarisationsmanipulationsvorrichtung vorgesehen wird, die ausgelegt ist, die Polarisation einer sie zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufenden Strahlung um 90° zu drehen, wobei der erste Strahlteiler derart angeordnet wird, dass er sich nicht nur im Strahlengang der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung befindet, sondern auch in Strahlengang von Strahlung im blauen Wellenlängenbereich, die die Polarisationsmanipulationsvorrichtung zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufen hat. Auf diese Weise wird die Möglichkeit geschaffen, die von der Laservorrichtung abgegebene Strahlung im blauen Wellenlängenbereich von der zu recycelnden, nicht konvertierten Strahlung im blauen Wellenlängenbereich zu unterscheiden, insbesondere die jeweilige Strahlung in unterschiedliche Richtungen abzulenken, und zwar auf engstem Raum. Die unterschiedliche Polarisationsrichtung der eingehenden und der zu recycelnden, zurückreflektierten Strahlung ermöglicht eine polarisationsabhängige Unterscheidung und damit das Vorsehen unterschiedlicher Ausbreitungsrichtungen.

[0012] Auf diese Weise kann ein derartiges Lichtmodul mit äußerst geringen geometrischen Abmessungen realisiert werden, wodurch auch die entsprechende Projektionsengine mit besonders wenig Raumbedarf realisiert werden kann.

[0013] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der erste Strahlteiler derart angeordnet ist, dass der Einfallswinkel der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung zwischen 30° und 60° , bevorzugt zwischen 45° , beträgt. Auf diese Weise lässt sich eine besonders kompakte Bauform eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls realisieren.

[0014] Das Leuchtrad weist bevorzugt mindestens einen mit einem Phosphor beschichteten Sektor auf, wobei der mindestens eine Phosphor ausgelegt ist, bei Anregung durch Strahlung im blauen Wellenlängenbereich Strahlung in einem anderen Wellenlängenbereich zu emittieren. Mit Bezug auf **Fig. 1** kommen hier insbesondere Phosphore in Betracht, die die Strahlung im blauen Wellenlängenbereich umwandeln in Strahlung im roten, gelben oder grünen Wellenlängenbereich.

[0015] Besonders bevorzugt ist der erste Strahlteiler ausgebildet, die Strahlung unter einer vorgebbaren Wellenlänge und von der Polarisation, wie sie von der Laservorrichtung abgegeben wird, durchzulassen, und Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimal-

gem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren. Auf diese Weise kann allein der erste Strahlteiler dazu verwendet werden, Anregungsstrahlung von der Laservorrichtung in Richtung des Leuchtrads durchzulassen, Strahlung hingegen, die zu recyceln ist, d.h. nicht konvertiert wurde, in Richtung der Projektionsengine abzulenken.

[0016] In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn das Leuchtrad mindestens einen Sektor aufweist, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich zu reflektieren, wobei der erste Strahlteiler weiterhin ausgebildet ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren. Auf diese Weise wird nicht nur zu recycelnde Strahlung vom Strahlteiler abgelenkt, sondern auch die bereits vom jeweiligen Phosphor konvertierte Strahlung. Ein derartiges Lichtmodul erreicht mit einer minimalen Anzahl an optischen Komponenten die gewünschte optische Funktion.

[0017] Alternativ kann das Leuchtrad auch mindestens einen Sektor aufweisen, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich durchzulassen, wobei der erste Strahlteiler weiterhin ausgebildet ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren, wobei das Lichtmodul weiterhin einen Spiegel aufweist, der ausgebildet und angeordnet ist, Strahlung, die den mindestens einen Sektor passiert hat, auf den mindestens einen Sektor zurück zu reflektieren. Auf diese Weise treten weniger hohe Leistungsdichten auf der Substratoberfläche des Leuchtrads auf, wodurch eine Verlängerung seiner Lebensdauer erreicht werden kann. Weiterhin wird eine individuelle Justage des blauen Strahlungsanteils ermöglicht. Dabei kann der Spiegel gekrümmt ausgebildet sein, wodurch sich eine zusätzliche Kollimationsvorrichtung einsparen lässt. Der Spiegel kann jedoch auch als Planspiegel ausgebildet sein, wobei das Lichtmodul dann eine Kollimationsvorrichtung umfasst, die im Strahlengang zwischen dem Leuchtrad und dem Planspiegel angeordnet ist.

[0018] Die Polarisationsmanipulationsvorrichtung kann im Strahlengang der von der Laservorrichtung abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler und der Fokussiervorrichtung angeordnet sein. Hierbei ergibt sich ein äußerst kompakter Aufbau des Lichtmoduls.

[0019] Alternativ kann die Polarisationsmanipulationsvorrichtung im Strahlengang der von der Laser-

vorrichtung abgegebenen Strahlung zwischen dem Leuchtrad und dem Spiegel angeordnet sein. Dadurch muss nur die blaue Strahlung die Polarisationsmanipulationsvorrichtung passieren, nicht jedoch die konvertierten Strahlungsanteile. Damit sind die Verluste und die Anforderungen an die Entspiegelungsschichten auf der Polarisationsmanipulationsvorrichtung deutlich verringert.

[0020] Alternativ zu der oben angegebenen Ausbildung des ersten Strahlteilers kann das Leuchtrad mindestens einen Sektor aufweisen, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich zu reflektieren, wobei das Lichtmodul weiterhin umfasst einen zweiten Strahlteiler, der im Strahlengang zwischen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung und der Fokussiervorrichtung angeordnet ist, wobei der zweite Strahlteiler ausgebildet ist, Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge durchzulassen und Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge zu reflektieren. Das Lichtmodul umfasst bei dieser Alternative weiterhin einen Spiegel, der angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom ersten Strahlteiler reflektiert wurde, sowie einen dritten Strahlteiler, der einerseits angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom zweiten Strahlteiler reflektiert wurde, sowie andererseits angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom Spiegel reflektiert wurde, wobei der dritte Strahlteiler ausgelegt ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge durchzulassen und Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge zu reflektieren. Auf diese Weise braucht der erste Strahlteiler nicht wellenlängensensitiv ausgebildet werden, vielmehr genügt es, ihn polarisationssensitiv auszubilden. Der zweite Strahlteiler hingegen braucht nicht polarisationssensitiv ausgebildet werden, sondern kann alleine wellenlängensensitiv ausgebildet werden. Dies erlaubt eine kostengünstigere Realisierung eines derartigen erfindungsgemäßen Lichtmoduls.

[0021] Die vorgebbare Wellenlänge beträgt mindestens 450 ± 15 nm, insbesondere 462 bis 465 nm.

[0022] Bei der Polarisationsmanipulationsvorrichtung handelt es sich insbesondere um eine $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte oder einen Faraday-Rotator. Insbesondere eine $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte ermöglicht einen sehr kompakten Aufbau eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls.

[0023] Die von der Laservorrichtung abgegebene Strahlung ist bevorzugt parallel zur Einfallsebene des ersten Strahlteilers polarisiert und/oder senkrecht zur Einfallsebene des ersten Strahlteilers polarisiert. Die parallele Polarisation wird im Folgenden mit p-Polarisation bezeichnet, die senkrechte Polarisation mit s-Polarisation.

[0024] Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Lichtmodul vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend, soweit anwendbar, für das erfindungsgemäße Verfahren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben.

[0026] Diese zeigen:

[0027] Fig. 1 in schematischer Darstellung ein aus dem Stand der Technik bekanntes Lichtmodul;

[0028] Fig. 2 in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;

[0029] Fig. 3 die Abhängigkeit des Transmissionsgrads von der Wellenlänge des bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 verwendeten Strahlteilers;

[0030] Fig. 4 in schematischer Darstellung ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;

[0031] Fig. 5 in schematischer Darstellung ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;

[0032] Fig. 6 in schematischer Darstellung ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls; und

[0033] Fig. 7 in schematischer Darstellung ein fünftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0034] Die mit Bezug auf Fig. 1 eingeführten Bezugszeichen werden im Folgenden für gleiche und gleich wirkende Bauelemente weiter verwendet. Diese werden der Übersichtlichkeit halber nicht noch einmal eingeführt.

[0035] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls **10**. In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen wird davon ausgegangen, dass die von der Laservorrichtung **12** abgegebene Strahlung im blauen Wellenlängenbereich p-polarisiert ist. Sie kann jedoch genauso gut s-polarisiert sein bzw. eine Mischung aus s- und p-polarisierten Strahlungsteilen umfassen.

[0036] P-polarisierte Strahlung wird durch einen Doppelpfeil gekennzeichnet, während s-polarisierte Strahlung durch einen von einem Kreis umrandeten Punkt gekennzeichnet ist, siehe die entsprechenden Darstellungen in **Fig. 2**.

[0037] Im Unterschied zu der Darstellung von **Fig. 1** ist der Sektor **24** ausgebildet, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich zu reflektieren. Im Strahlengang der von der Laservorrichtung **12** abgegebenen Strahlung ist zwischen dem ersten Strahlteiler **14** und der Fokussiervorrichtung **16** erfindungsgemäß eine Polarisationsmanipulationsvorrichtung **32** angeordnet, die vorliegend als $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte ausgebildet ist. Diese sorgt dafür, dass die Polarisation einer sie zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufenden Strahlung um 90° gedreht wird. Der Spiegel **14** ist ausgebildet, Strahlung unter 465 nm und einer Polarisation, wie sie von der Laservorrichtung **12** abgegeben wird, d.h. p-polarisiert, durchzulassen. Strahlung unter 465 nm und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, d.h. s-polarisiert, wird hingegen reflektiert. Weiterhin ist der Spiegel **14** ausgebildet, Strahlung über 465 nm zu reflektieren, d.h. Strahlung, wie sie nach der Konversion auf den Sektoren **22a**, **22b**, **22c** des Leuchtrads **18** vorliegt.

[0038] Das in **Fig. 2** dargestellte erfindungsgemäße Lichtmodul kommt mit einer minimalen Anzahl optischer Komponenten aus. Die linear polarisierte Strahlung der als Strahlungsquelle verwendeten Laservorrichtung **12** wird nach Durchstrahlen der Verzögerungsplatte **32** zirkular polarisiert und dann von der metallischen Oberfläche des Leuchtstoffrads **18** innerhalb des unbeschichteten Segments **24** reflektiert. Durch die Reflexion ändert sich die Ausbreitungsrichtung und damit die Chiralität der Strahlung, d.h. aus rechts zirkular polarisierter Strahlung wird links zirkular polarisierte Strahlung und vice versa. Nach erneutem Durchstrahlen derselben Verzögerungsplatte **32** ist die blaue Strahlung dann wieder linear polarisiert, jedoch mit einer um 90° gedrehten Polarisationsrichtung, d.h. aus p-polarisierter Strahlung wird s-polarisierte Strahlung und umgekehrt. Senkrecht zur Paperebene polarisierte Strahlung wird dann an dem Strahlteiler **14**, ebenso wie die durch Konversion generierten Strahlungsanteile, reflektiert und so in Richtung der Projektionsengine **30** geleitet.

[0039] **Fig. 3** zeigt den Transmissionsgrad in Prozent über der Wellenlänge in Nanometern eines geeigneten Strahlteilers **14**. Dabei ist der Transmissionsgrad einer p-polarisierten Strahlung gestrichelt eingezeichnet, der einer s-polarisierten Strahlung durchgezogen. Man erkennt, dass p-polarisierte Strahlung zwischen ca. 440 bis 460 nm sehr gut durchgelassen wird. Erst ab ca. 670 nm , d.h. am langwelligen Ende des sichtbaren Bereichs, wird wieder

p-polarisierte Strahlung durchgelassen, S-polarisierte Strahlung im Bereich zwischen 440 und 460 nm wird hingegen reflektiert. Erst über 690 nm werden Anteile s-polarisierter Strahlung durchgelassen. Diese sind jedoch ebenfalls am langwelligen Ende sichtbaren Bereichs und tragen nicht signifikant zum Lichtstrom bei. Diese Verluste sind daher hinnehmbar.

[0040] Bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel treten hohe Leistungsdichten auf der Substratoberfläche des Leuchtrads **18** auf und es kann keine individuelle Justage des blauen Strahlungsanteils erfolgen. Mit dem in den **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiel können diese Probleme in geeigneter Weise adressiert werden:

Bei dem in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein hochreflektierender Spiegel **34** vorgesehen, der ausgebildet und angeordnet ist, Strahlung, die den Sektor **24** passiert hat, auf den mindestens einen Sektor **24** zurück zu reflektieren. Der Sektor **24** ist als Schlitz ausgebildet. Bei dem in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiel wird anstelle des gekrümmten Spiegels **34** eine Kollimationslinse **36** und ein Planspiegel **38** eingesetzt.

[0041] Während die in den **Fig. 2**, **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiele einen polarisationssensitiven Strahlteiler **14** benötigen, kann das in **Fig. 6** dargestellte Ausführungsbeispiel darauf verzichten. Es benötigt jedoch zusätzliche optische Elemente. Der Strahlteiler in dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 6** ist lediglich polarisationssensitiv, nicht jedoch wellenlängensensitiv auszubilden.

[0042] Der in dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 6** verwendete Strahlteiler **14** ist hochtransmissiv ausgebildet für p-polarisierte Strahlung bei einer Wellenlänge von $<465\text{ nm}$ sowie hochreflektierend für s-polarisierte Strahlung und ebenfalls einer Wellenlänge von $<465\text{ nm}$. Zwischen der Verzögerungsplatte **32** und dem Leuchtstoffrad **18** ist jedoch ein verkipptes optisches Element, vorliegend ein Strahlteiler **40**, angeordnet, der hochtransmissiv ist für Strahlung $<465\text{ nm}$, d.h. die von der Laservorrichtung **12** gelieferte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich, und hochreflektierend für konvertierte Strahlung, d.h. Strahlung in einem Wellenlängenbereich $>465\text{ nm}$. Um die recycelte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich mit der konvertierten Strahlung zusammenzuführen, werden zwei weitere optische Elemente benötigt, nämlich ein Spiegel **42** sowie ein Strahlteiler **44**, der hochtransmissiv ist für Strahlung in einem Wellenlängenbereich $>465\text{ nm}$ und hochreflektierend für Strahlung $<465\text{ nm}$. Aufgrund der zusätzlichen optischen Komponenten ist jedoch der für diese Ausführungsform benötigte Raumbedarf größer als bei den Ausführungsformen gemäß den **Fig. 2** bis **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5**.

[0043] Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls ist in **Fig. 7** dargestellt. In Modifikation des in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiels befindet sich hier die Verzögerungsplatte **32** zwischen dem Spiegel **38** und dem Leuchtrad **18**. Die in **Fig. 4** dargestellte Ausführungsform könnte entsprechend geändert werden. Durch diese Maßnahme muss nur die blaue Strahlung die Verzögerungsplatte **32** passieren, nicht jedoch die konvertierten Strahlungsanteile. Damit sind die Verluste und die Anforderungen an die Entspiegelungsschichten auf der Verzögerungsplatte deutlich verringert.

[0044] Zwischen den Umlenkspiegeln und Strahlteilern können in der Praxis noch weitere Linsen zur Strahlführung vorgesehen sein, diese sind jedoch der Übersichtlichkeit halber in den schematischen Darstellungen der Ausführungsbeispiele nicht dargestellt.

[0045] Durch die vorliegende Erfindung lassen sich LARP-Lichtmodule herstellen, die von der Baugröße her mit kompakten Entladungslampen hinsichtlich des Flächenbedarfs konkurrieren können.

[0046] Mit Ausnahme den in **Fig. 6** dargestellten Ausführungsbeispiels ist der Strahlteiler **14** dichroitisch ausgebildet. In **Fig. 6** ist der zweite Strahlteiler **40** dichroitisch ausgebildet.

Patentansprüche

1. Lichtmodul (**10**) für eine Projektionsvorrichtung umfassend:

- eine Laservorrichtung (**12**), die ausgelegt ist, linear polarisierte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich abzugeben;
- ein Leuchtrad (**18**), das im Strahlengang der von der Laservorrichtung (**12**) abgegebenen Strahlung angeordnet ist;
- einen ersten Strahlteiler (**14**), der im Strahlengang der von der Laservorrichtung (**12**) abgegebenen Strahlung zwischen der Laservorrichtung (**12**) und dem Leuchtrad (**18**) angeordnet ist; sowie
- eine Fokussiervorrichtung (**16**), die im Strahlengang der von der Laservorrichtung (**12**) abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler (**14**) und dem Leuchtrad (**18**) angeordnet ist;

dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtmodul (**10**) weiterhin mindestens eine Polarisationsmanipulationsvorrichtung (**32**) umfasst, die ausgelegt ist, die Polarisation einer sie zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufenden Strahlung um 90 zu drehen, wobei der erste Strahlteiler (**14**) derart angeordnet ist, dass er sich weiterhin im Strahlengang von Strahlung im blauen Wellenlängenbereich befindet, die die Polarisationsmanipulationsvorrichtung (**32**) zweimal in unterschiedlichen Richtungen durchlaufen hat.

2. Lichtmodul (**10**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Strahlteiler (**14**) derart angeordnet ist, dass der Einfallswinkel der von der Laservorrichtung (**12**) abgegebenen Strahlung zwischen 30° und 60°, bevorzugt 45°, beträgt.

3. Lichtmodul (**10**) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leuchtrad (**18**) mindestens einen mit einem Phosphor beschichteten Sektor (**22a**; **22b**; **22c**) aufweist, wobei der mindestens eine Phosphor ausgelegt ist, bei Anregung durch Strahlung im blauen Wellenlängenbereich Strahlung in einem anderen Wellenlängenbereich zu emittieren.

4. Lichtmodul (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Strahlteiler (**14**) ausgebildet ist, – Strahlung unter einer vorgebbaren Wellenlänge und von der Polarisation, wie sie von der Laservorrichtung (**12**) abgegeben wird, durchzulassen; und – Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung (**32**) in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren.

5. Lichtmodul (**10**) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leuchtrad (**18**) mindestens einen Sektor (**24**) aufweist, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich zu reflektieren, wobei der erste Strahlteiler (**14**) weiterhin ausgebildet ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung (**32**) in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren.

6. Lichtmodul (**10**) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leuchtrad (**18**) mindestens einen Sektor (**24**) aufweist, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich durchzulassen, wobei der erste Strahlteiler (**14**) weiterhin ausgebildet ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge und von einer Polarisation, wie sie nach zweimaligem Durchlaufen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung (**32**) in unterschiedlichen Richtungen vorliegt, zu reflektieren, wobei das Lichtmodul (**10**) weiterhin einen Spiegel (**34**, **38**) aufweist, der ausgebildet und angeordnet ist, Strahlung, die den mindestens einen Sektor passiert (**24**) hat, auf den mindestens einen Sektor (**24**) zurück zu reflektieren.

7. Lichtmodul (**10**) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiegel (**34**) gekrümmt ausgebildet ist.

8. Lichtmodul (**10**) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiegel (**38**) als Planspiegel ausgebildet ist.

gel ausgebildet ist, wobei das Lichtmodul (10) eine Kollimationsvorrichtung (36) umfasst, die im Strahlengang zwischen dem Leuchtrad (18) und dem Spiegel (38) angeordnet ist.

9. Lichtmodul nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler (14) und der Fokussiervorrichtung (16) angeordnet ist.

10. Lichtmodul nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen dem Leuchtrad (18) und dem Spiegel (34; 38) angeordnet ist.

11. Lichtmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leuchtrad (18) mindestens einen Sektor (24) aufweist, der ausgebildet ist, Strahlung zumindest im blauen Wellenlängenbereich zu reflektieren; wobei das Lichtmodul (10) weiterhin umfasst:

- einen zweiten Strahlteiler (40), der im Strahlengang zwischen der Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) und der Fokussiervorrichtung (16) angeordnet ist, wobei der zweite Strahlteiler (40) ausgebildet ist, Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge durchzulassen, und Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge zu reflektieren;
- einen Spiegel (42), der angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom ersten Strahlteiler (14) reflektiert wurde; und
- einen dritten Strahlteiler (44), der einerseits angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom zweiten Strahlteiler (40) reflektiert wurde, sowie andererseits angeordnet ist im Strahlengang von Strahlung, die vom Spiegel (42) reflektiert wurde, wobei der dritte Strahlteiler (44) ausgelegt ist, Strahlung über der vorgebbaren Wellenlänge durchzulassen und Strahlung unter der vorgebbaren Wellenlänge zu reflektieren.

12. Lichtmodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgebbare Wellenlänge mindestens 448 nm, insbesondere 462 bis 465 nm, beträgt.

13. Lichtmodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32) eine $\lambda/4$ -Verzögerungsplatte oder ein Faraday-Rotator ist.

14. Lichtmodul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der Laservorrichtung (12) abgegebene Strahlung parallel zur Einfallsebene des ersten Strahlteilers (14)

polarisiert und/oder senkrecht zur Einfallsebene des ersten Strahlteilers (14) polarisiert ist.

15. Verfahren zur Generierung des Blauanteils in einem Lichtmodul (10) für eine Projektionsvorrichtung, wobei das Lichtmodul (10) eine Laservorrichtung (12) umfasst, die ausgelegt ist, linear polarisierte Strahlung im blauen Wellenlängenbereich abzugeben, ein Leuchtrad (18), das im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung angeordnet ist, einen ersten Strahlteiler (14), der im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen der Laservorrichtung (12) und dem Leuchtrad (18) angeordnet ist, sowie eine Fokussiervorrichtung (16), die im Strahlengang der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler (14) und dem Leuchtrad (18) angeordnet ist; gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
Bereitstellen einer Polarisationsmanipulationsvorrichtung (32), die ausgelegt ist, die Polarisation einer sie zweimal durchlaufenden Strahlung um 90 zu drehen; und
Anordnen des ersten Strahlteilers (14) derart, dass er sich weiterhin im Strahlengang von Strahlung im blauen Wellenlängenbereich befindet, die der von der Laservorrichtung (12) abgegebenen Strahlung zwischen dem ersten Strahlteiler (14) und die Fokussiervorrichtung (16).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

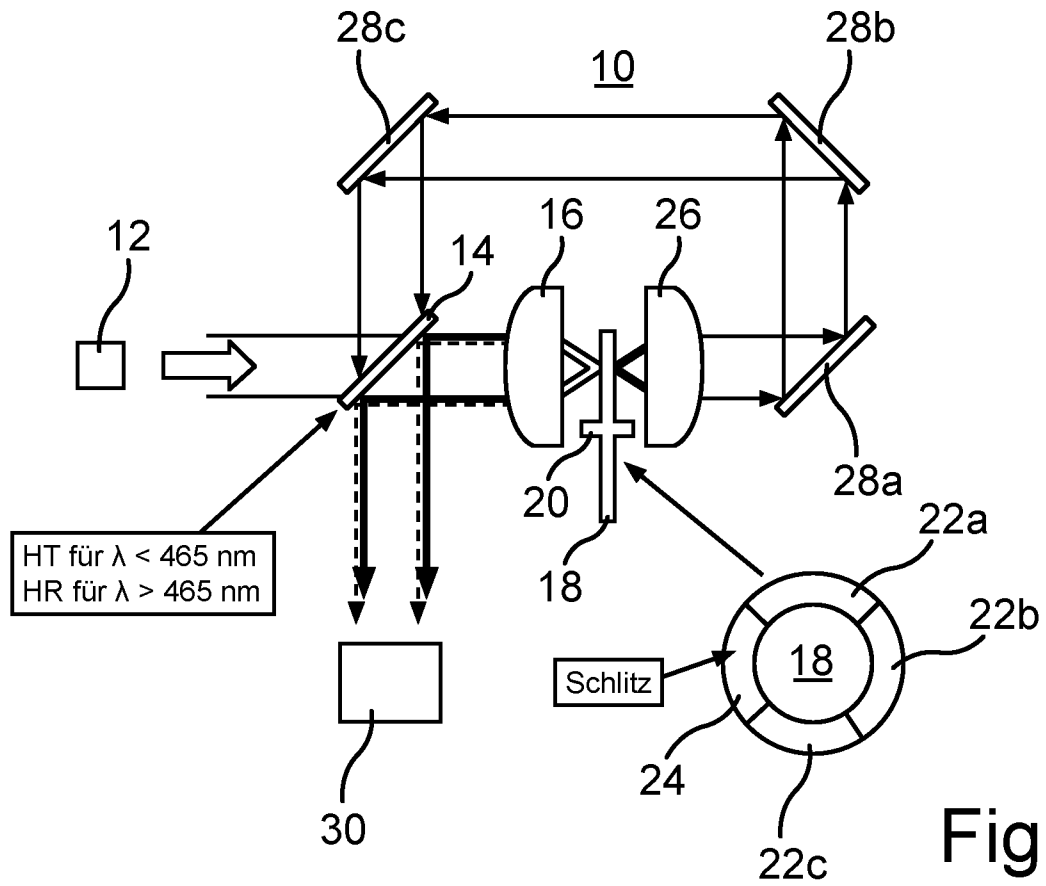


Fig. 1
(SdP)

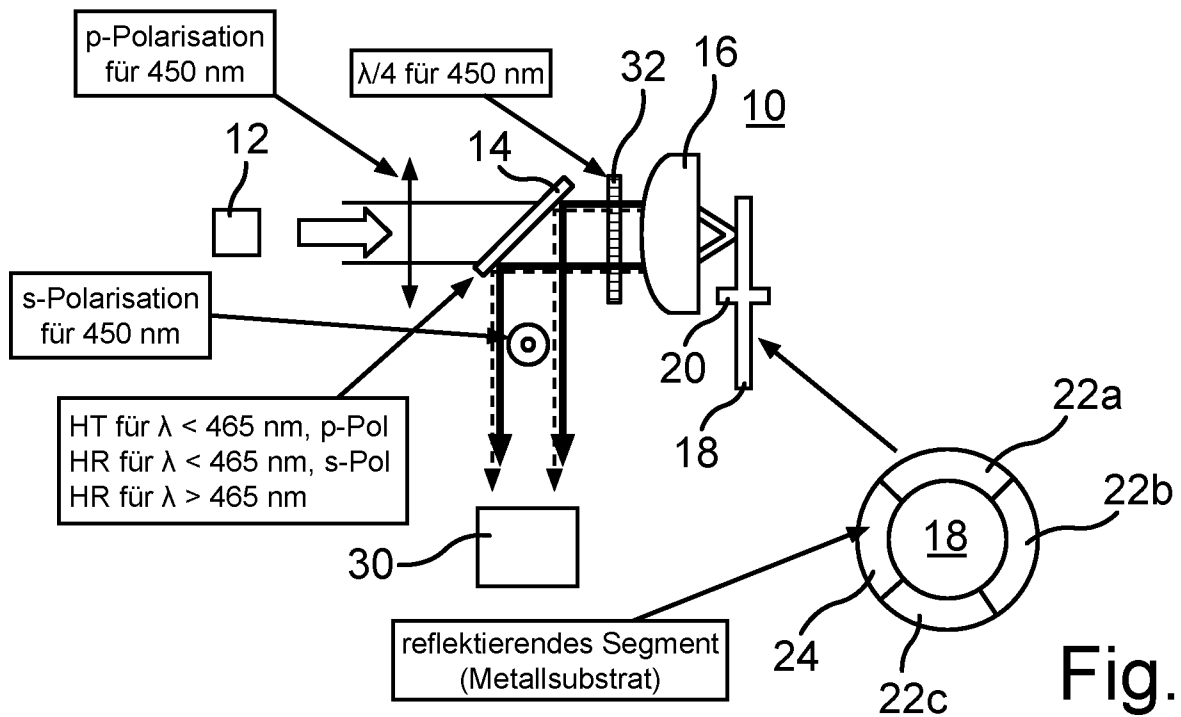


Fig. 2

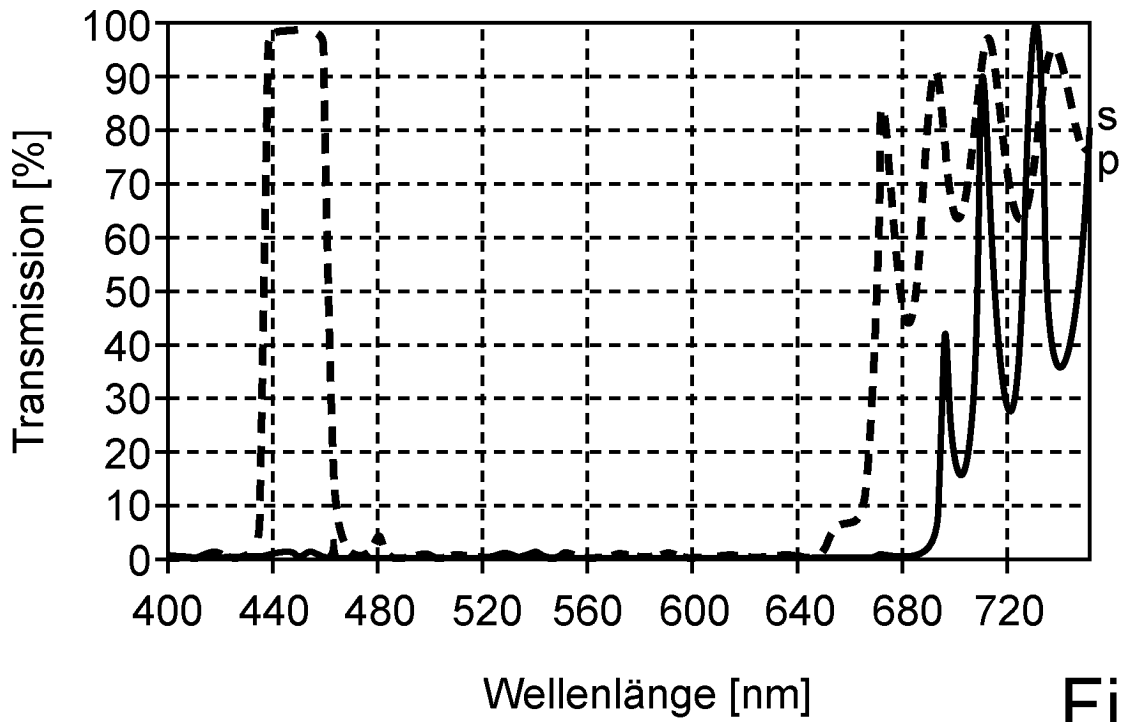


Fig.3

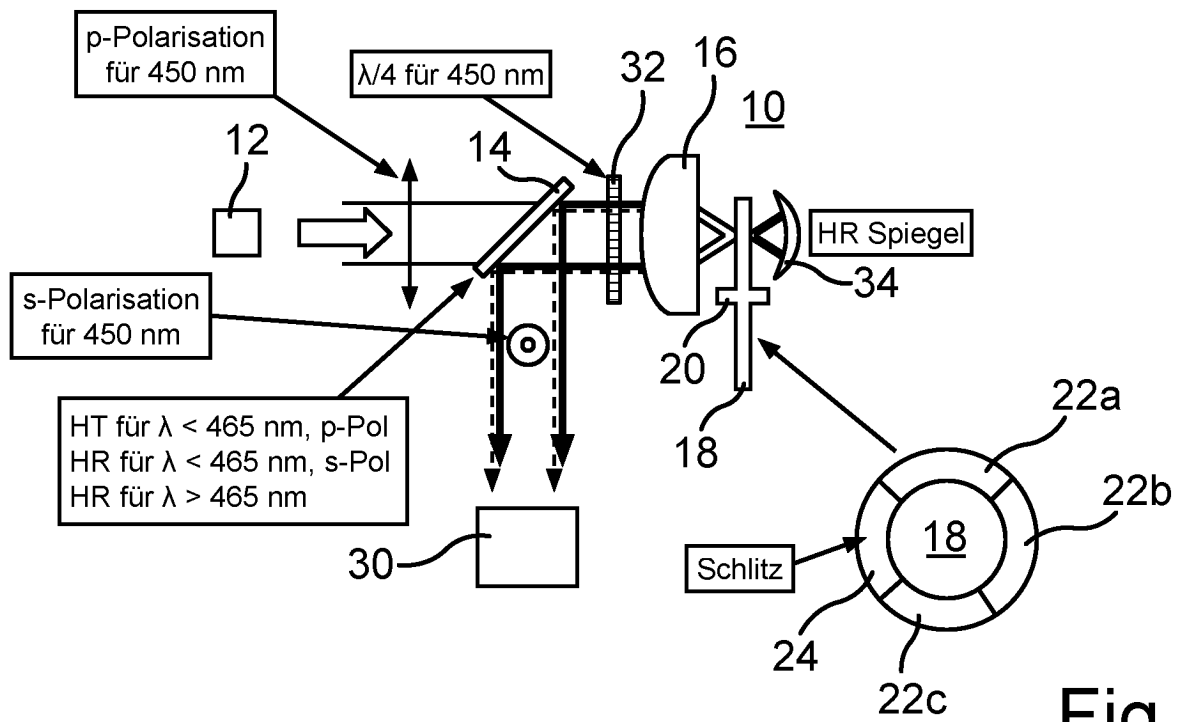


Fig.4

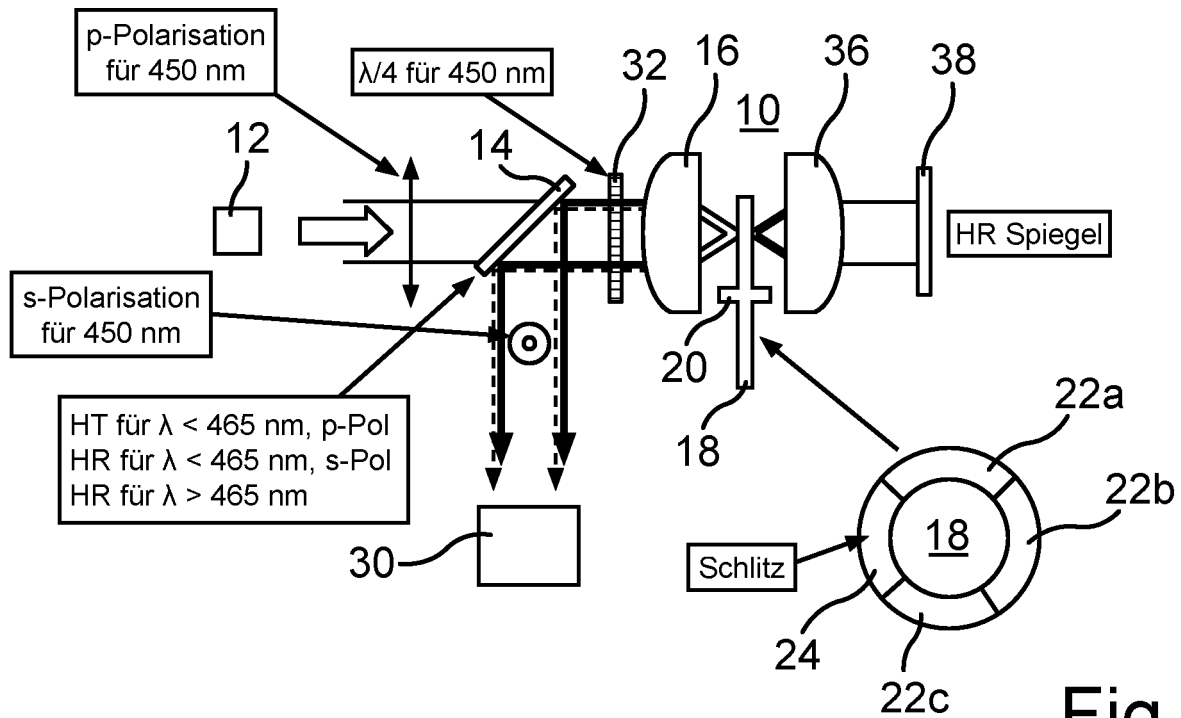


Fig.5

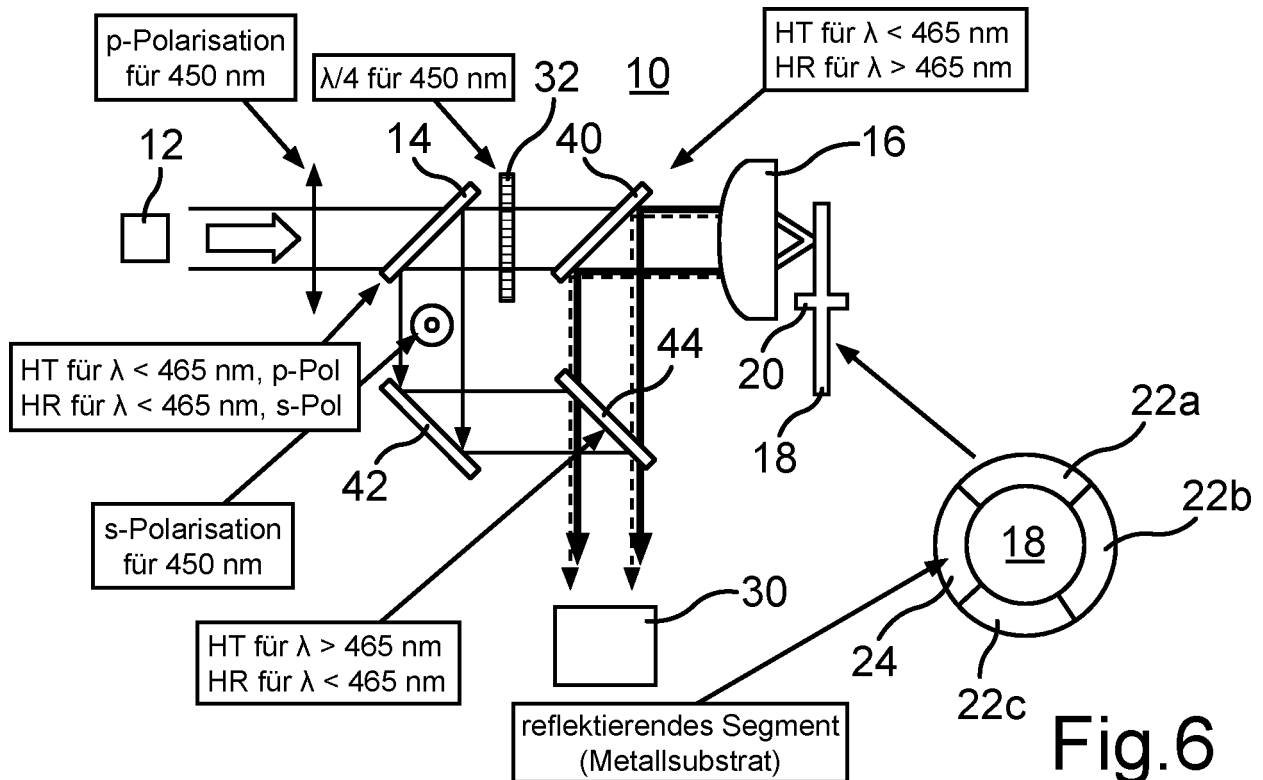


Fig.6

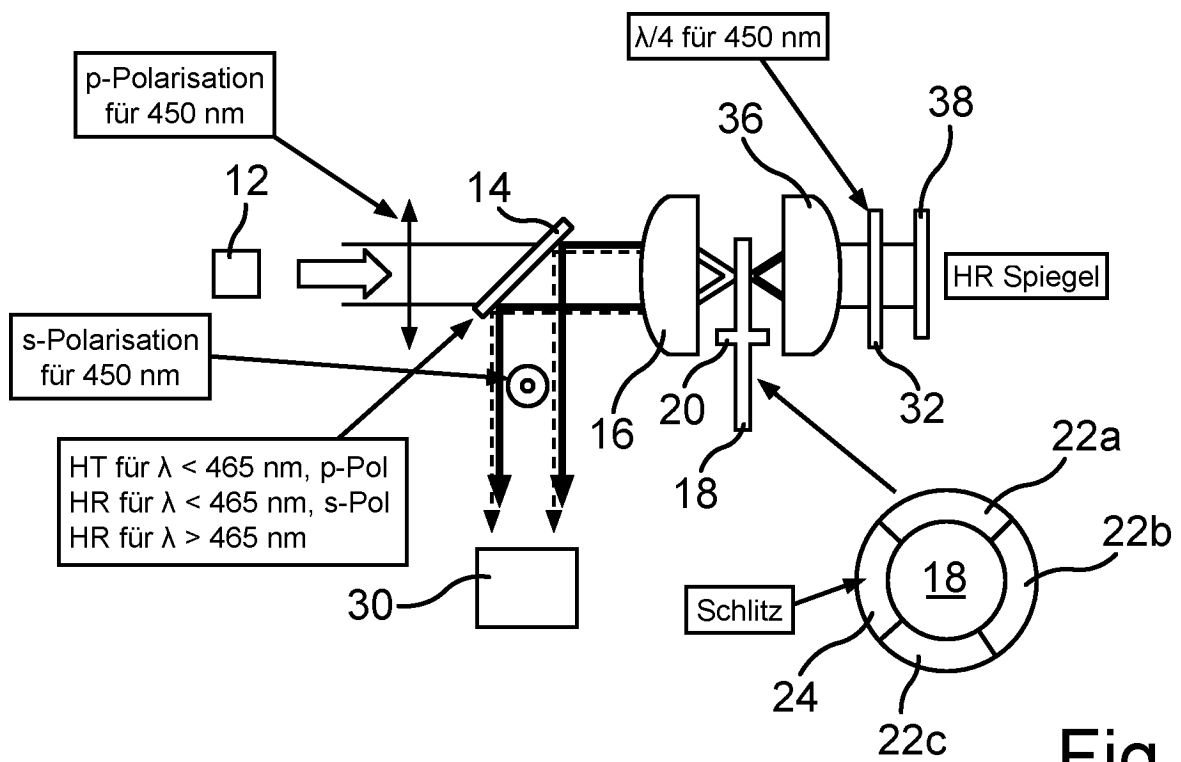


Fig.7