



(10) **DE 10 2013 207 841 A1** 2014.10.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 207 841.2**  
(22) Anmeldetag: **29.04.2013**  
(43) Offenlegungstag: **30.10.2014**

(51) Int Cl.: **G02B 27/10** (2006.01)  
**G02B 6/43** (2006.01)  
**G02F 2/02** (2006.01)  
**F21V 8/00** (2006.01)

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

(72) Erfinder:  
**Forster, Georg, 81371 München, DE; Nauen,  
Andre, 93051 Regensburg, DE; Dussault, David,  
93073 Neutraubling, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

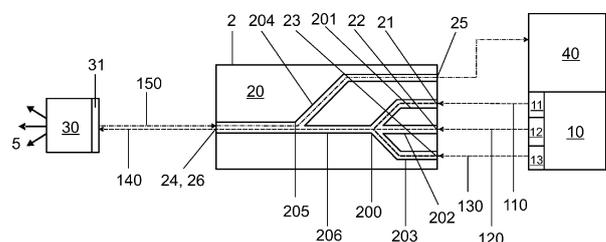
<b>DE</b>	<b>42 06 358</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2006 029 203</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2010 / 0 118 530</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2012- 256 535</b>	<b>A</b>

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

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Beleuchtungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren Lichtquellen (11, 12, 13), vorzugsweise Laserlichtquellen, und mindestens einem Lichtwellenlängenkonversionselement (30), das dazu ausgebildet ist, Licht von den Laserlichtquellen (11, 12, 13) zumindest anteilig in Licht anderer Wellenlänge zu konvertieren, sowie mit einem optischen Element (20), das als Lichtleiter ausgebildet ist, das optische Element (20) dazu ausgelegt ist, mehrere Lichtbündel (110, 120, 130) von den Laserlichtquellen (11, 12, 13) zu einem Lichtbündel (140) zum Beleuchten des Lichtwellenlängenkonversionselements (30) zu vereinigen und einen Teil des von dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (30) konvertierten Lichts (150) zu bündeln.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

### I. Stand der Technik

**[0002]** Eine derartige Beleuchtungseinrichtung ist beispielsweise in der DE 20 2012 005 157 U1 offenbart. Diese Schrift beschreibt eine Beleuchtungseinrichtung mit mehreren, blaues Licht emittierenden Laserdioden, deren Licht mittels einer TIR-Optik und nachgeschaltetem Lichtleiter auf ein Lichtwellenlängenkonversionselement gelenkt wird.

### II. Darstellung der Erfindung

**[0003]** Es ist Aufgabe der Erfindung, eine gattungsgemäße Beleuchtungseinrichtung mit einem verbesserten Lichtleiter bereitzustellen.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch eine Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0005]** Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung besitzt mehrere, vorzugsweise als Halbleiterlichtquellen und insbesondere als Laserdioden ausgebildete Lichtquellen und mindestens ein Lichtwellenlängenkonversionselement, das dazu ausgebildet ist, Licht von den Lichtquellen zumindest anteilig in Licht anderer Wellenlänge zu konvertieren, sowie ein als Lichtleiter ausgebildetes optisches Element. Erfindungsgemäß ist das optische Element dazu ausgelegt, mehrere, von den Lichtquellen emittierte Lichtbündel zu einem Lichtbündel zu vereinen und einen Teil des von dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement konvertierten Lichts aufzunehmen, um es beispielsweise einer Überwachungseinrichtung zuführen zu können.

**[0006]** Dadurch ist es ohne Verwendung von weiteren Lichtwellenleitern möglich, mittels des optischen Elements Licht von mehreren Lichtquellen zu einem Lichtbündel mit hoher Intensität zu vereinen und auf das mindestens eine Lichtwellenlängenkonversionselement zu lenken und außerdem einen Teil des am mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement konvertierten Lichts zwecks Überwachung der Funktion der Lichtquellen sowie der Strahlungskonversion am Lichtwellenlängenkonversionselement zu einer Überwachungseinrichtung zurückzuführen.

**[0007]** Vorteilhafterweise hat das optische Element der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung mehrere Einkopplungsschnittstellen zur Einkopplung von Licht und eine erste Auskopplungsschnittstelle, an der gebündeltes, von mehreren Ein-

kopplungsschnittstellen stammendes Licht ausgekoppelt wird. Dadurch wird ein Lichtbündel hoher Intensität zur Beleuchtung des mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselements ermöglicht.

**[0008]** Vorzugsweise sind die Eingänge des optischen Elements durch im optischen Element integrierte, lichtleitende optische Pfade mit der ersten Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements verbunden, um die Verluste an Lichtintensität möglichst gering zu halten.

**[0009]** Die erste Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise mit dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement korreliert, so dass an der ersten Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements ausgekoppeltes Licht zu dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement gelenkt wird. Dadurch wird bereits ohne Verwendung weiterer Hilfsmittel eine Beleuchtung des mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselements ermöglicht. Es können aber dem optischen Element nachgelagerte Hilfsmittel zur Beeinflussung des aus dem optischen Element austretenden Lichts vorgesehen sein, um beispielsweise die Form des aus dem optischen Element austretenden Lichtbündels an das mindestens eine Lichtwellenlängenkonversionselement anzupassen.

**[0010]** Vorteilhafterweise weist das optische Element der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung eine weitere Einkopplungsschnittstelle auf, die zur Einkopplung von Licht dient, das am mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement konvertiert wurde. Dadurch ist es möglich, einen Teil des konvertierten Lichts in das optische Element einzukoppeln und zu einer Überwachungseinrichtung zurückzuführen, um die Intensität des konvertierten Lichts und damit die Funktionsfähigkeit des mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselements zu überwachen.

**[0011]** Vorzugsweise fällt die weitere Einkopplungsschnittstelle des optischen Elements mit der ersten Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements zusammen, um eine einfache Konstruktion des optischen Elements zu ermöglichen.

**[0012]** Vorteilhafterweise besitzt das optische Element der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung eine zweite Auskopplungsschnittstelle zur Auskopplung von Licht, das vom mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement konvertiert wurde, um das konvertierte Licht ohne weitere Hilfsmittel einer Überwachungseinrichtung zuführen zu können.

**[0013]** Die weitere Einkopplungsschnittstelle des optischen Elements der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise durch einen im op-

tischen Element integrierten, lichtleitenden optischen Pfad mit der zweiten Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements verbunden, um die Verluste an Lichtintensität möglichst gering zu halten.

**[0014]** Das optische Element der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung weist vorzugsweise eine dritte Auskopplungsschnittstelle auf, die zur Auskopplung eines Teils des kumulierten, von allen Lichtquellen emittierten, nicht-konvertierten Lichts dient. Dadurch kann die Intensität des von den Lichtquellen emittierten Lichts überwacht und beispielsweise mit einem Referenzwert verglichen werden, um die Funktionsfähigkeit der Lichtquellen zu überwachen.

**[0015]** Vorzugsweise sind die zweite und dritte Auskopplungsschnittstelle des optischen Elements zur Überwachung der Intensitäten des konvertierten und nicht-konvertierten Anteils des Lichts mit einer Überwachungseinrichtung korreliert. Dadurch kann die Funktionsfähigkeit der Lichtquellen und des mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselements der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung überwacht werden, indem beispielsweise die Intensität des konvertierten und nicht-konvertierten Anteils des Lichts jeweils mit einem Referenzwert verglichen wird oder beispielsweise die Intensitätsänderung überwacht und mit Schwellwerten verglichen wird.

**[0016]** Die Lichtquellen der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung sind vorzugsweise als blaues Licht emittierende Halbleiterlichtquellen, das heißt, als blaues Licht emittierende Leuchtdioden oder Laserdioden, ausgebildet und das mindestens eine Lichtwellenlängenkonversionselement ist vorzugsweise mit Leuchtstoff ausgestattet, der das blaue Licht der Halbleiterlichtquellen anteilig in gelbes Licht konvertiert, so dass die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung weißes Mischlicht emittiert, das eine Mischung aus blauem nicht-konvertiertem und gelbem konvertiertem Licht ist. Besonders bevorzugt sind allerdings blaues Licht emittierende Laserdioden, weil diese Lichtquellen in der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung die Erzeugung von weißem Licht mit hoher Intensität und Leuchtdichte ermöglichen und sich die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung daher besonders gut für Projektionssysteme wie beispielsweise Kraftfahrzeugscheinwerfer, Videoprojektion und Endoskopie etc. eignet.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung ist vorzugsweise als Bestandteil eines Kraftfahrzeugscheinwerfers ausgebildet. Sie kann aber auch als Bestandteil anderer Projektionssysteme (z.B. Daten- und Videoprojektion, Endoskopie) verwendet werden.

**[0018]** Einfach formuliert kann gesagt werden, dass das optische Element der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung als Lichtstrahlenkombinierer arbeitet und im Prinzip wie ein Lichtstrahlteiler aufgebaut ist, der aber hinsichtlich des Lichtstrahlengangs quasi in umgekehrter Richtung genutzt wird. Das heißt, Lichtbündel von mehreren Lichtquellen werden in die Enden der unterschiedlichen Stränge des Lichtstrahlteilers eingekoppelt und in dem Hauptstrang des Lichtstrahlteilers werden diese Lichtbündel zu einem einzigen Lichtbündel mit höherer Intensität vereinigt.

### III. Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels

**[0019]** Nachstehend wird die Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

**[0020]** Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0021]** Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0022]** Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0023]** Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0024]** Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0025]** Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0026]** Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0027]** Fig. 8 ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung

**[0028]** In Fig. 1 ist schematisch ein Blockschaltbild einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt.

**[0029]** Die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel besitzt drei Laserdioden **11**, **12**, **13**, eine Betriebsvorrichtung **10** für die Laserdioden, ein als Lichtleiter ausgebildetes optisches

Element **20**, ein Lichtwellenlängenkonversionselement **30** und eine Überwachungseinrichtung **40** zur Überwachung der Funktion der Laserdioden.

**[0030]** Die Laserdioden **11**, **12**, **13** emittieren während des Betriebs blaues Licht mit einer Wellenlänge im Bereich von **380** bis **490** Nanometer. Die von den Laserdioden **11**, **12**, **13** emittierten Lichtbündel werden jeweils auf eine Einkopplungsschnittstelle **21**, **22** bzw. **23** des optischen Elements **20** fokussiert.

**[0031]** Das optische Element **20** ist als Lichtleiter ausgebildet. Es besitzt ein quaderförmiges Gehäuse **2** und unterschiedliche lichtleitende optische Pfade **201**, **202**, **203**, **204**, **206**, die im Inneren des Gehäuses **2** des optischen Elements **20** angeordnet sind. Das erste, von der ersten Laserdiode **11** emittierte Lichtbündel **110** trifft auf die erste Einkopplungsschnittstelle **21** des optischen Elements **20** und wird entlang des lichtleitenden optischen Pfads **201** zum Knotenpunkt **200** im optischen Element **20** gelenkt. Analog treffen das zweite, von der zweiten Laserdiode **12** emittierte Lichtbündel **120** und das dritte, von der dritten Laserdiode **13** emittierte Lichtbündel **130** auf die zweite Einkopplungsschnittstelle **22** bzw. die dritte Einkopplungsschnittstelle **23** des optischen Elements **20** und werden entlang des lichtleitenden optischen Pfads **202** bzw. **203** zum Knotenpunkt **200** gelenkt. Am Knotenpunkt **200** werden die Lichtbündel **110**, **120**, **130** von den drei Laserdioden **11**, **12**, **13** vereinigt und das vereinigte Lichtbündel **140** wird im lichtleitenden optischen Pfad **206**, der an den Knotenpunkt **200** angeschlossen ist, zur ersten Auskopplungsschnittstelle **24** des optischen Elements **20** geführt. Das vereinigte Lichtbündel **140** verlässt das optische Element **20** an der ersten Auskopplungsschnittstelle **24** und wird auf eine Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** gerichtet. Das optische Element **20** besteht beispielsweise aus transparentem Glas oder transparentem Kunststoff und die lichtleitenden optischen Pfade sind beispielsweise mittels Ionentransplantation generiert. Alternativ sind die lichtleitenden optischen Pfade mittels eines Lichtleiters verwirklicht, der beispielsweise aus transparentem Glas oder transparentem Kunststoff besteht und dessen Form dem Verlauf der lichtleitenden optischen Pfade angepasst ist, wobei dessen Mantelfläche, beispielsweise aufgrund eines reduzierten Brechungsindex im Vergleich zum Inneren des optischen Pfads oder aufgrund einer metallisch verspiegelten Oberfläche, total reflektierend ausgebildet ist, so dass das Licht durch innere Totalreflexion an der Mantelfläche in dem optischen Pfad geführt wird. Insbesondere kann dieser Lichtleiter einen Hauptstrang für den optischen Pfad **206** aufweisen und mehrere vom Hauptstrang abzweigende Nebenstränge für die optischen Pfade **201**, **202**, **203** und **204** besitzen. Die Verzweigungen an den Knotenpunkten **200**, **205** sind derart ausgebildet, dass die Lichtbündel **110**, **120**, **130**, **140**, **150** mit ihrer in den

Figuren durch Pfeile dargestellten Ausbreitungsrichtung in die entsprechenden lichtleitenden optischen Pfade **201**, **202**, **203**, **204**, **206** einkoppeln können. Die gleiche Aussage gilt auch für den lichtleitenden optischen Pfad **207** der in den **Fig. 3** und **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung.

**[0032]** Das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** besteht aus einem transparenten Saphir- oder Keramik-Plättchen, das auf seiner dem optischen Element **20** zugewandten Oberfläche mit Leuchtstoff **31** beschichtet ist. Alternativ kann aber auch die vom optischen Element **20** abgewandte Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** mit Leuchtstoff **31** sein. Als Leuchtstoff **31** dient mit Zr dotiertes Yttriumaluminiumgranat (YAG:Ce). Dieser Leuchtstoff **31** konvertiert einen Teil des blauen Laserlichts des vereinigten Lichtbündels **140** beim Passieren des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** in gelbes Licht mit einer dominanten Wellenlänge im Bereich von 560 bis 590 Nanometer, so dass aus der vom optischen Element **20** abgewandten Oberfläche des Saphir- oder Keramik-Plättchens bzw. des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** weißes Licht **5** austritt, das eine Mischung aus nicht-konvertiertem blauem Laserlicht und konvertiertem gelbem Laserlicht ist. Das weiße Licht **5** weist eine lambert'sche Verteilung auf, da sowohl das nicht-konvertierte blaue Licht als auch das konvertierte gelbe Licht an den Leuchtstoffpartikeln der Leuchtstoffbeschichtung **31** gestreut werden. Die weiße Licht **5** emittierende Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** besitzt vorzugsweise eine geringe Größe mit einem Wert im Bereich von beispielsweise 2 mm<sup>2</sup> bis 5 mm<sup>2</sup>, um weißes Licht hoher Intensität und Leuchtdichte zu erzeugen. Diese Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung kann beispielsweise im Fokus eines Reflektors eines Kraftfahrzeugfrontscheinwerfers angeordnet sein, um zum Beispiel Abblendlicht, Fernlicht, Nebellicht oder Tagfahrlicht etc. zu erzeugen, oder kann alternativ im Fokus eines anderen Projektionssystems, beispielsweise für Daten- oder Videoprojektion oder Endoskopie, angeordnet sein. Ein geringer Anteil des konvertierten gelben Lichts wird vom Lichtwellenlängenkonversionselement **30** zum optischen Element **20** zurückreflektiert und beispielsweise mittels einer Optik **50**, wie in **Fig. 7** schematisch dargestellt, in eine weitere Einkopplungsschnittstelle **26** des optischen Elements **20** als Lichtbündel **150** mit konvertiertem, gelbem Licht eingekoppelt. Die weitere Einkopplungsschnittstelle **26** ist identisch mit der ersten Auskopplungsschnittstelle **24** des optischen Elements **20**. Das Lichtbündel **150** mit konvertiertem gelbem Licht nutzt daher denselben optischen Pfad **206** wie das vereinigte Lichtbündel **140** mit blauem Licht von den drei Laserdioden, verläuft aber in entgegengesetzter Richtung. Am Verzweigungs-

punkt **205** wird das Lichtbündel **150** mit gelbem, konvertiertem Licht aufgeteilt, so dass ca. 50% der Lichtintensität des Lichtbündels **150** in den lichtleitenden optischen Pfad **204** eingekoppelt und über die zweite Auskopplungsschnittstelle **25** des optischen Elements **20** zu Sensoren einer Überwachungseinrichtung **40** geführt werden, während die restlichen 50% der Lichtintensität des gelben, konvertierten Lichts das optische Element **20** ungenutzt über die lichtleitenden optischen Pfade **202, 201, 203** und über die Einkopplungsschnittstellen **21, 22** und **23** verlassen.

**[0033]** Die Überwachungseinrichtung **40** detektiert die Intensität des in den lichtleitenden optischen Pfads **204** eingekoppelten Lichtbündels **150** mit gelbem, konvertiertem Licht und vergleicht den detektierten Wert der Lichtintensität mit einem vorgegebenem Referenz- oder Schwellwert. Beim Unterschreiten oder Überschreiten von voreingestellten Referenz- oder Schwellwerten wird eine fehlerhafte Funktion des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** angenommen und die Laserdioden **11, 12, 13** werden in diesem Fall ausgeschaltet.

**[0034]** In Fig. 2 ist schematisch die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheidet sich von der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung nur durch die unterschiedliche Ausbildung des optischen Elements **20'**. Daher werden in den Fig. 1 und Fig. 2 für identische Komponenten der beiden Ausführungsbeispiele dieselben Bezugszeichen verwendet und für deren Beschreibung wird auf die Beschreibung der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwiesen. Das optische Element **20'** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ebenfalls als Lichtleiter ausgebildet. Es unterscheidet sich von dem optischen Element **20** des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung dadurch, dass beim optischen Element **20'** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung die lichtleitenden optischen Pfade **201, 202, 203** und **204** alle vom gleichen Knotenpunkt **202'** abzweigen.

**[0035]** Das erste, von der ersten Laserdiode **11** emittierte Lichtbündel **110** trifft auf die erste Einkopplungsschnittstelle **21** des optischen Elements **20'** und wird entlang des lichtleitenden optischen Pfads **201** zum Knotenpunkt **200'** im optischen Element **20'** gelenkt. Analog treffen das zweite, von der zweiten Laserdiode **12** emittierte Lichtbündel **120** und das dritte, von der dritten Laserdiode **13** emittierte Lichtbündel **130** auf die zweite Einkopplungsschnittstelle **22** bzw. die dritte Einkopplungsschnittstelle **23** des optischen Elements **20'** und werden entlang des lichtleitenden optischen Pfads **202** bzw. **203** zum Knotenpunkt **200'** gelenkt. Am Knotenpunkt **200'** werden die

Lichtbündel **110, 120, 130** von den drei Laserdioden **11, 12, 13** vereinigt und das vereinigte Lichtbündel **140** wird im lichtleitenden optischen Pfad **206** zur ersten Auskopplungsschnittstelle **24** des optischen Elements **20'** geführt. Das vereinigte Lichtbündel **140** verlässt das optische Element **20'** an der ersten Auskopplungsschnittstelle **24** und wird auf eine Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** fokussiert.

**[0036]** Ein geringer Anteil des konvertierten gelben Lichts wird vom Lichtwellenlängenkonversionselement **30** zum optischen Element **20'** zurückreflektiert und beispielsweise mittels einer Optik, wie in Fig. 7 schematisch dargestellt, in die weitere Einkopplungsschnittstelle **26** des optischen Elements **20'** als Lichtbündel **150** mit konvertiertem, gelbem Licht eingekoppelt. Die weitere Einkopplungsschnittstelle **26** ist identisch mit der ersten Auskopplungsschnittstelle **24** des optischen Elements **20'**. Das Lichtbündel **150** mit konvertiertem gelbem Licht nutzt daher denselben optischen Pfad **206** wie das vereinigte Lichtbündel **140** mit blauem Licht von den drei Laserdioden, verläuft aber in entgegengesetzter Richtung. Am Knotenpunkt **200'** wird das Lichtbündel **150** mit gelbem, konvertiertem Licht aufgeteilt, so dass ca. 25% der Lichtintensität des Lichtbündels **150** in den lichtleitenden optischen Pfad **204** eingekoppelt und über die zweite Auskopplungsschnittstelle **25** des optischen Elements **20'** zu Sensoren der Überwachungseinrichtung **40** geführt werden, während die restlichen 75% der Lichtintensität des gelben, konvertierten Lichts das optische Element **20'** ungenutzt über die lichtleitenden optischen Pfade **202, 201, 203** und über die Einkopplungsschnittstellen **21, 22** und **23** verlassen.

**[0037]** In allen anderen Details stimmt das zweite Ausführungsbeispiel mit dem ersten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung überein.

**[0038]** In Fig. 3 ist schematisch die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheidet sich von der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung nur durch die unterschiedliche Ausbildung des optischen Elements **20''**. Daher werden in den Fig. 1 und Fig. 3 für identische Komponenten der beiden Ausführungsbeispiele dieselben Bezugszeichen verwendet und für deren Beschreibung wird auf die Beschreibung der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwiesen. Das optische Element **20''** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ebenfalls als Lichtleiter ausgebildet. Es unterscheidet sich von dem optischen Element **20** des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung nur durch einen zusätz-

lichen lichtleitenden optischen Pfad **207**, der zur Auskopplung eines geringen Anteils des nicht-konvertierten blauen Lichts von den drei Laserdioden **11**, **12**, **13** dient. In allen anderen Details stimmen das erste und dritte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung überein.

**[0039]** Der zusätzliche lichtleitende optische Pfad **207** des optischen Elements **20''** zweigt vom Knotenpunkt **200** ab, an dem die von den Laserdioden **11**, **12**, **13** emittierten Lichtbündel **110**, **120**, **130** aus den lichtleitenden optischen Pfaden **201**, **202**, **203** zu einem gemeinsamen Lichtbündel **140** vereinigt werden. Der Durchmesser und die Querschnittfläche des lichtleitenden optischen Pfads **207** sind kleiner als der Durchmesser und die Querschnittfläche des lichtleitenden optischen Pfads **206**, so dass ein Anteil von maximal 10% der Lichtintensität des Lichtbündels **140** in den lichtleitenden optischen Pfad **207** eingekoppelt wird, während der restliche Anteil des Lichtbündels **140** in den lichtleitenden optischen Pfad **206** eingekoppelt wird, der ebenfalls an den Knotenpunkt **200** angeschlossen ist. Das in den lichtleitenden optischen Pfad **207** eingekoppelte Lichtbündel **160** wird zu einer dritten Ausgangsschnittstelle **27** des optischen Elements **20''** gelenkt und dort ausgekoppelt, um es den Sensoren der Überwachungseinrichtung **40** zwecks Überwachung der Lichtintensität des Lichtbündels **160** zuzuführen. Bei Abweichung der Lichtintensität des Lichtbündels **160** von einem vorgegebenen Referenzwert können die Laserdioden **11**, **12**, **13** beispielsweise ausgeschaltet oder ihre Leistung verändert werden.

**[0040]** Der in den lichtleitenden optischen Pfad **206** eingekoppelte Anteil des Lichtbündels **140** wird, wie beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben, über die erste Ausgangsschnittstelle **24** zum Lichtwellenlängenkonversionselement **30** geleitet und ein geringer Anteil des am Lichtwellenlängenkonversionselement **30** konvertierten Lichts wird über die weitere Eingangsschnittstelle **26**, die identisch zur ersten Ausgangsschnittstelle **24** ist, und über die lichtleitenden optischen Pfade **206**, **204** sowie über die zweite Ausgangsschnittstelle **25** des optischen Elements **20''** zur Überwachungseinrichtung **40** zurückgeführt.

**[0041]** In **Fig. 4** ist schematisch die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheidet sich von der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung nur durch die unterschiedliche Ausbildung des optischen Elements **20''**. Daher werden in den **Fig. 1** und **Fig. 4** für identische Komponenten der beiden Ausführungsbeispiele dieselben Bezugszeichen verwendet und für deren Beschreibung wird auf die Beschreibung der Beleuchtungseinrichtung gemäß

dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwiesen. Das optische Element **20''''** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ebenfalls als Lichtleiter ausgebildet. Es unterscheidet sich von dem optischen Element **20** des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung nur durch die unterschiedliche Anordnung der Ein- und Auskopplungsschnittstellen **21**, **22**, **23**, **24**, **25**, **26** am quaderförmigen Gehäuse **2'** des optischen Elements **20''''**. Beim optischen Element **20''''** der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Schnittstellen **24**, **26** an einer Seitenwand des Gehäuses **2'** angeordnet, die benachbart zu der Seitenwand des Gehäuses **2'** ist, an der die Schnittstellen **21**, **22**, **23**, **25** angeordnet sind, während bei dem optischen Element **20** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung die Schnittstellen **24**, **26** an einer Seitenwand des Gehäuses **2** angeordnet sind, die der Seitenwand des Gehäuses **2** gegenüberliegt, an welcher die anderen Schnittstellen **21**, **22**, **23**, **25** angeordnet sind. Dem entsprechend ist der Verlauf des lichtleitenden optischen Pfads **206** beim optischen Element **20''''** gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung um einen Winkel von **90** Grad abgewinkelt, während er beim optischen Element **20** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung geradlinig verläuft. In allen anderen Details sind die Beleuchtungseinrichtungen gemäß dem vierten und ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung identisch.

**[0042]** In **Fig. 5** ist schematisch die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheidet sich von der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung durch die unterschiedliche Ausbildung des optischen Elements **20''''**. Daher werden in den **Fig. 1** und **Fig. 5** für identische Komponenten der beiden Ausführungsbeispiele dieselben Bezugszeichen verwendet und für deren Beschreibung wird auf die Beschreibung der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwiesen. Das optische Element **20''''** gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ebenfalls als Lichtleiter ausgebildet. Es unterscheidet sich von dem optischen Element **20** des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung durch die unterschiedliche Anordnung der Ein- und Auskopplungsschnittstellen **21**, **22**, **23**, **24**, **25**, **26** am quaderförmigen Gehäuse **2''** des optischen Elements **20''''**. Beim optischen Element **20''''** der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Schnittstellen **24**, **26** an einer Seitenwand des quaderförmigen Gehäuses **2''** angeordnet, die benachbart zu der Seitenwand des Gehäuses **2''** ist, an der die anderen Schnittstellen **21**, **22**, **23**, **25** angeordnet sind, während bei dem optischen Element **20** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung

die Schnittstellen **24**, **26** an einer Seitenwand des Gehäuses **2** angeordnet sind, die der Seitenwand des Gehäuses **2** gegenüberliegt, an welcher die anderen Schnittstellen **21**, **22**, **23**, **25** angeordnet sind. Dem entsprechend ist der Verlauf des lichtleitenden optischen Pfads **206** beim optischen Element **20** gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung um einen Winkel von 90 Grad abgewinkelt, während er beim optischen Element **20** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung geradlinig verläuft. Außerdem weist das optische Element **20** der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung einen zusätzlichen lichtleitenden optischen Pfad **207** zur Überwachung der Lichtintensität der von den Laserdioden **11**, **12**, **13** emittierten Lichtbündel **110**, **120**, **130** auf. In allen anderen Details sind die Beleuchtungseinrichtungen gemäß dem fünften und ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung identisch. Der zusätzliche lichtleitende optische Pfad **207** des optischen Elements **20** weist dieselbe Konstruktion und dieselbe Funktion wie der lichtleitende optische Pfad **207** des optischen Elements **20** der Beleuchtungseinrichtung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung auf. Daher wird für dessen Beschreibung auf die entsprechende Beschreibung beim dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung verwiesen.

**[0043]** In Fig. 6 ist schematisch der Aufbau der Beleuchtungseinrichtungen gemäß den bereits beschriebenen Beleuchtungseinrichtungen gemäß den Ausführungsbeispielen eins bis fünf dargestellt. Das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** kann in geringem Abstand zu dem optischen Element **20** oder ohne Abstand unmittelbar auf einer Oberfläche des optischen Elements **20** angeordnet sein, um die Lichtintensitätsverluste beim Übertritt der Lichtbündel **140** und **150** vom optischen Element **20** in das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** bzw. vom Lichtwellenlängenkonversionselement **30** in das optische Element **20** zu minimieren.

**[0044]** Alternativ kann bei den Ausführungsbeispielen eins bis fünf der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung, wie in Fig. 7 schematisch dargestellt ist, zwischen dem optischen Element **20** und dem Lichtwellenlängenkonversionselement **30** eine Optik **50**, beispielsweise in Form einer optischen Linse, angeordnet sein, um das aus dem optischen Element **20** austretende Lichtbündel **140** auf eine Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** zu fokussieren und einen geringen Teil des am Lichtwellenlängenkonversionselement **30** reflektierten, konvertierten Lichts als Lichtbündel **150** in die weitere Einkopplungsschnittstelle **26** des optischen Elements **20** einzukoppeln.

**[0045]** Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ist das Lichtwellenlängenkonversionsele-

ment **30** derart ausgebildet, dass es in Transmission betrieben wird. Das heißt, das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** besteht, wie bereits oben beschrieben wurde, aus einem transparenten Saphir- oder Keramik-Plättchen, dessen dem optischen Element **20** zugewandte Oberfläche mit Leuchtstoff **31**, insbesondere YAG:Ce-Leuchtstoff, beschichtet ist. Alternativ kann auch die vom optischen Element **20** abgewandte Oberfläche des Saphir- oder Keramik-Plättchens mit Leuchtstoff **31** beschichtet sein oder es können Leuchtstoffpartikel im Inneren des transparenten Saphir- oder Keramik-Plättchens eingeschlossen sein. Das aus dem optischen Element **20** austretende Lichtbündel **140** mit blauem Laserlicht trifft auf das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** und ein Teil dieses Laserlichts wird beim Durchtritt durch das mit Leuchtstoff **31** versehene Saphir- bzw. Keramik-Plättchen in gelbes Licht konvertiert, so dass aus der vom optischen Element **20** abgewandten Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** bzw. des Saphir- oder Keramik-Plättchens des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** weißes Licht **5** austritt, das eine Mischung aus nicht-konvertiertem, blauem Licht und konvertiertem gelbem Licht ist. Farbort und Farbtemperatur des weißen Mischlichts hängen von der Konzentration der Leuchtstoffpartikel und der Schichtdicke der Leuchtstoffbeschichtung **31** des Saphir- oder Keramik-Plättchens des Lichtwellenlängenkonversionselements **30** ab. Das blaue Laserlicht des Lichtbündels **140** wird beim Durchtritt durch das Lichtwellenlängenkonversionselement **30** an den Leuchtstoffpartikeln gestreut. Daher tritt das weiße Mischlicht **5** mit lambert'scher Verteilung aus dem Lichtwellenlängenkonversionselement **30** aus.

**[0046]** In Fig. 8 ist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung mit einer alternativen Ausführungsform des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** schematisch dargestellt. Die alternative Ausführungsform des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** wird in Reflexion betrieben. Das heißt, das aus dem optischen Element **20** austretende Lichtbündel **140** mit blauem Licht wird mittels der Optik **50** zum Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** geleitet, so dass es auf die Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** unter einem Einfallswinkel von größer als Null Grad auftrifft und am Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** reflektiert wird. Das Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** besteht aus einem transparentem Saphir- oder Keramik-Plättchen, dessen dem optischen Element **20** zugewandte Oberfläche mit Leuchtstoff **31**, insbesondere YAG:Ce-Leuchtstoff, beschichtet ist. Alternativ kann auch die vom optischen Element **20** abgewandte Oberfläche des Saphir- oder Keramik-Plättchens des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** mit Leuchtstoff beschichtet sein oder es können Leuchtstoffpartikel im Inneren des Saphir- oder Keramik-Plättchens eingebettet sein. Die vom

optischen Element **20** abgewandte Oberfläche ist, beispielsweise mittels einer metallischen Beschichtung **32**, lichtreflektierend ausgebildet, so dass das in das Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** eindringende Lichtbündel **140** an der metallischen Beschichtung **32** reflektiert wird und das Saphir- oder Keramik-Plättchen nur an der dem optischen Element **20** zugewandten Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** verlassen kann. Beim Passieren der Leuchtstoffschicht **31** wird das blaue Licht des Lichtbündels **140** anteilig in gelbes Licht konvertiert, so dass an der dem optischen Element **20** zugewandten Oberfläche des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** weißes Licht austritt, das eine Mischung aus nicht-konvertiertem blauem Licht und konvertiertem gelbem Licht ist. Bei dieser Ausführungsform des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** durchläuft das blaue Licht die Leuchtstoffschicht **31** zweimal bevor es das Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** verlassen kann. Die relativen Anteile von konvertiertem gelbem Licht und nicht-konvertiertem blauem Licht und die daraus resultierende Farbtemperatur des weißen Mischlichts **5'** hängen von der Konzentration der Leuchtstoffpartikel und der Schichtdicke des Leuchtstoffs **31** im Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** ab. Anstelle der Verwendung einer metallischen Beschichtung **32** kann das Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** beispielsweise mittels eines transparenten Klebers, insbesondere mittels eines transparenten Klebers auf Silikonbasis, auf einem metallischen Spiegel angebracht sein, der außerdem auch als Wärmesenke für das Lichtwellenlängenkonversionselement **30'** dient.

**[0047]** Die alternative Ausführungsform des Lichtwellenlängenkonversionselements **30'** kann zusammen mit allen fünf oben beschriebenen Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung verwendet werden.

**[0048]** Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die näher erläuterten Ausführungsbeispiele der Erfindung. Beispielsweise können anstelle der blaues Licht emittierenden Laserdioden gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen auch andere Laserdioden, insbesondere andersfarbiges Licht sowie Ultraviolette oder Infrarote Strahlung emittierende Laserdioden und daran angepasste Leuchtstoffe oder Leuchtstoffmischungen, verwendet werden.

**[0049]** Die Laserdioden können gleiche oder unterschiedliche Strahlungswellenlängen emittieren. Die Laserdioden können zeitgleich oder zeitversetzt sowie im Dauerstrich- und/oder Pulsbetrieb betrieben werden.

**[0050]** Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung kann mehrere optische Elemente umfassen, die beispielsweise in dichter Anordnung auf- oder neben-

einander angebracht sind und ihre jeweilige Anregungsstrahlung auf ein gemeinsames Konversionselement richten.

**[0051]** Das optische Element ist üblicherweise in einem Gehäuse integriert. Entstehende Verlustwärme wird über übliche Methoden, beispielsweise mittels Luftkühlung durch Ventilatoren oder Konvektion oder mittels Heatpipes etc., abgeführt. Das Lichtwellenlängenkonversionselement kann auch aus einem opaken, das heißt, aus einem undurchsichtigen aber durchscheinenden und lichtstreuenden sowie mit Leuchtstoff versehenem Saphir- oder Keramik-Plättchen bestehen, das zusätzlich zu den Leuchtstoffpartikeln eine lichtstreuende Wirkung auf das konvertierte und nicht-konvertierte Licht ausübt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 202012005157 U1 [0002]

**Patentansprüche**

1. Beleuchtungseinrichtung mit mehreren Lichtquellen (**11, 12, 13**) und mindestens einem Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**), das dazu ausgebildet ist, Licht von den Lichtquellen (**11, 12, 13**) zu mindestens anteilig in Licht anderer Wellenlänge zu konvertieren, sowie mit einem optischen Element (**20**), das als Lichtleiter ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Element (**20**) dazu ausgelegt ist, mehrere Lichtbündel (**110, 120, 130**) von den Lichtquellen (**11, 12, 13**) zu einem Lichtbündel (**140**) zum Beleuchten des Lichtwellenlängenkonversionselements (**30**) zu vereinigen und einen Teil des von dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**) konvertierten Lichts (**150**) aufzunehmen.

2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das optische Element (**20**) mehrere Einkopplungsschnittstellen (**21, 22, 23**) zur Einkopplung von Licht und eine erste Auskopplungsschnittstelle (**24**) hat, an der gebündeltes, von mehreren Einkopplungsschnittstellen (**21, 22, 23**) stammendes Licht ausgekoppelt wird.

3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 2, wobei die Einkopplungsschnittstellen (**21, 22, 23**) durch lichtleitende optische Pfade (**201, 202, 203, 206**), die im optischen Element (**20**) integriert sind, mit der ersten Auskopplungsschnittstelle (**24**) des optischen Elements (**20**) verbunden sind.

4. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste Auskopplungsschnittstelle (**24**) des optischen Elements (**20**) mit dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**) korreliert ist, so dass an der ersten Auskopplungsschnittstelle (**24**) ausgekoppeltes Licht (**140**) zu dem mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**) gelenkt wird.

5. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das optische Element (**20**) eine weitere Einkopplungsschnittstelle (**26**) zur Einkopplung von Licht (**150**) aufweist, das am mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**) konvertiert wurde.

6. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei die weitere Einkopplungsschnittstelle (**26**) mit der ersten Auskopplungsschnittstelle (**24**) des optischen Elements (**20**) zusammenfällt.

7. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das optische Element (**20**) eine zweite Auskopplungsschnittstelle (**25**) zur Auskopplung von Licht (**150**) aufweist, das vom mindestens einen Lichtwellenlängenkonversionselement (**30**) konvertiert wurde.

8. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 7, wobei die weitere Einkopplungsschnittstelle (**26**) durch einen lichtleitenden optischen Pfad (**206, 204**), der im optischen Element integriert (**20**) ist, mit der zweiten Auskopplungsschnittstelle (**25**) verbunden ist.

9. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei das optische Element (**20**) eine dritte Auskopplungsschnittstelle (**27**) besitzt, die zur Auskopplung eines Teils (**160**) des kumulierten, von allen Lichtquellen (**11, 12, 13**) emittierten, nicht-konvertierten Lichts dient.

10. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 9, wobei die zweite (**25**) und dritte Auskopplungsschnittstelle (**27**) jeweils mit einer Überwachungseinrichtung (**40**) zur Überwachung der Intensitäten des konvertierten (**150**) und nicht-konvertierten Anteils (**160**) des Lichts korreliert ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen



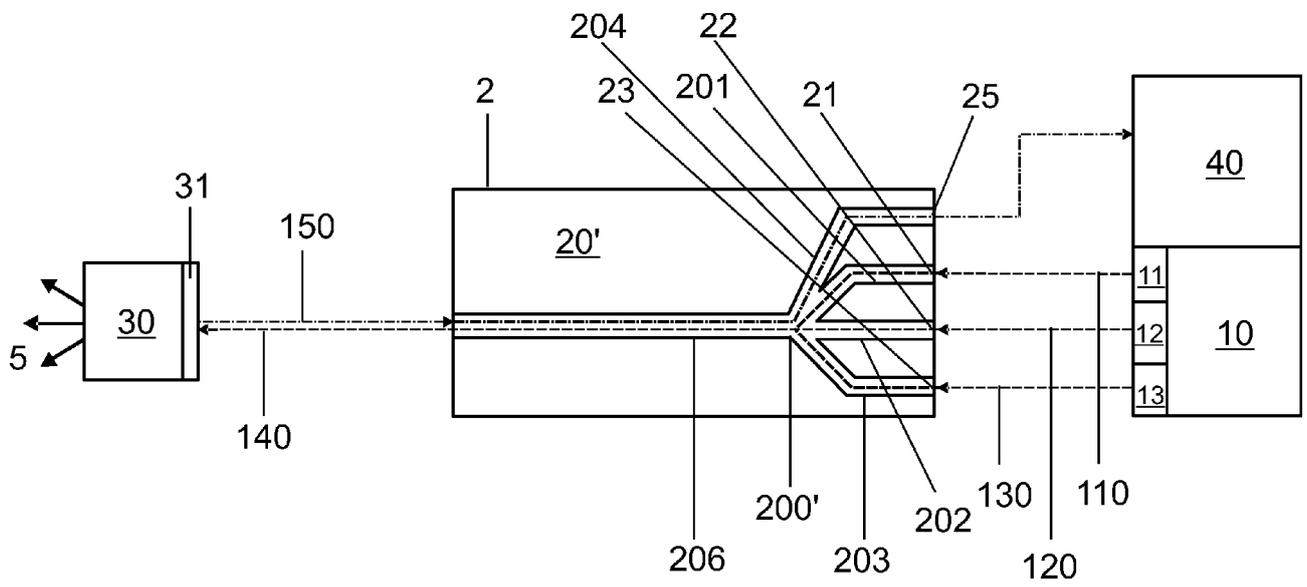


FIG 2

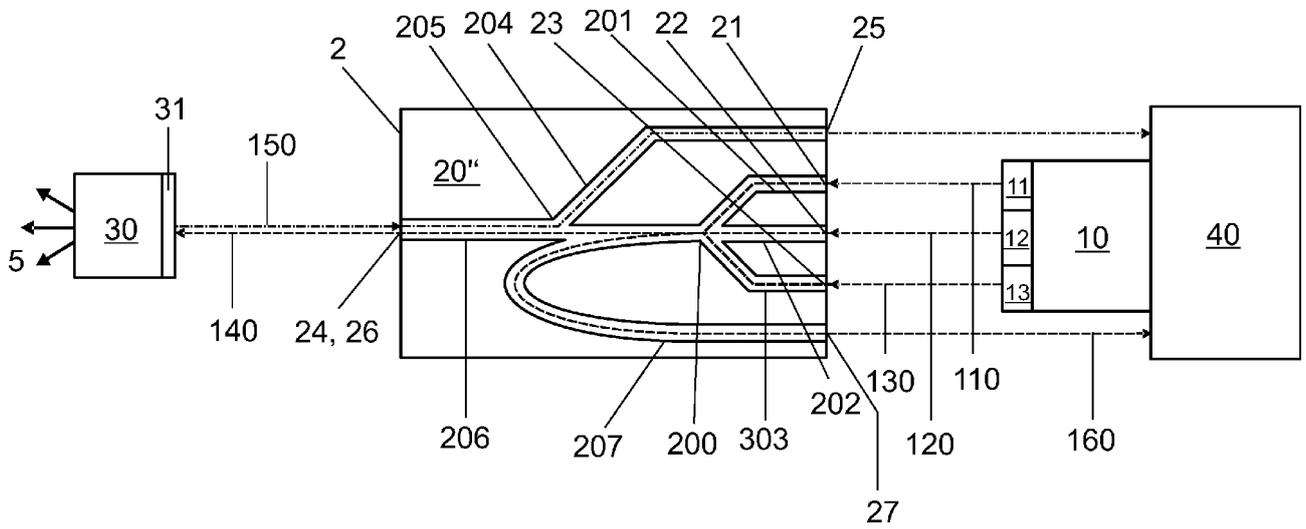


FIG 3

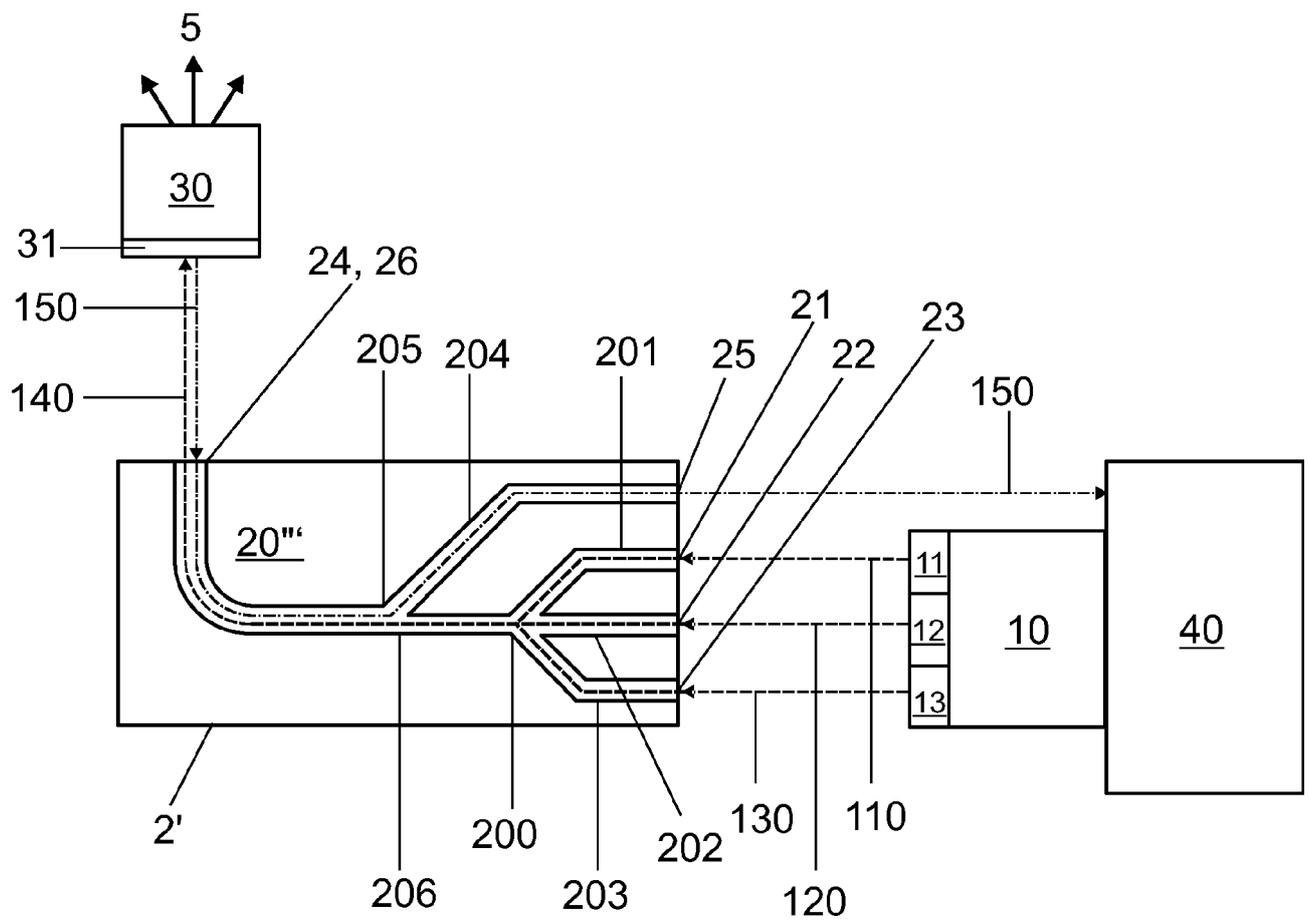


FIG 4

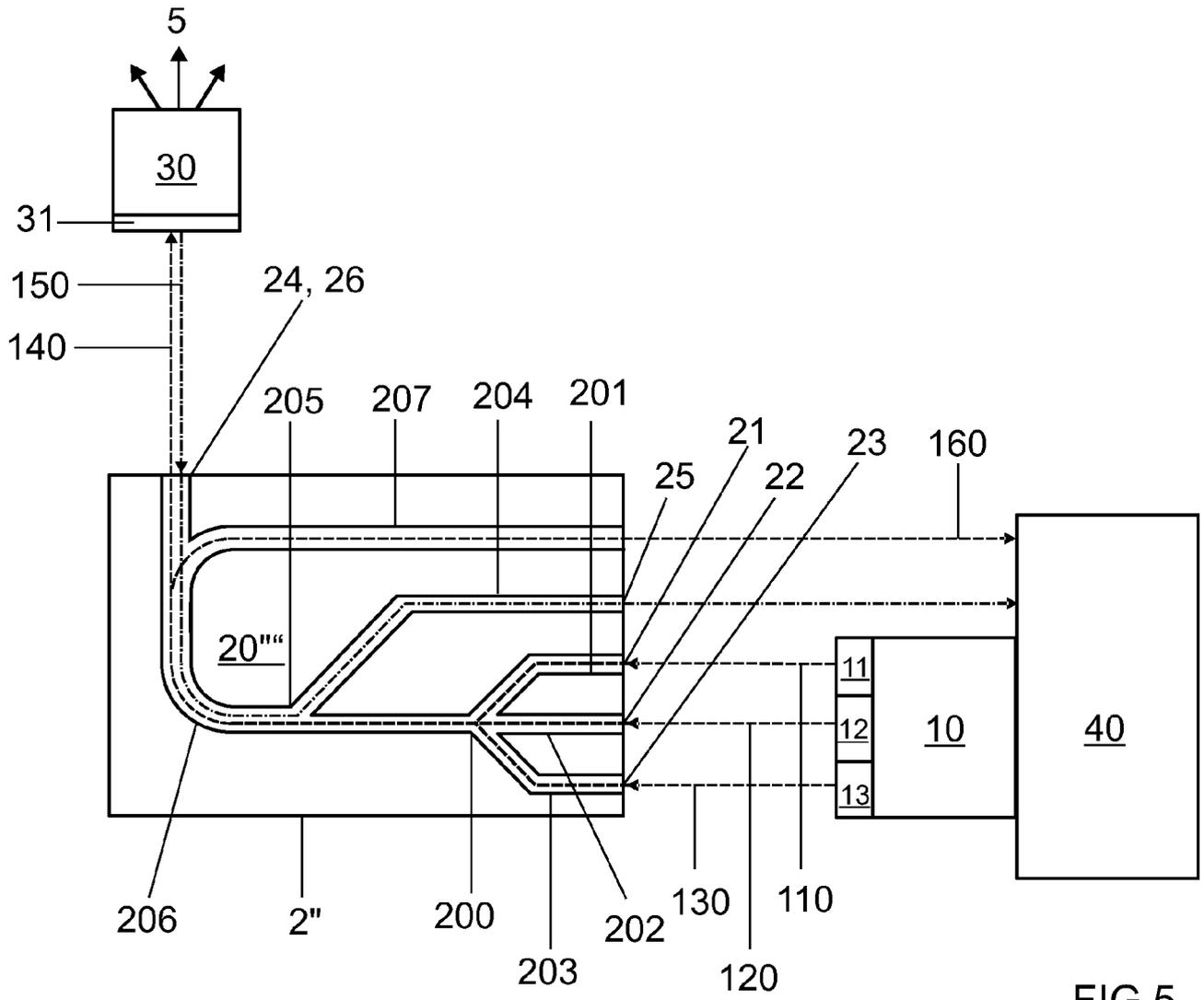


FIG 5

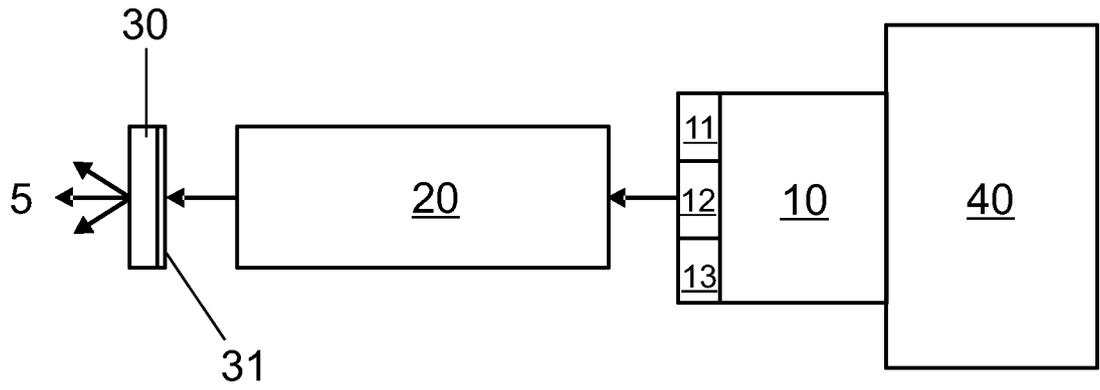


FIG 6

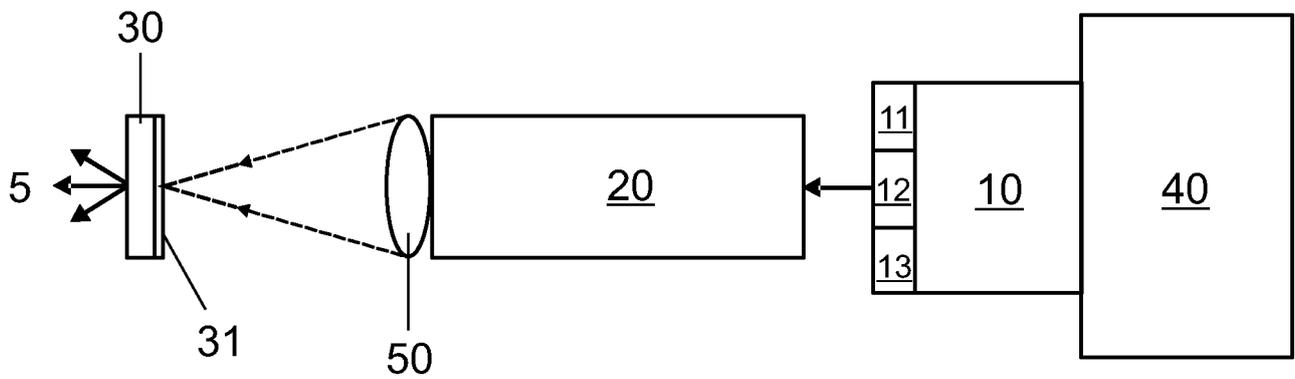


FIG 7

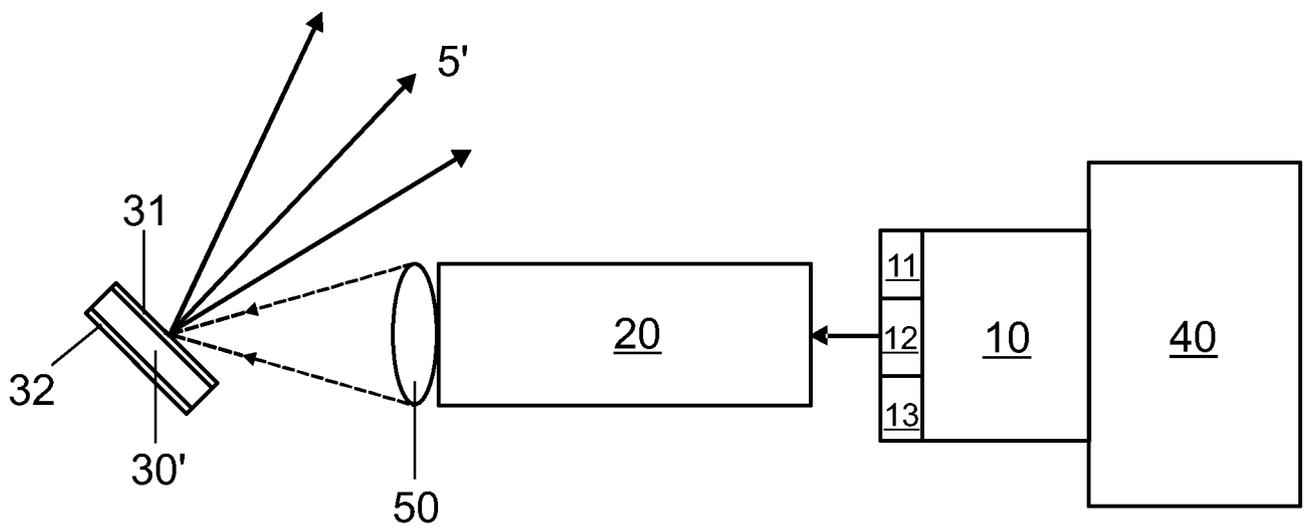


FIG 8