

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
23. Februar 2017 (23.02.2017)



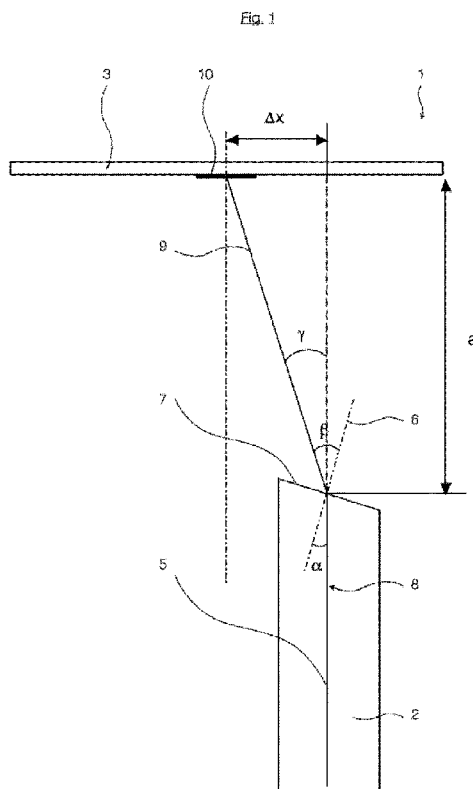
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/029255 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F21V 8/00* (2006.01) *G03B 21/20* (2006.01)  
*G02B 6/26* (2006.01) *F21S 8/10* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/069325
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
15. August 2016 (15.08.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 113 552.3  
17. August 2015 (17.08.2015) DE  
10 2015 113 551.5  
17. August 2015 (17.08.2015) DE  
10 2015 113 562.0  
17. August 2015 (17.08.2015) DE
- (71) Anmelder: **SCHOTT AG** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10,  
55122 Mainz (DE).
- (72) Erfinder: **RUSSERT, Hubertus**; Zum Wald 11, 55270  
Jugenheim (DE). **REICHERT, Thomas**; Bornstrasse 2 A,  
55263 Wackernheim (DE). **MEINL, Jürgen**; Loher Weg  
14, 65329 Hohenstein-Holzhausen (DE). **HAGEMANN,  
Volker**; Im Nieder-Olmer Pfad 38a, 55270 Klein-  
Winternheim (DE). **KLUGE, Michael**; Obermühlstrasse  
16, 63073 Offenbach am Main (DE). **RAKOBANDT,  
Christian**; Schwimmschulstrasse 2, 84034 Landshut (DE).  
**PENKERT, Alexander**; Gernsheimer Strasse 55a, 67575  
Eich (DE).
- (74) Anwalt: **BLUMBACH & ZINNGREBE**;  
Alexandrastrasse 5, 65187 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ALIGNING A LUMINOUS SPOT PRODUCED ON AN OPTICAL CONVERTER, DEVICE COMPRISING A LUMINOUS SPOT AND USE THEREOF, AND CONVERTER-COOLING BODY COMPOSITE HAVING A METALLIC SOLDER JOINT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR JUSTIERUNG EINES AUF EINEM OPTISCHEN KONVERTER ERZEUGTEN LEUCHTFLECKS, VORRICHTUNG MIT LEUCHTFLECK UND DEREN VERWENDUNG SOWIE KONVERTER-KÜHLKÖRPERVERBUND MIT METALLISCHER LOTVERBINDUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method for aligning a luminous spot of light exiting at least one light guide on an optical converter, wherein the exit surface 7 of the fiber has an angle  $\alpha$  relative to the longitudinal axis of the fiber which is different from  $0^\circ$ , the position of the luminous spot on the converter being aligned by adjusting the angle  $\alpha$ . The invention also relates to a device comprising a light guide from which light exits and is incident on an optical converter to at least a substantial extent, thereby forming a luminous spot, wherein the exit surface 7 of the fiber has an angle  $\alpha$  relative to the longitudinal axis of the fiber which is different from  $0^\circ$ , the position of the luminous spot on the converter being aligned by adjusting the angle  $\alpha$ . In another embodiment, the invention relates to a conversion module as a part of a lighting device. The conversion module is operated with excitation light of a light source, a fiber-optic light guide being used. For holding a converter for producing the useful light a support element is provided while the light guide is positioned and held by a decoupling head. In another embodiment, the invention relates to a converter-cooling body composite, wherein the cooling body and the converter are interconnected such that the connection between the converter and the cooling body preferably has high reflectance and both the connection between the converter and the cooling body as well as the entire system has low thermal resistance and a long life expectancy.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks von aus zumindest einem Lichtleiter austretendem Licht auf einem optischen Konverter, bei welchem die Austrittsfläche 7 der Faser einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser aufweist, wobei durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter justiert wird, sowie eine Vorrichtung mit einem Lichtleiter, aus welchem Licht austritt und zumindest zu einem wesentlichen Teil auf einen optischen Konverter trifft, auf welchem hierdurch ein Leuchtfleck entsteht, bei welcher die Austrittsfläche 7 der Faser einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser aufweist, wobei insbesondere durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter justiert ist. Die Erfindung bezieht sich in einem weiteren Aspekt auf ein Konversionsmodul als Teil einer Beleuchtungseinrichtung. Das Konversionsmodul wird mit Anregungslicht einer Lichtquelle betrieben, wobei ein faseroptischer Lichtleiter zum Einsatz kommt. Zum Haltern eines Konverters zur Erzeugung des Nutzlichtes ist ein Trägerelement vorgesehen, während der Lichtleiter durch einen Auskoppelkopf positioniert und gehalten wird. In einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Konverter-Kühlkörperverbund bereitgestellt, bei dem Kühlkörper und Konverter derart miteinander verbunden sind, dass die Verbindung zwischen Konverter und Kühlkörper vorzugsweise ein hohes Reflexionsvermögen aufweist und sowohl die Verbindung zwischen Konverter und Kühlkörper als auch das Gesamtsystem einen geringen thermischen Widerstand sowie eine hohe Lebensdauerprognose aufweisen.

**Verfahren zur Justierung eines auf einem optischen  
Konverter erzeugten Leuchtflecks, Vorrichtung mit  
Leuchtfleck und deren Verwendungen sowie Konverter-  
Kühlkörperverbund mit metallischer Lotverbindung**

5

Beschreibung

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Justierung eines  
auf einem optischen Konverter erzeugten Leuchtflecks sowie  
eine Vorrichtung mit justiertem Leuchtfleck und deren  
Verwendung, insbesondere als Licht emittierende Vorrichtung  
15 von Automobilscheinwerfern.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt ein  
Konversionsmodul, umfassend einen optischen Konverter, als  
Teil einer Beleuchtungseinrichtung. Das Konversionsmodul  
20 wird mit Anregungslicht einer Lichtquelle betrieben, wobei  
ein faseroptischer Lichtleiter zum Einsatz kommt.

Schließlich betrifft die Erfindung in einem nochmals  
weiteren Aspekt einen Konverter-Kühlkörperverbund sowie ein  
25 Verfahren zur Herstellung eines Konverter-  
Kühlkörperverbundes. Im speziellen betrifft die Erfindung  
in diesem Aspekt einen optischen Konverter, welcher durch  
eine metallische Anbindung mit einem Kühlkörper verbunden  
ist.

30

Eine Licht emittierende Vorrichtung als Teil eines  
Scheinwerfers ist aus WO 2008/000208 A1 entsprechend  
DE 10 2006 029 2003 A1 bekannt und umfasst eine

Anregungslichtquelle, einen daran angekoppelten Lichtleiter und sich daran anschließendes Konvertermaterial zur Umwandlung des kurzwelligeren Anregungslichtes in im Mittel langwelligeres Nutzlicht mit Weißlichteindruck. Das  
5 Nutzlicht setzt sich dabei aus einem langwelligeren, konvertierten Anteil und einem nichtkonvertierten Teil des Anregungslichts zusammen. Im Einzelnen ist eine Steckverbindung zu einem transparenten Körper, ein Konverter im Transmissionsbetrieb und ein optisches Bauteil  
10 zur Abstrahlung des konvertierten Nutzlichtes in Vorzugsrichtung vorgesehen. Ein Kühlkörper für den Konverter ist nicht vorhanden.

Aus DE 10 2010 034 054 A1 ist eine laserbasierte  
15 Weißlichtquelle bekannt, bei der ein Laser mittels einer Sammellinse einen Leuchtfleck in einem Konverter erzeugt, um im Transmissionsbetrieb weißes Nutzlicht abzugeben. Zur Vermeidung hoher Temperaturen am Leuchtfleck wird der Konverter unter Einbezug von wärmeleitfähigem Material  
20 hergestellt, zusätzlich durch Luft gekühlt und/oder rotieren lassen, um den Leuchtfleck im Konvertermaterial rundum wandern zu lassen.

Die Verwendung von mehreren Lichtleitern nebeneinander in  
25 einer Licht emittierenden Vorrichtung mit Konverter im Transmissionsbetrieb ist aus US 2010/0254153 A1 bekannt.

US 2008/0075406 A1 zeigt eine optische Komponente mit einem Konverter, einem zu diesem führenden Lichtleiter, einem  
30 Halter der Lichtleiter und einer Kappe zur Befestigung des Konverters an dem Halter. Die Kappe und der Halter bestehen aus Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, um möglichst



Wärme von dem Konverter abzuführen, der im Transmissionsbetrieb beaufschlagt wird.

Licht emittierende Vorrichtungen, teilweise auch im  
5 Remissionsbetrieb für Scheinwerfer sind aus US 2011/0148280 A1, US 2011/0279007 A1, US 2011/0280033 A1, US 2012/0106178 A1, US 2012/0106183 A1 und US 2012/0069593 A1 bekannt. Bei diesen ist das Konvertermaterial als Block im Fokus des parabolförmigen Scheinwerferspiegels angeordnet, wobei sich  
10 zur Befestigung des Konverters eine transparente Platte quer durch den Parabolspiegel erstreckt (US 2011/0148280 A1, US 2011/0279007 A1, US 2011/0280033 A1, US 2012/0069593 A1), oder es wird eine Trägerwand längs der Achse des Parabolspiegels gebildet, auf welcher der Konverter  
15 befestigt ist (US 2012/0106178 A1, US 2012/0106183 A1).

Zur Vermeidung von unerwünschtem Streulicht ist in einer faseroptischen Konversionslichtquelle auch die Qualität der Austrittsfläche der Faser von Bedeutung. Zur Herstellung  
20 eines Faserendes mit einer Austrittsfläche für das in der Faser geführte Licht sind allgemein verschiedene Verfahren bekannt.

Die mechanische Trennung von Fasern, durch welche eine  
25 Austrittsfläche für das in der Faser geführte Licht definiert wird, ist beispielsweise in EP 1 972 973 A2 beschrieben. Mittels einer mechanisch aufwändigen und in deren baulichen Abmessungen komplexen Vorrichtung ist ferner die Herstellung von Austrittsflächen möglich, welche  
30 gegenüber der Längsachse der Faser geneigt, diese bedeutet auch in anderen Neigungswinkeln als  $90^\circ$  relativ zur Faserlängsachse verlaufen.

Die Herstellung eines Faserendes mit einer Austrittsfläche für das in der Faser geführte Licht mittels Laserstrahlung wird beispielsweise in WO 02/34452 A1 offenbart. Durch das  
5 Abtrennen von Fasermaterial ergibt sich eine im Wesentlichen senkrecht zur Längsrichtung der Faser verlaufende Austrittsfläche.

Die britische Patentanmeldung GB 2 399 652 A beschreibt die  
10 Herstellung eines facettierten Faserendes mit einer facettierten Austrittsfläche mittels Laserstrahlung.

Bei faseroptischen Konversionsmodulen kommt der Justierung von deren optischen Baugruppen erhöhte Bedeutung zu, denn  
15 es soll der zur Verfügung stehende Nutzlichtanteil, welcher durch den dieses Modul tragenden Schweinwerfer abgegeben wird, nicht unnötig geschmälert werden. Das von der Faser abgegebene Konversionslicht soll folglich soweit als möglich innerhalb des optischen Konverters sowohl in  
20 spektraler als auch in räumlicher Weise korrekt umgesetzt und nachfolgend in der Regel innerhalb eines einzigen nutzbaren Lichtkegels abgegeben werden. Hierzu kommt insbesondere der Justierung des aus der Faser austretenden Konversionslichts auf den optischen Konverter maßgebliche  
25 Bedeutung zu.

In typischer Weise erzeugt das aus der Faser austretende Konversionslicht einen Leuchtfleck auf dem optischen Konverter, dessen sowohl laterale Lage als auch Richtung  
30 des Auftreffens innerhalb vordefinierter Toleranzen zu justieren ist. Rein mechanische Justierverfahren der Faser

erreichen hierbei Genauigkeiten der lateralen Lage mit Abweichungen von 200 µm und mehr.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem  
5 Verfahren zur Justierung eines auf einem optischen  
Konverter erzeugten Leuchtflecks sowie einer Vorrichtung  
mit justiertem Leuchtfleck die Genauigkeit der Justierung  
zu verbessern und insbesondere die industrielle  
Fertigungstauglichkeit des Justiervorgangs zu unterstützen.

10

Der Erfindung liegt in einem weiteren Aspekt die Aufgabe  
zugrunde, ein faseroptisches Konversionsmodul, umfassend  
einen optischen Konverter, einfachen Aufbaus zu schaffen,  
das sich als Montageteil in eine Beleuchtungseinrichtung  
15 zwischen einer Anregungslichtquelle und einem Scheinwerfer  
zur Abgabe von Nutzlicht eignet und eine gute Wärmeabfuhr  
ermöglicht.

20

Das Konversionsmodul soll dabei aus Kostengründen lediglich  
mit einer einzigen Faser betrieben werden können. Die  
Abschattung, insbesondere durch die zugeführte Faser, soll  
möglichst gering sein. Zudem soll eine einfache und rasche  
Montage des Konversionsmoduls einerseits sowie als Ganzes  
in das Nutzgerät, etwa die Beleuchtungseinrichtung, gegeben  
25 sein, um eine kostengünstige Fertigung und Montage zu  
ermöglichen. Demzufolge soll das Konversionsmodul auch  
wartungsfreundlich sein, also im Schadensfalle einfach  
auszutauschen sein. Eine Feinjustierung soll auch nach  
erfolgter Montage noch möglich sein. Ferner soll auch die  
30 erforderliche Strahlsicherheit bei der Verwendung von  
Laserlicht als Anregungslicht in Beleuchtungseinrichtungen  
gegeben sein.

Es ist in einem nochmals weiteren Aspekt eine Aufgabe der Erfindung, einen Konverter-Kühlkörperverbund bereitzustellen, bei dem Kühlkörper und Konverter derart miteinander verbunden sind, dass die Verbindung zwischen Konverter und Kühlkörper vorzugsweise ein hohes Reflexionsvermögen aufweist und sowohl die Verbindung zwischen Konverter und Kühlkörper als auch das Gesamtsystem einen geringen thermischen Widerstand sowie eine hohe Lebensdauerprognose aufweisen und dennoch eine kostengünstige Selektion ermöglicht wird. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht daher in der Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung eines entsprechenden Konverter-Kühlkörperverbundes.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren sowie einer Vorrichtung nach einem der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Ein Vorteil des Verfahrens besteht auch darin, dass bei besonders bevorzugten Ausführungsformen nach der Justierung bereits das endgültige Produkt zur Verfügung stehen kann, ohne dass weitere, die Justierung beeinflussende Fertigungsschritte, wie beispielsweise das Haltern der Faser oder des optischen Konverters erforderlich sind.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform eines Verfahrens zur Justierung eines Leuchtflecks von aus zumindest einem Lichtleiter austretendem Licht auf einem optischen Konverter umfasst der Lichtleiter eine das Licht leitende Faser und weist die Normale der Austrittsfläche der Faser einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser auf und wird durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter

justiert. Durch Einstellung des Winkels  $\alpha$  vor oder nach der Festlegung der Faser in deren Halterung wird ein eigener Freiheitsgrad zur Justierung erhalten, der bevorzugt die horizontale Richtung des aus der Faser austretenden Lichts beeinflussen kann. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann jedoch dieser Winkel  $\alpha$  auch schräg zur Horizontalen liegen und eine frei wählbare laterale Korrektur der Lage des Leuchtflecks zur Justierung vorgenommen werden, insbesondere, wenn die Ist-Lage des Leuchtflecks vor der Justierung und die Soll-Lage nach der Justierung bekannt ist, beispielsweise bei Verwendung einer bildverarbeitenden Prozesssteuerung. Hierbei führt die Änderung der Neigung der Austrittsfläche der Faser dann zu einem Wandern des Leuchtflecks aus seiner Ist-Lage in die erwünschte Soll-Lage.

Ferner kann durch die Justierung des Leuchtflecks nicht nur die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter in einer lateralen Richtung, sondern auch die Lage und Richtung des aus dem optischen Konverter austretenden remittierten Nutzlichtes beeinflusst und optimiert werden. Hierdurch können beispielsweise Verluste des Nutzlichtes durch Abschattung vermindert werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Faser zunächst in einer Halterung festgelegt und nach deren Festlegung in der Halterung der Winkel  $\alpha$  eingestellt und die Lage des Leuchtflecks justiert. In besonders vorteilhafter Weise ist dies bereits die endgültige Lage der Faser wie diese in dem späteren faseroptischen Konversionsmodul Verwendung findet. Hierdurch sind bereits mit dieser Justierung im Wesentlichen alle für das

endgültige Produkt wichtigen Optimierungen vornehmbar und besteht Fertigungssicherheit, dass keine weiteren nachteiligen Veränderungen eingebracht werden müssen.

5 Bei einer weniger bevorzugten Ausführungsform wird die Austrittsfläche der Faser zunächst in einem vordefinierten Winkel  $\alpha$  eingestellt, welcher im Wesentlichen dem justierten Winkel  $\alpha$  entspricht, und die Faser danach erst in deren Halterung festgelegt. Hierzu kann die Lage des  
10 Leuchtflecks vor dessen Justierung, beispielsweise in Form der korrekten Soll-Lage gemäß Konstruktionsvorgaben erfasst und nach dessen Justierung auf dem optischen Konverter, beispielsweise mit bildgebenden Fertigungsvorrichtungen überprüft werden. Hierbei entstandene Exemplare mit zu  
15 hohen Abweichungen von der korrekt justierten Lage können dann mit dem Verfahren, welches vorstehend als besonders bevorzugte Ausführungsform beschrieben wurde, nachgearbeitet oder es können diese Fehlexemplare aus dem Fertigungsprozess aussortiert werden.

20 Vorteilhaft wird die Austrittsfläche der Faser während der Justierung, insbesondere materialabtragend, derart bearbeitet, dass sich hierdurch der Winkel  $\alpha$  der Austrittsfläche ändert.

25 Obwohl für diese materialabtragende Bearbeitung prinzipiell auch Schleifen und Polieren der Faserendfläche möglich ist, wird die Bearbeitung mit optischen Mitteln, beispielsweise mit Laserstrahlung bevorzugt, da das dann verdampfende  
30 Fasermaterial in der Regel weniger an Kontamination der weiteren Baugruppen mit sich bringt, insbesondere wenn für

einen ausreichenden Abzug der abgetragenen Materie Sorge getragen ist.

Alternativ kann auch eine Materialaufbringung den Winkel  $\alpha$   
5 ändern, beispielsweise durch das Aufkleben eines Prismas, welches ebenfalls bearbeitet werden kann, wenn dieses nicht auf Antrieb zu korrekter Justierung führt.

Vorteilhaft werden bei der materialabtragenden Bearbeitung  
10 sowohl der lichtleitende Kern der Faser als auch deren Mantelstrukturen bearbeitet, welches bei entsprechender Intensität des Laserlichts sowie geeigneter Wellenlänge und ausreichendem Abzug der abgetragenen und zumindest teilweise verdampften Materie mit sehr geringer  
15 Kontamination der verbleibenden Baugruppen des faseroptischen Konversionsmoduls möglich ist. Der Begriff der Mantelstrukturen umfasst in diesem Zusammenhang und in dieser Beschreibung sowohl die äußeren Mantelstrukturen, welche auch als Cladding bezeichnet werden und dem  
20 mechanischen Schutz der lichtleitenden Strukturen dienen, als auch die inneren Mantelstrukturen, welche bei Stufenwellenleitern den lichtleitenden Faserkern umgeben und einen anderen Brechungsindex als der lichtleitende Faserkern aufweisen. Bei Gradientenindex-Fasersystemen  
25 bedarf es an dieser Stelle keiner weiteren Differenzierung der Begriffe innerer Mantel und Kern, da bei der materialabtragenden Bearbeitung vorteilhaft die gesamte Faser bearbeitet werden kann, ohne dass es hierbei für den gewünschten Materialabtrag wesentlich auf die  
30 lichtleitenden Strukturen der Faser ankommt. Soweit nachfolgend Strahlengänge betrachtet und diskutiert werden, wird dies anhand des Hauptstrahls vorgenommen, welcher in

geometrisch optischer Näherung derjenige Strahl ist, der im innern der jeweiligen Faser in Richtung von deren Längsachse propagiert und auch aus dieser Richtung auf die jeweilige Austrittsfläche der Faser auftrifft. Auch für die  
5 Darstellung der geometrisch optischen Sachverhalte bedarf es keiner Differenzierung in Bezug auf den Fasertyp, da, obwohl Glas-basierte Fasertypen bevorzugt werden, die Erfindung dennoch bei im Wesentlichen allen Fasern Anwendung finden kann.

10

In äußerst bevorzugter Weise wird bei der materialabtragenden Bearbeitung auch der Abstand der Austrittsfläche der Faser relativ zum optischen Konverter eingestellt, wobei der Abstand der Faser zum optischen  
15 Konverter den Abstand des Austrittspunktes des Hauptstrahls aus der Faser zum optischen Konverter bezeichnet. Da das aus der Faser austretende Licht einen definierten Öffnungswinkel aufweist, welcher im Wesentlichen der effektiven numerischen Apertur entspricht, welche durch die  
20 Einkopplung, die Fähigkeit der Faser Licht zu leiten und deren Austrittsapertur bestimmt und hierdurch wählbar ist, kann mit der Justierung des Abstands auch die Größe des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter geändert und hiermit justiert werden.

25

Vorzugsweise wird die Austrittsfläche der Faser während der Justierung, insbesondere unter Verwendung von Laserlicht materialabtragend derart bearbeitet, dass sich eine ebene,  
30 sich unter einem justierten Winkel  $\alpha$  erstreckende Fläche ergibt.



Alternativ kann die Austrittsfläche der Faser während der Justierung, insbesondere unter Verwendung von Laserlicht materialabtragend derart bearbeitet werden, dass sich eine nicht-ebene, insbesondere gewölbte Austrittsfläche der Faser ergibt. Hierdurch können beispielsweise bei zylindrisch konvexer Wölbung der Faser zylinderlinsenartige Wirkungen bereitgestellt werden und der Leuchtfleck in dessen Verhältnis von Höhe zu Breite beispielsweise elliptisch-oval oder kreisrund ausgebildet werden. Ferner kann bei einer sphärischen oder auch asphärischen Wölbung der Austrittsfläche ein Fokus auf der Oberfläche oder zumindest in der Nähe der Oberfläche des optischen Konverters definiert werden, welcher zu einer verbesserten Konversionsrate des Konverters beitragen kann.

Bevorzugt kann hierzu die Austrittsfläche der Faser während der Justierung, insbesondere unter Verwendung von Laserlicht, materialabtragend zunächst derart bearbeitet werden, dass sich zunächst eine ebene, sich unter einem einer korrekten Justierung entsprechend eingestellten Winkel  $\alpha$  erstreckende Fläche ergibt und danach durch weitere materialabtragende Bearbeitung, insbesondere mit Laserlicht, eine nicht-ebene Formung, insbesondere Wölbung in der Austrittsfläche der Faser erzeugt werden, wodurch der Anteil des aus dem Konverter austretenden Nutzlichtes erhöht werden kann.

Dieser vorstehend beschriebene Verfahrensablauf kann auch unter Messung des aus dem Konverter austretenden Lichtes, beispielsweise mit bildgebenden Fertigungsverfahren vorgenommen und die Form der Austrittsfläche hierdurch optimiert werden. Eine einmal optimierte Form der

Austrittsfläche kann dann beispielsweise auch auf weitere zu fertigende Baugruppen übertragen werden.

Auf diese Weise können nicht-eben geformte, beispielsweise  
5 zylindrische, sphärische, asphärische und auch frei geformte Austrittsflächen, insbesondere auch durch sukzessive Optimierung entstehen.

Die Form der Austrittsfläche kann somit nach einer  
10 vordefinierten Bearbeitungsgeometrie entstehen oder auch mit Rückkopplung durch Messung des tatsächlichen Nutzlichtanteils optimiert werden.

Insbesondere bei einer mehrstufigen sukzessiven Bearbeitung  
15 ergibt sich insbesondere auch unter Einbeziehung der optischen sowie geometrischen Eigenschaften des tatsächlich verwendeten Konverters und der tatsächlich verwendeten Faser ein deutlich optimierter Nutzlichtanteil, da die Justierung nicht nur in Bezug auf die Lage des Leuchtflecks  
20 sondern auch in Bezug auf einen insgesamt verbesserten Nutzlichtanteil vorgenommen wird und insbesondere auch alle Eigenschaften des optischen Konverters mit berücksichtigt werden können.

Vorteilhaft sind sowohl die Faser in deren Halterung als  
25 auch der optische Konverter vor und nach der Justierung in einem monolithischen Körper angeordnet und wird bei dieser Anordnung bereits die finale bzw. endgefertigte Lage dieser Komponenten definiert.

30 Bevorzugt ist dabei der monolithische Körper durch ein pulvermetallurgisches Spritzgießverfahren, insbesondere

durch ein Metal-Injection-Mould-Verfahren (MIM) hergestellt, mit welchem sich Körper mit guter Wärmeleitfähigkeit und komplexen Geometrien auf präzise Weise herstellen lassen.

5

Ebenfalls bevorzugt ist bei dem monolithischen Körper dessen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  zusammen mit einem Kühlkörper größer als 200 W/(m\*K) und bevorzugt größer als 350 W/(m\*K).

10

Vorteilhaft weist der Durchmesser auf dem optischen Konverter eine Größe von 0,5  $\mu\text{m}$  bis 800  $\mu\text{m}$ , bevorzugt eine Größe von 1  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten eine Größe von 5  $\mu\text{m}$  bis 300  $\mu\text{m}$  auf. Bei ellipsoiden Leuchtfleckformen gelten die vorstehend für den Durchmesser gemachten Aussagen für das Zweifache von deren Hauptachsen.

15

Bei der bevorzugtesten Ausführungsform ist die laterale Abweichung der Lage des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter insbesondere nach der Justierung kleiner als 200  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 150  $\mu\text{m}$  und besonderes bevorzugt kleiner als 100  $\mu\text{m}$ . Hierdurch können, wenn das faseroptische Konversionsmodul in weitere Baugruppen eingesetzt oder an diesen angebracht wird, in der Regel weitere Justierungen beim Einsetzen oder Anbringen an den weiteren Baugruppen vermieden werden, wenn am monolithischen Körper Passungen angebracht sind, welche mit zugeordneten Passungen der weiteren Baugruppen entsprechend zusammenwirken können. In diesem Fall kann auch die Abweichung des Abstands der Austrittsfläche der Faser zur Oberfläche des optischen Konverters nach der Justierung

20

25

30

vorteilhaft kleiner als 500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 250  $\mu\text{m}$  und besonderes bevorzugt kleiner als 100  $\mu\text{m}$  sein.

5 Bevorzugt beträgt weiterhin der Abstand der Austrittsfläche der Faser zur Oberfläche auf dem optischen Konverter, an welcher das Intensitätsmaximum des aus der Faser austretenden Lichtes liegt, zwischen 200  $\mu\text{m}$  und 2500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt zwischen 400  $\mu\text{m}$  und 1500  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt zwischen 1500 und 800  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten zwischen 600  
10  $\mu\text{m}$  und 1200  $\mu\text{m}$ .

Der Winkel  $\alpha$  kann nach dessen Justierung etwa 10° bis 30°, bevorzugt etwa 15° bis 25°, besonders bevorzugt etwa 18° bis 22° betragen.

15 Vorteilhaft beträgt der Durchmesser des lichtleitenden Kerns der Faser etwa 3  $\mu\text{m}$  bis 1500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt etwa 3,5  $\mu\text{m}$  bis 1000  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten etwa 50  $\mu\text{m}$  bis 150  $\mu\text{m}$ .

20 Die vorstehend beschriebenen Vorteile weist auch eine Vorrichtung mit einem Lichtleiter auf, aus welchem Licht austritt und zumindest zu einem wesentlichen Teil auf einen optischen Konverter trifft, auf welchem hierdurch ein Leuchtfleck entsteht, und weist die Normale der  
25 Austrittsfläche der Faser einen von 0° verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser auf, wobei vorzugsweise auch durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter justiert ist.

30 Ferner kann diese Vorrichtung eine Lichtfalle für aus der Faser austretendes, reflektiertes Licht umfassen, welche beispielsweise auch bei starker mechanischer Belastung,

beispielsweise bei einer durch einen Unfall ausgeübten Belastung sicher gewährleistet, dass kein reflektiertes Anregungslicht, beispielsweise Laserlicht, aus dem beschädigten faseroptischen Konversionsmodul treten kann.

5 Dies kann auch bei einer Zerstörung des optischen Konverters dann sicher gewährleistet werden, wenn der monolithische Körper entsprechend dimensioniert ist und hierdurch die dann auftretenden Kräfte sicher aufnehmen kann.

10

Eine weitere bevorzugte Vorrichtung umfasst mehr als einen Lichtleiter, aus welchem jeweils Licht austritt und jeweils zumindest zu einem wesentlichen Teil auf einen optischen Konverter trifft, auf welchem hierdurch jeweils ein

15

Leuchtfleck entsteht, und weist die Normale der Austrittsfläche der Faser jeweils einen von  $0^\circ$

verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser auf, wobei vorzugsweise auch durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter

20

justiert ist, insbesondere gemäß einem hier beschriebenen Verfahren justiert ist und überlagern sich die jeweiligen Leuchtflecke auf dem optischen Konverter zumindest zu einem wesentlichen Anteil. Als wesentlicher Anteil wird hierbei eine Überlagerung von mehr als 50% der Fläche der

25

Leuchtflecke angesehen, innerhalb derer die Intensität des Lichtes der jeweiligen Leuchtflecke jeweils höher als 50% der maximalen Intensität des vom jeweiligen Lichtleiter abgegebenen und auf dem optischen Konverter auftreffenden Lichtes ist.

30

Besonders eignet sich die vorstehend beschriebene Vorrichtung auch für Scheinwerfer, wie beispielsweise für

Scheinwerfer von Luft-, Wasser- oder Landfahrzeugen. Auch Scheinwerfer für Theater und Bühne sowie Suchscheinwerfer für Hilfskräfte, Outdoor-, Offshore-Anwendungen und dergleichen profitieren von der Verwendung dieser

5 Vorrichtung, denn durch die korrekte Lage des Emissionszentrums des faseroptischen Konversionsmoduls, welche mit der korrekt justierten Lage des Leuchtflecks einhergeht, können derartige Scheinwerfer das vom faseroptischen Konverter bereitgestellte Nutzlicht sehr

10 definiert weiterleiten und hierdurch sehr definierte Lichtverteilungen bereitstellen, wie dieses beispielsweise für blendfreie Kraftfahrzeugscheinwerfer vorteilhaft ist. Insbesondere bei Scheinwerfern für Theater, Film und Bühne sind sehr scharf abgegrenzte Lichtfiguren mit hohem

15 Kontrast erzeugbar, da eine äußerst kleine aber dennoch intensive Lichtquelle mit hoher Präzision an dem durch das optische Design vorgesehenen Ort zur Verfügung gestellt werden kann.

20 Bei Projektionseinrichtungen, insbesondere bei digitalen bildgebenden Projektionseinrichtungen, sind Abbildungen mit sehr hohem Kontrast erzeugbar, da eine äußerst kleine aber dennoch intensive Lichtquelle zur Verfügung gestellt wird, welche die optische Korrektur der bildgebenden Systeme mit

25 höherer Präzision unterstützt.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe, ein faseroptisches Konversionsmodul einfachen Aufbaus zu schaffen, das sich als Montageteil in eine

30 Beleuchtungseinrichtung zwischen einer Anregungslichtquelle und einem Scheinwerfer zur Abgabe von Nutzlicht eignet und eine gute Wärmeabfuhr ermöglicht, gelöst durch ein

faseroptisches Konversionsmodul als Teil einer Beleuchtungseinrichtung, das Nutzlicht gemischt aus kurzwelligerem Anregungslicht und langwelligerem Konversionslicht abgibt. Das Konversionsmodul umfasst

5 dabei:

- ein Trägerelement,
- einen Auskoppelkopf, und
- einen faseroptischen Lichtleiter, wobei
- der Auskoppelkopf zur Positionierung und
- 10 Halterung eines Lichtaustrittsendes des Lichtleiters ausgebildet ist,
- der faseroptische Lichtleiter an seinem Lichteintrittsende zur Ankopplung an eine zugeordnete Anregungslichtquelle ausgebildet ist,
- 15 - das Lichtaustrittsende des Lichtleiters zur Abgabe von Anregungslicht in vorgegebener Strahlrichtung eingerichtet ist, und wobei
- das Trägerelement eingerichtet ist zum Haltern eines Konverters,
- 20 - das Trägerelement Mittel zum Verbinden mit dem Auskoppelkopf derart umfasst, dass
- der Konverter in Strahlrichtung des aus dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters austretenden Anregungslichtes liegt, und dabei geneigt zur
- 25 Strahlrichtung des Anregungslichtes angeordnet ist, wobei
- ein vordefinierter Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Konverters und dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters gegeben ist,
- 30 und wobei
- der Konverter der Konversion des kurzwelligeren Anregungslichtes in das langwelligere

Konversionslicht und der Emission des gemischten Nutzlichtes dient.

Der Lichtleiter bzw. der faseroptische Lichtleiter kann ein  
5 mit einem Stecker versehenes Lichteintrittsende zur  
Ankopplung an eine zugeordnete Anregungslichtquelle  
aufweisen. Der Auskoppelkopf sorgt dafür, dass das  
Lichtaustrittsende des Lichtleiters das kurzwelligere  
Anregungslicht auf den Leuchtfleck richtet, der sich auf  
10 der Oberfläche des Konverters befindet. Der Auskoppelkopf  
umfasst eine Aufnahme zur Halterung und Fixierung des  
Lichtaustrittsendes der Lichtleitfaser. Ferner ist er dazu  
ausgebildet, fest mit dem Trägerelement verbunden werden zu  
können.

15 Das kurzwelligere Anregungslicht dringt zum größten Teil in  
den Konverter ein und wird dort in langwelligeres  
Konversionslicht umgewandelt, das zusammen mit gestreutem  
Anregungslicht in einem nutzbaren Abstrahlwinkel als  
20 Nutzlicht emittiert wird, während störend reflektiertes  
Anregungslicht (der sogenannte Fresnel-Reflex) von einer  
Lichtblende aufgefangen und unschädlich gemacht werden  
kann. Im Falle eines Autoscheinwerfers wird das Nutzlicht  
an einen Parabolspiegel abgegeben.

25 Ausgehend von dem Konverter breitet sich das Nutzlicht in  
einem Bereich eines nutzbaren Abstrahlwinkels von dem  
Konverter aus. Dabei wird das Nutzlicht kegelförmig von dem  
Leuchtfleck aus abgestrahlt. Der sich hieraus ergebende  
30 Öffnungswinkel des Lichtkegels beträgt wenigstens  $50^\circ$ ,  
bevorzugt wenigstens  $60^\circ$  und besonders bevorzugt wenigstens  
 $70^\circ$ .



Weiterhin ist zum Haltern des Konverters ein Trägerelement vorgesehen. Das Trägerelement mit dem Konverter ist bei einer bevorzugten Ausführungsform baulich getrennt von dem Auskoppelkopf. Zur Montage des Konversionsmoduls sind das Trägerelement und/oder der Auskoppelkopf derart ausgebildet, dass sie fest miteinander verbunden werden können. Hierzu können das Trägerelement und/oder der Auskoppelkopf geeignete Mittel für eine feste Verbindung aufweisen, etwa eine Ausnehmung und eine passgenau gegengleich ausgebildete Aufnahme, um eine hochpräzise, feste Verbindung zu schaffen. Zur Unterstützung der exakten Positionierung können ferner Justierhilfen, etwa ein Anschlag oder Positionierstifte, vorgesehen sein. Die exakte Ausrichtung von Auskoppelkopf und Trägerelement in montierter Position ist von hoher Bedeutung, um das Anregungslicht punktgenau auf den Konverter abzustrahlen.

So kann der Auskoppelkopf in einer bevorzugten Ausführungsform rotationssymmetrisch zapfenförmig ausgebildet sein und in eine passgenau gegengleiche Bohrung des Trägerelements eingesteckt werden. Vorzugsweise wird eine enge Toleranz der Passung ausgewählt, bei der mit geringem Druck der Auskoppelkopf gefügt werden kann.

Die Trennung in ein Trägerelement, welches den Konverter umfasst und haltet, sowie einen Auskoppelkopf, welcher zur Halterung und Fixierung der Lichtleitfaser ausgebildet ist, bietet mehrere Vorteile, insbesondere gegenüber Lösungen, bei denen die Halterung der Lichtleitfaser und des Konverters auf einem gemeinsamen Trägerelement vorgesehen sind.

So können vorliegend die Auskoppelköpfe in großen Stückzahlen vergleichsweise einfach und kostengünstig gefertigt werden, welche dann nachfolgend mit dem

5 Trägerelement verbunden werden. Das Trägerelement und/oder der Auskoppelkopf können daher auch bereits ein Teil einer Beleuchtungseinrichtung oder als Teil einer Beleuchtungseinrichtung ausgebildet sein.

10 Der Auskoppelkopf mit der Lichtleitfaser oder der Lichtleiter können auch, etwa aufgrund eines Bruches der Lichtleitfaser nach dem Einbau in der

Beleuchtungseinrichtung oder nach längerem Betrieb oder aufgrund einer sonstigen Störung im Bereich der

15 Lichtleitfaser, einfach ausgebaut und ersetzt werden.

Derartige Defekte können beispielsweise bei der Verwendung des Konversionsmoduls in einem Autoscheinwerfer auftreten, wo es häufig zu Rüttelbelastungen kommen kann. Die bauliche Trennung erleichtert also nicht nur die Fertigung und die  
20 Montage, sondern auch die Wartung und den Austausch von Bauteilen.

Durch die bauliche Trennung ist es ferner möglich, für das Trägerelement andere Materialien als für den Auskoppelkopf  
25 zu verwenden. Dies kann vorteilhaft sein, da der Konverter während des Betriebs eine große Wärme erzeugt. Hierdurch kann es zu Beschädigung der Lichtleitfaser kommen.

Das Trägerelement kann hierzu vorteilhaft aus einem  
30 temperaturstabilen Sintermaterial, etwa einem metallischen Sintermaterial, gefertigt werden. Es derartiges Material verhält sich im Allgemeinen unkritisch bei hohen

Temperaturbelastungen, wie sie bei dem Betrieb des Konverters entstehen können. Zudem ist auch die hieraus folgende thermische Ausdehnung des Trägermaterials eher gering, so dass eine temperaturbedingte Änderung der

5 Leuchtcharakteristik aufgrund veränderten Abstands zwischen Lichtleiter und Konverter infolge Wärmedehnung weitgehend vermieden werden kann.

Das Trägerelement kann auch in dem als Aufnahme des

10 Konverters vorgesehenen Bereich als Wärmesenke ausgebildet sein, also eine wärmeableitende Funktion übernehmen. Ebenso kann das Trägerelement auch einen Kühlkörper zur Aufnahme des Konverters in wärmeleitender und mechanisch fester Verbindung umfassen. Das Trägerelement ist demnach so

15 gestaltet, dass im Konverter erzeugte Wärme über das Trägerelement abgeführt und dissipiert werden kann. Durch die bauliche Trennung kann die Wärmeübertragung auf den Auskoppelkopf und/oder die Lichtleitfaser reduziert werden, so dass eine geringere Gefahr besteht, dass die

20 Lichtleitfaser im Betrieb Schaden nimmt.

Zudem entfällt die Problematik, das aus mehreren Lichtaustrittsenden austretende Licht in beengten Platzverhältnissen zu bündeln und auf einen gemeinsamen

25 Leuchtfleck auf der Konverteroberfläche zu konzentrieren. Hierzu müssen die verschiedenen Lichtleitfasern im Allgemeinen mit einem Schrägschliff an ihren Lichtaustrittsenden versehen werden, welcher zudem von der konkreten Anordnung der einzelnen Lichtleitfaser abhängen

30 kann. Dies macht die Herstellung vergleichsweise kompliziert und kostenintensiv.

Zur Führung und Halterung der Lichtleitfaser in dem Auskoppelkopf können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden. So ist vorzugsweise der Auskoppelkopf mit einer Bohrung versehen, durch die die Lichtleitfaser hindurchgeführt werden kann. Zweckmäßigerweise weist der Auskoppelkopf ein Einsatzteil, vorzugsweise eine Hülse auf, in welchem das Lichtaustrittsende der Lichtleitfaser fixiert und gehalten werden kann. Der Innendurchmesser der Hülse ist passgenau gegengleich zu dem Außendurchmesser der Lichtleitfaser ausgelegt, vorzugsweise mit ebenfalls sehr geringer Toleranz, um eine präzise Positionierung der Lichtleitfaser zu ermöglichen. Der Innendurchmesser des Einsetzelements ist auf den Außendurchmesser des Lichtleiters abgestimmt und kann in einem Bereich von 0,1 mm bis 0,5 mm liegen, bei einer maximalen Abweichung von höchstens  $\pm 0,1$  mm, bevorzugt höchstens  $\pm 0,05$  mm und besonders bevorzugt höchstens  $\pm 0,02$  mm. Für einen Lichtleiter mit einem Außendurchmesser von 0,34 mm liegt der Innendurchmesser des Einsetzelements vorzugsweise bei 0,35 mm.

Hierdurch können die erforderlichen sehr engen Toleranzen in der Positionierung des Lichtaustrittsendes eingehalten werden. Das Einsetzelement sollte zudem eine Mindestlänge aufweisen, um eine entsprechende knicklose, achsparallele Führung des Lichtaustrittsendes derart zu ermöglichen, dass das Anregungslicht exakt in Strahlrichtung austritt. Ferner ist das Lichtaustrittsende vorzugsweise mit einer plan polierten Fläche senkrecht zur Längsachse ausgebildet, um das Anregungslicht in Strahlrichtung auszukoppeln.

Auf diese Weise lässt sich eine sehr gute radiale Ausrichtung und Positionierung der Lichtleitfaser in Bezug zu dem Konverter erreichen, wenn der Auskoppelkopf mit dem Trägerelement verbunden ist.

5

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind ferner Mittel vorgesehen, um eine nachträgliche axiale Ausrichtung des Lichtaustrittsendes der Lichtleitfaser in Bezug auf den Konverter zu ermöglichen. Ausgehend von einem  
10 vordefinierten Abstand zwischen Lichtaustrittsende und Konverter, der typischerweise in einem Bereich von etwa 1 bis 10 mm liegt, kann dieser Abstand dann in einem bestimmten Bereich, vorzugsweise in einem Bereich von 0,05 mm bis zu 5 mm, verändert werden. Hierdurch ist es möglich,  
15 eine exakte axiale Positionierung der Lichtleitfaser in Bezug auf den Konverter vorzunehmen. Dies kann günstig sein, wenn etwa der Lichtleiter ausgetauscht werden muss und ein anderer Lichtleiter mit leicht abweichenden optischen Eigenschaften zum Einsatz kommt, der eine  
20 entsprechend geänderte Positionierung in Bezug auf den Konverter erfordert, um das gleiche Nutzlicht zu erhalten.

So kann beispielsweise das Einsatzelement fest mit dem Lichtaustrittsende verbunden werden, etwa mittel Klemmen  
25 oder Kleben, und dann in den Auskoppelkopf eingefügt werden. Nach erfolgter Montage kann es in axialer Richtung bewegt werden, bevor es festgelegt wird, etwa mittels Kleben. In einer anderen Ausführungsform kann das Ende der Lichtleitfaser axial in dem Einsatzelement bewegt werden.

30

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist der Auskoppelkopf bereits mit einem Reflektor oder als Teil

eines Reflektors ausgebildet. In dieser Ausführungsform umfasst er eine Zuführung für den Lichtleiter sowie eine Öffnung, in der der Konverter des Trägerelements angeordnet ist. Aus dem Lichtleiter austretendes Anregungslicht kann  
5 dann nach erfolgter Montage auf den Konverter auftreffen.

In einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe, einen Konverter-Kühlkörperverbund bereitzustellen, gelöst mit einem Verfahren zur Herstellung eines Konverter-  
10 Kühlkörperverbunds mit einem optischen Konverter zur zumindest teilweisen Umwandlung von Licht einer ersten Wellenlänge in Licht einer zweiten Wellenlänge, und einem Kühlkörper, bei welchem vorzugsweise zumindest Teile der Oberfläche des optischen Konverters unmittelbar mit einer  
15 metallhaltigen Beschichtung beschichtet sind, wobei die metallhaltige Beschichtung die Wärme aus dem Konverter in den Kühlkörper ableiten kann, der Kühlkörper über eine metallische Lotverbindung mit dem optischen Körper, insbesondere mit der metallhaltigen Beschichtung, verbunden  
20 wird und bei welchem der Kühlkörper und/oder der optische Konverter mit einer weiteren Lotverbindung mit einer weiteren Baugruppe verbunden werden.

Hierdurch wird der Konverter-Kühlkörperverbund zu einer  
25 selektierbaren Einheit, da erst nach Herstellung der zweiten Lotverbindung weitere Baugruppen mit dieser Einheit verbunden werden und entsteht auch eine äußerst vorteilhafte Struktur nach Herstellung der zweiten Lotverbindung.

30

Durch Verwendung von zwei metallischen Verbindungen, der ersten und der zweiten Lotverbindung, wird hervorragende

Wärmeleitfähigkeit bereitgestellt, denn die metallische Lotverbindung weist einen zumindest gegenüber dem keramischen Material des optischen Konverters nur geringen thermischen Widerstand auf.

5

Ferner kann durch die unterschiedlichen Schmelztemperaturen  $T_{s1}$  und  $T_{s2}$  eine weitere Justierung, auch nach Herstellung beider Lotverbindungen erfolgen, welches beispielsweise Reflexionswinkel vorteilhaft beeinflussen kann. Hierzu kann die Baugruppe mit dem Konverter-Kühlkörperverbund auf eine Temperatur von höher als  $T_{s2}$  jedoch niedriger als  $T_{s1}$  erwärmt werden, wodurch der Konverter-Kühlkörperverbund nun neu positionierbar wird und in der neu positionierten und damit besser justierten Position durch Abkühlen zumindest der zweiten Lotverbindung unter  $T_{s2}$  mechanisch festgelegt werden.

10

15

20

Vorteilhaft umfasst dabei die zweite Lotverbindung ein Lot, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt  $T_{s2}$  aufweist als der Schmelzpunkt  $T_{s1}$  des Lots der ersten Lotverbindung.

25

30

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird zunächst die erste Lotverbindung, vorzugsweise bei einer Temperatur von höher oder gleich  $T_{s1}$ , hergestellt und danach die zweite Lotverbindung. Hierbei kann die zweite Lotverbindung auch während des Abkühlens direkt nach der ersten Lotverbindung hergestellt werden, wenn beispielsweise eine zeitlich definierte „Abkühlrampe“ gefahren wird und die Baugruppen entsprechend im Zustand einer „Vorjustierung“ „vorpositioniert“ sind.

Auch dann sind nachträgliche Justierungen noch möglich, wenn beispielsweise nicht alle Baugruppen nach Herstellung der beiden Lotverbindungen korrekt justiert sind, kann, soweit jeweils nötig, nochmals eine Erwärmung auf über Ts2  
5 vorgenommen werden, welche zumindest langfristig unter Ts1 verbleiben sollte, sodass die erste Lotverbindung nicht mehr gelöst wird, jedoch die zweite erweicht und die jeweils nötige oder vorteilhafte Nachjustierung erlaubt.

10 Generell ist es vorteilhaft, wenn die zweite Lotverbindung bei einer Temperatur hergestellt wird, welche höher ist als Ts2 und dauerhaft Ts1 nicht überschreitet, sodass zumindest während der Herstellung der zweiten Lotverbindung die erste Lotverbindung nicht derart geschwächt wird, dass die  
15 Anordnung des optischen Konverters relativ zum Kühlkörper merklich verändert wird.

Der Begriff „Merklich verändert“ bezeichnet hierbei eine relative Lageänderung von optischem Konverter relativ zum  
20 Kühlkörper, welche über die durch thermische Ausdehnung bedingte relative Lageänderung messbar hinausgeht.

Ein besonders spannungsfreier Konverter-Kühlkörperverbund ergibt sich, wenn zur Herstellung der jeweiligen  
25 Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper durch Einbringen in einen Ofen mit einer Temperatur oberhalb von Ts1 oder Ts2 erfolgt, wobei die Mindestaufenthaltsdauer der Anordnung aus zumindest einem  
30 optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper im Ofen die Einstellung eines Temperaturgleichgewichts gestattet.



Bei diesem Temperaturgleichgewicht sollen sich die jeweiligen Temperaturen des optischen Konverters, des Kühlkörpers, der Lote sowie der weiteren Baugruppen um jeweils weniger als 5 K unterscheiden. Durch die von  
5 thermischen Spannungen besonders freie Anordnung, ergibt sich ein auch bei thermischer Belastung günstiges Verhalten.

Bevorzugt kann zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung  
10 ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper insbesondere auch durch lokales Erwärmen, insbesondere durch einen mechanischen Wärmekontakt vorgenommen werden, beispielsweise durch Kontakt mit einem vorzugsweise  
15 thermisch gesteuerten Heizelement, somit durch Kontakt mit einem erwärmten Körper, beispielsweise einem erwärmten monolithischen Körper eines faseroptischen Auskoppelkopfes, welcher bereits vorpositionierte Baugruppen trägt und beispielsweise selbst induktiv erwärmt wird.

20 Hierdurch ist ein zügiger und genau dosierter Wärmeeintrag möglich, welcher insbesondere für die Fertigung zeitlich vorteilhaft und thermisch sehr präzise sein kann.

25 Alternativ oder zusätzlich kann zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper auch durch lokales Erwärmen, insbesondere durch Strahlung, fokussierte thermische Strahlung,  
30 Laserstrahlung, insbesondere auch gepulste Laserstrahlung erfolgen.

Wenn zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper sowie vorzugsweise einer weiteren optischen Baugruppe bei vermindertem  
5 Umgebungsdruck erfolgt und insbesondere verminderter Umgebungsdruck herrscht, bis die jeweilige Lotverbindung hergestellt ist, ergibt sich hierdurch eine besonders lunkerfreie und homogene Lotverbindung, bei welcher auch Unebenheiten der Oberfläche des optischen Konverters, des  
10 Kühlkörpers sowie der weiteren Baugruppe besser benetzt und somit durch die Lotverbindung vollständiger verbunden werden können.

Die Angabe, dass die „Lotverbindung hergestellt ist“  
15 bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die jeweilige Schmelztemperatur  $T_{s1}$  und/oder  $T_{s2}$  so lange unterschritten wurde, bis sich das jeweilige Lot verfestigt hat, dies bedeutet jeweils eine Festigkeit von mehr als 50% der Raumtemperatur-Zugfestigkeit dieses Lots hat, wobei  
20 Raumtemperatur etwa 300 K betragen soll.

Durch Austrag verbleibender Luftanteile oder Lunker im geschmolzenen Lot ist eine präzisere Fertigung, insbesondere vorpositionierter Baugruppen, möglich, welches  
25 mit geringeren Verlusten durch Baugruppen, die nach deren Fertigung nicht innerhalb des Toleranzfeldes liegen, einhergeht.

Vorteilhaft liegt der Schmelzpunkt  $T_{s1}$  bei 250 °C bis 450  
30 °C, bevorzugt bei 280 °C bis 320 °C sowie besonders bevorzugt bei etwa 300 °C.

Ebenfalls vorteilhaft liegt der Schmelzpunkt Ts2 bei der Schmelzpunkt Ts2 bei 150 °C bis 245 °C, bevorzugt bei 180 °C bis 230 °C sowie besonders bevorzugt bei etwa 220 °C.

- 5 Durch diese Wahl der Schmelzpunkte Ts1 und Ts2 lassen sich fertigungstechnisch sichere und zügige Abläufe realisieren, wobei geringere Temperaturdifferenzen der Schmelzpunkte aufgrund schnellerer Erwärmung und Abkühlung zügigere Fertigungsabläufe gestatten und größere
- 10 Temperaturdifferenzen höhere Fertigungssicherheit mit sich bringen.

- Wenn eine Vielzahl von optischen Konvertern auf zumindest einem Kühlkörper angebracht und vorzugsweise gemeinsam
- 15 erwärmt wird, kann hiermit die Serienfertigung vorteilhaft unterstützt werden, da dabei dann die jeweilige Lotverbindung bereits für diese Vielzahl optischer Konverter hergestellt werden kann. Vorteilhaft kann dabei der optische Konverter jeweils von am Kühlkörper
- 20 angebrachten Halterungen im Wesentlichen korrekt positioniert und in vielen Fällen in Bezug auf weitere Baugruppen auch bereits korrekt justiert aufgenommen werden.

- 25 Nach Herstellen, beispielsweise der ersten Lotverbindung kann von dem zumindest einen Kühlkörper wenigstens ein Teil abgetrennt werden, welches zumindest einen optischen Konverter trägt und einen Konverter-Kühlkörperverbund mit diesem bildet und dieses der weiteren Fertigung zugeführt
- 30 werden. Vorteilhaft kann dabei die Abtrennung entlang einer vordefinierten und mechanisch geschwächten Linie innerhalb des Kühlkörpers vorgenommen werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird ein Konverter-Kühlkörperverbund, insbesondere wie vorstehend und nachfolgend detaillierter beschrieben, an einem  
5 Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls befestigt.

Wenn bei der industriellen Fertigung zumindest ein Anteil einer Vielzahl von optischen Konvertern zusammen mit  
10 weiteren Baugruppen auf eine Temperatur niedriger als  $T_{s1}$  jedoch höher als  $T_{s2}$  gebracht werden, und vorzugsweise die Lage des Verbundes aus optischem Konverter und Kühlkörper relativ zu weiteren Baugruppen, insbesondere relativ zu Baugruppen eines Auskoppelkopfes eines faseroptischen  
15 Konversionsmoduls geprüft wird, kann hierauf basierend ein Binning, somit eine Selektion bereits während der Fertigung stattfinden und können darüber hinaus weitere mechanische Justierungen vorgenommen werden. Eine dieser Justierungen kann die Justierung des Abstands des optischen Konverters  
20 beispielsweise zu Fasern sein, aus welchen Anregungslicht austritt. Hierdurch können aufgrund der Strahlungskeule, welche das Anregungslicht nach Austritt aus der Faser bildet, auch Lichtfleckgrößen des Anregungslichtes auf dem optischen Konverter eingestellt werden.

25 Vorteilhaft wird durch die Erfindung auch ein Konverter-Kühlkörperverbund bereitgestellt, umfassen einen optischen Konverter zur zumindest teilweisen Umwandlung von Licht einer ersten Wellenlänge in Licht einer zweiten  
30 Wellenlänge, vorzugsweise eine metallhaltige, reflektierende Beschichtung, sowie einen Kühlkörper, wobei vorzugsweise zumindest Teile der Oberfläche des optischen

Konverters unmittelbar mit der metallhaltigen Beschichtung beschichtet sind, die metallhaltige Beschichtung die Wärme aus dem Konverter in den Kühlkörper ableiten kann, der Kühlkörper über eine metallische Lotverbindung mit dem optischen Körper, insbesondere der metallhaltigen Beschichtung verbunden ist und der Kühlkörper und/oder der optischen Konverter mit einer weiteren Lotverbindung mit einer weiteren Baugruppe verbunden ist.

Bei diesem Konverter-Kühlkörperverbund kann die zweite Lotverbindung ein Lot umfassen, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt  $T_{s2}$  aufweist als der Schmelzpunkt  $T_{s1}$  des Lots der ersten Lotverbindung, insbesondere auch, um die vorstehend beschriebenen Vorteile zu erlangen.

Vorteilhaft ist das erste Lot ein Ag/Au-Lot und kann somit vorzugsweise eine Silber und Gold umfassende Legierung bereitstellen.

Vorteilhaft ist das zweite Lot ein Ag/Sn und kann somit vorzugsweise eine Silber und Zinn umfassende Legierung bereitstellen.

Bevorzugt umfasst der Kühlkörper, Stahl-, Aluminium-, Kupfer- und/oder Bronze-Legierungen, welche mit entsprechenden Loten, gegebenenfalls unter Zugabe von Fluß- und Reinigungsmitteln, gut benetzbar und durch Lotverbindungen verbindbar sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen detaillierter beschrieben.

5 Es zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipdarstellung von Baugruppen eines faseroptischen Konversionsmoduls, bei welchem aus  
10 zumindest einem Lichtleiter Licht austritt und auf einen optischen Konverter auftrifft, bei dem die Normale der Austrittsfläche der Faser einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser aufweist, wobei durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des  
15 Leuchtflecks auf dem Konverter justierbar ist,
- Figur 2 eine Prinzipdarstellung von unter verschiedenen Winkeln auf einen optischen Konverter auftreffenden Lichtstrahlen zusammen mit  
20 Abschattungsgrenzen des optischen Strahlengangs für aus dem Konverter austretendes Nutzlicht,
- Figur 3 die durch die Ablenkung des Haupt- oder Zentralstrahls des aus der Faser austretenden Lichtes bei geneigter Austrittsfläche entstehende Auswanderung bei einer sich unter einem Winkel  $\alpha$   
25 erstreckenden Austrittsfläche der Faser als Funktion des Winkels  $\alpha$ ,
- Figur 4 die in Figur 1 gezeigte Prinzipdarstellung von Baugruppen eines faseroptischen Konversionsmoduls, bei welcher zusätzlich zu den  
30 in Figur 1 gezeigten Baugruppen Vorrichtungen zur Bearbeitung der Austrittsfläche der Faser mit dargestellt sind,

- Figur 5 eine in deren Halterung angeordnete optische Faser, bei welcher trotz Entfernung von deren äußeren, auch als Cladding bezeichneten Fasermänteln Kontaminationsreste auf der Faser verblieben sind,
- Figur 6 eine in deren Halterung angeordnete optische Faser, bei welcher ohne Entfernung von deren äußeren Fasermänteln mittels Laserlicht Bestandteile der Faser materialabtragend bearbeitet wurden und die Austrittsfläche der Faser unter einem Winkel  $\alpha$  eingestellt wurde,
- Figur 7 eine in deren Halterung angeordnete optische Faser, bei welcher nach Entfernung von deren äußeren Fasermänteln mittels Laserlicht Bestandteile der Faser materialabtragend bearbeitet wurden und die Austrittsfläche der Faser unter einem Winkel  $\alpha$  eingestellt wurde,
- Figur 8 eine weitere, in deren Halterung angeordnete optische Faser, bei welcher ohne Entfernung von deren äußeren Fasermänteln mittels Laserlicht Bestandteile der Faser materialabtragend bearbeitet wurden und die Austrittsfläche der Faser unter einem Winkel  $\alpha$  eingestellt wurde,
- Figur 9 eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls einer ersten Ausführungsform von schräg oben her gesehen,
- Figur 10 eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 8 gezeigten Auskoppelkopfes, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes und durch die

Mitte der Faser des faseroptischen  
Konversionsmoduls verläuft,

Figur 11 eine Aufsicht auf ein dreidimensional  
dargestelltes Element einer Lichtfalle des in  
5 Figur 9 dargestellten faseroptischen  
Auskoppelkopfes,

Figur 12 eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf  
den Auskoppelkopf eines faseroptisches  
Konversionsmoduls einer zweiten Ausführungsform  
10 mit aus diesem austretenden Nutzlicht von schräg  
oben her gesehen,

Figur 13 eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf  
Einen monolithischen Körper des in Figur 12  
dargestellten Auskoppelkopfs des faseroptischen  
15 Konversionsmoduls der zweiten Ausführungsform von  
schräg oben her gesehen, jedoch ohne in oder an  
diesem gehaltener Faser und ohne an diesem  
gehaltenem optischen Konverter,

Figur 14 eine Photographie des in Figur 11 dargestellten  
20 faseroptischen Auskoppelkopfes, bei welcher  
dieser in einer Prüfanordnung gehalten ist,  
schräg oben von der Seite her gesehen,

Figur 15 eine Photographie des in Figur 11 dargestellten  
faseroptischen Auskoppelkopfes, bei welcher  
25 dieser in einer Prüfanordnung gehalten ist,  
schräg von vorn oben gesehen,

Figur 16 eine typische Helligkeitsverteilung des  
Leuchtflecks auf dem optischen Konverter, so wie  
diese durch das aus der Faser austretende und auf  
30 den optische Konverter auftreffende Licht bei den  
vorstehend und nachfolgend gezeigten



Ausführungsformen entsteht, zusammen mit einer Längenskala,

Figur 17 eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den Auskoppelkopf eines faseroptisches Konversionsmoduls einer dritten Ausführungsform von schräg oben her gesehen,

Figur 18 eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 17 gezeigten faseroptischen Auskoppelkopfs, welche durch die Mitte des Auskoppelkopfs und durch die Mitte der Faser des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft,

Figur 19 eine Aufsicht auf ein dreidimensional dargestelltes Element einer Lichtfalle des in den Figuren 17 und 18 dargestellten faseroptischen Auskoppelkopfs,

Figur 20 eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls einer vierten Ausführungsform von schräg oben her gesehen,

Figur 21 eine horizontal verlaufende, zweidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 20 gezeigten faseroptischen Auskoppelkopfs, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfs und durch die Mitte der Faser des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft,

Figur 22 eine Detailansicht aus der in Figur 20 gezeigten Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf der vierten Ausführungsform,

Figur 23 einen Längsschnitt eines faseroptischen Konversionsmoduls in einem ersten Ausführungsbeispiel,

- Figur 24 eine Schrägansicht eines faseroptischen Konversionsmoduls in einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Figur 25 einen Konverter-Kühlkörperverbund zusammen mit einer weiteren Baugruppe einer ersten bevorzugten Ausführungsform in einer dreidimensionalen Schnittdarstellung von vorn von einem leicht erhöhten Blickpunkt aus gesehen, wobei die weitere Baugruppe der monolithische Körper eines Auskoppelkopfes eines faseroptischen Konversionsmodul ist,
- Figur 26 eine Baugruppe eines Auskoppelkopfes eines faseroptischen Konversionsmodul, in welcher der in Figur 1 gezeigte Konverter-Kühlkörperverbund durch eine zweite Lotverbindung gehalten ist, in einer dreidimensionalen Schnittdarstellung von vorn von einem leicht erhöhten Blickpunkt aus gesehen,
- Figur 27 eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 3 gezeigten Auskoppelkopfes einer ersten Ausführungsform, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes und durch die Mitte der Faser des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft,
- Figur 28 eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 3 gezeigten Auskoppelkopfes einer zweiten Ausführungsform, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes und durch die Mitte der Faser des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft,
- Figur 29 eine horizontal verlaufende, dreidimensionale

Schnitttdarstellung des in Figur 3 gezeigten  
Auskoppelkopfes einer dritten Ausführungsform,  
welche durch die Mitte des faseroptischen  
Auskoppelkopfes und durch die Mitte der Faser des  
5 faseroptischen Konversionsmoduls verläuft, und  
Figur 30 einen Konverter-Kühlkörperverbund, bei welchem  
eine Vielzahl von optischen Konvertern auf  
zumindest einem Kühlkörper angebracht sind,  
sodass diese gemeinsam mit dem zumindest einen  
10 Kühlkörper erwärmt werden können.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

Bei der nachfolgenden detaillierten Beschreibung  
15 bevorzugter Ausführungsformen bezeichnen gleiche  
Bezugszeichen in den verschiedenen Ausführungsformen  
jeweils gleiche oder gleichwirkende Baugruppen. Soweit  
wesentliche funktionale Abweichungen vorliegen, werden  
diese jeweils unter Bezugnahme auf die betroffene  
20 Ausführungsform und Baugruppe detaillierter erläutert.

Zunächst wird auf Figur 1 Bezug genommen, welche eine  
Prinzipdarstellung von Baugruppen eines faseroptischen  
Konversionsmoduls 1 zeigt, bei welchem aus zumindest einem  
25 Lichtleiter 2 Licht austritt und auf einen optischen  
Konverter 3 auftrifft.

In dem als optischem Faserwellenleiter 4 ausgebildeten  
Lichtleiter 2, welcher nachfolgend abkürzend nur noch als  
30 Faser 4 bezeichnet werden wird, ist Anregungslicht 5 von  
einer in den Figuren nicht dargestellten Lichtquelle,  
beispielsweise einer Laserlichtquelle, in bevorzugter Weise

einer Laserdiode, geführt, welches im blauen oder nahen ultravioletten Spektralbereich des optischen Spektrums liegen kann.

5 Im optischen Konverter 3 führt dieses Licht zur Anregung der darin eingebetteten Leuchtstoffe, welche mit einer längeren Wellenlänge, die in typischer Weise im gelben Spektralbereich des optischen Spektrums liegt, Nutzlicht emittieren, welchem durch Streuung im optischen Konverter  
10 ein Teil des Anregungslichtes überlagert ist. Durch den Anteil des gestreuten Anregungslichtes kann zusammen mit dem durch die Leuchtstoffe des optischen Konverters emittierten Licht ein weißer Farbeindruck des Nutzlichtes erweckt werden, welcher durch die Wahl der Leuchtstoffe  
15 sowie der Einstellung des Streuverhaltens des optischen Konverters definiert einstellbar ist.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Konversionsmodul weist die Normale 6 der Austrittsfläche 7 der Faser 4 einen von  $0^\circ$   
20 verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 auf. Hierbei breitet sich das Anregungslicht 5 in der Faser 4 im Wesentlichen in Richtung von deren Längsachse 8 aus und definiert beim Austreten aus der Faser 4 eine der effektiven numerischen Apertur entsprechende Lichtkeule,  
25 welche beispielsweise in Figur 21 und 22 gut zu erkennen ist, jedoch in Figur 1 nur mit deren Hauptstrahl 9 wiedergegeben ist, welcher in der Faser 4 im Wesentlichen parallel zu deren Längsachse 8 verläuft und beim Austreten aus der Faser 4 an deren Austrittsfläche 7 gebrochen wird,  
30 wodurch sich dieser dann unter einem Winkel  $\gamma$  relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 weiter ausbreitet.

Durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  ist, wie nachfolgend detaillierter erläutert, die Lage des Leuchtflecks 10, welcher in Figur 1 schematisch um den Hauptstrahl 7 verlaufend angedeutet ist, auf dem optischen Konverter 3 justierbar.

Bei nachfolgenden Erläuterungen bezeichnet  $\Delta x$  die Auswanderung, welche durch Brechung des Hauptstrahls an der geneigten Austrittsfläche 7 entsteht. Diese Auswanderung  $\Delta x$  ist gegenüber einer verlängerten Längsachse 8 der Faser 4 dargestellt, welches der Auswanderung relativ zu einem an der Austrittsfläche 7 nicht in seiner Ausbreitungsrichtung geänderten Hauptstrahl entspricht.

Der aus der Faser 2 austretende Hauptstrahl 7 erleidet eine dem Snelliusschen Brechungsgesetz entsprechende und, wie vorstehend erwähnt, durch Brechung entstandene Änderung seiner Ausbreitungsrichtung, welche nachfolgend auch als Ablenkung bezeichnet wird, welche zur Auswanderung  $\Delta X$  führt und sich wie folgt berechnen lässt:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n_{\text{Luft}} / n_{\text{Faserkern}}$$

wobei

25             $\alpha$             der Neigungswinkel der Normalen 6 der Austrittsfläche 7 der Faser 4 relativ zur Längsachse der Faser 4 ist,

$\beta$             die Neigung der Ausbreitungsrichtung des gebrochenen Hauptstrahls 9 nach dem Austritt

30            aus der Faser 4 relativ zur Normalen 6 der Austrittsfläche 7 ist,

$n_{\text{Luft}}$             der Brechungsindex von Luft ist

$n_{\text{Faserkern}}$  der Brechungsindex des Faserkerns der Faser 4 ist.

5 Ferner ergibt sich, wie aus Figur 1 zu erkennen ist, für die Neigung  $\gamma$  der Ausbreitungsrichtung des Hauptstrahls 9 gegenüber der Längsachse 8 der Faser 4 nach dessen Austritt aus der Faser 4:

$$\gamma = \beta - \alpha$$

10

Hieraus lässt sich bei bekanntem geometrischem Abstand  $a$  des Austrittspunktes des Hauptstrahls 9 aus der Faser 4 zum optischen Konverter 3 die Auswanderung  $\Delta X$  wie folgt berechnen:

15

$$\Delta X = a * \tan \gamma$$

20

Dieser Abstand  $a$  ist der geometrische Abstand und wird unterschieden vom optisch wirksamen Abstand, welcher den Abstand des Austrittspunktes des Hauptstrahls 9 aus der Faser 4 zum optischen Konverter 3 bezeichnet. Soweit nichts anderes angegeben wird in der vorliegenden Beschreibung sowie den Ansprüchen jeweils der optische wirksame Abstand abkürzend als Abstand bezeichnet, da dieser optisch

25 wirksame Abstand im Wesentlichen dem Weg des aus der Faser 4 austretenden Lichts bis zum optischen Konverter 3 entspricht und folglich durch die Länge der sich dabei ausbildenden Lichtkeule auch die Größe des Lichtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 definiert.

30

In Figur 3 ist für eine Faser 4 mit einem Brechungsindex des lichtführenden Faserkerns von  $n = 1,5$   $\Delta X$  als Funktion des Neigungswinkels  $\alpha$  Austrittsfläche 7 dargestellt.

5 Bei einem Brechungsindex des Faserkerns von 1,5 lassen sich bei einem geometrischen Abstand  $a$  von 1000  $\mu\text{m}$  für Neigungswinkel  $\alpha$  von  $1^\circ$  bis  $30^\circ$  laterale Auswanderungen  $\Delta X$  von etwa 10  $\mu\text{m}$  bis 340  $\mu\text{m}$  erreichen. Hierbei wurde angenommen, dass Luft das das faseroptische  
10 Konversionsmodul umgebende Medium ist.

Nachfolgend wird auf Figur 2 Bezug genommen, welche eine Prinzipdarstellung von unter verschiedenen Winkeln auf einen optischen Konverter 3 auftreffenden Lichtstrahlen  
15 zusammen mit Abschattungsgrenzen des optischen Strahlengangs für aus dem Konverter 3 austretendes Nutzlicht 11 zeigt.

Das Nutzlicht 11 tritt aus dem optischen Konverter 3  
20 innerhalb eines Öffnungskegels 12 aus, von welchem Randstrahlen 13 und 14 in Figur 2 für zwei verschiedene Faseranordnungen dargestellt sind.

Die lichtführende optische Faser 15 weist eine  
25 Austrittsfläche auf, deren Normale gegenüber der Längsachse der optischen Faser 15 nicht geneigt ist, weshalb sich der Hauptstrahl 16 des aus dieser Faser 15 austretenden Lichts in Richtung der Längsachse dieser Faser 15 ohne Ablenkung weiter ausbreitet. Figur 2 zeigt den maximalen  
30 Öffnungswinkel des Öffnungskegels 12 mit dessen Randstrahl 13, bis zu welchem es durch die Halterung 17 der Faser 15

gerade noch nicht zu Abschattungen des Nutzlichtkegels 12 kommt.

Wird jedoch, wie für den Randstrahl 14 gezeigt, die Austrittsfläche der Faser geneigt und der aus der Faser austretende Hauptstrahl gebrochen, kann die Halterung einer Faser stärker vom Nutzlichtkegel weg geneigt werden und dieser einen größeren Öffnungswinkel aufweisen, ohne dass es zu Abschattungen kommt.

Dieser Sachverhalt ist für die Faser 18 dargestellt, an deren geneigter Austrittsfläche der Hauptstrahl 19 des aus dieser Faser 18 tretenden Lichts wie vorstehend unter Bezugnahme auf Figur 1 beschrieben gebrochen und hierdurch abgelenkt wird. Durch diese Ablenkung kann sowohl die Faser 18 als auch deren Halterung 20 stärker vom Öffnungskegel 12 des Nutzlichts 11 weg geneigt werden und dieser einen größeren Öffnungswinkel ohne Abschattungen gegenüber einer Faser 15 ohne geneigte Austrittsfläche aufweisen.

Hierdurch lässt sich ein höherer Nutzlichtanteil gewinnen und können Abschattungsverluste minimiert oder zumindest vermindert werden.

Nachfolgend wird auf Figur 4 Bezug genommen, in welcher die in Figur 1 gezeigte Prinzipdarstellung von Baugruppen eines faseroptischen Konversionsmoduls 1 zu erkennen ist, bei welcher zusätzlich zu den in Figur 1 gezeigten Baugruppen Vorrichtungen zur Bearbeitung der Austrittsfläche 7 der Faser 4 mit dargestellt sind, welche nachfolgend detaillierter beschrieben werden.



Mittels eines optischen Systems 21, welches schematisiert als bikonvexe Linse 22, CO<sub>2</sub>-Laser 23 sowie Galvanometerscanner 24 mit deren Strahlengängen dargestellt ist, wird das Licht 25 eines Lasers, vorzugsweise eines CO<sub>2</sub>-Lasers, auf die Austrittsfläche 7 der Faser 4 gelenkt.

Hierdurch kann eine Bearbeitung des Fasermaterials der Faser 4 erfolgen, welche materialabtragend dazu führt, dass eine geneigte Austrittsfläche 7 definiert wird, bei welcher sich deren Normale 6 mit einem Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 erstreckt. Durch die Bewegung des Galvanometerscanners 24 kann der Fokus 26 des Laserlichts 25 definiert an der Stelle positioniert werden, an welcher ein Materialabtrag stattfinden soll.

Mittels einer digitalen Bilderfassungseinrichtung 27 kann dabei die Lage des Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 erfasst und an eine nachgeschaltete Prozesssteuerungseinrichtung 28 weitergeleitet werden, mittels welcher sowohl der CO<sub>2</sub>-Laser 23 als auch der Galvanometerscanner 24 steuerbar sind.

Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die materialabtragende Bearbeitung der Faser 4 zur korrekten Neigung von deren Austrittsfläche 7 und somit von deren Normalen 6 relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 führt, bei welcher durch diese Einstellung des Winkels  $\alpha$  eine lateral korrekt justierte Lage des Leuchtflecks erhalten wird.

Bei diesem Vorgang kann auch die Form der Austrittsfläche 7 der Faser 4 optimiert werden. Weist der Leuchtfleck 10 beispielsweise eine zu stark ellipsoide Form auf, kann die

Austrittsfläche 7 zylinderlinsenförmig konvex ausgestaltet werden, sodass sich eine mehr kreisförmiger und weniger ellipsoider Leuchtfleck 10 auf dem Konverter 3 ergibt. Hierbei erstreckt sich die Symmetrieachse der konvexen  
5 zylinderartig geformten Austrittsfläche senkrecht zur Richtung der größeren Hauptachse des Leuchtfleck-Ellipsoids.

Eine einmal optimierte Form der Austrittsfläche 7 kann dann  
10 beispielsweise auch auf weitere zu fertigende Baugruppen übertragen werden.

Auf diese Weise können mit Hilfe der Bilderfassungseinrichtung 27 und der Prozesssteuerungseinrichtung 28  
15 nicht nur zylindrische, sondern auch sphärische, asphärische und auch frei geformte Austrittsflächen 7, insbesondere auch durch sukzessive Optimierung entstehen.

Die Form der Austrittsfläche 7 kann somit nach einer  
20 vordefinierten Bearbeitungsgeometrie entstehen oder auch mit Rückkopplung durch Messung des tatsächlichen Nutzlichtanteils.

Insbesondere bei einer mehrstufigen sukzessiven Bearbeitung  
25 ergibt sich insbesondere auch unter Einbeziehung der optischen sowie geometrischen Eigenschaften des tatsächlich verwendeten Konverters 3 und der tatsächlich verwendeten Faser 4 ein deutlich optimierter Nutzlichtanteil, da die Justierung nicht nur in Bezug auf die Lage des Leuchtflecks  
30 10 sondern auch in Bezug auf einen insgesamt verbesserten Nutzlichtanteil vorgenommen wird und insbesondere auch alle

Eigenschaften des optischen Konverters 3 sowie der Faser 4 mit berücksichtigt werden können.

Da die Faser 4 vor der Bearbeitung in der Regel keine  
5 geneigte Austrittsfläche 7 aufweist, wird die  
Austrittsfläche 7 der Faser 4 erst während der Justierung  
derart bearbeitet, dass sich der Winkel  $\alpha$  der  
Austrittsfläche und/oder die Form der Austrittsfläche 7 wie  
vorstehend beschrieben ändert.

10

Dabei kann die Faser 4 während der Justierung bei einer  
weiteren Ausführungsform materialabtragend zunächst derart  
bearbeitet werden dass sich eine ebene, sich unter einem  
einer korrekten Justierung entsprechend eingestellten  
15 Winkel  $\alpha$  erstreckende Fläche ergibt und danach durch  
weitere materialabtragende Bearbeitung, insbesondere mit  
Laserlicht, eine nicht-ebene Formung, insbesondere Wölbung  
in der Austrittsfläche 7 der Faser 4 erzeugt wird, wodurch  
der Anteil des aus dem Konverter 3 austretenden Nutzlichtes  
20 erhöht wird.

Bei dieser materialabtragenden Bearbeitung kann auch der  
Abstand der Austrittsfläche 7 der Faser 4 relativ zum  
optischen Konverter 3 eingestellt, wobei der Abstand der  
25 Faser 4 zum optischen Konverter 3 den optisch wirksamen  
Abstand des Austrittspunktes des Hauptstrahls 9 aus der  
Faser 4 zum optischen Konverter 3 bezeichnet. Da das aus  
der Faser 4 austretende Licht einen definierten  
Öffnungswinkel aufweist, welcher im Wesentlichen der  
30 effektiven numerischen Apertur entspricht, welche durch die  
Einkopplung, die Fähigkeit der Faser 4 Licht zu leiten und  
deren Austrittsapertur bestimmt und hierdurch wählbar ist,

kann mit der Justierung des Abstands auch die Größe des Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 geändert und hiermit auch justiert werden.

- 5 Bei der materialabtragenden Bearbeitung wird der lichtleitende Kern der Faser 4 und werden vorzugsweise auch deren Mantelstrukturen bearbeitet.

Figur 5 zeigt eine in deren Halterung 29 angeordnete  
10 optische Faser 5, bei welcher trotz Entfernung von deren äußeren Fasermänteln, welche auch als Cladding bezeichnet werden, Kontaminationsreste auf dem den lichtleitenden Faserkern umgebenden inneren Fasermantel verblieben sind.

- 15 An diesem Beispiel wird ein weiterer Vorteil des vorstehend beschriebenen Verfahrens erkennbar, denn diese verbliebenen Kontaminationsreste 30 haben im Wesentlichen keinen Einfluss auf die Einstellung des Winkels  $\alpha$  und eine korrekte Justierung des Leuchtflecks 10.

20 Durch die materialabtragende Bearbeitung mittels des CO<sub>2</sub>-Lasers 23 können diese Kontaminationen in der Regel vernachlässigt werden, da diese mit abgetragen werden. Ferner kann es sogar bei gepulstem Laserbetrieb dazu  
25 kommen, dass durch in die Faser eingetragene Vibrationen, welche bei der Verdampfung des Fasermaterials entstehen können, derartige Kontaminationen mit entfernt werden, wie diese beispielsweise der Figur 7 zu entnehmen ist. Diese zeigt ebenfalls eine in deren Halterung 29 angeordnete  
30 optische Faser 4, bei welcher mittels Laserlicht Bestandteile der Faser 4 materialabtragend bearbeitet

wurden und die Austrittsfläche der Faser unter einem Winkel  $\alpha$  eingestellt wurde.

Figur 8 zeigt eine weitere, in deren Halterung angeordnete optische Faser 4, bei welcher ohne Entfernung von deren äußeren Fasermänteln mittels Laserlicht Bestandteile der Faser 4 materialabtragend bearbeitet wurden und die Austrittsfläche 7 der Faser unter einem Winkel  $\alpha$  eingestellt wurde.

Bei den bevorzugten Ausführungsform wird die Faser 4 in deren Halterung 29 festgelegt, wie dies nachfolgend unter Bezugnahme auf die bevorzugten Ausführungsformen noch detaillierter beschrieben wird, und wird nach deren Festlegung in der Halterung der Winkel  $\alpha$  eingestellt und die Lage des Leuchtflecks 10 justiert, obwohl der Winkel  $\alpha$  auch ohne vorheriges Haltern der Faser 4 eingebracht und die Faser nachträglich in deren Halterung 9 aufgenommen werden kann.

Hierdurch wird zumindest bei den bevorzugten Ausführungsformen sichergestellt, dass die Lage des Leuchtflecks 10 auf dem Konverter 3 nach der Justierung bereits der endgültigen Lage entspricht und auch das endgültig fertig gestellte Produkt diese korrekte Justierung aufweist.

Nachfolgend wird auf Figur 9 Bezug genommen, welche eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf 30 eines faseroptischen Konversionsmoduls 1 einer ersten Ausführungsform von schräg oben her gesehen zeigt.

Unter einer Schutzhülle aus Glas 31 ist der optische Konverter 3 sowie der Halter 29 für die Faser 4 mit darin angeordneter Faser 4 zu erkennen, welcher als längliche  
5 Hülse in einem monolithischen Körper 32 angeordnet ist, der sowohl die Faser 4 mit deren Halterung 29 als auch den optischen Konverter 3 trägt.

Eine Lichtfalle 33 ist ebenfalls vom monolithischen Körper  
10 32 gehalten und weist an deren in Figur 9 zu erkennendem Ende ein stopfenförmiges Element 34 auf, welches unter Bezugnahme auf Figur 11 nachfolgend noch detaillierter beschrieben wird.

15 Mittels einer im monolithischen Körper 32 angeordneten Hülse 35 kann die Faser 4 mechanisch sicher am Auskoppelkopf 30 gehalten werden.

Eine Passung ist in Form einer rechteckförmigen Ausnehmung  
20 36 an der Unterseite des monolithischen Körpers 32 ausgebildet, welche zusammen mit Schrägen 37, 38 und 39 definierter Abmessung die korrekt positionierte Anbringung des Auskoppelkopfs 30 an weiteren, in den Figuren nicht dargestellten Baugruppen ermöglicht. Hierdurch kann mit  
25 hoher mechanischer Präzision die Position des Leuchtflecks 10 auch in den weiteren, nicht dargestellten Baugruppen genutzt werden und werden sowohl die Passung 36 als auch die Schrägen 37, 38 und 39 mit mechanischen Toleranzen von weniger als 50 µm, bevorzugt mit weniger als 10 µm  
30 gefertigt.

Eine weitere, am monolithischen Körper 32 ausgebildete rechteckförmige Ausnehmung 40 ist in Figur 10 zu erkennen, welche eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 9 gezeigten Auskoppelkopfes 30 zeigt, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes 30 und durch die Mitte der Faser 4 des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft.

Um der Einfachheit willen ist in Figur 10 nur der Faserkern der Faser 4 gezeigt. Der Durchmesser des lichtleitenden Kerns der Faser kann bei dieser sowie allen weiteren hier beschriebenen Ausführungsformen generell etwa 3  $\mu\text{m}$  bis 1500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt etwa 3,5  $\mu\text{m}$  bis 1000  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten etwa 50  $\mu\text{m}$  bis 150  $\mu\text{m}$  betragen.

Aus Figur 10 ist zu erkennen, dass die Lichtfalle 33 eine im monolithischen Körper 32 gehaltene Hülse 41 umfasst, welche das Element 34 zumindest teilweise aufnimmt, wobei dieses stopfenförmig in die Hülse 41 eingebracht ist und an dieser Hülse durch eine mechanische Sitzpassung mit Presssitz, Kleben, Löten oder auch Einschrauben gehalten sein kann. Die Hülse 40 kann in deren Innerem geschwärzt, aufgeraut oder mit in den Figuren nicht dargestellten Lichtfallen versehen sein, welche sich in der Hülse mit einem Dreiecksprofil radial erstrecken können.

Die Längs- oder Symmetrieachse der Hülse 40 ist auf den Leuchtfleck 10 des optischen Konverters 3 ausgerichtet und erstreckt sich unter einem Winkel, welcher dem Reflexionswinkel des aus der Faser 4 ausgetretenen und am optischen Konverter 3 reflektierten Anregungslichts entspricht. Hierdurch wird im Wesentlichen das gesamte, am

optischen Konverter 3 reflektierte Anregungslicht von der Hülse 40 der Lichtfalle 33 aufgenommen.

Bei den bevorzugten Ausführungsformen ist sowohl die Faser  
5 4 in deren Halterung 29 als auch der optische Konverter 3 vor und nach der Justierung im monolithischen Körper 32 angeordnet, welcher bevorzugt durch ein pulvermetallurgisches Spritzgießverfahren, insbesondere durch ein Metal-Injection-Mould-Verfahren (MIM) hergestellt  
10 ist und folglich hohe mechanische Festigkeit zusammen mit guter Wärmeleitfähigkeit bereitstellen kann.

Insbesondere Lötverbindungen können zwischen dem optischen Konverter 3, einem Kühlkörper 42 und dem monolithischen  
15 Körper 32 für sowohl mechanisch festen Halt als auch gute Wärmeleitfähigkeit sorgen, sodass die Temperatur des optischen Konverters 3 innerhalb der erwünschten thermischen Grenzen verbleiben. Hierbei kann die abzugebende Wärme durch den monolithischen Körper 32 auch  
20 an die in den Figuren nicht dargestellten weiteren Baugruppen weiter geleitet werden.

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des monolithischen Körpers 32 ist zusammen mit dem Kühlkörper 42 größer als 200 W/(m\*K) ist  
25 und bevorzugt größer als 350 W/(m\*K), welches die für den optischen Konverter 3 minimal bereitgestellte Wärmeleitfähigkeit darstellt, da dieser zusätzlich noch Wärme an das diesen umgebende Medium abgeben, kann, welches in der Regel Luft ist.

30

Der optische Konverter 3 kann alternativ mit einem Spiegel unterlegt und mit einer Blende versehen sein, um den Saum



von konvertiertem Gelblicht, das für die Weißlichterzeugung im Überschuss vorhanden ist, aufzufangen.

Die Justierung der Lage des Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 kann bei dieser Ausführungsform sowie den weiteren hier beschriebenen vor Anbringung der Schutzhülle 31 wie vorstehend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 4 beschrieben erfolgen. Hierzu wird, wie in Figur 4 schematisch dargestellt das Licht eines CO<sub>2</sub>-Lasers auf das Ende der Faser 4 gerichtet um deren Austrittsfläche 7 materialabtragend zu bearbeiten.

Dabei kann der Winkel  $\alpha$  nach dessen Justierung etwa 10° bis 30°, bevorzugt etwa 15° bis 25°, besonders bevorzugt etwa 18° bis 22° betragen.

Der Durchmesser des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter kann hierbei eine Größe von 0,5 µm bis 800 µm, bevorzugt eine Größe von 1 µm bis 500 µm und am bevorzugtesten eine Größe von 5 µm bis 300 µm aufweisen und ist auch durch den geometrischen Abstand  $a$  der Austrittsfläche 7 der Faser 4 zum optischen Konverter 3 einstellbar. Mit Einstellung des geometrischen Abstands  $a$  wird auch der optisch wirksame Abstand einstellbar und liegt dieser optisch wirksame Abstand, oder abgekürzt nur als Abstand bezeichnet, der Austrittsfläche 7 der Faser zur Oberfläche auf dem optischen Konverter 3, an welcher das Intensitätsmaximum des aus der Faser 4 austretenden Lichtes liegt, zwischen 200 µm und 2500 µm, bevorzugt zwischen 400 µm und 1500 µm, besonders bevorzugt zwischen 1500 und 800 µm und am bevorzugtesten zwischen 600 µm und 1200 µm.

Die laterale Abweichung der Lage des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter ist bei allen hier beschriebenen Ausführungsformen, insbesondere nach der Justierung, kleiner als 200  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 150  $\mu\text{m}$  und  
5 besonderes bevorzugt kleiner als 100  $\mu\text{m}$ .

Nachfolgend wird auf Figur 11 Bezug genommen, welche eine Aufsicht auf das dreidimensional dargestellte Element 34 der Lichtfalle 33 einer des in Figur 9 dargestellten  
10 faseroptischen Auskoppelkopfes 1 zeigt.

Dieses Element weist einen Flansch 43, mit welchem es in der Hülse 40 gehalten und einen Anschlag 44 auf, bis zu welchem es in die Hülse 40 einschiebbar ist.

15

Die nach Montage des Elements 34 in der Hülse 40 dem optischen Konverter 3 zugewandte Seite definiert eine facettierte Streufläche 45 kann mit einem absorbierenden Belag versehen sein, beispielsweise einem für das  
20 Anregungslicht matten schwarzen Belag, und streut und absorbiert das reflektierte Anregungslicht.

Bevorzugt sind das Element 34 sowie die Hülse 40 aus einem Metall hergestellt, sodass auch die am Element 34 sowie in  
25 der Hülse 40 durch Absorption entstehende Wärme an den monolithischen Körper 32 abgegeben werden kann.

Nachfolgend wird auf Figur 12 Bezug genommen, welche eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den Auskoppelkopf  
30 eines faseroptischen Konversionsmoduls 1 einer zweiten Ausführungsform mit aus diesem austretenden Nutzlicht 11  
30 von schräg oben her gesehen zeigt.

Gut erkennbar ist in dieser Figur, dass der Kegel des Nutzlichts 11 sich bis zur Halterung 20 der Faser 4 bzw. 18 erstrecken kann und hierbei der bereits unter Bezugnahme auf Figur 2 beschriebene Vorteil einer geringeren Nutzlichtabschattung durch die geneigte Austrittsfläche 7 bereitgestellt wird.

Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform ist auch aus Figur 13 zu erkennen, welche eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den monolithischen Körper 32 des in Figur 12 dargestellten Auskoppelkopfs 30 des faseroptischen Konversionsmoduls 1 der zweiten Ausführungsform von schräg oben her gesehen, jedoch ohne in oder an diesem gehaltenen Faser und ohne an diesem gehaltenem optischen Konverter zeigt.

Bei dieser Ausführungsform weist der monolithische Körper 32 zwei im Wesentlichen ebene Seitenflächen 46, 47 auf und kann als Strangware hergestellt werden. Wird der monolithische Körper 32 dieser Ausführungsform als Strangware hergestellt, können eine Vielzahl dieser monolithischen Körper vor deren Vereinzelung entlang der Seitenflächen 46 und 46 jeweils mit den Öffnungen 48 und 49 sowie mit dem Halter 50 für den optischen Konverter 3 versehen werden.

Ferner kann der optische Konverter 3 vor dieser Vereinzelung bereits innerhalb seiner als Erhebungen ausgebildeten Berandungen 51, 52 und innerhalb der leistenförmigen Vorsprünge 53, 54 angeordnet werden und kann dann beispielsweise mittels einer Wärmebehandlung,

soweit Lotverbindungen zum Einsatz kommen, zusammen mit einer Vielzahl weiterer monolithischer Körper prozessiert werden.

5 Nachfolgend wird auf die Figuren 14 und 15 Bezug genommen, bei welchen Figur 14 eine Photographie des in Figur 11 dargestellten faseroptischen Auskoppelkopfes 1, bei welcher dieses in einer Prüfanordnung gehalten ist, schräg oben von der Seite her gesehen zeigt und Figur 15 eine Photographie  
10 des in Figur 11 dargestellten faseroptischen Auskoppelkopfes 1 schräg von vorn oben gesehen zeigt, bei welcher dieser ebenfalls in einer Prüfanordnung gehalten ist.

15 Die Abmessungen eines mit der vorstehenden Ausführungsform auf dem optischen Konverter 3 erhaltenen Leuchtflecks 10 sind Figur 16 zu entnehmen. Diese zeigt eine typische Helligkeitsverteilung des Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 4, so wie diese durch das aus der Faser 4  
20 austretende und auf den optische Konverter 3 auftreffende Licht bei den vorstehend und nachfolgend gezeigten Ausführungsformen entsteht, zusammen mit einer Längenskala, deren Skalierung einen Abstand von jeweils 100 µm aufweist.

25 In Figur 17 ist eine dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den Auskoppelkopf 30 eines faseroptisches Konversionsmoduls 1 einer dritten Ausführungsform von schräg oben her gesehen gezeigt.

30 Bei dieser Ausführungsform ist die Schutzhülle aus Glas 31 rohrförmig mit einem geschlossenen, verrundeten Ende und

einem offenen Ende ausgebildet und erstreckt sich über mehr als die Hälfte der Länge des monolithischen Körpers 32.

Hierdurch entsteht eine lampenkolbenartige Ausgestaltung,  
5 welche es gestattet, den Auskoppelkopf 30 in dessen Längsrichtung in Reflektoren einzubringen, welche vorzugsweise über weitere lichtführende Elemente wie Umlenkspiegel verfügen, um das emittierte Nutzlicht  
möglichst vollständig nutzen zu können.

10

Zur mechanisch exakten Halterung des Auskoppelkopfes dieser Ausführungsform sind Passflächen 58 und 59 vorgesehen, wobei die Passfläche 59 mit einer in dieser Figur nicht dargestellten weiteren Passfläche 60 zusammenwirkt, mit  
15 welcher diese eine genähert V-förmige Anordnung bildet.

Weiterhin sind passgenau ausgestaltete Schrägflächen 61 und 62 dafür vorgesehen, den Auskoppelkopf 30 in dessen Längsrichtung korrekt zu positionieren.

20

Unter Bezugnahme auf Figur 18, ist weiter zu erkennen, dass sich die Faser 4 in deren Halterung 29 in etwa parallel zur Längsrichtung des monolithischen Körpers 32 erstreckt und der optische Konverter 3 unter einem Winkel  $\vartheta$  relativ  
25 hierzu geneigt gehalten ist.

Die Hülse 35' zur Halterung der Faser 4 ist bei dieser Ausführungsform kein eigenständiges Bauteil sondern als im Wesentlichen gleichwirkende zylindrische Öffnung im  
30 monolithischen Körper 32 selbst ausgebildet.

Auch das in Figur 19 dargestellte Element 34 der Lichtfalle 33 weist bauliche Unterschiede zu dem in Figur 11 bezüglich deren jeweiliger Facettierung auf.

5 Bei dem in Figur 11 dargestellten Element wird jeweils eine im Wesentlichen pyramidenförmige Facette zur Streuung und Absorption des Lichts eingesetzt, wohingegen bei dem Element 34 aus Figur 19 zu gleichen Zwecken eine radial verlaufende Rippenstruktur verwendet wird, deren radiales  
10 Zentrum mit der Längsachse dieses Elements 34 zusammenfällt.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist in Figur 20 dargestellt, diese zeigt eine dreidimensional dargestellte  
15 Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf 30 eines faseroptischen Konversionsmoduls 1 einer vierten Ausführungsform von schräg oben her gesehen.

Der monolithische Körper 32 dieser Ausführungsform weist  
20 eine im Wesentlichen kegelstumpfbartige Öffnung 63 auf, an deren Boden der optische Konverter 3 gehalten ist. Mittels einer Durchgangsöffnung 64 ist die Faser 4 in das Innere der kegelstumpfbartigen Öffnung 63 geführt, welche eine radial verlaufende Furche 65 als Halterung für die Faser 4  
25 definiert, die besser in der Schnittdarstellung der Figur 21 zu erkennen ist. Figur 21 zeigt eine horizontal verlaufende, zweidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 19 gezeigten faseroptischen Auskoppelkopfs 30, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfs 30 und  
30 durch die Mitte der Faser 4 des faseroptischen Konversionsmoduls 1 verläuft.

Besonders gut ist dieser Figur 21 die Wirkung der Lichtfalle 33 zu entnehmen, welche das vom optischen Konverter 3 reflektierte Anregungslicht 66 wie bei allen hier dargestellten Ausführungsformen daran hindert, den  
5 Auskoppelkopf 30 zu verlassen. Bei dieser Ausführungsform wird eine fresnelsche Zonenplatte 67 verwendet, um reflektiertes Anregungslicht 66 in eine Öffnung 68 zu leiten, in welcher es an deren Seitenwänden 69 sowie Boden 70 absorbiert werden kann, wobei die dann dabei entstehende  
10 Wärme vom monolithischen Körper 32 aufgenommen wird.

Figur 22 zeigt hierzu eine Detailansicht aus der in Figur 19 gezeigten Aufsicht auf den faseroptischen Auskoppelkopf der vierten Ausführungsform jedoch in dreidimensionaler  
15 Darstellung, so dass insbesondere das Reflexionsverhalten des optischen Konverters 3 bezüglich des Anregungslichts besonders gut zu erkennen ist.

Auch bei dieser Ausführungsform wird die Lage des  
20 Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 wie vorstehend beschrieben durch materialabtragende Bearbeitung der Austrittsfläche 7 der Faser 4 justiert, obwohl die sich unter einem Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 geneigte Austrittsfläche 7 von den äußeren Mantelstrukturen  
25 der Faser 4 verdeckt und somit nicht zu sehen ist.

Diese Erfindung ist auch nicht auf die Verwendung nur einer Faser in einem faseroptischen Konversionsmodul 1 beschränkt.

Wie vorstehend beschrieben die Lage der Leuchtlecke mehrerer Lichtquellen, insbesondere Anregungslichtquellen auf dem optischen Konverter 3 justiert werden.

5 Bezüglich der räumlich geometrischen Ausgestaltung sowie der weiteren Eigenschaften der dabei verwendeten Bauteile wird auf die Internationale Patentanmeldung WO 2014/049056 des gleichen Anmelders verwiesen, welche durch Bezugnahme auch zum Gegenstand der vorliegenden Offenbarung gemacht  
10 wird.

Hierdurch wird eine Vorrichtung mit mehr als einem Lichtleiter bereitgestellt, aus welchem jeweils Licht austritt und jeweils zumindest zu einem wesentlichen Teil  
15 auf einen optischen Konverter 3 trifft, auf welchem hierdurch jeweils ein Leuchtfleck 10 entsteht, bei welcher die Austrittsfläche 7 der Faser 4 jeweils einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse 8 der Faser 4 aufweist, wobei vorzugsweise auch durch die Einstellung des  
20 Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks 10 auf dem Konverter 3 justiert ist und die jeweiligen Leuchtflecke 10 sich auf dem optischen Konverter 3 zumindest zu einem wesentlichen Anteil überlagern.

25 Besonders vorteilhaft können die vorstehend beschriebenen faseroptischen Konversionsmodule 1 mit deren Auskoppelköpfen 30 in Scheinwerfer eingebaut oder funktionale Teile von diesen sein.

30 Die Erfindung umfasst folglich auch entsprechende Scheinwerfer eines Luft- Wasser- oder Landfahrzeugs mit derartigen faseroptischen Konversionsmodulen.



Ebenfalls sind Projektionseinrichtung, insbesondere digitale Projektionseinrichtung und insbesondere auch Scheinwerfer für Theater, Film und Bühne, mit  
5 entsprechenden faseroptischen Konversionsmodulen 1 Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe, ein faseroptisches Konversionsmodul einfachen Aufbaus zu  
10 schaffen, das sich als Montageteil in eine Beleuchtungseinrichtung zwischen einer Anregungslichtquelle und einem Scheinwerfer zur Abgabe von Nutzlicht eignet und eine gute Wärmeabfuhr ermöglicht, gelöst durch ein  
faseroptisches Konversionsmodul zur Verwendung als  
15 Scheinwerfer, wie es beispielhaft in Figur 23 gezeigt ist.

So ist das als Ganzes mit dem Bezugszeichen 1 versehene faseroptische Konversionsmodul dieser weiteren Ausführungsform in dem in Figur 23 abgebildeten Beispiel  
20 bereits als Beleuchtungseinrichtung 200 konzipiert und in fertig montierter, einbaufähiger Form gezeigt. Das Konversionsmodul 1 ist in einem Längsschnitt gezeigt.

Die Beleuchtungseinrichtung 200 ist im Wesentlichen  
25 zapfenförmigen ausgebildet und kann einfach in einen Autoscheinwerfer eingefügt und befestigt werden.

Das Konversionsmodul 1 gemäß der Erfindung umfasst ein Trägerelement 220, einen Auskoppelkopf 230 und einen  
30 faseroptischen Lichtleiter 250, nachfolgend auch Lichtleitfaser genannt. Zur Vereinfachung der genauen Positionierung der Beleuchtungseinrichtung 200 in dem

Autoscheinwerfer ist an dem Trägerelement 220 eine Ausnehmung 225 zur Fixierung mit entsprechenden Bezugsflächen vorgesehen, so dass eine einfache und rasche Montage ermöglicht wird.

5

Der Lichtleiter 250 ist an seinem Lichteintrittsende mit einem Stecker (nicht dargestellt) versehen zur Ankopplung an eine zugeordnete Anregungslichtquelle (nicht dargestellt). Der Stecker ist vorzugsweise ein Stecker umfassend eine Keramikferrule, welche im Vergleich zu einem SMA-Stecker eine höhere Genauigkeit des Durchmessers und eine geringere Exzentrizität aufweist, welcher zur Kopplung mit einer Laserdiode ausgebildet ist, die ihr Anregungslicht in die Lichtleitfaser 250 einkoppelt. Eine derartige Keramikferrule erleichtert die Montage deutlich, so dass eine aufwendige Justage vermieden werden kann. Der Lichtleiter 250 wird knicklos zum Auskoppelkopf 230 geführt, wobei eine gewisse Krümmung im Allgemeinen unschädlich und unvermeidbar ist. Die Lichtleitfaser 250 führt zu dem Auskoppelkopf 230, wo sie fixiert und gehalten wird.

Das Trägerelement 220 ist mit einem Konverter 221 ausgestattet, welcher so angeordnet ist, dass Anregungslicht aus dem montierten Lichtleiter 250 schräg auftrifft.

Das aus dem Lichtleiter 250 austretende Anregungslicht fällt demnach schräg auf den Konverter 221, der das kurzwelligere Anregungslicht in langwelligeres Konversionslicht umwandelt, daneben aber auch Anregungslicht streut, so dass das remittierte Licht im

Mittel langwelligeres Nutzlicht darstellt. Beim Nutzlicht wird meist Weißlichtcharakter angestrebt. Wenn der Scheinwerfer im Wesentlichen paralleles Nutzlicht erzeugen soll, wird auf dem Konverter 221 ein vorzugsweise kleiner Leuchtfleck erzeugt.

Der Auskoppelkopf 230 ist im Beispiel von rotationssymmetrischer, zapfenförmiger Form. Der Auskoppelkopf 230 ist von geringer Komplexität und kann daher einfach und in großen Stückzahlen kostengünstig gefertigt werden.

Das Trägerelement 220 ist dementsprechend mit einer ebenfalls rotationssymmetrischen Bohrung 227 ausgestattet, welche passgenau gegengleich zur der äußeren Kontur des Auskoppelkopfes 230 ausgebildet ist. Die Bohrung 227 und der Außendurchmesser des Auskoppelkopfes im Verbindungsbereich sind mit enger Toleranz gefertigt. Dies kann eine dH7/m6-Übergangspassung sein, die eine Montage mit leichtem Druck ermöglicht. Auf diese Weise kann der Auskoppelkopf 230 präzise in die Bohrung 227 eingefügt und anschließend fixiert werden kann. Die Fixierung kann mittels Kleben in der vorgesehenen Position erfolgen. Es kann aber auch eine Klemmung oder eine Verschraubung vorgesehen sein.

Der Auskoppelkopf 230 umfasst eine zentrische, axiale Durchgangsbohrung mit einem Einsatzelement 231, welches als Hülse ausgebildet ist. Dieses Einsatzelement 231 dient der Aufnahme des Lichtaustrittsendes der Lichtleitfaser 250. Die Lichtleitfaser 250 kann in das Einsatzelement 231 eingeschoben werden, so dass die Lichtleitfaser 250 am

konverterseitigen Ende des Einsatzelements bündig abschließt.

5 Zur exakten Positionierung des Auskoppelkopfes 230 in der Bohrung 227 des Trägerelements ist das Trägerelement 220 mit einem umlaufenden Anschlag 226 ausgebildet, der bei montiertem Auskoppelkopf einen ebenfalls umlaufenden Vorsprung 234 des Auskoppelkopfes 230 aufnimmt.

10 Als Fixierhilfe ist weiterhin ein rotationssymmetrisches Einsatzelement 232 vorgesehen. Dieses ist ebenfalls als Hülse ausgebildet und umschließt mit einem ersten Bereich bündig den dem Konverter zugewandten vorderen Bereich des Auskoppelkopfes. Mit der Außenfläche steht das  
15 Einsatzelement 232 mit seiner Mantelfläche in montierter Position in Kontakt mit der Bohrung 227. Ein zweiter, dem ersten Bereich gegenüberliegender Bereich des Einsatzelements 232 ist dazu ausgebildet, ein optisches Element 240 aufzunehmen und zu halten. Das optische  
20 Element 240 liegt damit im direkten Strahlengang des Anregungslichtes. Um einen vorbestimmten Abstand zwischen dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 und dem optischen Element 240 zu schaffen, ist ein Distanzelement 233 vorgesehen, welches sich innerhalb des Einsatzelements  
25 zwischen dem Auskoppelkopf 230 und dem optischen Element 240 befindet.

Auf diese Weise kann ein günstig zu fertigender, montagefertiger Auskoppelkopf 230 zur Verfügung gestellt  
30 werden, welcher zum einen der Halterung und Fixierung eines Lichtleiters 250 zur Zuführung von Anregungslicht dient, zum anderen auch ein optisches Element 240, vorzugsweise

zur Fokussierung des Anregungslichtes auf einen Konverter 221, bereithält.

5 Diese Ausführungsform bietet neben der Möglichkeit eines raschen Austausches des Auskoppelkopfes den weiteren Vorteil, dass der axiale Abstand zwischen dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 und dem optischen Element 240 durch die Auswahl von Distanzelementen 233 mit unterschiedlicher Länge und/oder der axiale Abstand  
10 zwischen dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 und dem Konverter durch Änderung der Positionierung des Auskoppelkopfes 230 in der Bohrung 227 durch die Auswahl von Einselementen 232 mit unterschiedlicher Länge verändert werden kann.

15 Für das optische Element 240 ist im Beispiel ein fokussierendes optisches Element, vorzugsweise eine Stablinse, vorgesehen. Das optische Element 240 ist coaxial zum Lichtleiter 250 angeordnet. Mittels des optischen  
20 Elements 240 wird das Anregungslicht auf den Konverter fokussiert. Hierzu ist die Stablinse mit einer plan polierten Lichteintrittsfläche und einer linsenförmig gekrümmten Lichtaustrittsfläche ausgebildet.

25 Der im Ganzen zapfenförmige Aufbau des Konversionsmoduls 1 führt zu einem ebenfalls zapfenförmigen Aufbau des Trägerelement 220 und der Beleuchtungseinrichtung 200.

Zur Vereinfachung der Montage des Lichtleiters 250 in dem  
30 Auskoppelkopf 230 ist ein Montageschacht 235 vorgesehen, der ein besonders einfaches Einfügen des Lichtleiters 250 ermöglicht.

Der mit dem Trägerelement 220 montierte Auskoppelkopf 230 sorgt dafür, dass das Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 das Anregungslicht auf einen Leuchtfleck richtet, der sich auf der Oberfläche des Konverters 221 befindet. Das langwelligere Nutzlicht wird von dem Leuchtfleck in Form eines Lichtkegels abgegeben. Der Lichtkegel weist einen Öffnungswinkel von wenigstens  $50^\circ$ , bevorzugt wenigstens  $60^\circ$  und besonders bevorzugt wenigstens  $70^\circ$  auf. Das Trägerelement 220 umfasst ferner eine reflektierende Fläche 223 zur Reflektion von Nutzlicht.

Um den Austritt von reflektiertem, kurzwelligem Anregungslicht zu unterbinden, ist das Trägerelement mit einer Lichtblende 222 ausgestattet, die als Lichtfalle wirkt. Diese kann als Streukörper ausgebildet sein oder einen Streukörper umfassen, welcher das Anregungslicht totlaufen lässt. Auf diese Weise kann der Austritt von reflektiertem Anregungslicht verhindert werden.

Der Innenraum des Trägerelements 220, welcher den Konverter 221 umfasst, ist mit einer lichtdurchlässigen Schutzhülle 224 zum Schutz des Konverters umgeben. Der Konverter 221 kann hierdurch optimal vor eindringenden Partikeln oder auch Feuchtigkeit geschützt werden. Die lichtdurchlässige Schutzhülle 224 ist dabei aus Glas gefertigt und dicht mit dem Trägerelement 221 verbunden. Vorzugsweise bietet die Schutzhülle daher einen Schutz wenigstens nach IP 44 gemäß DIN EN 60529. Auf diese Weise können auch das Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 und/oder das optische Element 240 vor Staub und Feuchtigkeit optimal geschützt werden.

Das Trägerelement 220 ist im Beispiel als metallischer Sinterkörper gefertigt. Insbesondere für das Trägerelement 220 eignet sich die Fertigung als derartiger Sinterkörper, da ein gesintertes Bauteil mit hoher Genauigkeit gefertigt werden kann und zudem eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist, wie sie bei dem Betrieb des Konverters auftritt.

Alternativ kann das Trägerelement 220 aber auch aus einem anderen Material, etwa einem wärmeleitenden Material gefertigt sein, um die hohe Temperatur des Konverters im Betrieb abzuführen. Der Auskoppelkopf 230 hingegen kann aus anderen Materialien gefertigt sein, beispielsweise kostengünstig aus Kunststoff, da hier die Wärmebelastung durch den Betrieb des Konverters 221 geringer ist.

Das Nutzlicht gelangt durch die Schutzhülle 224 zu dem Nutzgeräteteil (nicht dargestellt), das im Falle eines Scheinwerfers einen Parabolspiegel, ein Segment eines Parabolspiegels oder eine abgewandelte Parabolspiegelfläche darstellt.

Der Abstand zwischen dem optischen Element 240 und dem Konverter 221 beträgt im Beispiel etwa 70 mm. Bei einem derartigen Abstand reicht es im Allgemeinen aus, wenn die axiale Justiermöglichkeit in einem Bereich von 0,05 mm bis zu 5 mm, vorzugsweise in einem Bereich von 0,03 bis 4 mm liegt, um eine exakte axiale Positionierung des Lichtaustrittsendes des Lichtleiters in Bezug auf den Konverter 221 zu erreichen.

Ein nochmals weiteres Ausführungsbeispiel eines Konversionsmoduls zeigt Figur 24 in einer Schrägansicht.

Abgebildet ist ein Auskoppelkopf 260. Dieser weist einen Bereich auf, welcher als parabolischer Reflektor 261 ausgebildet ist. Im Zentrum des Reflektors 261 ist eine kreisförmige Öffnung 262 vorhanden, in welcher der Konverter (nicht dargestellt) platziert werden kann. Das den Konverter tragende Trägerelement ist ebenfalls der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

Die Oberfläche des Reflektors 261 ist durch einen länglichen, radial auf die Öffnung 262 zulaufenden Schlitz 263 unterbrochen. Dieser ist im zentrumsnahen Bereich des Reflektors angeordnet. Der Schlitz 263 ermöglicht es aus dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 austretendem Anregungslicht, auf den Konverter abgestrahlt zu werden. Der Schlitz verläuft demnach in Strahlrichtung auf den Konverter 221 zu.

Der Lichtleiter 250 ist mit einem Einsatzelement (nicht dargestellt) mit dem Ankoppelkopf 260 verbunden, wie es auch in dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel dargestellt ist.

Auf diese Weise ist auch hier eine axiale Bewegung zur Positionierung des Lichtaustrittsendes des Lichtleiters 250 in Bezug auf den Konverter gegeben. Ferner ist auch ein optisches Element 264 vorhanden, um das Anregungslicht auf den Konverter zu fokussieren. Das optische Element 264 ist derart angeordnet, dass es nicht in den Reflektorbereich



hineinragt. Auf diese Weise wird eine Abschattung des Nutzlichtes weitgehend vermieden.

In einer Ausführungsform ohne optischem Element 240, 264  
5 kann das Lichtaustrittsende des Lichtleiters 250 dichter an den Konverter 221 herangeführt werden. Es ist darauf zu achten, dass das Lichtaustrittsende nicht zu größeren Abschattungen führt, indem es in den Abstrahl-Lichtkegel des Konverters zu sehr hineinragt. Um trotz höheren  
10 Abstands eine ausreichende Fokussierung des Anregungslichtes auf den Konverter zu ermöglichen, kann das Lichtaustrittsende des Lichtleiters linsenförmig gekrümmt poliert werden.

15 Die Unterseite 265 des Ankoppelkopfes 260 ist zur präzisen Aufnahme und Befestigung mit dem Trägerelement mit Ausnehmungen und Anschlägen ausgestattet.

Die Oberseite 266 des Ankoppelkopfes 260 ist mit  
20 Vorsprüngen versehen, welche ein einfaches Verbinden mit der lichtdurchlässigen Schutzhülle (nicht dargestellt) ermöglichen.

Beiden Ausführungsformen ist gemein, dass das jeweilige  
25 Lichtaustrittsende des Lichtleiters lediglich eine plan geschliffene Endfläche umfasst und demzufolge sehr einfach und kostengünstig gefertigt werden kann. So sind insbesondere keine schrägen, aufwendig zu fertigenden Anschliffe, wie sie bei der Verwendung mehrerer Lichtleiter  
30 benötigt werden, erforderlich.

In den Ausführungsformen weist der Lichtleiter 250 einen Faserkern aus Quarzglas und einen Fasermantel aus Quarzglas auf, wobei der Brechungsindex des Fasermantels niedriger als der Brechungsindex des Faserkerns ist. Ein derartiger Lichtleiter ist aufgrund seiner vergleichsweise hohen Temperaturbeständigkeit günstiger als etwa Lichtleiter aus Kunststoff.

Bei den beiden letztgenannten Ausführungsformen können das Trägerelement und/oder der Auskoppelkopf bereits ein Teil einer Beleuchtungseinrichtung oder als Teil einer Beleuchtungseinrichtung ausgebildet sein.

Die bauliche Trennung ermöglicht eine funktionale Trennung dahingehend, dass für das den Konverter halternde Trägerelement ein anderes Material ausgewählt werden kann als für den Auskoppelkopf. So kann beispielsweise ein besonders temperaturstabiles Material, etwa ein Sintermaterial, vorzugsweise ein metallisches Sintermaterial, für das Trägerelement vorgesehen sein, während für den Auskoppelkopf ein anderes Material, beispielsweise ein Kunststoffmaterial, vorgesehen sein kann. Der Auskoppelkopf lässt sich daher einfacher und kostengünstiger fertigen.

Das Trägerelement ist demnach so gestaltet, dass im Konverter erzeugte Wärme über das Trägerelement abgeführt und dissipiert werden kann. Durch die bauliche Trennung kann die Wärmeübertragung auf den Auskoppelkopf reduziert werden, so dass eine geringere Gefahr besteht, dass die Lichtleitfaser im Betrieb Schaden nimmt. Auf diese Weise

kann auch die Lebensdauer des faseroptischen Konversionsmoduls verlängert werden.

5 Zudem entfällt die Problematik, das aus mehreren Lichtaustrittsenden austretende Licht in beengten Platzverhältnissen zu bündeln und auf einen gemeinsamen Leuchtfleck auf der Konverteroberfläche zu konzentrieren, so dass für das erfindungsgemäße Konversionsmodul insgesamt weniger Bauraum benötigt wird.

10

Gemäß einem nochmals weiteren Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe, einen Konverter-Kühlkörperverbund bereitzustellen, gelöst mit einem Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds mit einem optischen Konverter zur  
15 zumindest teilweisen Umwandlung von Licht einer ersten Wellenlänge in Licht einer zweiten Wellenlänge, und einem Kühlkörper.

Es wird auf die Figur 25 Bezug genommen, welche als  
20 Ausschnittsdarstellung von Bestandteilen eines faseroptischen Konversionsmoduls 1 einen Konverter-Kühlkörperverbund 110 zusammen mit einer weiteren Baugruppe einer ersten bevorzugten Ausführungsform in einer dreidimensionalen Schnittdarstellung von vorn von einem  
25 leicht erhöhten Blickpunkt aus gesehen, wobei die weitere Baugruppe der monolithische Körper 32 eines Auskoppelkopfes 30 des faseroptischen Konversionsmoduls 1 ist.

Mit einer ersten Lotverbindung 101 ist der optische  
30 Konverter 3 an einem Kühlkörper 42 gehalten, welcher wiederum mit einer zweiten Lotverbindung 102 am monolithischen Körper 32 gehalten ist.

Der optische, vorzugsweise keramische Konverter 3 kann eine Beschichtung 104 aufweisen, durch welche die mechanische Stabilität der ersten Lotverbindung 101 unterstützt und die  
5 Ableitung der Wärme aus dem optischen Konverter 3 verbessert wird.

Diese Beschichtung 104 ist vorzugsweise, eine metallhaltige, reflektierende Beschichtung zur  
10 Wärmeableitung sowie auch zur Verbesserung der Konversionseffizienz des optischen Konverters 3 durch Reflexion von in Richtung der Beschichtung 104 gestreuten Anregungslichtanteilen.

15 Das Beschichtungsverfahren zum Aufbringen der Beschichtung 104 auf dem optischen Konverter 3 mit einem vorzugsweise keramischen Körper umfasst dabei zumindest die Verfahrensschritte a) bis f).

20 In Schritt a) wird zunächst ein optischer, insbesondere keramischer Konverter 3 mit zumindest einer polierten Oberfläche bereitgestellt. Die hohe Temperaturstabilität des keramischen Konvertermaterials des optischen Konverters 3 ermöglicht dabei neben der Verwendung von  
25 Primärlichtquellen mit hohen Leuchtdichten (z.B. Halbleiterlaser) auch hohe Prozesstemperaturen in den nachfolgenden Verfahrensschritten.

Schritt b) beinhaltet die Bereitstellung einer  
30 metallhaltigen Paste. Die metallhaltige Paste umfasst ein Metallpulver in einem organischen Anpastmedium. Insbesondere handelt es sich bei den verwendeten

organischen Anpastmedien um ein Rheologieadditiv, das eine Lösung von Harzen und organischen Additiven in einem Lösemittelgemisch darstellt und/oder IR-trockenbar ist (z.B. Johnson Matthey 650-63 IR Medium Oil-based, Okuno 5 5000). Mit Hilfe des Anpastmediums wird die Rheologie der Paste eingestellt, so dass die Paste beispielsweise druckfähig ist.

Das Metallpulver enthält bevorzugt zumindest ein Metall aus der Gruppe mit den Elementen Silber, Gold und Platin oder 10 Legierungen hiervon. Insbesondere wird Silberpulver verwendet. Dies ist besonders vorteilhaft, da Silber sowohl eine hohe Wärmeleitfähigkeit als auch eine hohe Reflektivität aufweist.

15 Gemäß einer Ausführungsform enthält die in Schritt b) bereit gestellte Metallpaste einen Silberanteil von 70 bis 90 Gew.-%, bevorzugt 80 bis 85 Gew.-%. Der Anteil an organischen Anpastmedium beträgt 10 bis 30 Gew.-%, 20 bevorzugt 15 bis 20 Gew.-%.

Nachfolgend wird die in Schritt b) erhaltene Paste zumindest auf einen Teilbereich der polierten Konverteroberfläche aufgebracht (Schritt c). Bevorzugt wird 25 die Paste durch ein Druckverfahren, insbesondere durch ein Siebdruckverfahren auf die Konverteroberfläche aufgebracht. Hierdurch ist es möglich, in überraschend einfacher Weise eine laterale Struktur der Beschichtung auf der Konverteroberfläche zu erzeugen. So können auch lediglich 30 Teilbereiche der Konverteroberfläche bedruckt oder ausgespart werden. Andere Druckverfahren wie beispielsweise Tampondruck oder Rolldruckverfahren sind ebenfalls möglich.

In Schritt d) wird die auf der Konverteroberfläche aufgebraachte Paste getrocknet. Bevorzugt wird die Paste bei Temperaturen im Bereich von 150 bis 400°C, besonders  
5 bevorzugt bei Temperaturen im Bereich von 250 bis 300°C getrocknet. Hierdurch werden die im Anpastmedium enthaltenen Lösungsmittel zumindest teilweise entfernt und die aufgebraachte Paste insbesondere vorverdichtet. Die Trocknungszeit ist abhängig vom Lösungsmittelanteil in der  
10 aufgebraachten Paste und liegt typischerweise zwischen 5 und 30 min

Im nachfolgenden Schritt e) wird die aufgebraachte Paste bei Temperaturen > 450°C eingebrannt, was zu einer guten  
15 thermischen und mechanischen Anbindung der so gebildeten Beschichtung an den Konverter führt. Die hohen Einbrandtemperaturen bewirken zudem eine Sinterung der im Metallpulver enthaltenen Metallpartikel. Die so entstandene Sinterstruktur weist eine relativ hohe Homogenität auf und  
20 führt zu den guten Reflexionseigenschaften der so erhaltenen Beschichtung. Hierbei haben sich Einbrandtemperaturen im Bereich von 700°C bis 1.000°C als besonders vorteilhaft herausgestellt.

25 Abhängig von der verwendeten Einbrandtemperatur und dem verwendeten Metallpulver kann gemäß einer Ausführungsform das Metallpulver weitgehend oder teilweise aufschmelzen, so dass der keramische Konverter an der Grenzfläche vom Metall benetzt wird. Gemäß weiteren Ausführungsformen sintern die  
30 in der Paste enthaltenen Metallpartikel lediglich zusammen.

Bei dem Einbrand der Paste werden die organischen Bestandteile der aufgetragenen Paste bzw. die Reste des Anstrichmediums ausgebrannt.

- 5 Der so mit der Beschichtung 104 beschichtete Konverter 3 wird in Schritt f) an den Kühlkörper 42 unter Ausbildung einer ersten Lotverbindung 101 angebunden, diese bedeutet durch die dabei hergestellte erste Lotverbindung auch mechanisch an diesem fixiert.

10

- Hierbei wird der Kühlkörper 42 unter Verwendung des ersten Lotes an die in Schritt e) erhaltene Beschichtung 104 unter Verwendung eines vorzugsweise zinnhaltigen, bleifreien Lotes gelötet. Bevorzugte weitere erste Lote für die erste  
15 Lotverbindung 101 sind nachfolgend noch detaillierter beschrieben.

- Gemäß einer Weiterbildung weist die in Schritt b) bereitgestellte Paste zusätzlich einen Glasanteil auf. Der  
20 Glasanteil führt dabei zu einer besseren Haftung der Beschichtung auf der Konverteroberfläche sowie zu einem verbesserten Sinterverhalten der Metallpartikel untereinander. Der Glasanteil beeinflusst zudem die Lötbarkeit der metallischen Beschichtung 104 in positiver  
25 Weise.

- Gemäß einer zusätzlichen Weiterbildung kann die metallische Beschichtung mehrfach aufgebracht werden. Dazu wird entweder nach dem Trocknen der Paste (Schritt d) oder nach  
30 dem Einbrand der Paste (Schritt e) erneut Paste aufgebracht (Schritt c) und wie beschrieben weiterprozessiert.

In einer Ausführungsform beträgt der Glasanteil 0,05 bis 8 Gew.-%, bevorzugt 0,1 bis 6 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,2 bis 5 Gew.-% beträgt. Dieser Glasanteil hat sich als vorteilhaft herausgestellt, da zum einen der Glasanteil  
5 ausreicht, um die Haftung der Beschichtung an der Oberfläche des Konverters zu erhöhen, andererseits jedoch noch eine gute Lötbarkeit der Beschichtung gewährleistet.

Als vorteilhaft hat sich hierbei die Verwendung von  
10 Glaspulvern mit einer Korngrößenkennzahl D50 im Bereich von 1 bis 5  $\mu\text{m}$  herausgestellt. Dies gewährleistet eine homogene Verteilung der Glaspartikel in der Paste und somit auch eine homogene Verteilung des Glasanteils in der in Schritt e) erhaltenen Beschichtung.

15 Gemäß einer Ausführungsform weist das in der Paste enthaltene Glas eine Glasübergangstemperatur  $T_g$  im Bereich von 300 bis 600°C, bevorzugt im Bereich von 350 bis 560°C auf.

20 Bevorzugt handelt es sich bei dem in Schritt b) verwendeten Glaspulver um ein  $\text{PbO}$ -, ein  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ -, ein  $\text{ZnO}$ -, ein  $\text{SO}_3$ - oder ein silikatbasiertes Glas. Diese Gläser haben sich in Hinblick auf deren Erweichungstemperaturen bzw. deren  
25 Brechwerte als besonders vorteilhaft herausgestellt.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird in Schritt b) ein silikatbasiertes Glas, insbesondere ein Glas mit einem  $\text{SiO}_2$  Gehalt von mindestens 25 Gew.-% verwendet.  
30 Entsprechende Gläser weisen neben vorteilhaften Brechwerten und Erweichungstemperaturen zudem auch unter den erfindungsgemäßen Einbrandbedingungen (Schritt e)) eine



hohe Resistenz gegenüber Redoxvorgängen unter Beteiligung des Metalls und/oder des keramischen Konverters auf.

Die um der Einfachheit willen nur in Figur 26 gezeigte Beschichtung 104 kann vorzugsweise bei allen Ausführungsformen auf der der Lotverbindung 101 zugewandten Seite des optischen Konverters 3 angebracht sein, auch wenn diese Beschichtung 104 um der Einfachheit der Darstellung willen nicht explizit in jeder Figur dargestellt ist.

Die zweite Lotverbindung 102 ist in der Lage, einen Spalt 103 zwischen dem monolithischen Körper 32 und dem Kühlkörper 42 zu füllen und ermöglicht in deren erweichtem Zustand eine Verschiebung des Konverter-Kühlkörperverbunds 110 zumindest in die Richtungen x und y relativ zum monolithischen Körper 32 oder auch eine Dreh- oder Taumbewegung um die in Figur 26 dargestellte z-Achse.

In diesem erweichten Zustand des zweiten Lots 102 kann beispielsweise der Konverter-Kühlkörperverbund 110 mittels einem dem Fachmann wohlbekannten, jedoch in den Figuren nicht dargestellten Hexapods relativ zum monolithischen Körper 32 mit wenigen  $\mu\text{m}$  lateraler Abweichung, beispielsweise mit weniger als 10  $\mu\text{m}$  lateraler Abweichung, in x- und y-Richtung justiert werden und nach dieser Justierung mechanisch zunächst durch den Hexapod und danach auch durch die zweite Lotverbindung 102 stabil gehalten werden, insbesondere nachdem die Temperatur der zweiten Lötverbindung unter deren Schmelzpunkt  $T_{s2}$  abgesenkt wurde.

Wird die Konverter-Kühlkörperanordnung beispielsweise gleichweit in positiver x- und y-Richtung verschoben,

vermindert dieses den Abstand der Oberfläche des optischen Konverters 3 zur Austrittsfläche 7 einer das Anregungslicht führenden optischen Faser 4, siehe hierzu beispielsweise auch die Figuren 27, 28 und 29. Durch Verringerung dieses  
5 Abstands wird die Größe des Leuchtflecks 10 auf dem optischen Konverter 3 verkleinert, wohingegen durch Erhöhung des Abstands der Oberfläche des optischen Konverters 3 zur Austrittsfläche 2 der Faser 4 die Größe des Leuchtflecks 10 erhöht. Diesbezüglich wird auf die  
10 parallele, am gleichen Tag beim selben Amt eingereichte Anmeldung mit dem Titel „Verfahren zur Justierung eines auf einem optischen Konverter erzeugten Leuchtflecks sowie Vorrichtung mit justiertem Leuchtfleck und deren Verwendungen“ desselben Anmelders Bezug genommen und diese  
15 durch Bezugnahme inkorporiert.

Wie vorstehend angesprochen kann der Konverter-Kühlkörperverbund 110 um die z-Achse (siehe hierzu auch die Darstellung und Figur 26) gedreht oder gekippt werden,  
20 welches eine Justierung der Neigung der Oberfläche des optischen Konverters 3, auf welche das Anregungslicht fällt, gestattet. Hierdurch kann sowohl das reflektierte Anregungslicht als auch die Hauptstreukeule des Nutzlichtes in deren Ausbreitungsrichtung beeinflusst und damit auch in  
25 einem definierten Winkelintervall justiert werden.

Nachfolgend wird auf Figur 26 Bezug genommen, welche eine Baugruppe 105 eines Auskoppelkopfes 30 eines faseroptischen Konversionsmodul 1 zeigt, in welcher der in Figur 25  
30 gezeigte Konverter-Kühlkörperverbund 101 durch eine zweite Lotverbindung 102 gehalten ist, in einer dreidimensionalen

Schnittdarstellung von vorn von einem leicht erhöhten  
Blickpunkt aus gesehen.

5 Diese Baugruppe kann beispielsweise auch Teil des in Figur  
29 dargestellten oder eines anderen Auskoppelkopfes sein,  
wie nachfolgend noch detaillierter beschrieben wird.

Die Baugruppe 105 weist eine im Wesentlichen horizontal  
verlaufende Passfläche 106 sowie eine säulenförmige  
10 Erhebung definierende horizontale Passflächen 107, 108, 109  
auf, mittels welchen die Baugruppe 105 passgenau und unter  
Erhaltung der Justierung des Konverter-Kühlkörperverbunds  
110 relativ zur Baugruppe 105.

15 Zum besseren Verständnis wird nachfolgend eine besonders  
bevorzugte Ausführungsform beschrieben, bei welcher der  
Konverter-Kühlkörperverbund mit einem Auskoppelkopf 30 als  
weiterer Baugruppe mittels der zweiten Lotverbindung 102  
verbunden ist.

20 Nachfolgend wird auf Figur 9 Bezug genommen, welche eine  
dreidimensional dargestellte Aufsicht auf den  
faseroptischen Auskoppelkopf 30 eines faseroptischen  
Konversionsmoduls 1 einer ersten Ausführungsform von schräg  
25 oben her gesehen zeigt.

Unter einer Schutzhülle aus Glas 31 ist der optische  
Konverter 3 sowie der Halter 29 für die Faser 4 mit darin  
angeordneter Faser 4 zu erkennen, welcher als längliche  
30 Hülse in einem monolithischen Körper 32 angeordnet ist, der  
sowohl die Faser 4 mit deren Halterung 29 als auch den  
optischen Konverter 3 trägt.

Eine Lichtfalle 33 ist ebenfalls vom monolithischen Körper 32 gehalten und weist an deren in Figur 9 zu erkennendem Ende ein stopfenförmiges Element 34 auf.

5

Mittels einer im monolithischen Körper 32 angeordneten Hülse 35 kann die Faser 4 mechanisch sicher am Auskoppelkopf 30 gehalten werden.

10 Eine Passung ist in Form einer rechteckförmigen Ausnehmung 36 an der Unterseite des monolithischen Körpers 32 ausgebildet, welche zusammen mit Schrägen 37, 38 und 39  
15 definierter Abmessung die korrekt positionierte Anbringung des Auskoppelkopfs 30 an weiteren, in den Figuren nicht dargestellten Baugruppen ermöglicht. Hierdurch kann mit  
hoher mechanischer Präzision die Position des Leuchtflecks  
10 auch in den weiteren, nicht dargestellten Baugruppen genutzt werden und werden sowohl die Passung 36 als auch  
20 die Schrägen 37, 38 und 39 mit mechanischen Toleranzen von weniger als 50 µm, bevorzugt mit weniger als 10 µm gefertigt.

Eine weitere, am monolithischen Körper 32 ausgebildete rechteckförmige Ausnehmung 40 ist Figur 27 zu entnehmen,  
25 welche eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 9 gezeigten Auskoppelkopfes 30 zeigt, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes 30 und durch die Mitte der Faser 4 des faseroptischen Konversionsmoduls verläuft.

30

Um der Einfachheit willen ist in Figur 27 nur der Faserkern der Faser 4 gezeigt. Der Durchmesser des lichtleitenden

Kerns der Faser kann bei dieser sowie allen weiteren hier beschriebenen Ausführungsformen generell etwa 3 µm bis 1500 µm, bevorzugt etwa 3,5 µm bis 1000 µm und am bevorzugtesten etwa 50 µm bis 150 µm betragen.

5

Aus Figur 27 ist zu erkennen, dass die Lichtfalle 33 eine im monolithischen Körper 32 gehaltene Hülse 41 umfasst, welche das Element 34 aufnimmt, wobei dieses stopfenförmig in die Hülse 41 eingebracht ist und an dieser Hülse durch eine mechanische Sitzpassung mit Presssitz, Kleben, Löten oder auch Einschrauben gehalten sein kann. Die Hülse 40 kann in deren Innerem geschwärzt, aufgeraut oder mit in den Figuren nicht dargestellten Lichtfallen versehen sein, welche sich in der Hülse mit einem Dreiecksprofil radial erstrecken können.

10  
15

Die Längs- oder Symmetrieachse der Hülse 40 ist auf den Leuchtfleck 10 des optischen Konverters 3 ausgerichtet und erstreckt sich unter einem Winkel, welcher dem Reflexionswinkel des aus der Faser 4 ausgetretenen und am optischen Konverter 3 reflektierten Anregungslichts entspricht. Hierdurch wird im Wesentlichen das gesamte, am optischen Konverter 3 reflektierte Anregungslicht von der Hülse 40 der Lichtfalle 33 aufgenommen.

20  
25

Bei den bevorzugten Ausführungsformen ist sowohl die Faser 4 in deren Halterung 29 als auch der optische Konverter 3 vor und nach der Justierung im monolithischen Körper 32 angeordnet, welcher bevorzugt durch ein pulvermetallurgisches Spritzgießverfahren, insbesondere durch ein Metal-Injection-Mould-Verfahren (MIM) hergestellt

30

ist und folglich hohe mechanische Festigkeit zusammen mit guter Wärmeleitfähigkeit bereitstellen kann.

Durch die in Figur 27 nur im Schnitt dargestellten  
5 Windungen 111, 112, 113 der Induktionsspule 114 kann der monolithische Körper 32 definiert erwärmt werden, sodass der Konverter-Kühlkörperverbund 110 eine Temperatur von höher als  $T_{s2}$  und niedriger als  $T_{s1}$  annimmt und sodass folglich dieser Verbund 110 durch die erweichte  
10 Lotverbindung 102 am monolithischen Körper 32 montierbar und auch nach der Montage bei einem Wiedererwärmen auf diese Temperatur relativ zum monolithischen Körper 32 justierbar ist.

15 Diese Art der Erwärmung ist nicht auf die vorstehend beschriebene Ausführungsform beschränkt, sondern kann bei jeder der hier beschriebenen Ausführungsformen durchgeführt werden. Auch nur die Erwärmung des Konverter-Kühlkörperverbunds, beispielsweise der in Figur 30  
20 dargestellten Anordnung mit einem Kühlkörper 42 und einer Vielzahl optischer Konverter 3 ist hierdurch möglich.

Die erste Lotverbindung 101 zwischen dem optischen Konverter 3, und dem Kühlkörper 42 sowie die zweite  
25 Lotverbindung 102 zwischen dem Kühlkörper sowie dem monolithischen Körper 32 sorgen sowohl für mechanisch festen Halt als auch gute Wärmeleitfähigkeit, sodass die Temperatur des optischen Konverters 3 im Betrieb nicht höher als  $170^{\circ}\text{C}$  bis  $190^{\circ}\text{C}$  wird. Hierbei kann die  
30 abzugebende Wärme durch den monolithischen Körper 32 auch an die in den Figuren nicht dargestellten weiteren Baugruppen weiter geleitet werden.

Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des monolithischen Körpers 32 ist zusammen mit dem Kühlkörper 42 größer als  $200 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$  und ist bevorzugt größer als  $350 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$ .

5

Bei dieser in Figur 27 dargestellten Ausführungsform ist der Konverter-Kühlkörperverbund mit der zweiten Lotverbindung 102 an einer ebenen Bodenfläche 115 des monolithischen Körpers 32 gehalten.

10

In weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann jedoch auch eine der in Figur 26 dargestellten Baugruppe 105 ähnliche Baugruppe 105' den Konverter-Kühlkörperverbund vorjustiert tragen und durch passgenaue Montage dieser Baugruppe 105' am monolithischen Körper 32 eine justierte Anordnung innerhalb des faseroptischen Auskoppelkopfes 30 bereitstellen. Hierzu muss lediglich die Baugruppe 105' in den monolithischen Körper 32 eingebracht werden, wie dies nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 28 und 29 detaillierter beschrieben wird.

20

Ein besonderer Vorteil dieser Ausführungsformen liegt in der flexiblen Verwendung der Konverter-Kühlkörperverbund - Baugruppen 110. Beispielsweise können vorkonfektionierte faseroptische Auskoppelköpfe 30 in hoher Stückzahl kostengünstig gefertigt werden und diese mit selektierten vorgefertigten Konverter-Kühlkörperverbund-Baugruppen 110 bestückt werden.

25

Für verschiedene spektrale Toleranzfelder, beispielsweise für Kraftfahrzeugscheinwerfer verschiedener Hersteller mit eigenen Toleranzfeldern können spektral selektierte, dem

30

jeweiligen Hersteller zugeordnete Konverter-Kühlkörperverbund-Baugruppen 110 dann jeweils am monolithischen Körper 32 angebracht werden um ein den Herstellervorgaben entsprechendes faseroptisches Konversionsmodul bereitzustellen. Auf diese Weise kann kundenspezifischen Anforderungen flexibel Rechnung getragen werden und müssen nur die jeweiligen Konverter-Kühlkörperverbund-Baugruppen 110 kundenspezifisch gefertigt und bevorratet werden.

10

Nachfolgend wird auf Figur 28 Bezug genommen, welche eine horizontal verlaufende, dreidimensionale Schnittdarstellung des in Figur 9 gezeigten Auskoppelkopfes 30 einer zweiten Ausführungsform, welche durch die Mitte des faseroptischen Auskoppelkopfes 30 und durch die Mitte der Faser 4 des faseroptischen Konversionsmoduls 1 verläuft, zeigt.

15

Dies Ausführungsform unterscheidet sich von der vorstehend beschriebenen durch die Anordnung des Konverter-

20

Kühlkörperverbunds 110 auf einem Träger 116, an welchem diese Anordnung mittels der zweiten Lotverbindung 102 gehalten ist und zusammen mit diesem Träger 116 die einzeln handhabbare Baugruppe 105' definiert, welche in eine zugeordnete passgenaue Ausnehmung 117 des monolithischen Körpers eingebracht werden kann, sodass für den optischen Konverter 3 bereits vorgenommene Justierungen unter Erhalt dieser Justierungen dann bereits zu einem endfertigen und korrekt justierten Auskoppelkopf 30 führen. Hierbei hat die Säulenform des Trägers 116 auch wärmeableitende Wirkung, da auch der Träger 116 mittels der zweiten Lotverbindung im monolithischen Körper 32 gehalten sein und an diesen die vom Kühlkörper 42 aufgenommene Wärme abgeben kann.

25

30



Bei der in Figur 29 dargestellten dritten Ausführungsform ist der Kühlkörper 42 selbst auch seitlich in der passgenauen Ausnehmung 117 aufgenommen und ersetzt  
5 funktional durch seine Form auch den Träger 116. In dieser Ausführungsform entspricht die Baugruppe 105' somit dem Konverter-Kühlkörperverbund 110 und ist dieser mit der zweiten Lotverbindung 102 gehalten am monolithischen Körper 32. Hierfür weist er eine von der in Figur 26 dargestellten  
10 Ausführungsform abweichende Form auf, um seitlich sowie in seiner Einschubrichtung mittels der zweiten Lotverbindung 102 definiert und justiert am monolithischen Körper 32 gehalten zu sein, welches für die Serienfertigung hilfreich ist, da dann auf weitere Justierungen verzichtet werden  
15 kann, insbesondere wenn bereits die passgenaue Aufnahme in der Ausnehmung 117 die für eine endgültige Justierung benötigten Toleranzen bereitstellt.

Alternativ kann die Ausnehmung 117 größer als die  
20 seitlichen Abmessungen der Baugruppe 105' sein und einen Spalt 103 definieren, welcher mit dem zweiten Lot gefüllt ist. Dann kann die zweite Lotverbindung 102 es mit einem durch den Spalt 103 definierten Spiel gestatten, die Justierung der Lage der Baugruppe 105' vorzunehmen und  
25 somit die Lage des optischen Konverters 3 zu justieren. Hierzu kann ein in den Figuren nicht dargestellter Hexapod die Baugruppe 105' bzw. 110 tragen und korrekt justiert zu halten, zumindest bis die zweite Lotverbindung hergestellt ist.

30 Figur 30 zeigt einen Konverter-Kühlkörperverbund 105', 110, bei welchem eine Vielzahl von optischen Konvertern 3 auf

zumindest einem Kühlkörper 42 angebracht sind, sodass diese gemeinsam mit dem zumindest einen Kühlkörper 42 auf eine Temperatur oberhalb von  $T_{s1}$  erwärmt werden können und hierbei die erste Lotverbindung 101 hergestellt werden  
5 kann.

Zur Korrekten Positionierung des optischen Konverters 3 relativ zum Kühlkörper 42 können jeweils Vorsprünge 118, 119, 120, 121 vom Kühlkörper 42 hervorstehen, welche den  
10 optischen Konverter 3 passgenau seitlich umgreifen und hierdurch dessen lateral korrekt justierte Lage sicherstellen.

Nach Herstellen der ersten Lotverbindung 101 können dann  
15 jeweils Konverter-Kühlkörperverbunde 110, vorzugsweise entlang der mechanisch durch Furchen 122 bis 129 geschwächten Linien abgetrennt und hierdurch vereinzelt werden.

20 Bei allen vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wird zunächst die erste Lotverbindung 101, vorzugsweise bei einer Temperatur von höher oder gleich  $T_{s1}$ , hergestellt und wird danach die zweite Lotverbindung 102 hergestellt.

25 Danach, jedoch nicht zwingend im zeitlich unmittelbarer Folge, wird die zweite Lotverbindung 102 bei einer Temperatur hergestellt, welche höher ist als  $T_{s2}$  und dauerhaft  $T_{s1}$  nicht überschreitet, sodass zumindest während der Herstellung der zweiten Lotverbindung 102 die erste  
30 Lotverbindung 101 nicht derart geschwächt wird, dass die Anordnung des optischen Konverters 3 relativ zum Kühlkörper 42 merklich verändert wird.

Soweit durch die Temperaturerhöhung, welche mit dem Herstellen der Lotverbindungen einhergeht, beispielsweise bei der ersten Ausführungsform Material der Faser 4 thermisch geschädigt werden kann, ist es möglich diese Faser 4 mit deren Halter 29 auch erst nach Herstellen der ersten und/oder zweiten Lotverbindung 101, 102 am monolithischen Körper 32 anzubringen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens kann beim Herstellen der jeweiligen Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter 3 und zumindest einem Kühlkörper 42 durch Einbringen in einen Ofen mit einer Temperatur oberhalb von  $T_{s1}$  oder  $T_{s2}$  erfolgen, wobei die Mindestaufenthaltsdauer der Anordnung aus zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper im Ofen die Einstellung eines Temperaturgleichgewichts gestattet.

Derartige Öfen sind dem Fachmann wohlbekannt und folglich in den Figuren nicht dargestellt.

Alternativ oder zusätzlich zur vorstehend beschriebenen Ausführungsform kann ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter 3 und zumindest einem Kühlkörper 42 durch lokales Erwärmen, insbesondere durch einen mechanischen Wärmekontakt, beispielsweise durch Kontakt mit einem vorzugsweise thermisch gesteuerten Heizelement 114, Kontakt mit einem erwärmten Körper, beispielsweise einem erwärmten monolithischen Körper 32, welcher vorpositionierte Baugruppen trägt und beispielsweise selbst induktiv erwärmt ist, erfolgen.

Auch die in Figur 30 dargestellten Baugruppen können auf diese Weise erwärmt werden.

5 ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper durch lokales Erwärmen, insbesondere Erwärmen durch Strahlung, fokussierte thermische Strahlung, Laserstrahlung, insbesondere auch gepulste Laserstrahlung erfolgt.

10

Ein Erwärmen zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung 101, 102 der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter 3 und zumindest einem Kühlkörper 42 sowie vorzugsweise einer weiteren optischen Baugruppe 32 kann  
15 auch bei vermindertem Umgebungsdruck erfolgen und dabei insbesondere verminderter Umgebungsdruck herrschen, bis die jeweilige Lotverbindung 101, 102 hergestellt ist.

Hierbei liegt der Schmelzpunkt Ts1 bei 250 °C bis 450 °C, bevorzugt bei 280 °C bis 320 °C sowie besonders bevorzugt bei etwa 300 °C und liegt der Schmelzpunkt Ts2 bei 150 °C bis 245 °C, bevorzugt bei 180 °C bis 230 °C sowie besonders bevorzugt bei etwa 220 °C.

25 Das erste Lot kann dabei ein Ag/Au-Lot und das zweite Lot ein Ag/Sn-Lot sein.

Der Kühlkörper 42 kann Stahl-, Aluminium-, Kupfer- und/oder Bronze-Legierungen umfassen und insbesondere auch durch ein  
30 Metal-Injection-Mould-Verfahren (MIM) hergestellt sein.

Besonders vorteilhaft können die vorstehend beschriebenen faseroptischen Konversionsmodule in Kraftfahrzeugscheinwerfern eingesetzt werden oder Kraftfahrzeugscheinwerfer diese, auch als integrales

5 Bauteil erfassen, da hiermit sowohl hervorragend justierte, in der Regel gegenüber mechanischen und thermischen Einflüssen dauerbetriebsfeste Einheiten bereitgestellt werden.

Bezugszeichenliste

|    |     |                                                      |
|----|-----|------------------------------------------------------|
|    | 1   | faseroptisches Konversionsmodul                      |
|    | 2   | Lichtleiter,                                         |
| 5  | 3   | optischer Konverter                                  |
|    | 4   | optischer Faserwellenleiter, Faser                   |
|    | 5   | Anregungslicht                                       |
|    | 6   | Normale der Austrittsfläche                          |
|    | 7   | Austrittsfläche                                      |
| 10 | 8   | Längsachse der Faser 4                               |
|    | 9   | Hauptstrahl                                          |
|    | 10  | Leuchtfleck                                          |
|    | 11  | Nutzlicht                                            |
|    | 12  | Öffnungskegel des Nutzlichts 11                      |
| 15 | 13  | Randstrahl des Nutzlichtkegels 12                    |
|    | 14  | Randstrahl des Nutzlichtkegels 12                    |
|    | 15  | lichtführende optische Faser                         |
|    | 16  | Hauptstrahl des aus der Faser 15 austretenden Lichts |
|    | 17  | Halterung der Faser 15                               |
| 20 | 18  | lichtführende optische Faser                         |
|    | 19  | Hauptstrahl des aus der Faser 18 tretenden Lichts    |
|    | 20  | Halterung der Faser 18                               |
|    | 21  | optisches System                                     |
|    | 22  | bikonvexe Linse                                      |
| 25 | 23  | CO <sub>2</sub> -Laser                               |
|    | 24  | Galvanometerscanner                                  |
|    | 25  | Licht des CO <sub>2</sub> -Lasers                    |
|    | 26  | Fokus des Lichts des CO <sub>2</sub> -Lasers         |
|    | 27  | Bilderfassungseinrichtung                            |
| 30 | 28  | Prozesssteuerungseinrichtung                         |
|    | 29  | Halterung der Faser 4                                |
|    | 30  | Auskoppelkopf                                        |
|    | 31  | Schutzhülle aus Glas                                 |
|    | 32  | monolithischer Körper                                |
| 35 | 33  | Lichtfalle                                           |
|    | 34  | Element der Lichtfalle                               |
|    | 35  | Hülse                                                |
|    | 35' | Hülse                                                |
|    | 36  | rechteckförmige Ausnehmung                           |
| 40 | 37  | Schräge                                              |
|    | 38  | Schräge                                              |
|    | 39  | Schräge                                              |
|    | 40  | rechteckförmige Ausnehmung                           |
|    | 41  | Hülse                                                |
| 45 | 42  | Kühlkörper                                           |
|    | 43  | Flansch                                              |
|    | 44  | Anschlag                                             |
|    | 45  | Streufläche                                          |

|    |      |                                                          |
|----|------|----------------------------------------------------------|
|    | 46   | Seitenfläche                                             |
|    | 47   | Seitenfläche                                             |
|    | 48   | Öffnung                                                  |
|    | 49   | Öffnung                                                  |
| 5  | 50   | Halter für den optischen Konverter                       |
|    | 51   | Berandung für die Halterung des optischen Konverters     |
|    | 52   | Berandung für die Halterung des optischen Konverters     |
|    | 53   | Vorsprung                                                |
|    | 54   | Vorsprung                                                |
| 10 | 55   | Längenskala                                              |
|    | 56   | geschlossenes, verrundetes Ende der Schutzhülle aus Glas |
|    | 57   | offenes Ende der Schutzhülle aus Glas                    |
|    | 58   | Passfläche                                               |
| 15 | 59   | Passfläche                                               |
|    | 60   | Passfläche                                               |
|    | 61   | Schrägfläche                                             |
|    | 62   | Schrägfläche                                             |
|    | 63   | kegelstumpfbartige Öffnung                               |
| 20 | 64   | Durchgangsöffnung                                        |
|    | 65   | Furche                                                   |
|    | 66   | reflektiertes Anregungslicht                             |
|    | 67   | fresnelsche Zonenplatte                                  |
|    | 68   | Öffnung                                                  |
| 25 | 69   | Seitenwand                                               |
|    | 70   | Boden                                                    |
|    | 101  | erste Lotverbindung                                      |
|    | 102  | zweite Lotverbindung                                     |
|    | 103  | Spalt                                                    |
| 30 | 104  | Beschichtung                                             |
|    | 110  | Konverter-Kühlkörperverbund                              |
|    | 105  | Baugruppe                                                |
|    | 105' | Baugruppe                                                |
|    | 106  | Passfläche                                               |
| 35 | 107  | Passfläche                                               |
|    | 108  | Passfläche                                               |
|    | 109  | Passfläche                                               |
|    | 111  | Windung                                                  |
|    | 112  | Windung                                                  |
| 40 | 113  | Windung                                                  |
|    | 114  | Induktionsspule, Heizelement                             |
|    | 116  | Träger                                                   |
|    | 117  | Ausnehmung                                               |
|    | 118  | Vorsprung                                                |
| 45 | 119  | Vorsprung                                                |
|    | 120  | Vorsprung                                                |
|    | 121  | Vorsprung                                                |
|    | 122  | Furche                                                   |

|    |     |                            |
|----|-----|----------------------------|
|    | 123 | Furche                     |
|    | 124 | Furche                     |
|    | 125 | Furche                     |
|    | 126 | Furche                     |
| 5  | 127 | Furche                     |
|    | 128 | Furche                     |
|    | 129 | Furche                     |
|    | 200 | Beleuchtungseinrichtung    |
|    | 220 | Trägerelement              |
| 10 | 221 | Konverter                  |
|    | 222 | Lichtblende                |
|    | 223 | reflektierende Fläche      |
|    | 224 | Schutzhülle                |
|    | 225 | Ausnehmung                 |
| 15 | 226 | Anschlag                   |
|    | 227 | Bohrung                    |
|    | 230 | Auskoppelkopf              |
|    | 231 | Einsatzelement             |
|    | 232 | Einsatzelement             |
| 20 | 233 | Distanzelement             |
|    | 234 | Vorsprung                  |
|    | 235 | Montageschacht             |
|    | 240 | optisches Element          |
|    | 250 | faseroptischen Lichtleiter |
| 25 | 260 | Auskoppelkopf              |
|    | 261 | Reflektor                  |
|    | 262 | kreisförmige Öffnung       |
|    | 263 | Schlitz                    |
|    | 264 | optisches Element          |
| 30 | 265 | Unterseite                 |
|    | 266 | Oberseite                  |



Patentansprüche

1. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks von aus  
5 zumindest einem Lichtleiter austretendem Licht 6 auf  
einem optischen Konverter 3, wobei der Lichtleiter eine  
das Licht leitende Faser 2 umfasst, bei welchem die  
Normale der Austrittsfläche 7 der Faser einen von  $0^\circ$   
verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse 6 der  
10 Faser 2 aufweist, wobei durch die Einstellung des  
Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter  
justiert wird.
2. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach  
15 Anspruch 1, bei welchem die Faser in einer Halterung  
festgelegt wird und nach deren Festlegung in der  
Halterung der Winkel  $\alpha$  eingestellt und die Lage des  
Leuchtflecks justiert wird.
- 20 3. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach  
Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Austrittsfläche 7  
der Faser während der Justierung, insbesondere  
materialabtragend, derart bearbeitet wird, dass sich  
der Winkel  $\alpha$  der Austrittsfläche 7 ändert.  
25
4. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach  
Anspruch 1, 2 oder 3, bei welchem die Austrittsfläche 7  
der Faser während der Justierung unter Verwendung von  
Laserlicht materialabtragend bearbeitet wird.  
30
5. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem  
der vorstehenden Ansprüche, bei welchem bei der

- materialabtragenden Bearbeitung der Abstand der Austrittsfläche 7 der Faser relativ zum optischen Konverter eingestellt wird, wobei der Abstand der Faser zum optischen Konverter den Abstand des Austrittspunktes des Hauptstrahls 9 aus der Faser 4 zum optischen Konverter 3 bezeichnet.
- 5
6. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die Austrittsfläche 7 der Faser während der Justierung, insbesondere unter Verwendung von Laserlicht materialabtragend derart bearbeitet wird, dass sich eine ebene, sich unter einem justierten Winkel  $\alpha$  erstreckende Fläche ergibt.
- 10
- 15
7. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die Austrittsfläche 7 der Faser während der Justierung, insbesondere unter Verwendung von Laserlicht, materialabtragend derart bearbeitet wird, dass sich eine nicht-ebene, insbesondere gewölbte Austrittsfläche 7 der Faser ergibt.
- 20
8. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem sowohl die Faser in deren Halterung als auch der optische Konverter vor und nach der Justierung in einem monolithischen Körper angeordnet sind.
- 25
- 30
9. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach Anspruch 8, bei welchem der monolithische Körper durch ein pulvermetallurgisches Spritzgießverfahren,

insbesondere durch ein Metal-Injection-Mould-Verfahren (MIM) hergestellt wird.

- 5 10. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem der Durchmesser des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter eine Größe von 0,5  $\mu\text{m}$  bis 800  $\mu\text{m}$ , bevorzugt eine Größe von 1  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten eine Größe von 5  $\mu\text{m}$  bis 300  $\mu\text{m}$  aufweist.
- 10 11. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die laterale Abweichung der Lage des Leuchtflecks auf dem optischen Konverter insbesondere nach der Justierung kleiner als 200  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 150  $\mu\text{m}$  und besonderes 15 bevorzugt kleiner als 100  $\mu\text{m}$  ist.
- 20 12. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach Anspruch 5 oder 11, bei welchem die Abweichung des Abstands der Austrittsfläche 7 der Faser zur Oberfläche des optischen Konverters nach der Justierung kleiner als 500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt kleiner als 250  $\mu\text{m}$  und besonderes bevorzugt kleiner als 100  $\mu\text{m}$  ist.
- 25 13. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem der Winkel  $\alpha$  nach dessen Justierung etwa 10° bis 30°, bevorzugt etwa 15° bis 25°, besonders bevorzugt etwa 18° bis 22° beträgt.

14. Verfahren zur Justierung eines Leuchtflecks nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die Wölbung der Austrittsfläche 7 zylindrisch konvex und insbesondere der hierdurch erzeugte Leuchtfleck 10 auf dem optischen Konverter 3 kreisförmig ausgebildet ist.
15. Vorrichtung umfassend einen Lichtleiter, aus welchem Licht austritt und zumindest zu einem wesentlichen Teil auf einen optischen Konverter trifft, auf welchem hierdurch ein Leuchtfleck entsteht, bei welcher die Austrittsfläche 7 der Faser einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser aufweist, wobei insbesondere durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter justiert ist, insbesondere mit einem Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche justiert ist.
16. Vorrichtung nach vorstehendem Anspruch, ferner umfassend eine Lichtfalle für aus der Faser austretendes, reflektiertes Licht.
17. Vorrichtung nach einem der beiden vorstehenden Ansprüche, umfassend mehr als einen Lichtleiter, aus welchem jeweils Licht austritt und jeweils zumindest zu einem wesentlichen Teil auf einen optischen Konverter trifft, auf welchem hierdurch jeweils ein Leuchtfleck entsteht, bei welcher die Austrittsfläche 7 der Faser jeweils einen von  $0^\circ$  verschiedenen Winkel  $\alpha$  relativ zur Längsachse der Faser aufweist, wobei vorzugsweise auch durch die Einstellung des Winkels  $\alpha$  die Lage des Leuchtflecks auf dem Konverter justiert ist, insbesondere gemäß einem der vorstehenden Ansprüche

justiert ist und die jeweiligen Leuchtflecke sich auf dem optischen Konverter zumindest zu einem wesentlichen Anteil überlagern.

- 5 18. Scheinwerfer umfassend eine Vorrichtung nach Anspruch 15, 16 oder 17.
19. Projektionseinrichtung, insbesondere digitale Projektionseinrichtung umfassend eine Vorrichtung nach  
10 Anspruch 15, 16 oder 17.
20. Faseroptisches Konversionsmodul als Teil einer Beleuchtungseinrichtung, das Nutzlicht gemischt aus kurzwelligerem Anregungslicht und langwelligerem  
15 Konversionslicht abgibt, umfassend:
- ein Trägerelement,
  - einen Auskoppelkopf, und
  - einen faseroptischen Lichtleiter, wobei  
20 - der Auskoppelkopf zur Positionierung und Halterung eines Lichtaustrittsendes des Lichtleiters ausgebildet ist,
  - der faseroptische Lichtleiter an seinem Lichteintrittsende zur Ankopplung an eine  
25 zugeordnete Anregungslichtquelle ausgebildet ist,
  - das Lichtaustrittsende des Lichtleiters zur Abgabe von Anregungslicht in vorgegebener Strahlrichtung eingerichtet ist, und wobei
  - das Trägerelement eingerichtet ist zum Haltern  
30 eines Konverters,
  - das Trägerelement Mittel zum Verbinden mit dem Auskoppelkopf derart umfasst, dass

- der Konverter in Strahlrichtung des aus dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters austretenden Anregungslichtes liegt, und dabei geneigt zur Strahlrichtung des Anregungslichtes angeordnet ist, wobei
- ein vordefinierter Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Konverters und dem Lichtaustrittsende des Lichtleiters gegeben ist, und wobei
- der Konverter der Konversion des kurzwelligeren Anregungslichtes in das langwelligere Konversionslicht und der Emission des gemischten Nutzlichtes dient.

21. Faseroptisches Konversionsmodul nach vorstehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Auskoppelkopf ein Einsatzteil zur Positionierung und Halterung des Lichtaustrittsendes einer einzelnen Lichtleitfaser umfasst.

22. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Ankoppelkopf zumindest teilweise als Reflektor ausgebildet ist oder einen Reflektor umfasst.

23. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 20, 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerelement zumindest teilweise als Reflektor ausgebildet ist oder einen Reflektor umfasst.

24. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der  
vorstehenden Ansprüche 20 bis 23, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Lichtaustrittsende der  
Lichtleitfaser in montierter Position derart  
angeordnet ist, dass es außerhalb des nutzbaren  
Abstrahlwinkels liegt und/oder nicht in den  
Reflektor hineinragt.

25. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der  
vorstehenden Ansprüche 20 bis 24, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Trägerelement aus einem  
temperaturstabilen Werkstoff, bevorzugt aus einem  
Sintermaterial und besonders bevorzugt aus einem  
metallischen Sintermaterial gefertigt ist.

26. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der  
vorstehenden Ansprüche 20 bis 25, dadurch  
gekennzeichnet, dass eine lichtdurchlässige  
Schutzhülle zum Schutz des Konverters und/oder des  
Lichtaustrittsendes des Lichtleiters vorgesehen  
ist, bevorzugt aus Glas und besonders bevorzugt aus  
einem gehärteten Glas.

27. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der  
vorstehenden Ansprüche 20 bis 26, dadurch  
gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, um den  
Abstand zwischen dem Lichtaustrittsende des  
Lichtleiters und dem Mittelpunkt des Konverters,  
ausgehend von einem vorbestimmten Abstand, nach  
erfolgter Montage zu verändern, vorzugsweise in  
einem Bereich von 0,05 mm bis zu 5 mm.

28. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 20 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass ein fokussierendes optisches Element vorgesehen ist, welches coaxial zu der Lichtleiterfaser in Strahlrichtung zwischen dem Lichtaustrittsende und dem Konverter angeordnet ist.
29. Faseroptisches Konversionsmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 20 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtleitfaser in den Auskoppelkopf eingeschoben und geklemmt und/oder geklebt wird.
30. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds mit
- einem optischen Konverter zur zumindest teilweisen Umwandlung von Licht einer ersten Wellenlänge in Licht einer zweiten Wellenlänge, und
  - einem Kühlkörper,
  - bei welchem zumindest Teile der Oberfläche des optischen Konverters unmittelbar mit einer metallhaltigen Beschichtung beschichtet sind,
  - wobei die metallhaltige Beschichtung die Wärme aus dem Konverter in den Kühlkörper ableiten kann,
  - der Kühlkörper über eine metallische Lotverbindung mit dem optischen Konverter, insbesondere mit der metallhaltigen Beschichtung, verbunden wird und



- bei welchem der Kühlkörper und/oder der optische Konverter mit einer weiteren Lotverbindung mit einer weiteren Baugruppe verbunden werden.

- 5      31. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach Anspruch 30, bei welchem die zweite Lotverbindung ein Lot umfasst, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt  $Ts_2$  aufweist als der Schmelzpunkt  $Ts_1$  des Lots der ersten Lotverbindung.
- 10      32. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach Anspruch 30 oder 31, bei welchem zunächst die erste Lotverbindung, vorzugsweise bei einer Temperatur von höher oder
- 15      gleich  $Ts_1$ , hergestellt wird und danach die zweite Lotverbindung hergestellt wird.
- 20      33. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der Ansprüche 30 bis 32, bei welchem, die zweite Lotverbindung bei einer Temperatur hergestellt wird, welche höher ist als  $Ts_2$  und dauerhaft  $Ts_1$  nicht überschreitet, sodass zumindest während der Herstellung der zweiten Lotverbindung die erste Lotverbindung nicht derart
- 25      geschwächt wird, dass die Anordnung des optischen Konverters relativ zum Kühlkörper merklich verändert wird.
- 30      34. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds einem der Ansprüche 30 bis 33, bei welchem zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem

- optischen Konverter und zumindest einem Kühlkörper durch lokales Erwärmen, insbesondere durch einen mechanischen Wärmekontakt, beispielsweise durch Kontakt mit einem vorzugsweise thermisch gesteuerten Heizelement, Kontakt mit einem erwärmten Körper, beispielsweise einem erwärmten monolithischen Körper, welcher vorpositionierte Baugruppen trägt und beispielsweise selbst induktiv erwärmt ist, erfolgt.
- 5
- 10 35. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der Ansprüche 30 bis 34, bei welchem zur Herstellung der jeweiligen Lotverbindung ein Erwärmen der Anordnung mit zumindest einem optischen Konverter und zumindest
- 15 einem Kühlkörper durch lokales Erwärmen, insbesondere Erwärmen durch Strahlung, fokussierte thermische Strahlung, Laserstrahlung, insbesondere auch gepulste Laserstrahlung erfolgt.
- 20 36. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der Ansprüche 30 bis 35, bei welchem der Schmelzpunkt  $T_{s1}$  bei 250 °C bis 450 °C, bevorzugt bei 280 °C bis 320 °C sowie besonders bevorzugt bei etwa 300 °C liegt.
- 25
37. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der Ansprüche 30 bis 36, bei welchem der Schmelzpunkt  $T_{s2}$  bei 150 °C bis 245 °C, bevorzugt bei 180 °C bis 230 °C sowie
- 30 besonders bevorzugt bei etwa 220 °C liegt.

38. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der vorstehenden Ansprüche 30 bis 37, bei welchem der optische Konverter jeweils von am Kühlkörper angebrachten Halterungen im Wesentlichen korrekt positioniert aufgenommen wird.
39. Verfahren zur Herstellung eines Konverter-Kühlkörperverbunds nach einem der vorstehenden Ansprüche 30 bis 38, bei welchem von dem zumindest einen Kühlkörper wenigstens ein Teil abgetrennt wird, welches zumindest einen optischen Konverter trägt und einen Konverter-Kühlkörperverbund mit diesem bildet.
40. Verfahren zur Herstellung einer optischen Baugruppe, insbesondere eines Auskoppelkopfes eines faseroptischen Konversionsmoduls, bei welchem ein nach einem der vorstehenden Ansprüche hergestellter Konverter-Kühlkörperverbund an einem Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls befestigt wird.
41. Konverter-Kühlkörperverbund umfassend
- einen optischen Konverter zur zumindest teilweisen Umwandlung von Licht einer ersten Wellenlänge in Licht einer zweiten Wellenlänge,
  - eine metallhaltige, reflektierende Beschichtung,
  - sowie einen Kühlkörper,
  - wobei vorzugsweise zumindest Teile der Oberfläche des optischen Konverters unmittelbar mit der metallhaltigen Beschichtung beschichtet sind,

- die metallhaltige Beschichtung die Wärme aus dem Konverter in den Kühlkörper ableiten kann,
- der Kühlkörper über eine metallische Lotverbindung mit dem optischen Konverter, insbesondere der metallhaltigen Beschichtung verbunden ist und
- der Kühlkörper und/oder der optischen Konverter mit einer weiteren Lotverbindung mit einer weiteren Baugruppe verbunden ist.

10

42. Konverter-Kühlkörperverbund nach Anspruch 41, bei welchem die zweite Lotverbindung ein Lot umfasst, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt Ts2 aufweist als der Schmelzpunkt Ts1 des Lots der ersten Lotverbindung.

15

43. Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche 41 oder 42, bei welchem das erste Lot ein Ag/Au-Lot ist.

20

44. Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche von 41 bis 43, bei welchem das zweite Lot ein Ag/Sn-Lot ist.

25

45. Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche von 41 bis 44, bei welchem eine Vielzahl von optischen Konvertern auf einen Kühlkörper aufgelötet sind, welcher zur Vereinzelung mechanisch geschwächte Bereiche aufweist.

30

46. Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche von 41 bis 45, bei welchem der Kühlkörper, Stahl-,

Aluminium-, Kupfer- und/oder Bronze-Legierungen umfasst.

- 5           47.   Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche von 41 bis 46, bei welchem die weitere Baugruppe ein Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls ist.
- 10           48.   Auskoppelkopf eines faseroptischen Konversionsmoduls, umfassend einen Konverter-Kühlkörperverbund nach einem der Ansprüche von 41 bis 47.
- 15           49.   Faseroptisches Konversionsmodul umfassend einen Auskoppelkopf nach Anspruch 48.
50.   Scheinwerfer eines Fahrzeugs, insbesondere Land-, Wasser oder Luftfahrzeug, umfassend ein faseroptisches Konversionsmodul nach Anspruch 18 oder 49.

Fig. 1

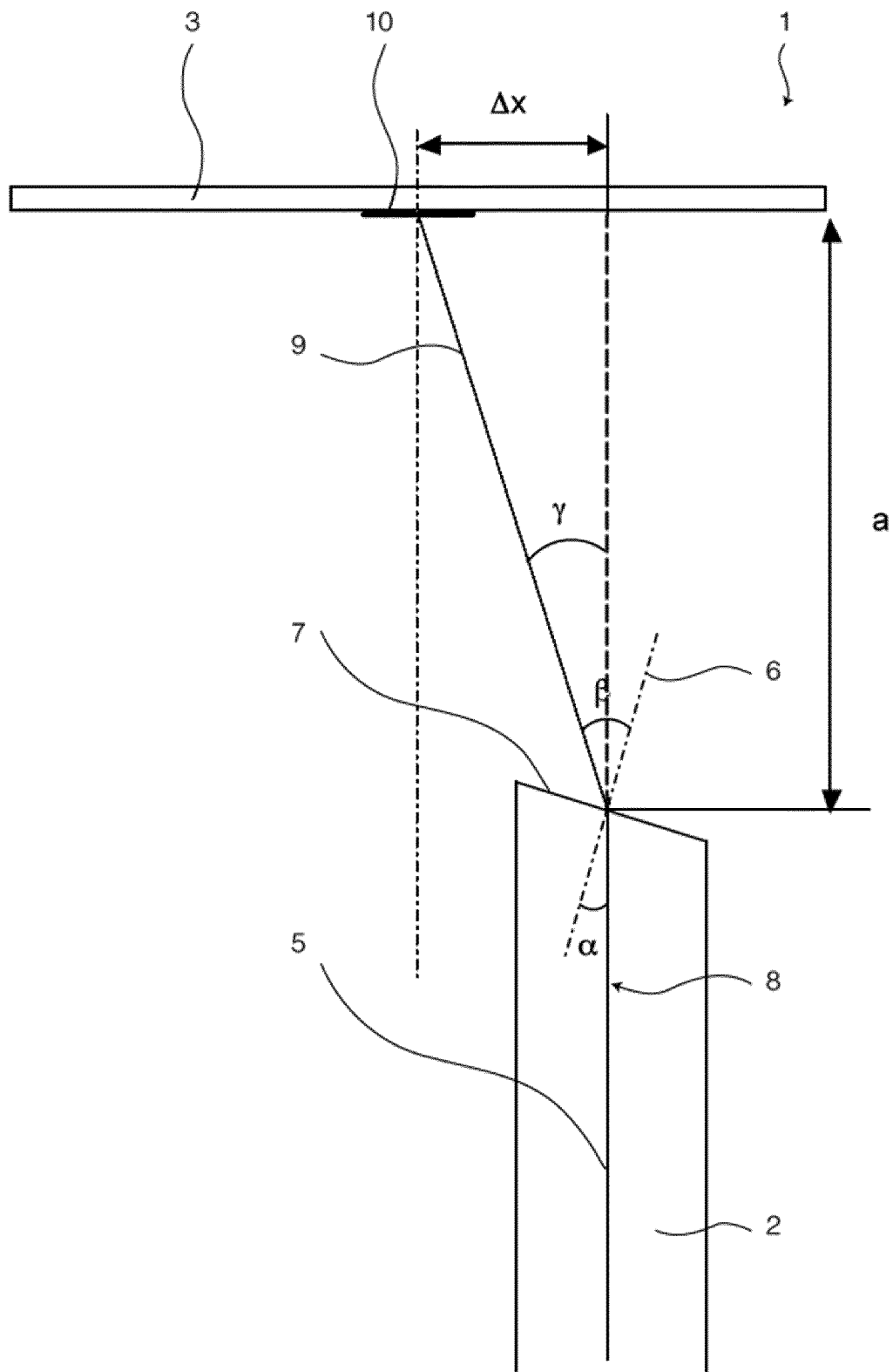


Fig. 2

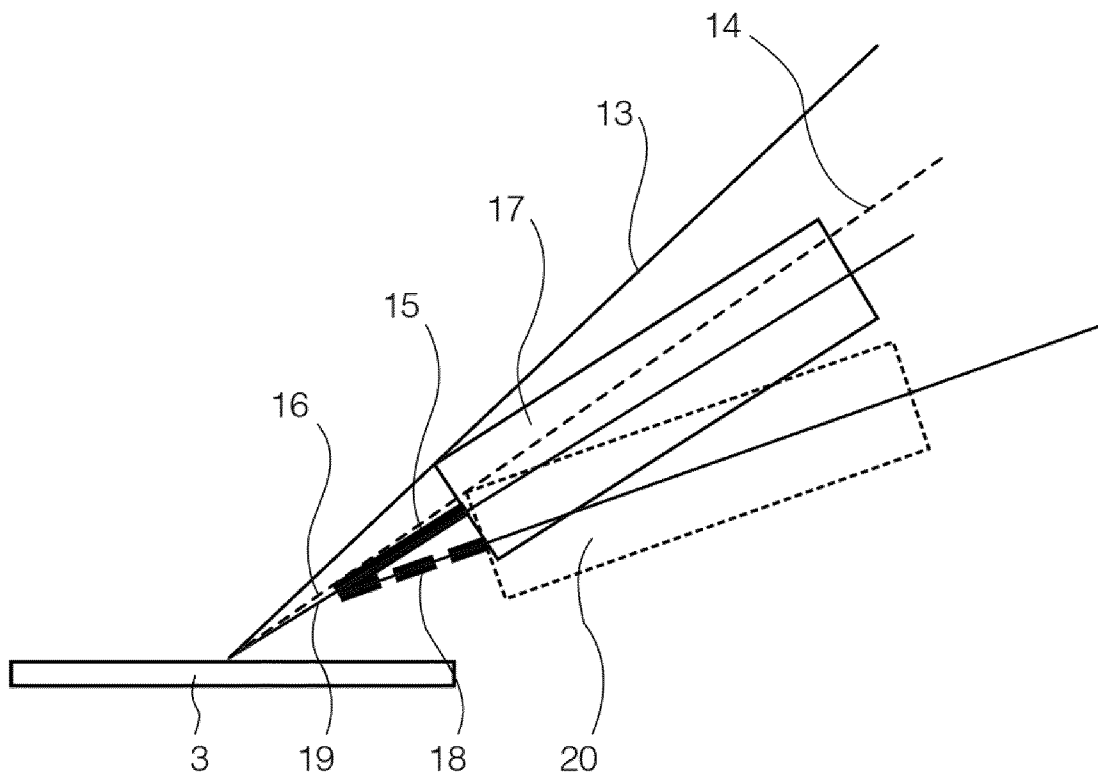


Fig. 3

**Ablenkung Hauptstrahl durch geneigte Austrittsfläche  
im Abstand 1000  $\mu\text{m}$ ,  $n=1,5$**

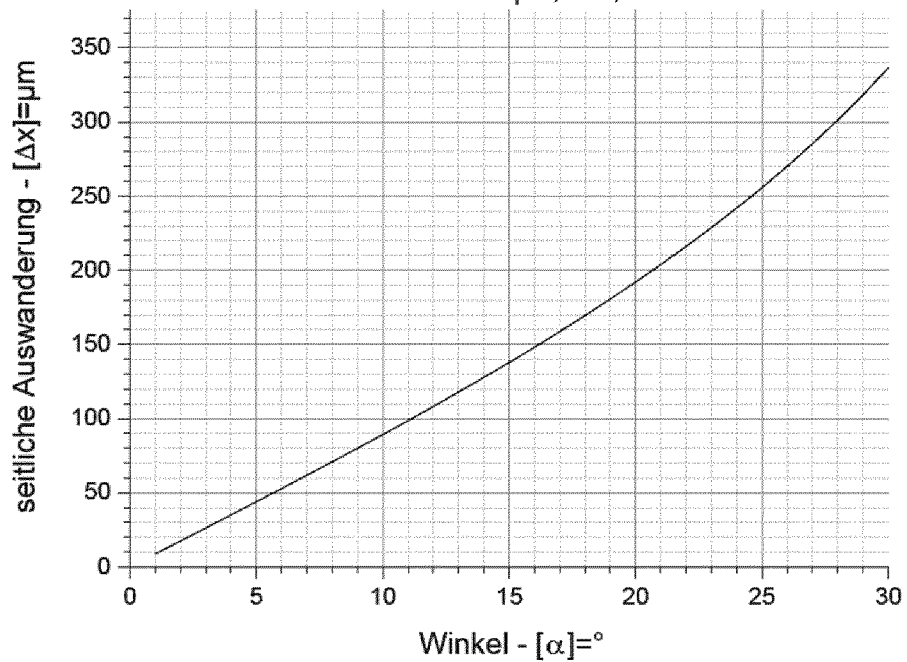


Fig. 4

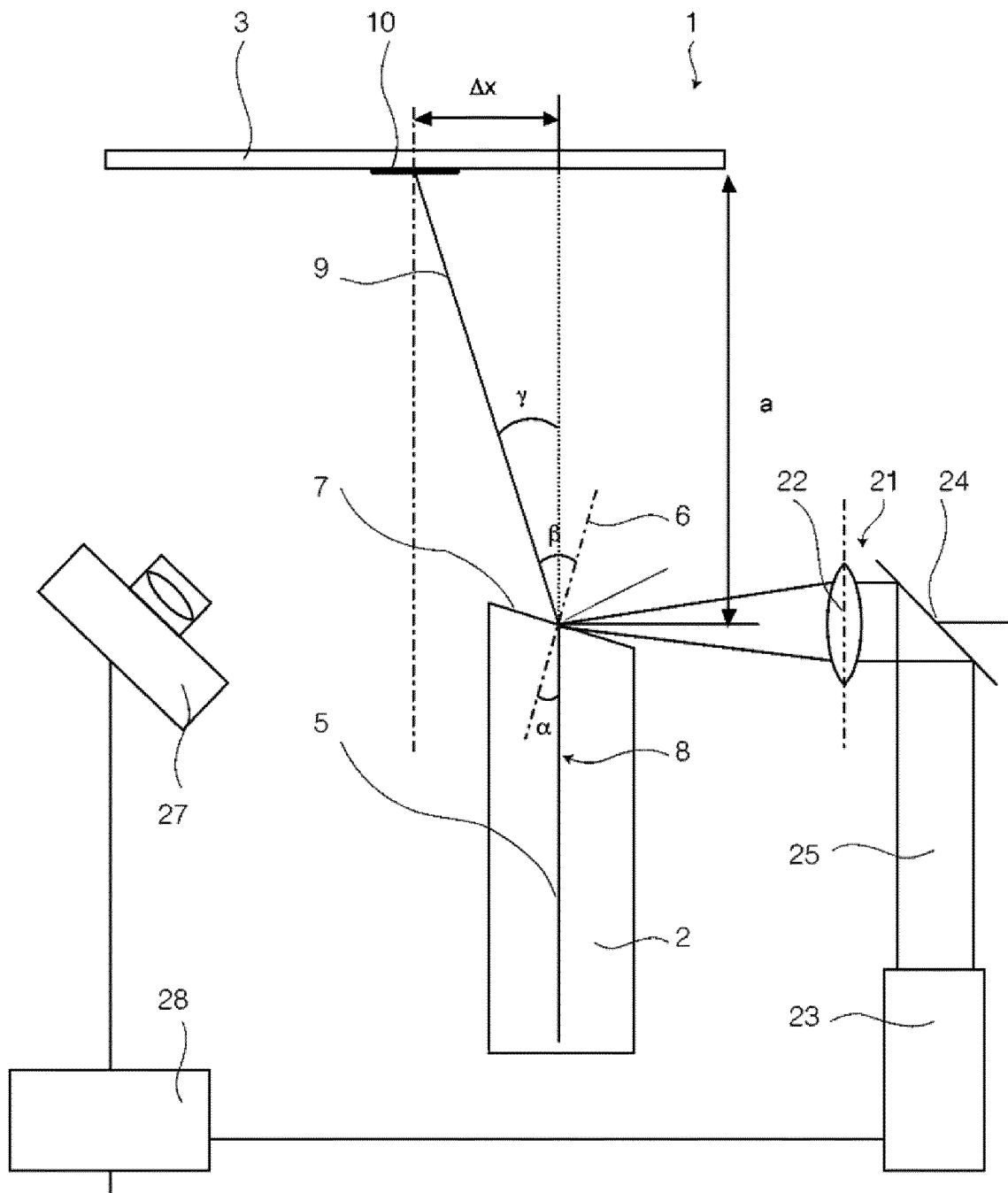




Fig. 5

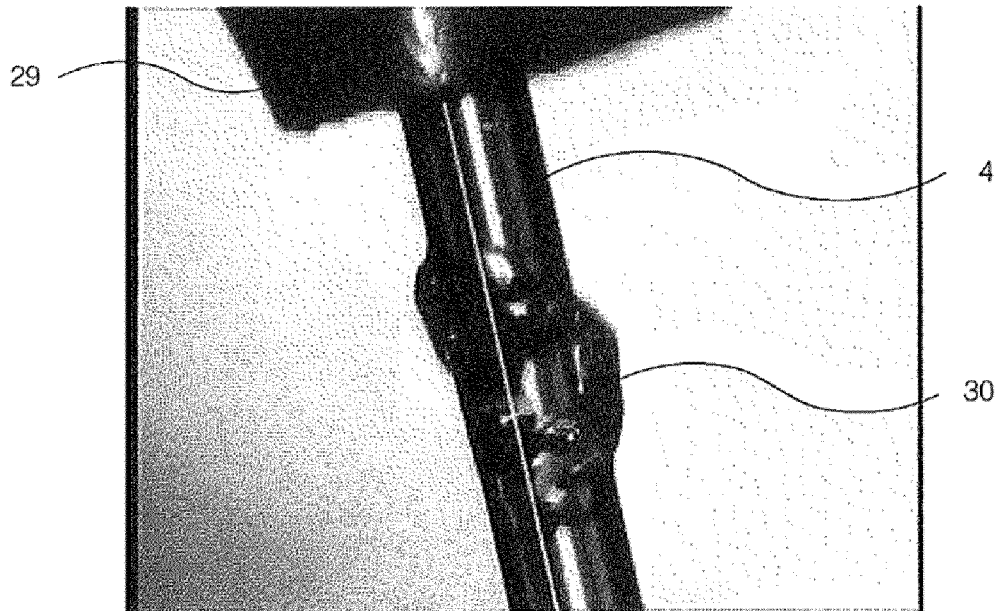


Fig. 6

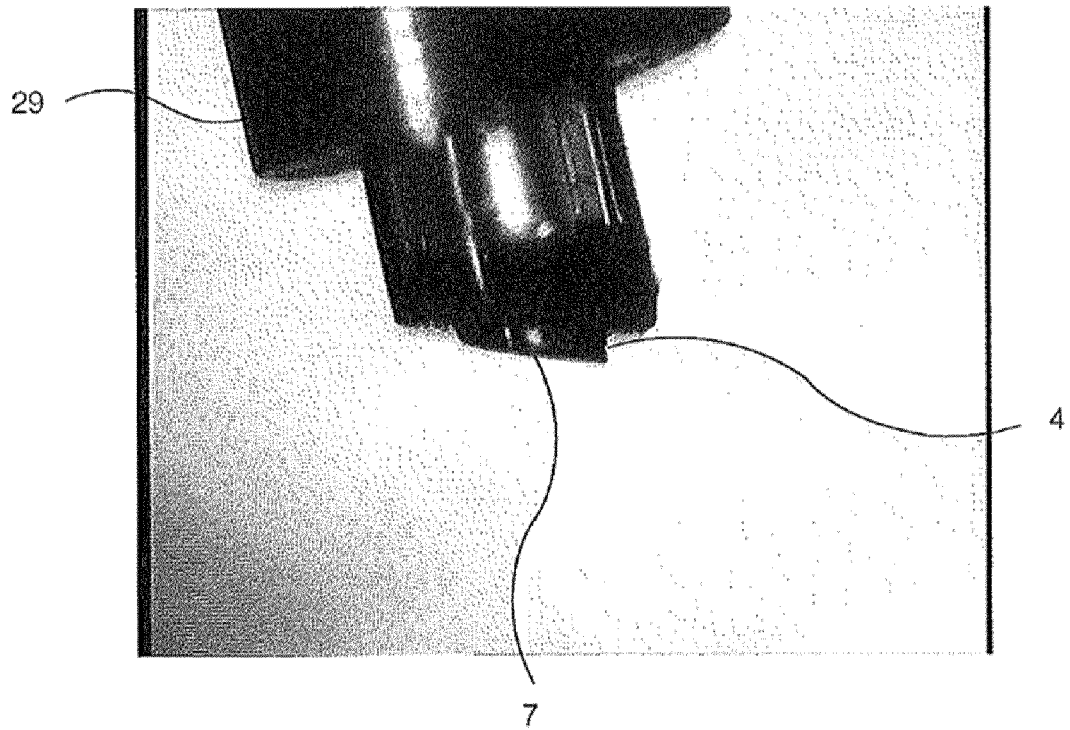


Fig. 7

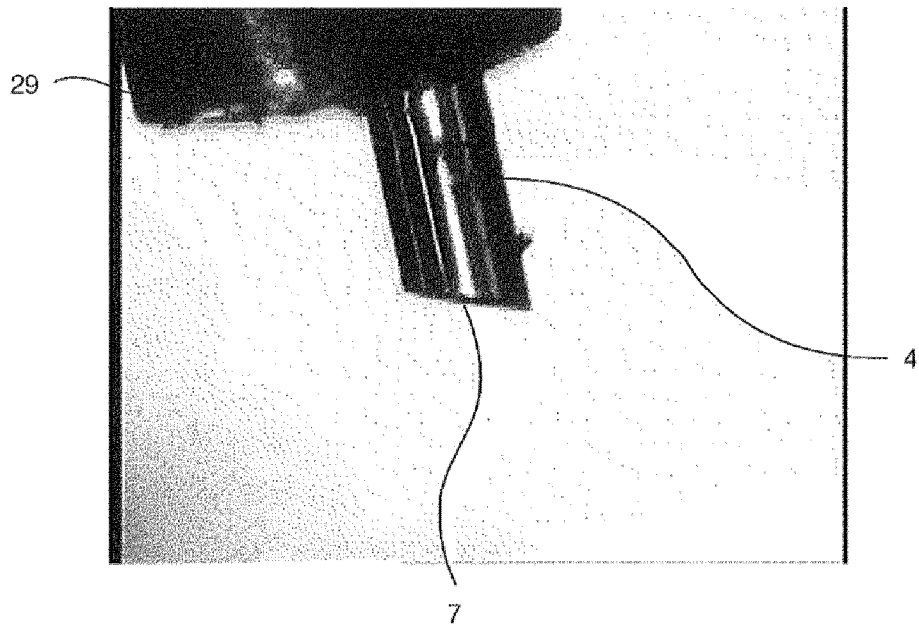


Fig. 8

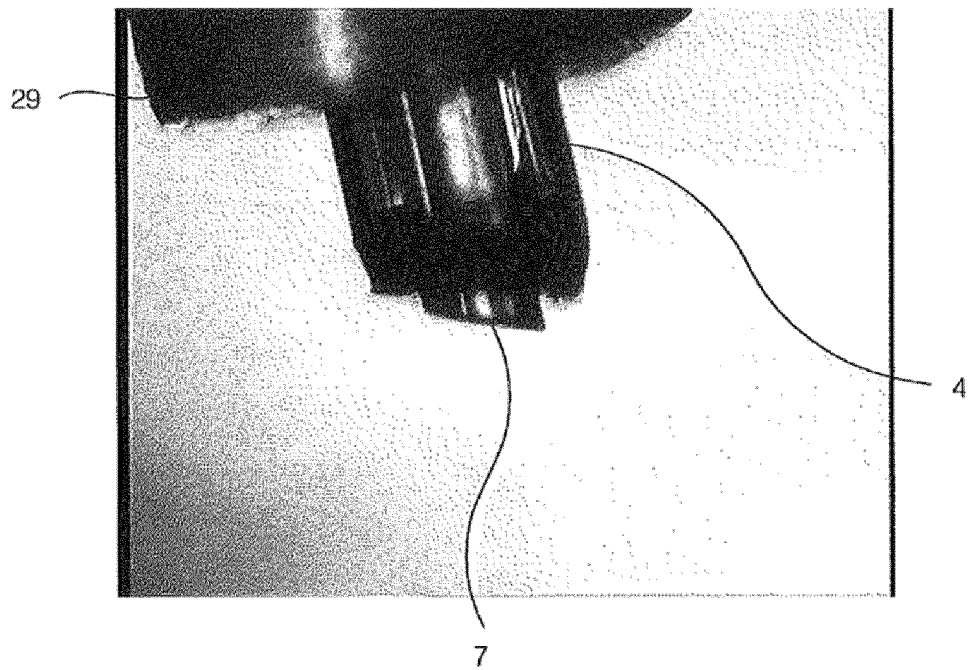


Fig. 9

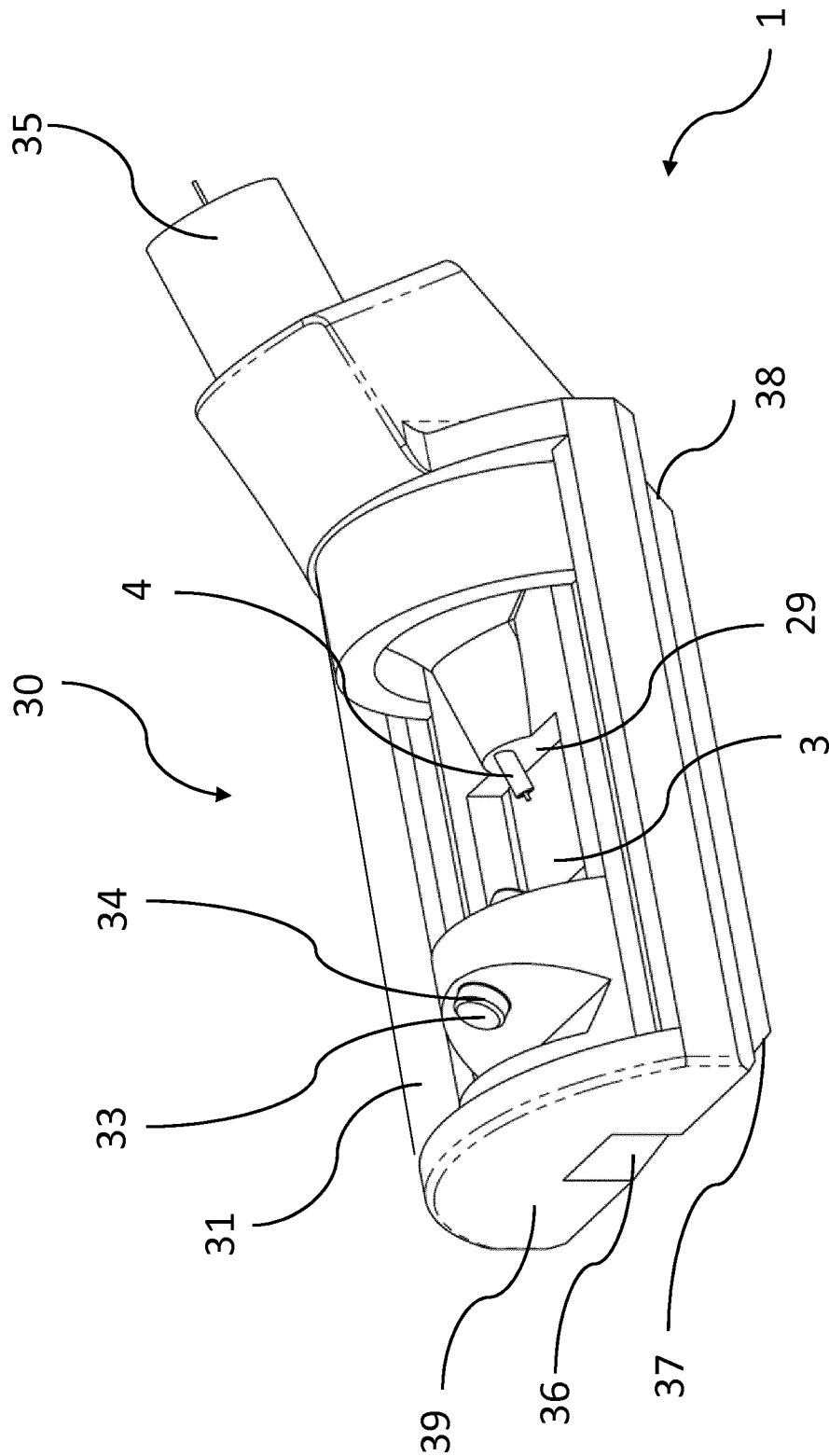


Fig. 10

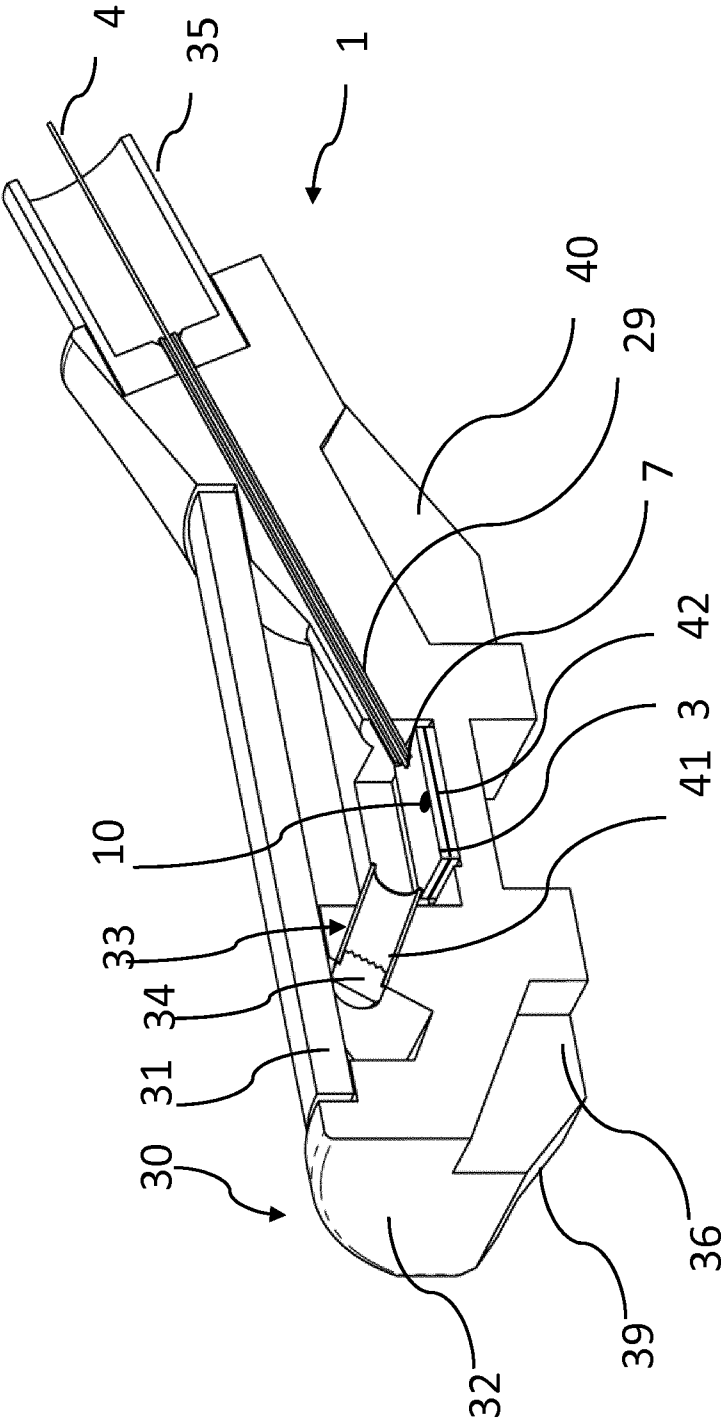
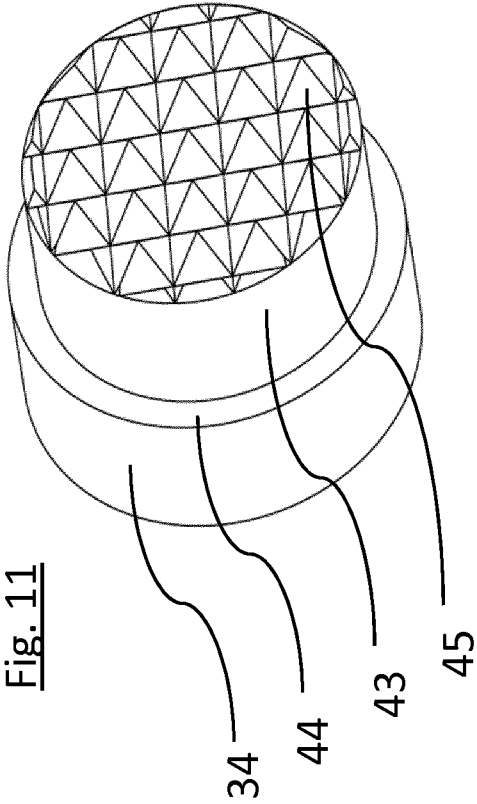


Fig. 11



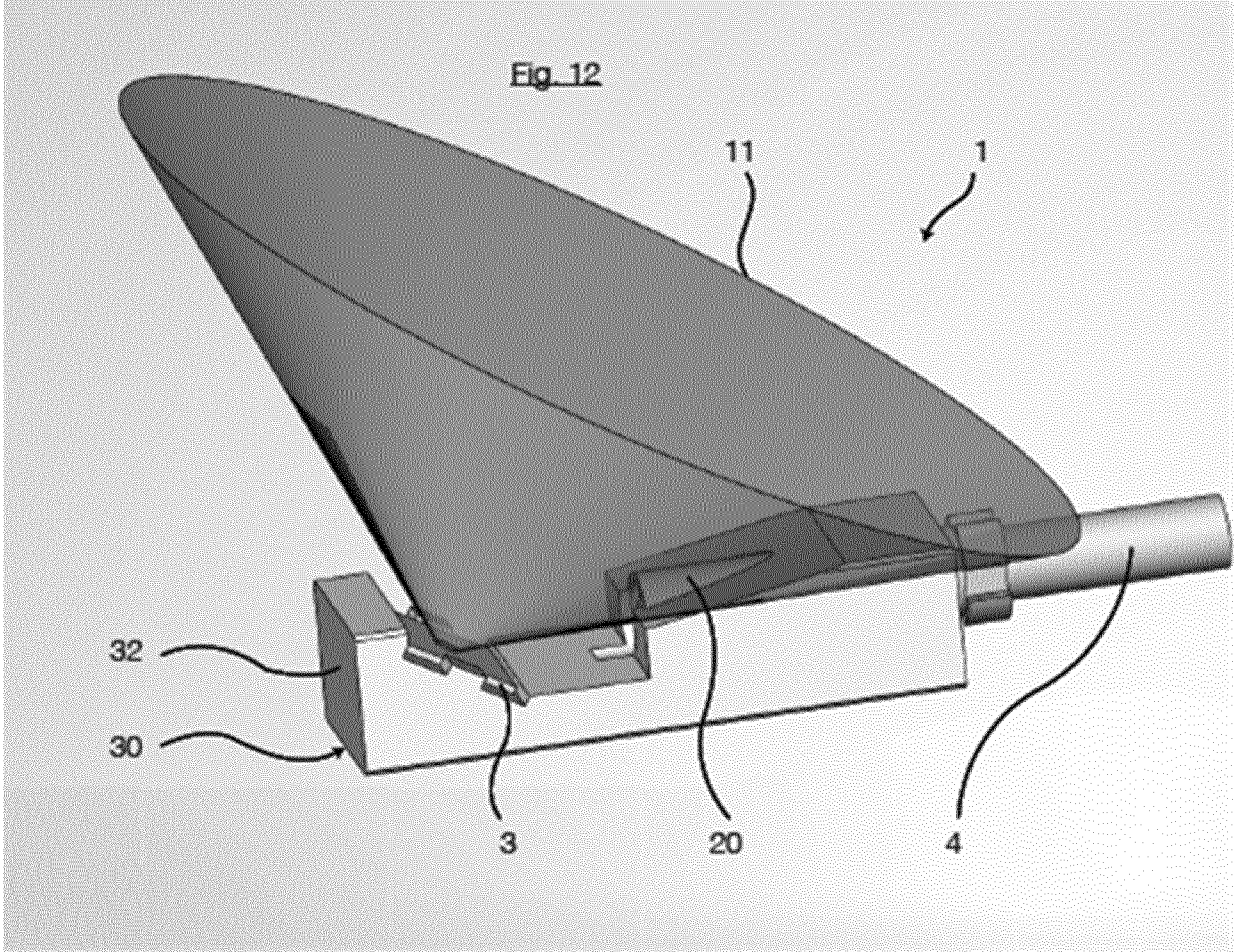


Fig. 13

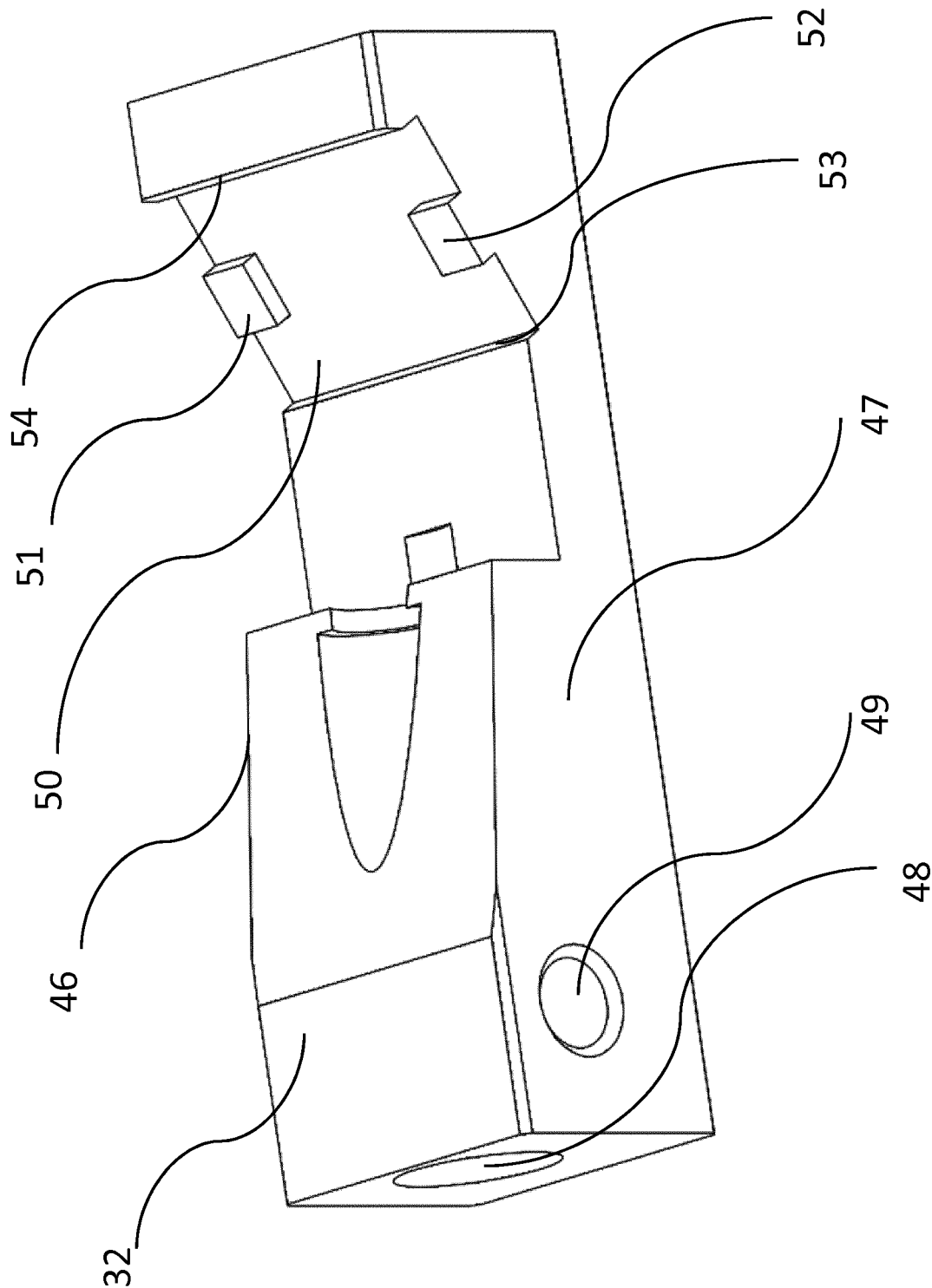


Fig. 14

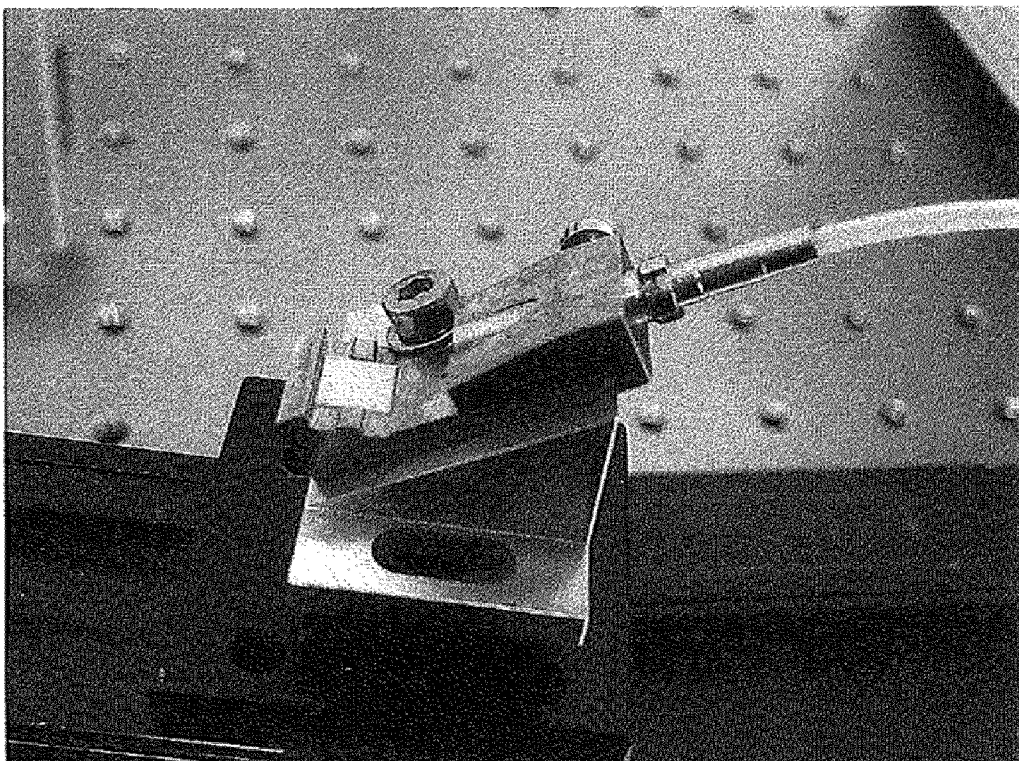


Fig. 15

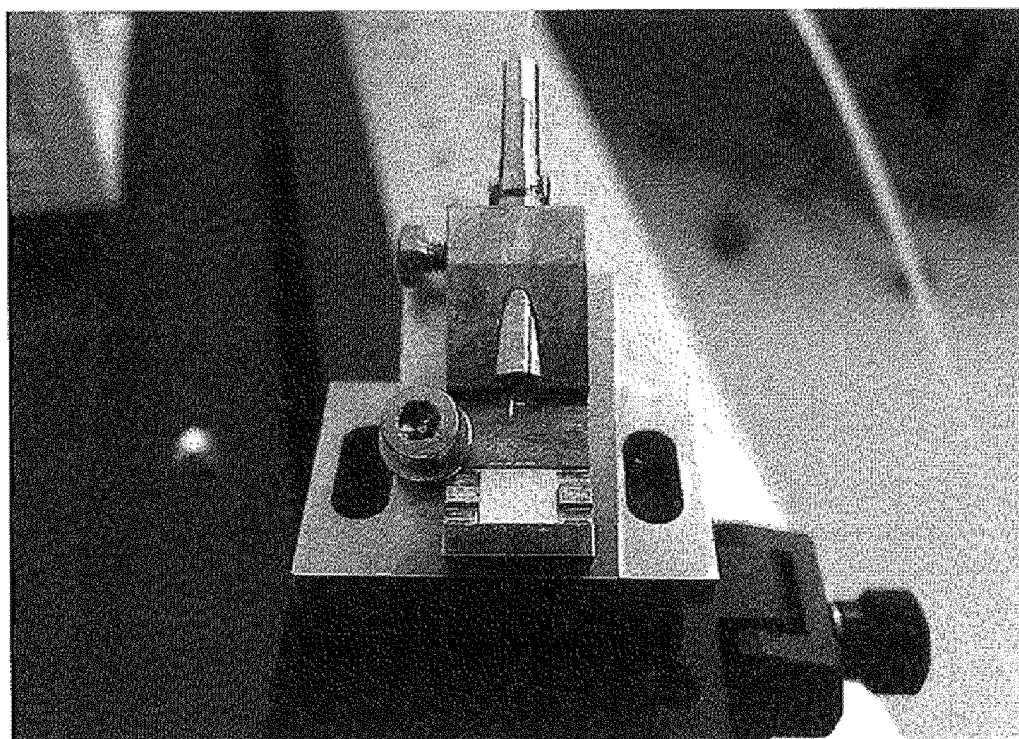




Fig. 16

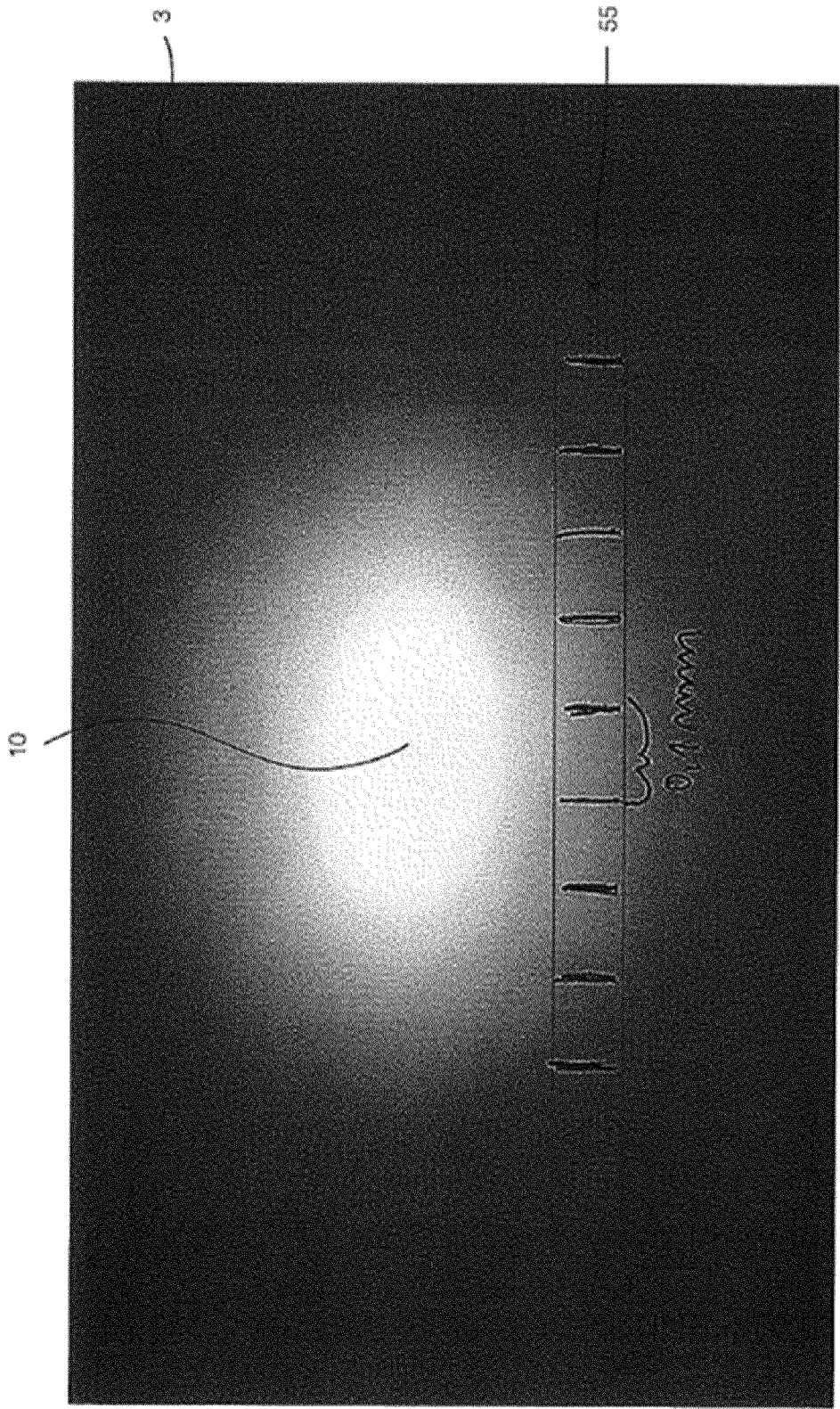
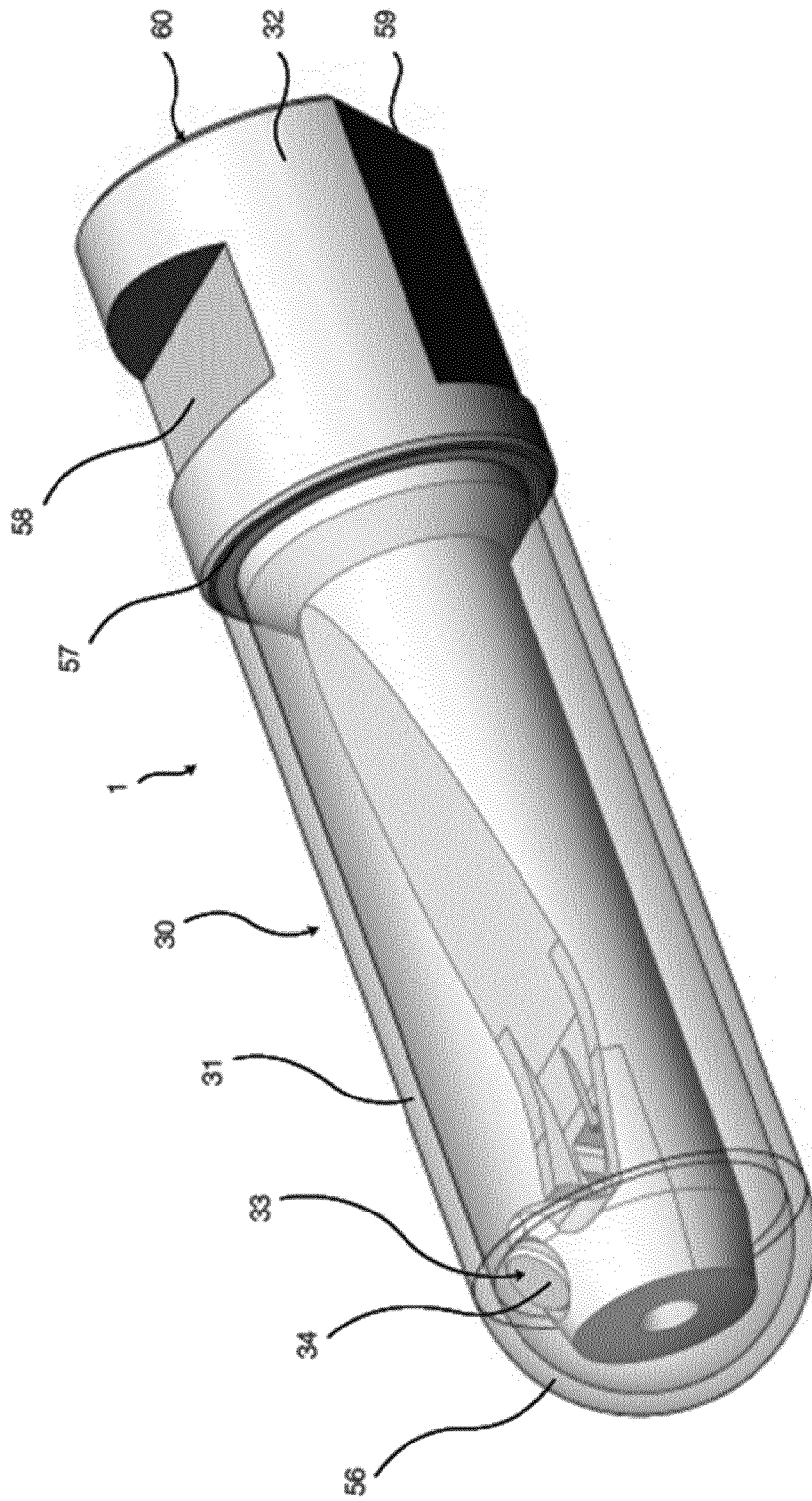




Fig. 17



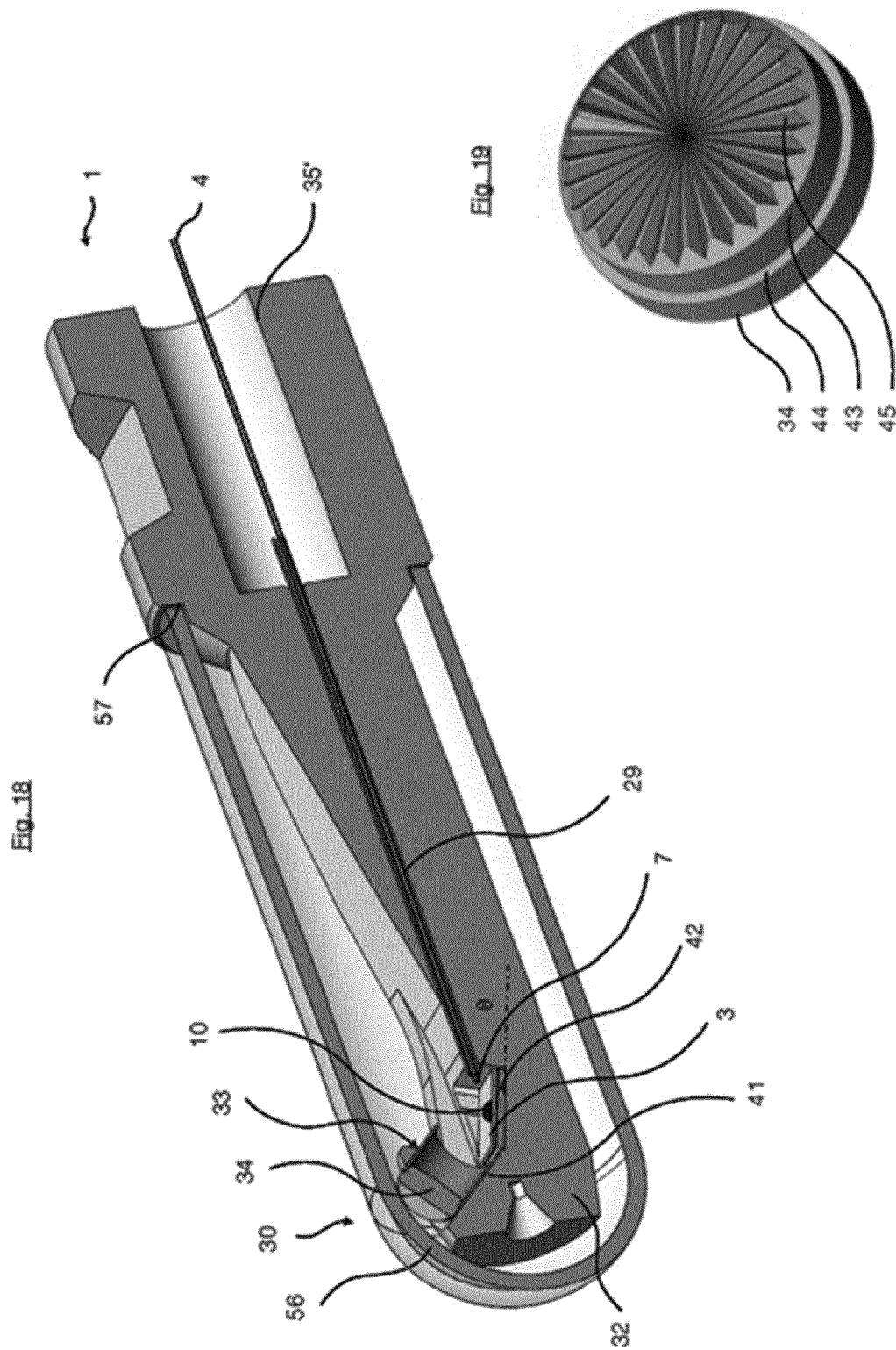


Fig. 20

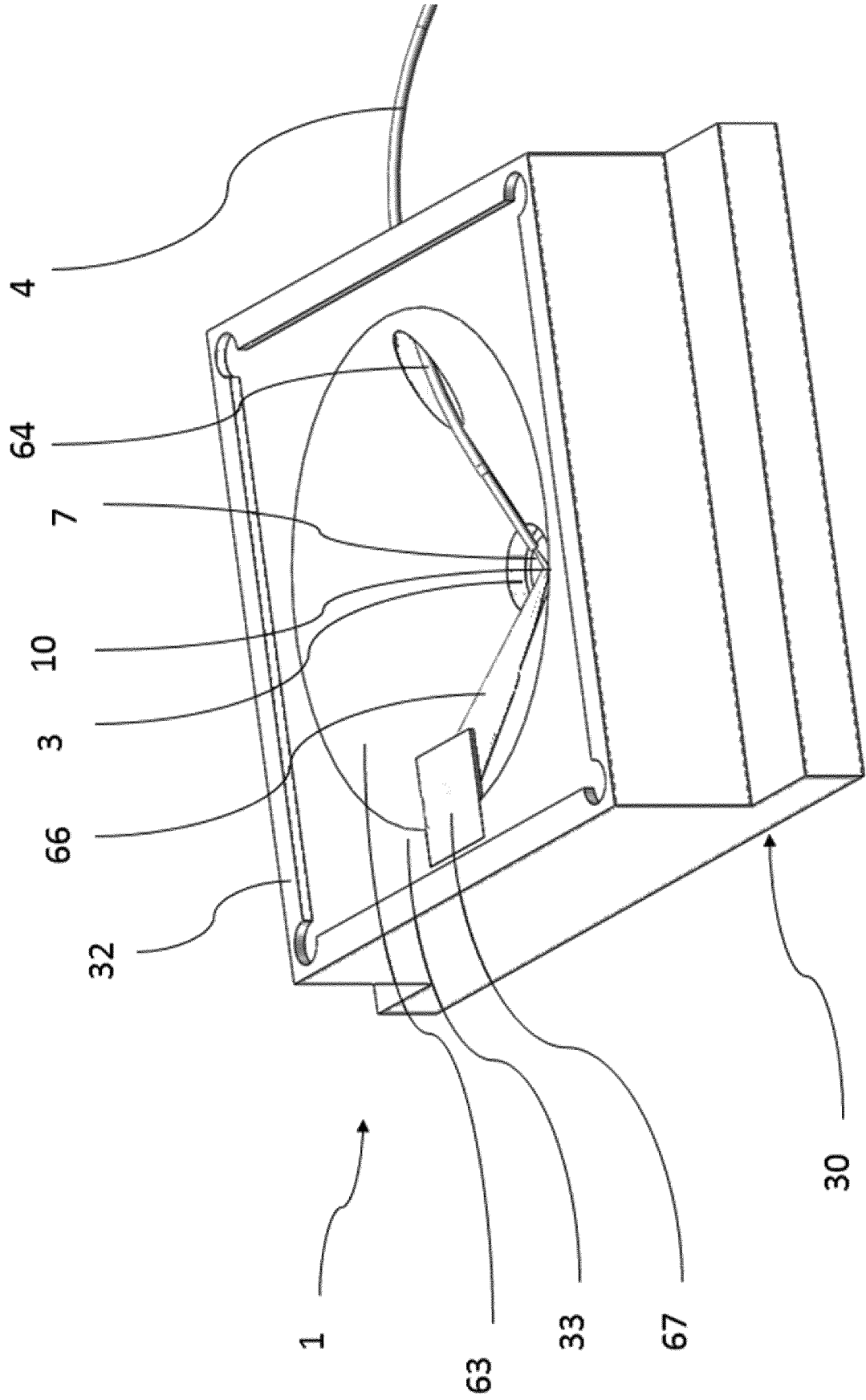
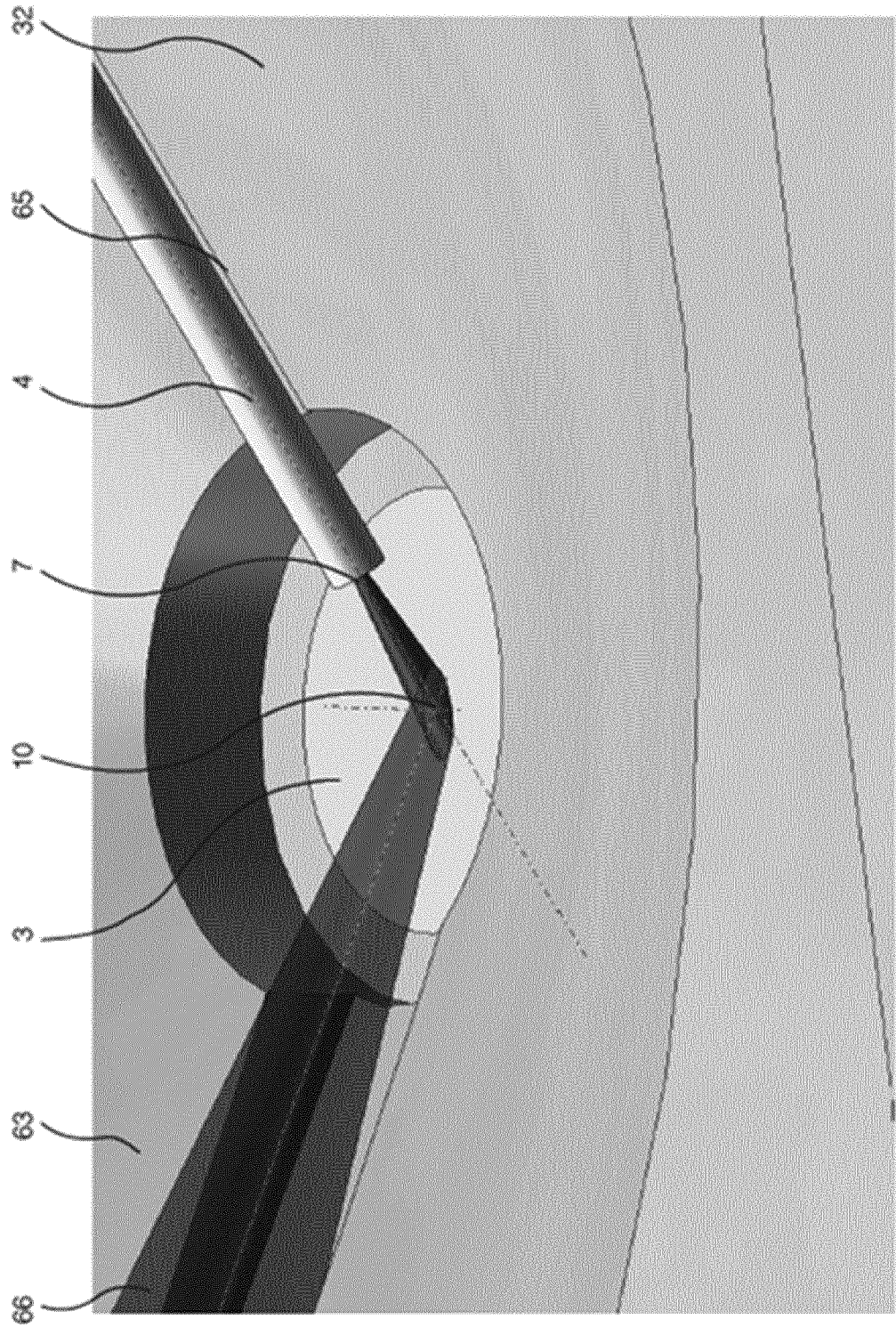




Fig. 22



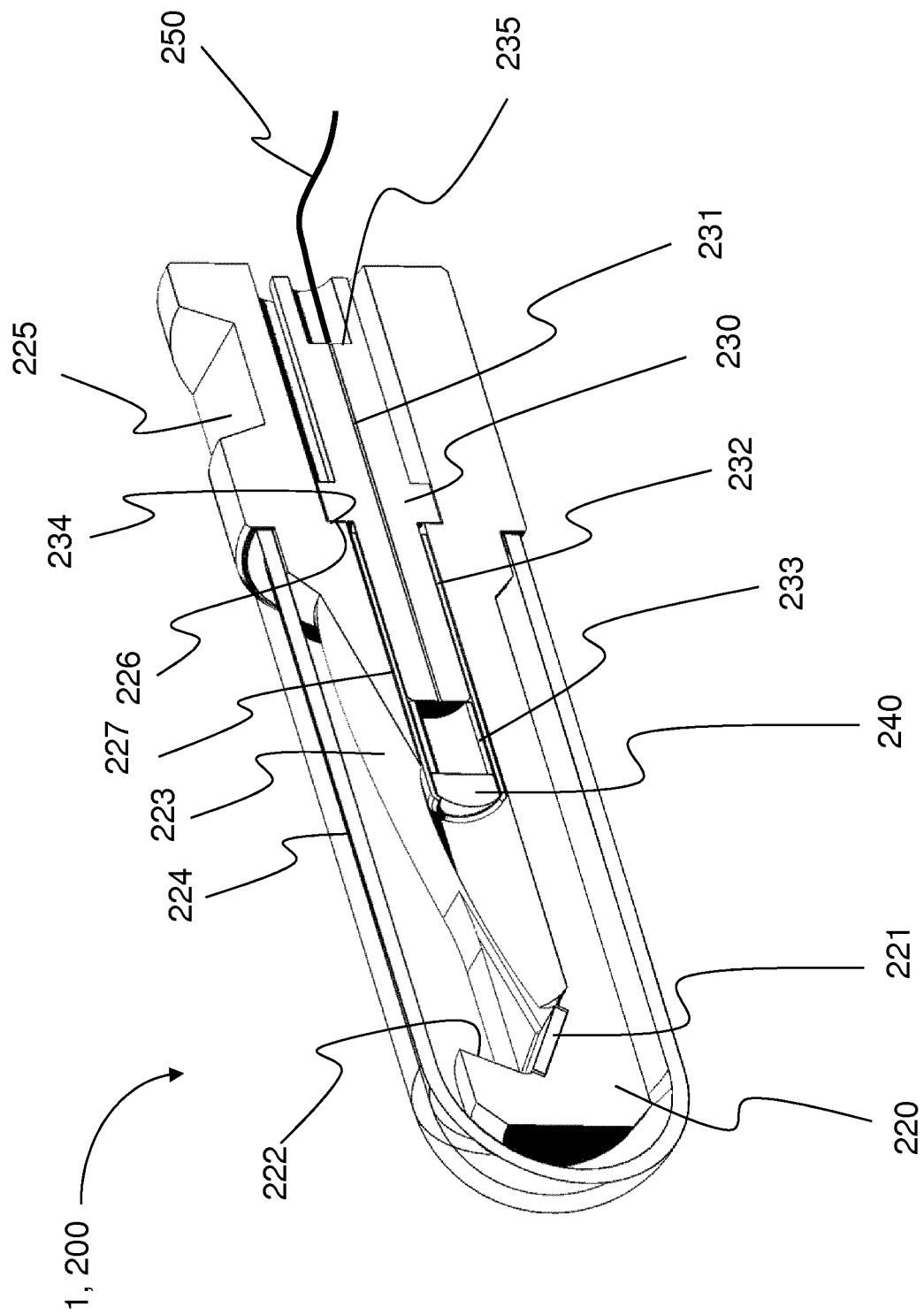


Fig. 23

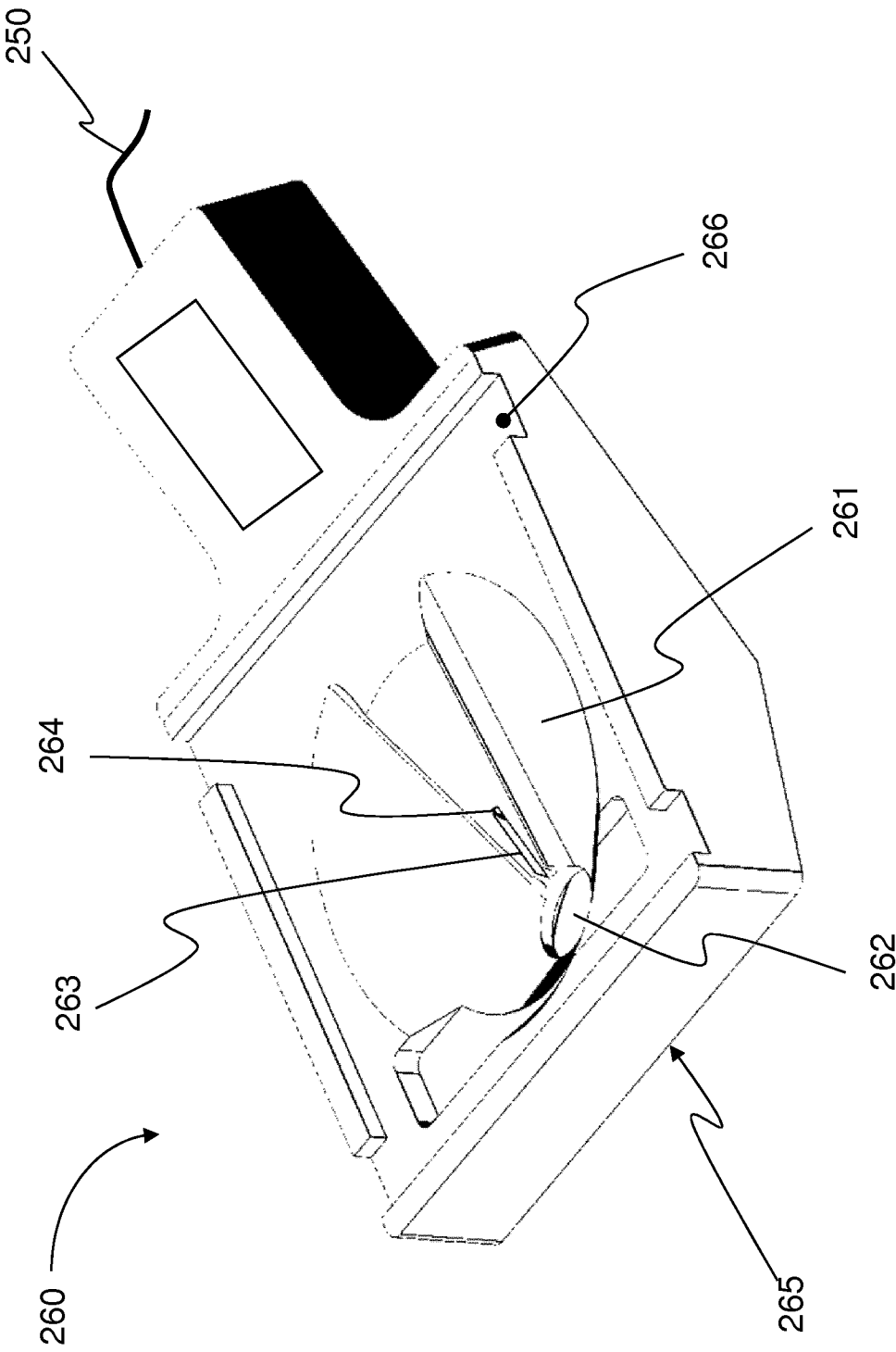


Fig. 24

Fig. 25

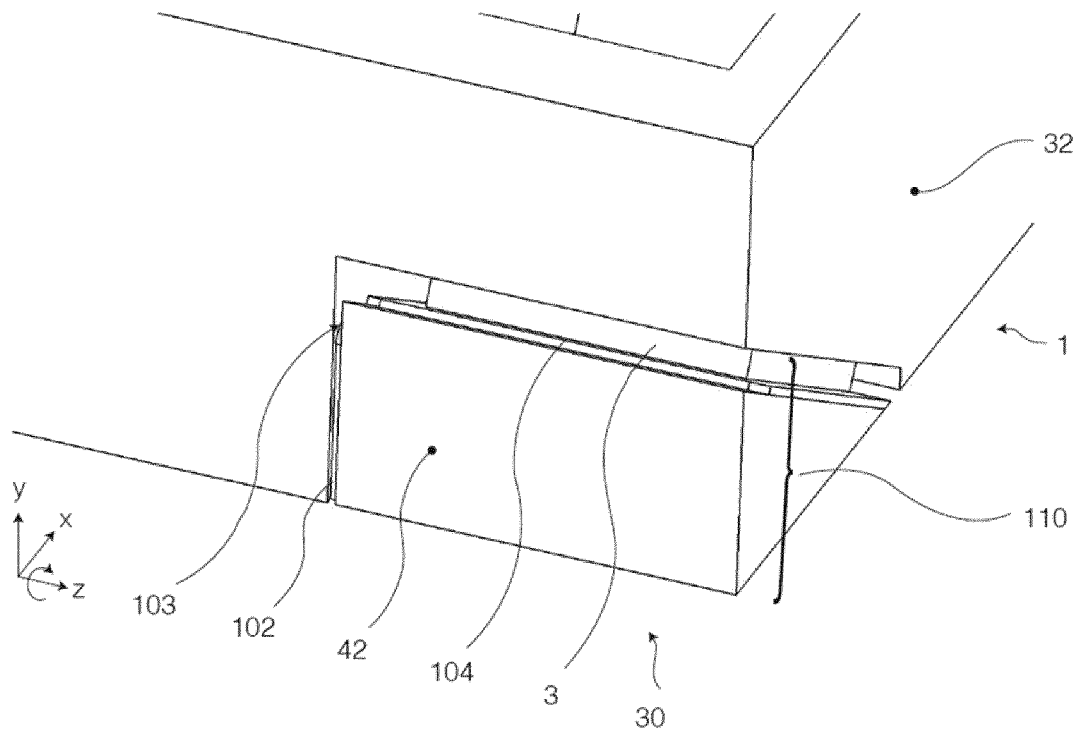
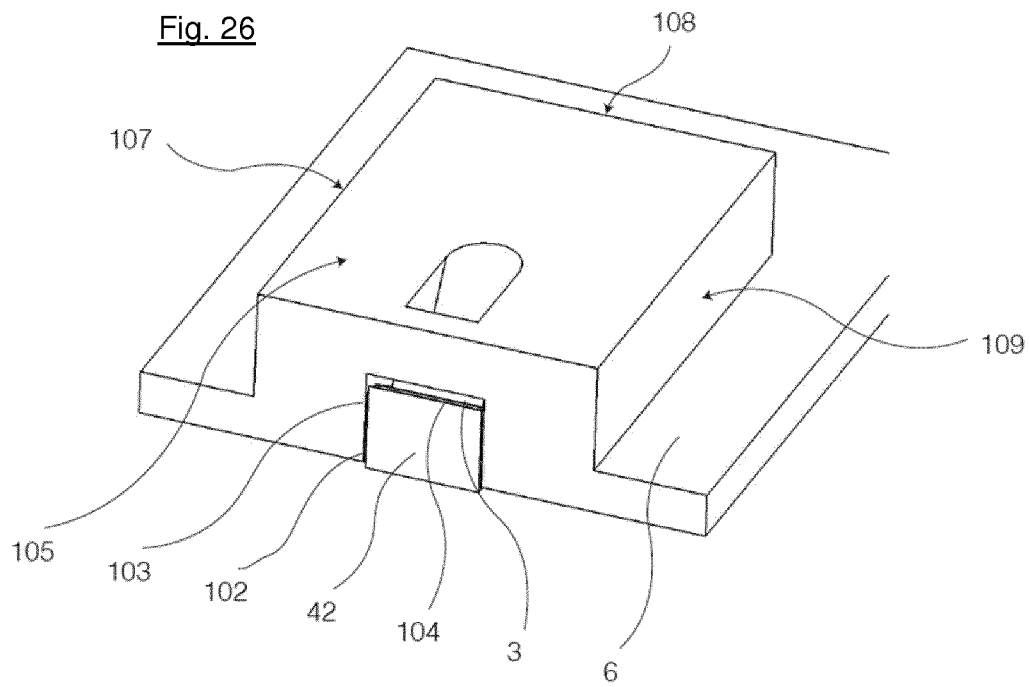


Fig. 26





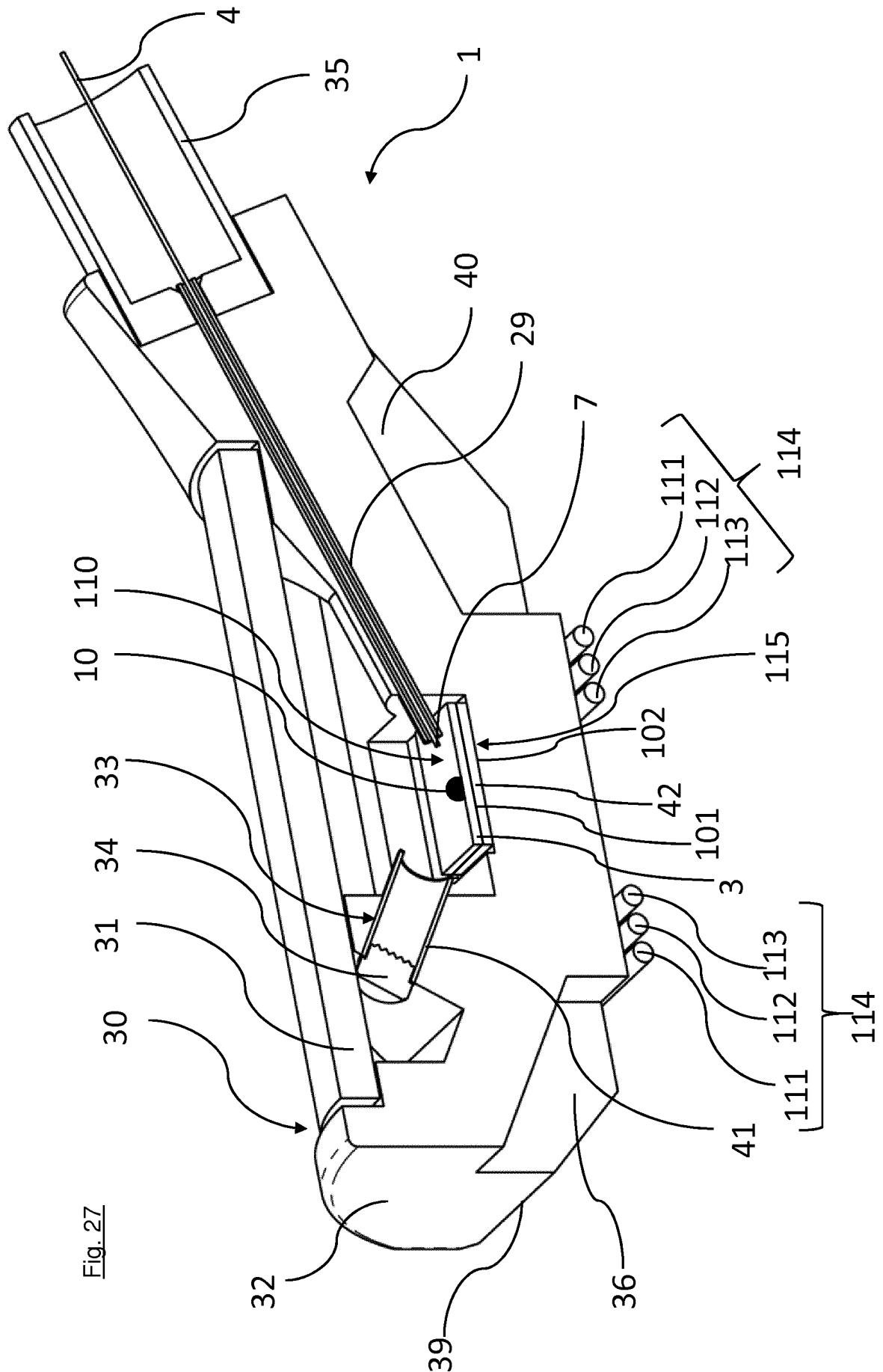


Fig. 27

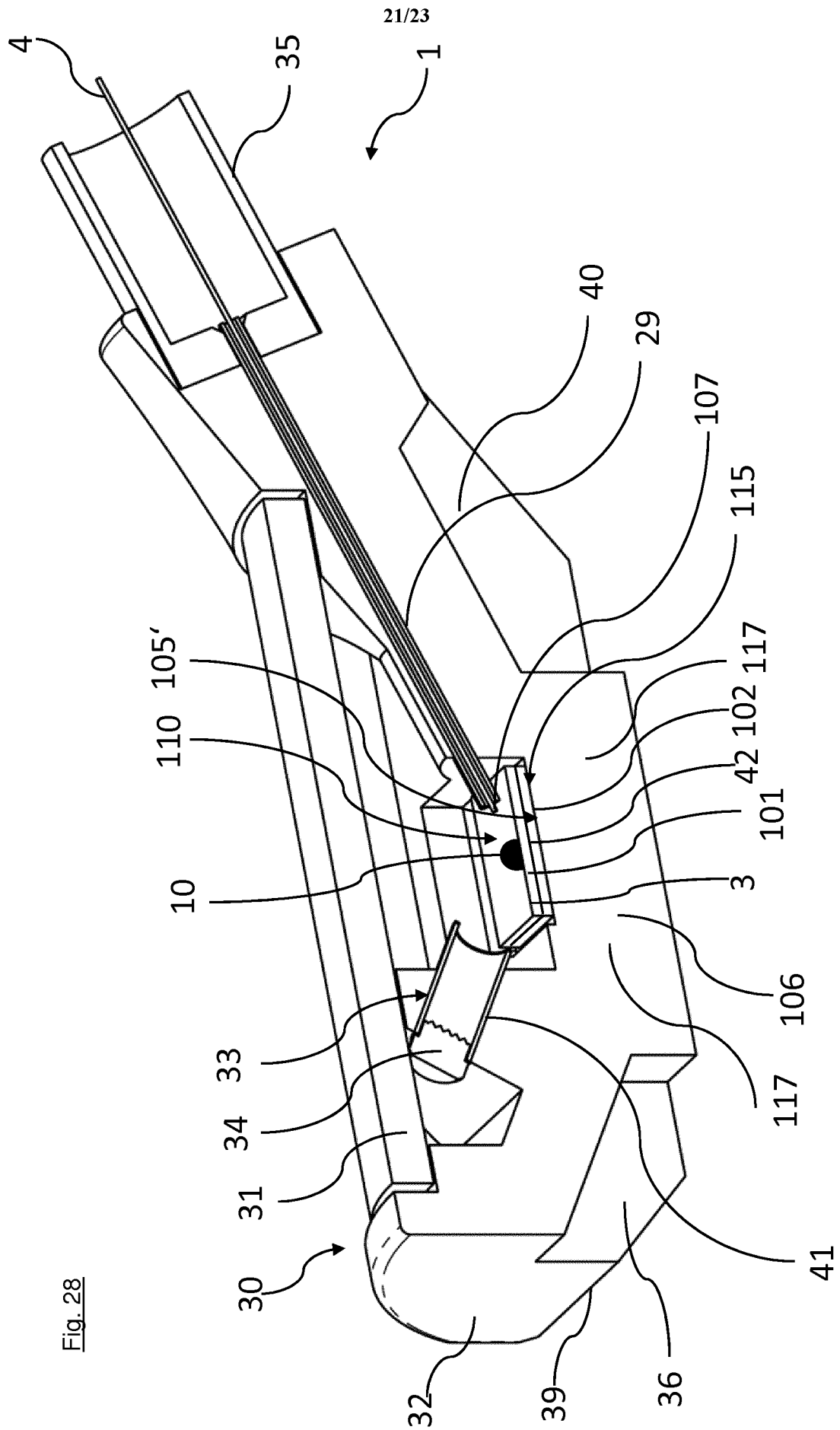


Fig. 28

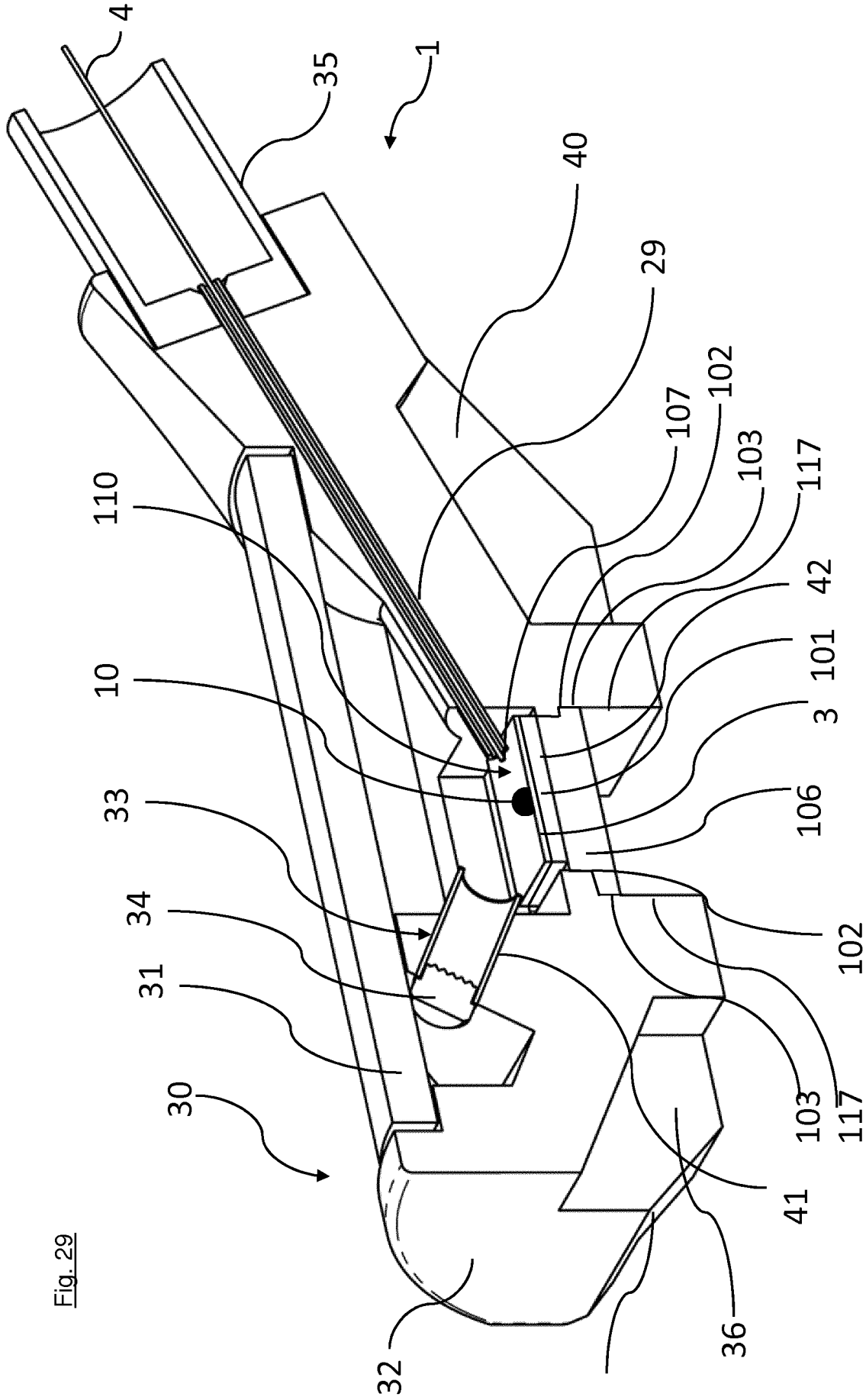


Fig. 29

Fig. 30

