



(10) **DE 10 2019 216 724 A1** 2021.05.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 216 724.1**
(22) Anmeldetag: **30.10.2019**
(43) Offenlegungstag: **06.05.2021**

(51) Int Cl.: **G01C 15/00** (2006.01)
G01C 3/02 (2006.01)
G02B 3/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Schmidtke, Bernd, 71229 Leonberg, DE;
Kapfenberger, David, 72631 Aichtal, DE;
Chan, Derek, Hong Kong, HK; Zhang, Louisa,
DongGuan, GuangDong, CN; Neravati, Sudhir
Kumar, Bidar, Karnataka, IN

(56) Ermittelter Stand der Technik:

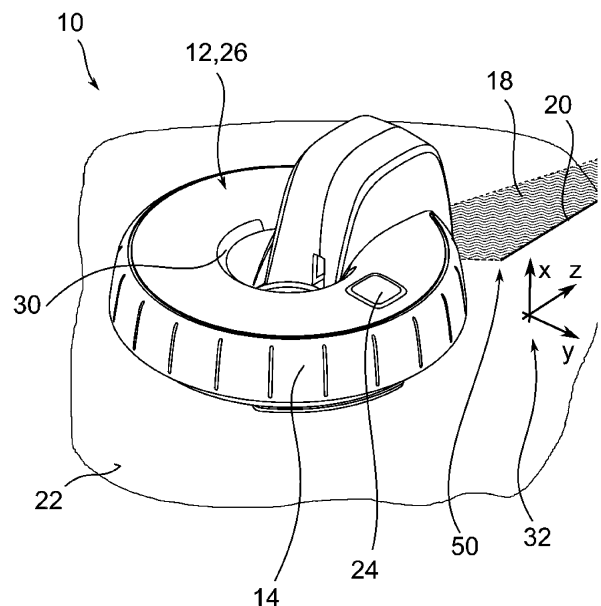
US	6 931 737	B1
US	2007 / 0 124 947	A1
US	2008 / 0 083 125	A1
US	6 069 748	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Nivellierlaser sowie optische Projektionslinse**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Nivellierlaser (10) zur Erzeugung einer Laser-Projektionslinie (20) auf einer Oberfläche (22) vorgeschlagen, der Nivellierlaser (10) umfassend eine optische Projektionslinse (34) mit einer dreidimensionalen Linsenoberfläche (46), wobei die Projektionslinse (34) in einem dreidimensionalen, drei rechtwinklig zueinander angeordnete Achsen x, y, z aufweisenden Koordinatensystem (32) beschreibbar ist, und wobei die z-Achse mit der optischen Achse der Projektionslinse (34) zusammenfällt. Erfindungsgemäß weist die Linsenoberfläche (46) der Projektionslinse (34) eine Form mit entlang der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel (44) auf. Die Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Projektionslinse (34).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Nivellierlaser zur Erzeugung einer Laser-Projektionslinie auf einer Oberfläche umfassend eine optische Projektionslinse sowie eine entsprechende optische Projektionslinse.

Stand der Technik

[0002] Aus DE 10 2007 039 343 A1 ist der allgemeine Aufbau eines Nivellierlasers, hier insbesondere eines selbstausrichtenden Nivellierlasers (sog. Pendellaser), bekannt.

[0003] Optische Linsen basierend auf Freiformflächen sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise aus dem technischen Gebiet der Laserentfernungsmessgeräte. Beispielsweise offenbart EP 2379983 B1 eine Freiformlinse zur Kompensation optischer Leistungsverluste, die bei der Messung geringer Abstände vom Laserentfernungsmessgerät zum Ziel auftreten. Bei derartigen Nahfeldmessungen besteht das Problem, dass sich ein Parallaxenversatz zwischen einem ausgesendeten Laserstrahl und einem empfangenen, d.h. reflektierten, Laserstrahl vergleichsweise stark auf das Messergebnis auswirkt. Insbesondere resultieren Leistungsverluste daher, dass der auf dem Detektor des Laserentfernungsmessgeräts abgebildete Laserstrahl auf Grund des Parallaxenversatzes von Sende- und Empfangspfad nicht mehr vollständig die aktive Fläche des Detektors trifft.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt einen Nivellierlaser (auch: Nivellier Vorrichtung) zur Erzeugung einer Laser-Projektionslinie auf einer Oberfläche. Der Nivellierlaser dient dabei der Erzeugung einer optischen Markierung in Form einer Laser-Projektionslinie im Rahmen von Nivellier-, Ausricht-, Vermessungs- und/oder Markierungsaufgaben, wie sie insbesondere im handwerklichen Bereich auftreten, beispielsweise bei einem Innenausbau von Gebäuden, bei Bauarbeiten, bei der Anbringung von Markierungen an Wänden oder dergleichen. Die genaue Ausgestaltung der mittels des Nivellierlasers erzeugten Laser-Projektionslinie kann, unter anderem je nach Einsatzbereich und Aufgabe, unterschiedlich sein. So kann die Laser-Projektionslinie auch mehrere Markierungspunkte und/oder mehrere Markierungslinien, auch unterbrochene Markierungslinien, umfassen. Ferner kann der Nivellierlaser dazu vorgesehen sein, die Laser-Projektionslinie zeitlich veränderlich, insbesondere beispielsweise blinkend, auszuführen. Prinzipiell erlauben Nivellierlaser Lasermarkierungen zu erzeugen, insbesondere auf Objekte zu projizieren, die eine von einer Ausrichtung von Böden, Decken, Wänden oder anderen Gegen-

ständen, beispielsweise der vertikalen Wand eines Schanks, unabhängige Referenz darstellen.

[0005] Der Nivellierlaser weist typischerweise ein Gehäuse mit mindestens einer Öffnung, insbesondere einem Fenster, auf, wobei durch die Öffnung die Laser-Projektionslinie auf die Oberfläche, auf der die Laser-Projektionslinie erzeugt werden soll, ausgesendet wird. Der Nivellierlaser ist derart bemessen, dass er ohne Zuhilfenahme einer Transportmaschine lediglich mit den Händen, insbesondere mit einer Hand, transportiert werden kann. Die Masse des Nivellierlasers beträgt weniger als 5 kg, insbesondere weniger als 2 kg und ganz insbesondere weniger als 1 kg. Die Abmessungen des Nivellierlasers in einer ersten Richtung (insbesondere der Richtung der Achse x, siehe unten) betragen weniger als 15 cm, insbesondere weniger als 10 cm, ganz insbesondere weniger als 5 cm. Die Abmessungen des Nivellierlasers in einer zweiten Richtung (insbesondere der Richtung der Achse z und/oder y, siehe unten) betragen weniger als 25 cm, insbesondere weniger als 15 cm, ganz insbesondere weniger als 10 cm.

[0006] Der Nivellierlaser ist eingerichtet, die ausgesendete Laser-Projektionslinie zu nivellieren, beispielsweise horizontal, vertikal oder gemäß eines anderen Nivellierwinkels. Insbesondere kann der Nivellierwinkel durch einen Anwender gewählt werden. Die Nivellierung kann beispielsweise unter Verwendung einer in dem Gehäuse des Nivellierlasers vorgesehenen Pendelanordnung erfolgen, mittels der die Laser-Projektionslinie unabhängig von einer Ausrichtung des Gehäuses am Lot frei selbst-ausrichtbar, insbesondere allseitig pendelbar oder schwingend, aussendbar ist. Die Pendelanordnung trägt und nivelliert dabei die gesamten optischen Komponenten des Nivellierlasers, d.h. zumindest eine Lasereinheit zur Erzeugung von Laserstrahlung und eine Projektionslinse. Alternativ kann das Gehäuse eine manuelle Ausrichtung der Laser-Projektionslinie ermöglichen. In diesem Fall sind die optischen Komponenten, d.h. zumindest die Lasereinheit zur Erzeugung von Laserstrahlung und die Projektionslinse, fest in dem Gehäuse des Nivellierlasers angeordnet. Ferner ist denkbar, einen Nivelliersensor, insbesondere einen Inertialsensor, einen Magnetfeldsensor, einen Beschleunigungssensor, einen Gravitationsensor oder dergleichen, und/oder eine Wasserwaage in dem Gehäuse vorzusehen, unter dessen/deren Verwendung die Laser-Projektionslinie manuell (durch einen Anwender) und/oder automatisiert (beispielsweise motorgetrieben) in einen gewünschten nivellierten Zustand gebracht werden kann. Insbesondere kann der Nivellierlaser eine, insbesondere optische, akustische oder haptische, Ausgabevorrichtung umfassen, mittels der ein Zustand der Nivellierung an einen Anwender ausgegeben werden kann. Somit kann der Anwender an der Wasserwaage und/oder an einem ausgegebenen Signal erkennen, wenn oder

unter welchen Bedingungen („noch drehen um 5°“) ein nivellierter Zustand der Laser-Projektionslinie vorliegt.

[0007] Der Nivellierlaser umfasst als optische Komponenten zumindest eine Lasereinheit und eine optische Projektionslinse mit einer dreidimensionalen Linsenoberfläche, wobei die Projektionslinse in einem dreidimensionalen, drei rechtwinklig zueinander angeordnete Achsen x , y , z aufweisenden Koordinatensystem beschreibbar ist, und wobei die Achse z mit der optischen Achse der Projektionslinse zusammenfällt. In einer Ausführungsform des Nivellierlasers sind die Lasereinheit und die Projektionslinse die einzigen optischen Komponenten im Sendepfad (auch als Projektionspfad bezeichnet) des Nivellierlasers. Die Lasereinheit weist zumindest eine Laserlichtquelle auf, beispielsweise einen Halbleiterlaser oder eine Laserdiode. In einer Ausführungsform ist die Laserstrahlung in einem für das menschliche Auge sichtbaren spektralen Wellenlängenbereich, d.h. insbesondere zwischen 380 nm bis 780 nm, vorgesehen, beispielsweise als rotes Laserlicht von 635 nm. Ferner kann die Lasereinheit strahlformende und/oder strahlenkennende und/oder die Eigenschaften der Laserstrahlung beeinflussende optische Element, insbesondere beispielsweise Linsen wie Kollimator, Kollimatorlinsen, Filter, diffraktive Elemente, Spiegel, Reflektoren, optisch transparente Scheiben oder dergleichen, umfassen.

[0008] Die Projektionslinse ist im Sendepfad des Nivellierlasers angeordnet. Die Projektionslinse dient der Brechung und Auffächerung des Laserstrahls in einen Laserfächer (Laserebene), der sich in der aus den Achsen x , z aufgespannten Ebene erstreckt. Der Schnitt dieser Laserebene mit der Oberfläche erzeugt die Laser-Projektionslinie, die für das menschliche Auge sichtbar ist. In einer Ausführungsform des Nivellierlasers weist die Projektionslinse in Richtung der Achse y eine spiegelsymmetrische, insbesondere zylindrische, Form auf. Auf diese Weise kann realisiert werden, dass die Projektionslinse in Richtung der Achse y keine Brechkraft entfaltet und somit eine besonders effiziente Auffächerung der gesamten Strahlungsleistung des Laserstrahls in den Laserfächer erfolgt. Die Laser-Projektionslinie ist somit in Richtung der Achse y als besonders schmal (lateral beschränkt) realisierbar. In einer Ausführungsform des Nivellierlasers ist die Projektionslinse mittels eines kollimierten Laserstrahls in Richtung der optischen Achse beleuchtbar bzw. wird in einem Anwendungszustand oder Betriebszustand der Lasereinheit entsprechend beleuchtet. Der kollimierte Laserstrahl kann insbesondere unter Verwendung eines Kollimators oder einer Kollimatorlinse erzeugt werden, der/die sich im optischen Sendepfad hinter der Lasereinheit und insbesondere vor der Projektionslinse befindet. In einer Ausführungsform kann die Projektionslinse und die Kollimatorlinse zu einem einzelnen Lin-

sen-Bauteil integriert sein. Dabei kann insbesondere in einer Ausführungsform des Nivellierlasers vorgesehen sein, dass die Lasereinheit und das Linsen-Bauteil die einzigen optischen Komponenten im Sendepfad des Nivellierlasers sind. Alternativ kann die Kollimatorlinse und die Lasereinheit zu einem einzelnen Lasereinheit-Bauteil integriert sein. Dabei kann insbesondere in einer Ausführungsform des Nivellierlasers vorgesehen sein, dass das Lasereinheit-Bauteil und die Projektionslinse die einzigen optischen Komponenten im Sendepfad des Nivellierlasers sind. Insbesondere können auf diese Weise kompakte und in ihrer Funktion besonders integrierte Bauteile bereitgestellt werden und der Nivellierlaser besonders kleinbauend ausgeführt werden. Ferner wird eine Montage und Justage der optischen Komponenten in einem Fertigungsverfahren des Nivellierlasers deutlich vereinfacht. In einer Ausführungsform des Nivellierlasers ist die Projektionslinse aus Kunststoff gefertigt. Der Kunststoff ist dabei zumindest für die Wellenlänge des verwendeten Laserlichts optisch transparent. Vorteilhaft kann eine Projektionslinse aus Kunststoff besonders kostengünstig und gleichzeitig präzise gefertigt werden, beispielsweise durch ein Kunststoffspritzgießverfahren.

[0009] In einer Ausführungsform des Nivellierlasers ist der Nivellierlaser dazu eingerichtet, unmittelbar auf einer Oberfläche angeordnet zu werden. Die Anordnung auf der Oberfläche kann dabei mittels einem Fachmann bekannter Haltemittel wie beispielsweise Klebestreifen, Schrauben oder dergleichen erfolgen. Insbesondere kann das Gehäuse des Nivellierlasers entsprechende Vorrichtungen umfassen, beispielsweise ein gehäuserückseitig angeordnetes, wiederverwendbares Klebepad, wie es beispielsweise aus US 9,909,035 B bekannt ist. In einer Ausführungsform ist der Nivellierlaser dazu eingerichtet, die Laser-Projektionslinie auf diejenige Oberfläche zu projizieren bzw. auf derjenigen Oberfläche zu erzeugen, auf der der Nivellierlaser in einem Anwendungszustand angeordnet ist. In einer Ausführungsform des Nivellierlasers ist die Laser-Projektionslinie auf eine Oberfläche projizierbar, wobei die Laser-Projektionslinie eine Ausrichtung parallel zur optischen Achse der Projektionslinse, insbesondere auch parallel zur optischen Achse der auf die Projektionslinse einfallenden Laserstrahlung, aufweist und zu dieser optischen Achse um einen Versatz x in Richtung der Achse x beabstandet ist. Die Oberfläche liegt in der Ebene, die durch die Achsen y , z aufgespannt wird, wobei die Oberfläche um einen Versatz x in Richtung der Achse x von der optischen Achse der Projektionslinse beabstandet ist. Auf diese Weise kann ein besonders einfach und intuitiv bedienbarer Nivellierlaser bereitgestellt werden. Insbesondere ist ein benötigter Raumbedarf gering, da der Nivellierlaser keinen Abstand zur Oberfläche benötigt, wie dies beispielsweise bei aus dem Stand der Technik bekannten Pendellasern der Fall ist.

[0010] Zur Erzeugung einer möglichst homogen ausgeleuchteten Laser-Projektionslinie auf der Oberfläche, insbesondere derjenigen Oberfläche, auf der der Nivellierlaser in einem Anwendungszustand angeordnet ist, wird vorgeschlagen, dass die Linsenoberfläche zumindest in einem zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie verwendbaren Abschnitt der Projektionslinse eine Form mit entlang der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel aufweist. Die Linsenoberfläche ist insbesondere als eine Freiformfläche realisiert. Die Linsenoberfläche kann in Richtung der Achse z durch eine Funktion $z = f(x)$ beschrieben werden, wobei die Ableitung $z'(x)$ eine monoton steigende Funktion ist. Erfindungsgemäß kann derart realisiert werden, dass ausgehend von einem, insbesondere kollimierten, Laserstrahl eine möglichst homogen ausgeleuchtete Laser-Projektionslinie auf der Oberfläche erzeugbar, insbesondere projizierbar, ist, wobei der Nivellierlaser gleichzeitig auf der Oberfläche angeordnet ist. Die Projektionslinse erlaubt die Bereitstellung eines bezüglich der optischen Achse der Projektionslinse asymmetrischen Intensitätsprofil.

[0011] Der Oberflächenneigungswinkel stellt den Winkel der Linsenoberfläche relativ zur Achse x dar.

[0012] Unter dem „zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie verwendbaren Abschnitt der Projektionslinse“ ist insbesondere zu verstehen, dass derjenige Abschnitt der Projektionslinse, der zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie verwendet und mit einfallender Laserstrahlung beleuchtet wird, besagte Form aufweist. Abweichungen von erfindungsgemäßer Form sind in diesem Abschnitt der Projektionslinse im Rahmen von Fertigungstoleranzen denkbar. Ferner sind erhebliche Abweichungen von erfindungsgemäßer Form in solchen Abschnitten der Projektionslinse denkbar, die entweder nicht mit Laserstrahlung beleuchtet werden oder deren Beitrag zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie unerheblich sind (beispielsweise, weil diese Anteile des Laserfäders durch das Gehäuse blockiert werden).

[0013] In einer Ausführungsform des Nivellierlasers ist ein maximaler Oberflächenneigungswinkel auf einer - in Richtung der Achse x gesehen - der Oberfläche zugewandten Seite der Projektionslinse vorgesehen. Dabei kann der maximale Oberflächenneigungswinkel von einem geringsten Abstand der Laser-Projektionslinie zur Projektionslinse abhängen. Der geringste Abstand kennzeichnet insbesondere den Beginn der Laser-Projektionslinie von dem Nivellierlaser aus in Richtung der Achse z gesehen. Der maximale Oberflächenneigungswinkel ist insbesondere derart gewählt, dass der geringste Abstand weniger als 100 mm, insbesondere weniger als 50 mm, ganz insbesondere weniger als 25 mm beträgt. In einem Ausführungsbeispiel beträgt der geringste Abstand 10 mm. Ferner ist folglich ein minimaler

Oberflächenneigungswinkel auf einer - in Richtung der Achse x gesehen - der Oberfläche abgewandten Seite der Projektionslinse vorgesehen. Dabei kann der minimale Oberflächenneigungswinkel von einem größten Abstand der Laser-Projektionslinie zur Projektionslinse abhängen. Der größte Abstand kennzeichnet dabei das Ende der Laser-Projektionslinie von dem Nivellierlaser aus in Richtung der Achse z gesehen. Der minimale Oberflächenneigungswinkel ist insbesondere derart gewählt, dass der größte Abstand beträgt mehr als 750 mm, insbesondere mehr als 1500 mm, ganz insbesondere mehr als 2000 mm beträgt.

[0014] Erfindungsgemäß kann somit eine Laser-Projektionslinie auf einer Oberfläche erzeugt werden, die gleichzeitig Standfläche oder Anordnungsfläche (oder Grundlage) des angeordneten Nivellierlasers darstellt. Gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen, bei denen mittels streifenförmigen Einfall des von einer Lasereinheit emittierten Laserstrahls eine Laser-Projektionslinie auf einer Oberfläche erzeugt wird, erlaubt vorliegender Nivellierlaser eine deutlich einfachere Konstruktion (ohne Spiegel oder dergleichen) bei gleichzeitig sehr homogener Ausleuchtung der Laser-Projektionslinie über deren gesamter Länge.

[0015] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine optische Projektionslinse eines oben ausgeführten Nivellierlasers mit einer dreidimensionalen Linsenoberfläche vorgeschlagen, wobei die Projektionslinse in einem dreidimensionalen, drei rechtwinklig zueinander angeordnete Achsen x , y , z aufweisenden Koordinatensystem beschreibbar ist, und wobei die z -Achse mit der optischen Achse der Projektionslinse zusammenfällt. Erfindungsgemäß weist die Linsenoberfläche der optischen Projektionslinse zumindest abschnittsweise eine Form mit entlang der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel auf.

[0016] Unter „vorgesehen“ und „ingerichtet“ soll insbesondere speziell „programmiert“, „ausgelegt“ und/oder „ausgestattet“ verstanden werden. Darunter, dass ein Objekt zu einer bestimmten Funktion „vorgesehen“ ist, soll insbesondere verstanden werden, dass das Objekt diese bestimmte Funktion in zumindest einem Anwendungs- und/oder Betriebszustand erfüllt und/oder ausführt oder dazu ausgelegt ist, die Funktion zu erfüllen.

Figurenliste

[0017] Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise

auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Gleiche Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen gleiche Elemente.

[0018] Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Nivellierlasers,

Fig. 2a eine schematische Seitenansicht der Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Nivellierlasers aus **Fig. 1**,

Fig. 2b eine schematische Seitenansicht der optischen Komponenten einschließlich erfindungsgemäßer Projektionslinse,

Fig. 3 eine Vergrößerung der optischen Komponenten der schematischen Seitenansicht aus **Fig. 2b**.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0019] Die Darstellung der **Fig. 1** zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Nivellierlasers **10** in einer perspektivischen Seitenansicht. Der Nivellierlaser **10** dient der Erzeugung einer Laser-Projektionslinie **20** auf einer Oberfläche **22**. Der Nivellierlaser **10** weist ein flaches, im Wesentlichen Donut-förmiges Gehäuse **12** auf mit einem Durchmesser von ca. 10 cm und einer maximalen Höhe von ca. 5 cm. Der Nivellierlaser **10** weist eine Masse von ca. 300 Gramm auf. Das Gehäuse **12** besteht vorzugsweise im Wesentlichen aus einem polymeren Werkstoff oder einem, beispielsweise faserverstärkten, Verbundwerkstoff (z.B. faserverstärkter Duroplast oder Thermoplast). Das Gehäuse **12** umgibt die mechanischen, optischen sowie elektronischen Bestandteile des Nivellierlasers **10** und schützt diese vor mechanischer Beschädigung und vermindert die Gefahr von Verunreinigungen. Zur Reduzierung der schädlichen Einwirkungen von Stößen gegen den Nivellierlaser **10** sowie zur komfortableren Handhabung durch den Nutzer ist das Gehäuse **12** teilweise mit einer Soft-Grip-Komponente **14** belegt. Auf der Frontseite (hier nicht näher dargestellt) ist eine Öffnung in dem Gehäuse **12**, insbesondere eine Austrittsöffnung, vorgesehen. Durch die Austrittsöffnung kann ein optisches Signal, insbesondere eine von einer im Gehäuse **12** angeordneten Lasereinheit **16** (vgl. insbesondere **Fig. 3**) ausgesendete Laserstrahlung **18** zur Erzeugung zumindest einer Laser-Projektionslinie **20** auf einer Oberfläche **22** eines Objekts, aus dem Gehäuse **12** austreten. Die Austrittsöffnung ist mit einem für die Laserstrahlung **18** transparenten, zumindest jedoch transluzenten Fensterelement (nicht näher dargestellten) versehen, sodass das Innere des Nivellierlasers **10** vor Beschädigungen und Umwelteinflüssen, beispielsweise vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und Staub, geschützt wird.

[0020] Das Gehäuse **12** weist eine obere Gehäuseschale **26** und eine untere Gehäuseschale **28** (vgl. **Fig. 2**) auf, wobei die obere Gehäuseschale **26** relativ zur unteren Gehäuseschale **28** verdrehbar gelagert ist. Derart ist es für einen Anwender des Nivellierlasers **10** möglich, die Richtung der ausgesendeten Laserstrahlung **18** relativ zum Nivellierlaser **10** - insbesondere relativ zum Zentrum des Nivellierlasers **10** - zu drehen.

[0021] Auf der oberen Gehäuseschale **26** des Gehäuses **12** befindet sich ein Schalter **24**, dessen Betätigung die im Gehäuse **12** angeordnete Elektronik, insbesondere eine Energieversorgung der Lasereinheit **16** und der Sensorik, aktiviert/deaktiviert.

[0022] Der Nivellierlaser **10** wird mit seiner Unterseite (d.h. mit der unteren Gehäuseschale **28** voran) unmittelbar auf bzw. an der Oberfläche **22** angeordnet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Nivellierlaser **10** unter Verwendung eines gehäuse-rückseitig aufgebracht, wiederverwendbaren Klebepads reversibel an der Oberfläche **22** angeordnet. Der Nivellierlaser **10** ist dazu eingerichtet, die Laser-Projektionslinie **20** unmittelbar auf die Oberfläche **22** zu projizieren, auf bzw. an der er angeordnet ist. Für die folgende Beschreibung wird ein dreidimensionales Koordinatensystem **32** definiert, umfassend drei rechtwinklig zueinander angeordnete Achsen x, y, z. Die Achse z fällt mit der optischen Achse der Projektionslinse **34** zusammen (vgl. insbesondere **Fig. 2a**, **Fig. 2b**), während die Oberfläche **22** im Wesentlichen parallel um den Abstand **36** (Δx) beabstandet zu einer durch die Achsen y, z aufgespannten Ebene liegt (vgl. auch **Fig. 2a**, **Fig. 2b**).

[0023] In **Fig. 1** nicht näher dargestellt ist ein seitlich am Gehäuse **12** angeordnetes Batteriefach zur Aufnahme von Batterien zur Energieversorgung des Nivellierlasers **10** sowie weitere elektronische Komponenten, die der Nivellierung des Nivellierlasers **10** dienen. Die weiteren Komponenten umfassen zumindest einen Neigungssensor, mittels dem eine Neigung des Nivellierlasers **10**, insbesondere der ausgesendeten Laserstrahlung **18** - beispielsweise relativ zum Lot und/oder relativ zur Horizontalen oder dergleichen - ermittelt werden kann. Der Neigungssensor ist zumindest mit einer Ausgabevorrichtung **30** - hier realisiert als ein beleuchtbarer LED-Streifen - signaltechnisch verbunden, wobei in einem nivellierten Zustand des Nivellierlasers **10** die Ausgabe eines grünen Leuchtsignals einem Anwender den nivellierten Zustand anzeigt, während in einem nicht nivellierten Zustand die Ausgabe eines roten Leuchtsignals dem Anwender den unnivellierten Zustand anzeigt. Um von einem unnivellierten Zustand in einen nivellierten Zustand zu gelangen, braucht der Anwender die obere Gehäuseschale **26** lediglich relativ zur mit der Oberfläche **22** verbundenen unteren Gehäuseschale **28** zu drehen, bis die ausgesendete Laserstrahlung

18 nivelliert ist und die Ausgabevorrichtung **30** ein grünes Leuchtsignal ausgibt. Es sei angemerkt, dass der Nivellierlaser **10** insbesondere zur Verwendung an einer vertikalen Wand geeignet ist, sodass durch Drehen der oberen Gehäuseschale **26** eine horizontal nivellierte Laser-Projektionslinie **20** und/oder einer vertikal nivellierte Laser-Projektionslinie **20** einstellbar ist. Ferner ist denkbar, einen Nivellierwinkel vorzugeben (z.B. „45°“), beispielsweise über ein mit dem Nivellierlaser **10** signaltechnisch verbindbares externes Gerät wie ein Smartphone oder dergleichen.

[0024] Fig. 2a zeigt den zuvor beschriebenen Nivellierlaser **10** in einer schematischen Seitendarstellung. Fig. 2b zeigt die optischen Komponenten des Nivellierlasers **10** in einer schematischen Seitendarstellung. Der Nivellierlaser **10** umfasst als optische Komponenten zumindest eine Lasereinheit **16** und eine optische Projektionslinse **34**. Die Lasereinheit **16** ist hier durch eine Laserdiode realisiert. Die Projektionslinse **34** weist eine dreidimensionale Linsenoberfläche auf, wobei die Achse z des Koordinatensystems **32** mit der optischen Achse der Projektionslinse **34** zusammenfällt. Ferner umfassen die optischen Komponenten (das Austrittsfenster wird nicht als wesentliche optische Komponente angesehen, da es die Eigenschaften der Laserstrahlung **18** nahezu nicht beeinflusst) eine Kollimatorlinse **38**. Die optischen Komponenten bilden gemeinsam den Sendepfad des Nivellierlasers **10**. Die Projektionslinse **34** dient der Brechung und Auffächerung des Laserstrahls in einen Laserfächer **18a** (Laserebene), der sich in der aus den Achsen x, z aufgespannten Ebene erstreckt. Der Schnitt dieses Laserfächers **18a** mit der Oberfläche **22** erzeugt die Laser-Projektionslinie **20**, die für das menschliche Auge sichtbar ist. Die optischen Komponenten sind erfindungsgemäß derart ausgelegt, dass eine möglichst homogen ausgeleuchtete Laser-Projektionslinie **20** auf der Oberfläche **22** erreicht wird. Die Laser-Projektionslinie **20** erstreckt sich dabei zwischen einem Anfangspunkt **50** und einem Endpunkt **54** (Fig. 2a), zwischen denen die Ausleuchtung der Laser-Projektionslinie **20** besonders homogen ist.

[0025] Wie in Fig. 2b und in Fig. 3 vergrößert dargestellt, wird Laserstrahlung **18** von der Lasereinheit **16** ausgesendet und mittels der Kollimatorlinse **38** zu kollimierter Laserstrahlung **18b** kollimiert. Die Projektionslinse **34** wird mittels dieser kollimierten Laserstrahlung **18b** beleuchtet. Da lediglich der Teil des Laserfächers **18a** benötigt wird, der in Richtung der Oberfläche **22** verläuft, ist die Projektionslinse **34** teilweise geschwärzt (intransparent gemacht), sodass sie sich in einen zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie **20** verwendbaren Abschnitt **40** und einen zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie **20** nicht verwendbaren Abschnitt **42** gliedert. Natürlich kann diese Untergliederung auch anderweitig, beispielsweise unter Verwendung einer Blende, hervorgerufen

werden. Die Projektionslinse **34** ist aus Kunststoff gefertigt. Die Projektionslinse **34** weist in Richtung der Achse y eine spiegelsymmetrische Form auf, sodass in Richtung der Achse y keine Brechkraft entfaltet wird und die Auffächerung der kollimierten Laserstrahlung **18b** im Wesentlichen in der Ebene des Laserfächers **18a** erfolgt. Die Laser-Projektionslinie **20** ist daher besonders schmal darstellbar. Ferner ist denkbar, dass die Projektionslinse **34** in Richtung der Achse y derart ausgestaltet ist, dass eine in Richtung der Achse y wirkende Brechkraft entfaltet. Derart kann eine besonders feine Laser-Projektionslinie **20** erzeugt werden.

[0026] Die Linsenoberfläche der Projektionslinse **34** weist - zumindest in dem zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie **20** verwendbaren Abschnitt **40** der Projektionslinse **34** - eine Form mit entlang der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel **44** auf, vgl. insbesondere Fig. 3. Der Oberflächenneigungswinkel **44** stellt den Winkel der (der Lasereinheit **16** zugewandten) Linsenoberfläche **46** relativ zur Achse x dar. Die Linsenoberfläche **46** ist insbesondere als eine Freiformfläche realisiert und kann in Richtung der Achse z durch eine Funktion $z = f(x)$ beschrieben werden, wobei die Ableitung $z'(x)$ eine monoton steigende Funktion ist. Der maximale Oberflächenneigungswinkel **44** ist - wie in Fig. 2b und Fig. 3 ersichtlich - auf der der Oberfläche **22** zugewandten Seite der Projektionslinse **34** vorgesehen und ist derart gewählt, dass der geringste Abstand **48** (vgl. Fig. 2a) zwischen Anfangspunkt **50** der Laser-Projektionslinie **20** und Nivellierlaser **10** weniger als 25 mm beträgt. Ferner ist der minimale Oberflächenneigungswinkel **44**, der sich auf der der Oberfläche **22** abgewandten Seite der Projektionslinse **34** befindet, derart gewählt, dass der größte Abstand **52** (vgl. Fig. 2a) - unter dem die Ausleuchtung der Laser-Projektionslinie **20** noch im Wesentlichen homogen ist -, d.h. bis zum Endpunkt **54** der Laser-Projektionslinie **20**, mehr als 1500 mm beträgt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007039343 A1 [0002]
- EP 2379983 B1 [0003]
- US 9909035 [0009]

Patentansprüche

1. Nivellierlaser (10) zur Erzeugung einer Laser-Projektionslinie (20) auf einer Oberfläche (22), umfassend eine optische Projektionslinse (34) mit einer dreidimensionalen Linsenoberfläche (46), wobei die Projektionslinse (34) in einem dreidimensionalen, drei rechtwinklig zueinander angeordneten Achsen x, y, z aufweisenden Koordinatensystem (32) beschreibbar ist, wobei die z-Achse mit der optischen Achse der Projektionslinse (34) zusammenfällt und die Oberfläche (22) im Wesentlichen parallel zu einer durch die Achsen y, z aufgespannten Ebene liegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsenoberfläche (46) zumindest in einem zur Erzeugung der Laser-Projektionslinie (20) verwendbaren Abschnitt (40) der Projektionslinse (34) eine Form mit in Richtung der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel (44) aufweist.

2. Nivellierlaser (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektionslinse (34) in Richtung der Achse y eine spiegelsymmetrische, insbesondere zylindrische, Form aufweist.

3. Nivellierlaser (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektionslinse (34) mittels eines kollimierten Laserstrahls (18b) in Richtung der optischen Achse der Projektionslinse (34) beleuchtbar ist.

4. Nivellierlaser (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein maximaler Oberflächenneigungswinkel (44) auf einer der Oberfläche (22) zugewandten Seite der Projektionslinse (34) vorgesehen ist.

5. Nivellierlaser (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der maximale Oberflächenneigungswinkel (44) von einem geringsten Abstand (48) der Laser-Projektionslinie (20) zur Projektionslinse (34) abhängt.

6. Nivellierlaser (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein minimaler Oberflächenneigungswinkel (44) auf einer der Oberfläche (22) abgewandten Seite der Projektionslinse (34) vorgesehen ist.

7. Nivellierlaser (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der minimale Oberflächenneigungswinkel (44) von einem größten Abstand (52) der Laser-Projektionslinie (20) zur Projektionslinse (34) abhängt.

8. Nivellierlaser (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektionslinse (34) aus Kunststoff gefertigt ist.

9. Nivellierlaser (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Projektionslinse (34) und eine Kollimatorlinse (38) zu einem einzelnen Linsen-Bauteil integriert sind.

10. Optische Projektionslinse (34) mit einer dreidimensionalen Linsenoberfläche (46), wobei die Projektionslinse (34) in einem dreidimensionalen, drei rechtwinklig zueinander angeordneten Achsen x, y, z aufweisenden Koordinatensystem (32) beschreibbar ist, und wobei die z-Achse mit der optischen Achse der Projektionslinse (34) zusammenfällt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsenoberfläche (46) zumindest abschnittsweise eine Form mit entlang der Achse x monoton steigendem Oberflächenneigungswinkel (44) aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

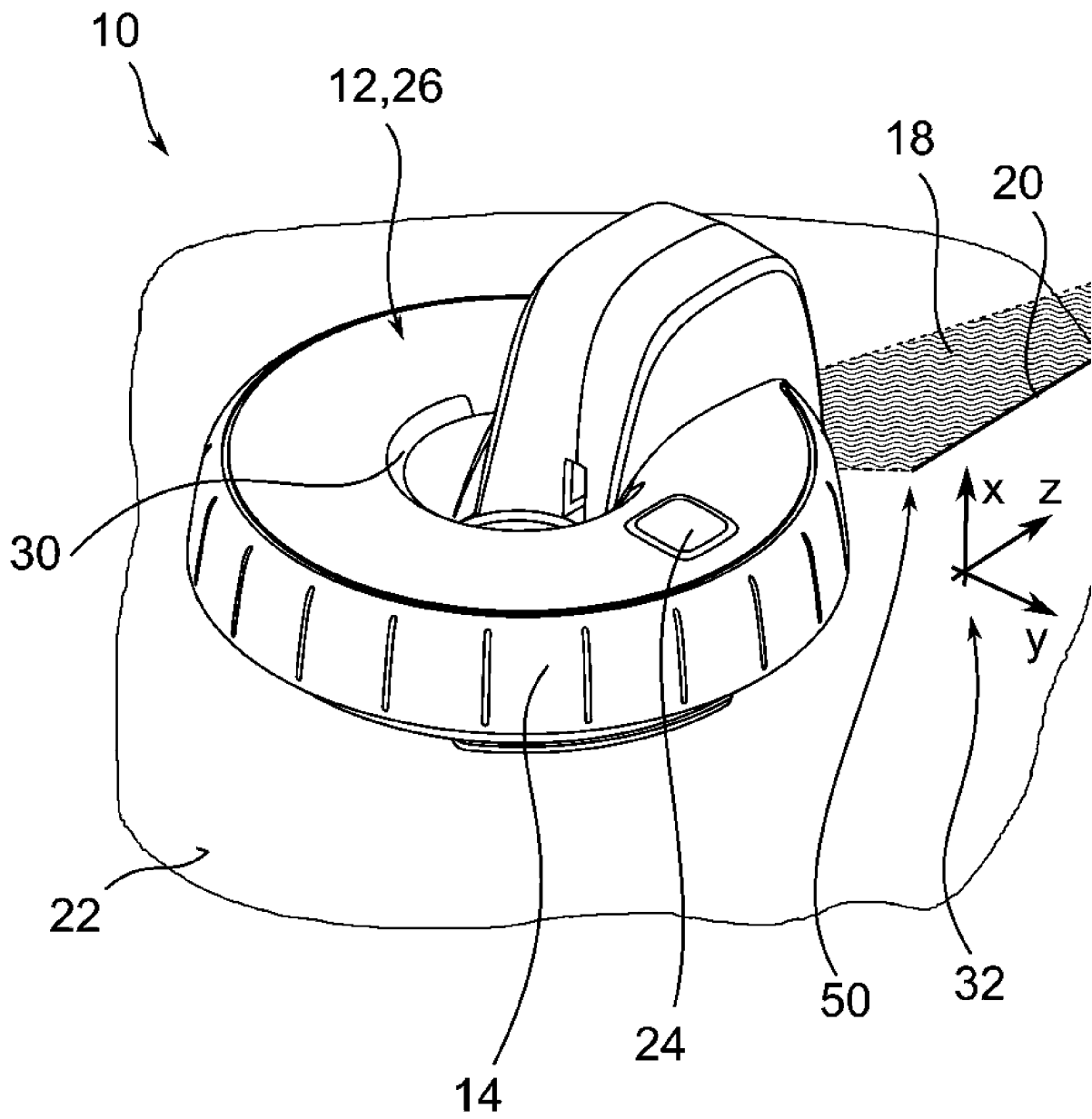


Fig. 1

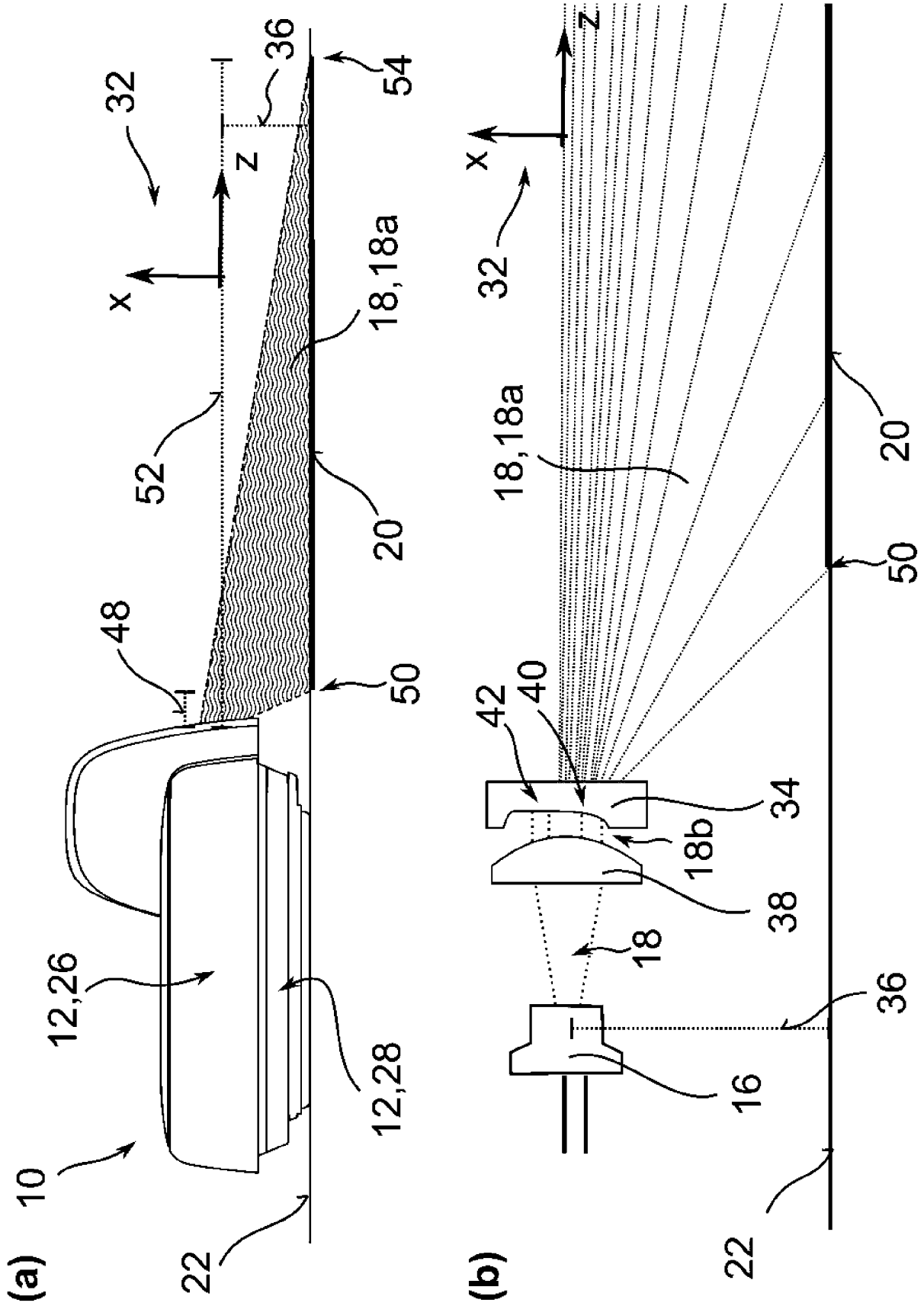


Fig. 2

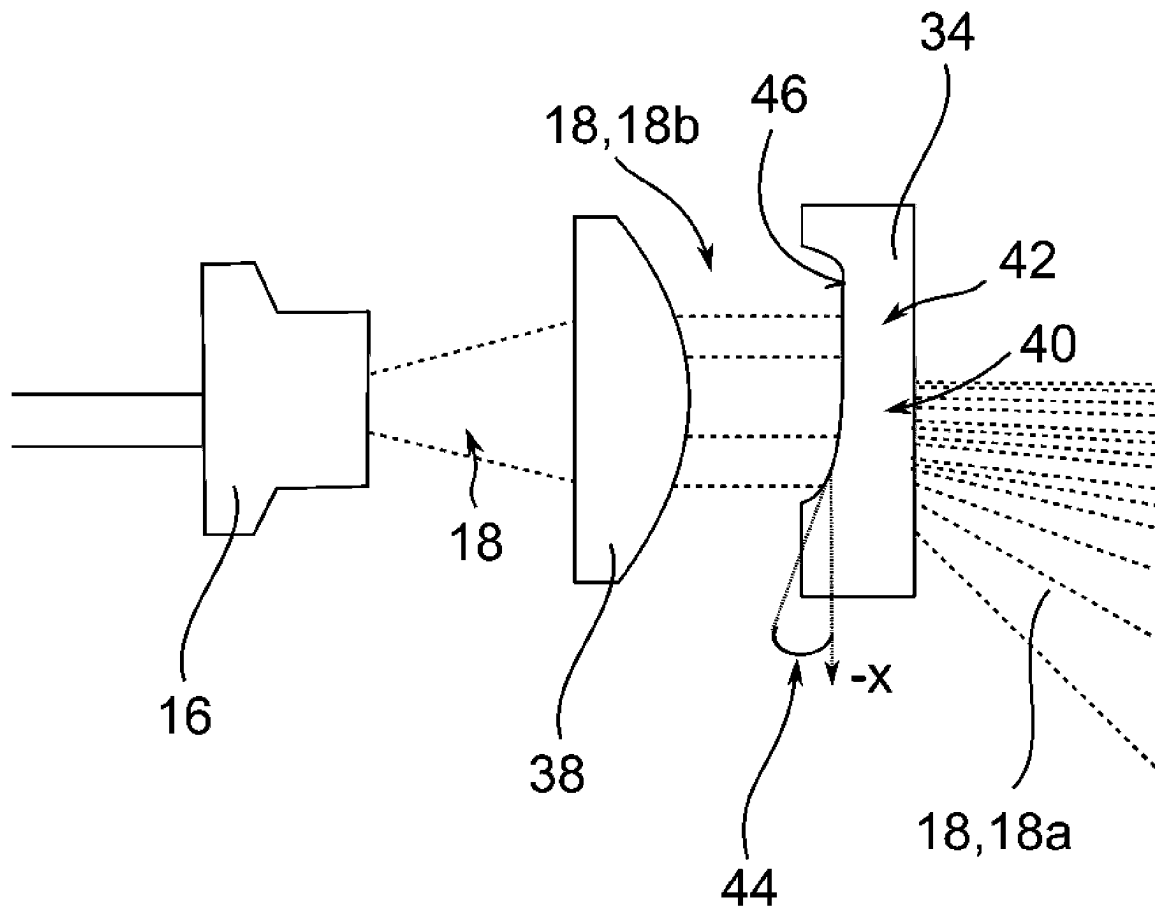


Fig. 3