



(10) **DE 10 2007 028 499 B4** 2011.08.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 028 499.5**
(22) Anmeldetag: **18.06.2007**
(43) Offenlegungstag: **02.01.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.08.2011**

(51) Int Cl.: **H01S 5/065 (2006.01)**
H01S 5/14 (2006.01)
H01S 3/1055 (2006.01)
G02B 7/18 (2006.01)
H01S 5/022 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
TOPTICA Photonics AG, 82166, Gräfelfing, DE

(74) Vertreter:
**Schneiders & Behrendt Rechts- und
Patentanwälte, 44787, Bochum, DE**

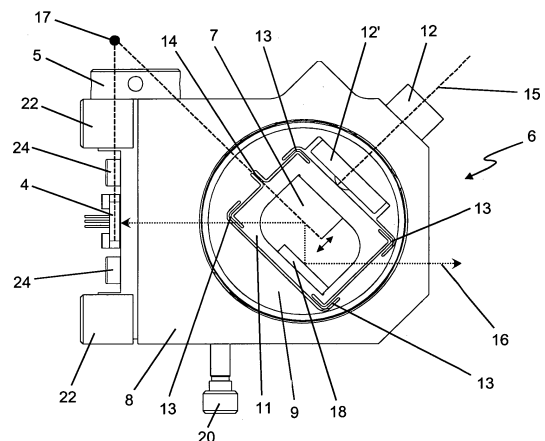
(72) Erfinder:
**Heine, Thomas, Wien, AT; Heidemann, Rainer,
81377, München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US	63 04 586	B1
US	60 26 100	A
US	59 95 521	A
US	46 01 452	A

(54) Bezeichnung: **Abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator**

(57) Hauptanspruch: Abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator in Littrow-Konfiguration, mit einem optischen Gitter (7), an dem der Lichtstrahl (16) einer Laserdiode (4) gebeugt wird, und einem Halteelement (6) zur Halterung des Gitters (7), wobei das System einen einzigen Aktuator (12) zur Veränderung der Position des Gitters (7) aufweist, wobei das Halteelement (6) einen Träger (11), an dem das Gitter (7) angeordnet ist, und einen Grundkörper (9) umfasst, wobei der Träger (11) mit dem Grundkörper (9) über Gelenke (13, 14) verbunden ist und es sich bei den Gelenken (13, 14) um Festkörpergelenke handelt, die translatorische und rotatorische Freiheitsgrade haben, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (12) auf den Träger (11) einwirkt und sich an dem Grundkörper (9) abstützt, und zwar in einer Weise, dass eine lineare Auslenkung des Aktuators (12) in Richtung einer Auslenkungsachse (15) in eine Drehung des Trägers (11) in der durch den Lichtstrahl von der Laserdiode zum Gitter (7) und den...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator in Littrow- oder Littman-Konfiguration, mit einem optischen Gitter, an dem der Lichtstrahl einer Laserdiode gebeugt wird, einem Halteelement zur Halterung des Gitters bzw. zur Halterung eines Spiegels, der das an dem Gitter gebeugte Licht reflektiert, wobei das System einen einzigen Aktuator zur Veränderung der Position des Gitters aufweist, wobei das Halteelement einen Träger, an dem das Gitter angeordnet ist, und einen Grundkörper umfasst, wobei der Träger mit dem Grundkörper über Gelenke verbunden ist und es sich bei den Gelenken um Festkörpergelenke handelt, die translatorische und rotatorische Freiheitsgrade haben.

[0002] Durch die Rückkopplung des Lichtes, das von einer Laserdiode eines Diodenlasers mit externem Resonator emittiert wird, kann die spektrale Bandbreite der Laseremission deutlich reduziert werden. Ein externer Resonator ermöglicht darüber hinaus das Abstimmen der Laserwellenlänge. Aus dem Stand der Technik bekannt sind Konfigurationen mit Rückkopplung über ein optisches Gitter, an dem das mittels der Laserdiode erzeugte Licht gebeugt wird. Das Gitter kann an der Vorderseite der Laserdiode, d. h. im Nutzstrahl, oder an der Rückseite der Laserdiode angeordnet sein, wobei im letzteren Fall die Rückkopplung über die Endfacette der Laserdiode erfolgt.

[0003] Bei Diodenlasern in so genannter Littrow-Konfiguration wird das von der Laserdiode emittierte Licht mittels einer Kollimationsoptik kollimiert und an dem optischen Gitter gebeugt. Das Licht der nullten Beugungsordnung wird als Nutzstrahl ausgekoppelt, das Licht der ersten Beugungsordnung wird hingegen in die Laserdiode zurückreflektiert, so dass das Beugungsgitter und die Endfacette der Laserdiode einen Resonator bilden. Die Abstimmung der Wellenlänge erfolgt bei einem Diodenlaser in Littrow-Konfiguration durch Drehung des optischen Gitters. Diese Drehung bewirkt eine Änderung des Einfallswinkels des Laserstrahls auf das Gitter und folglich eine Variation der Wellenlänge der resonant zurückgekoppelten ersten Beugungsordnung. Um das Diodenlasersystem modensprungfrei zu verstimmen, muss gleichzeitig mit der Änderung des Drehwinkels des Beugungsgitters die Länge des optischen Resonators variiert werden, so dass stets dieselbe Lasermode im Resonator vorherrscht. Eine koordinierte Winkel- und Längenänderung ist genau dann realisiert, wenn das Beugungsgitter um ein Drehzentrum gedreht wird, das durch die Schnittlinie der Ebenen der Oberfläche des optischen Gitters und der Endfacette der Laserdiode definiert ist. In der Praxis ist eine solche Drehachse nachteiligerweise nicht oder nur mit großem Aufwand akkurat realisierbar. Zudem führt der notwendigerweise lange

Dreharm des Beugungsgitters zu einer sehr großen Bauform. Dies wiederum führt nachteiligerweise dazu, dass das System empfindlich auf niederfrequente mechanische Schwingungen reagiert und thermisch nur schwer kontrollierbar ist. Der lange Dreharm ist außerdem nachteilig, weil es aufgrund beim Transport einwirkender Kräfte leicht zur Dejustage kommen kann.

[0004] Des Weiteren sind Diodenlasersysteme in der so genannten Littman-Konfiguration bekannt. Bei diesen Systemen wird der von einer Laserdiode emittierte Laserstrahl ebenfalls an einem optischen Gitter gebeugt, wobei jedoch das Licht der ersten Beugungsordnung auf einen Spiegel fällt, der das Licht auf das Beugungsgitter zurückreflektiert. Der Spiegel bildet mit der Endfacette der Laserdiode einen optischen Resonator. Zur Abstimmung der Wellenlänge wird der Spiegel gedreht. Durch diese Drehung ändert sich der Winkel zwischen dem gebeugten Strahl erster Ordnung und der Normalen des optischen Gitters. Hierdurch wird die Resonanzbedingung vorgegeben. Zum modensprungfreien Abstimmen der Wellenlänge muss bei einem Diodenlasersystem in Littman-Konfiguration der Spiegel um ein Drehzentrum gedreht werden, das durch die Schnittlinie dreier Ebenen definiert ist. Dies sind die Ebene der Endfacette der Laserdiode, die Ebene der Oberfläche des Beugungsgitters und die Ebene der Oberfläche des Spiegels. Die akkurate Realisierung dieses Drehzentrums erfordert in der Praxis eine sehr aufwendige Mechanik. Die Fertigung und Wartung solcher Lasersysteme ist entsprechend teuer und zeitintensiv. Eine fehlerhafte Position des Drehzentrums schränkt den modensprungfreien Abstimmbereich deutlich ein.

[0005] Ein abstimmbares Diodenlasersystem der eingangs angegebenen Art, bei dem zur Veränderung der Position des Gitters Aktuatoren vorgesehen sind, ist aus dem Stand der Technik bekannt (J. Hult et al.: "Wide-bandwidth mode-hop-free tuning of extended-cavity GaN diode lasers", Applied Optics, 20.06.2005, Bd. 44, Nr. 18, S. 3675–3679). Bei dem vorbekannten System ist ein Halteelement zur Halterung des Beugungsgitters vorgesehen. Das Halteelement umfasst zwei Piezoaktuatoren, die eine Drehung des Beugungsgitters und eine synchrone Änderung der Länge des optischen Resonators bewirken. Die Drehung erfolgt um ein (virtuelles) Drehzentrum, das durch die Ansteuerung der Piezoaktuatoren definiert ist. Nachteilig ist bei diesem System, dass zwei separate Piezoaktuatoren erforderlich sind. Die korrekte Ansteuerung der Piezoaktuatoren zur Realisierung einer modensprungfreien Abstimmbarkeit ist kompliziert, was eine entsprechend aufwendige Elektronik erforderlich macht. Das System ist dadurch aufwendig und teuer in der Herstellung.

[0006] Die Druckschrift US 6,026,100 A offenbart ein abstimmbares Diodenlasersystem mit externem

Resonator in Littrow-Konfiguration, bei welchem ein Bewegungselement so gegen eine Blattfeder wirkt, dass der Gitterträger mit samt dem darauf angeordneten Gitter gedreht wird. Durch die Verwendung nur eines einzigen Bewegungselementes wird eine modensprungfreie Abstimmbarkeit des Diodenlasersystems erreicht. Nachteilig ist bei diesem System die relativ umfangreiche Baugröße, welche bei beengten Einbauverhältnissen hinderlich sein kann.

[0007] Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der Erfindung, ein abstimmbares Diodenlasersystem bereitzustellen, das eine zuverlässige modensprungfreie Abstimmbarkeit ermöglicht und außerdem sehr kompakt aufgebaut sowie einfach und kostengünstig realisierbar ist.

[0008] Diese Aufgabe löst die Erfindung ausgehend von einem Diodenlasersystem der eingangs angegebenen Art dadurch, dass der Aktuator auf den Träger einwirkt und sich an dem Grundkörper abstützt, und zwar in der Weise, dass eine lineare Auslenkung des Aktuators in Richtung einer Auslenkungsachse in eine Drehung des Trägers in der durch den Lichtstrahl von der Laserdiode zum Gitter und den vom Gitter gebeugten Lichtstrahl aufgespannten Ebene des Lichtstrahls umgesetzt wird, wobei das Drehzentrum außerhalb der äußeren Umgrenzung des Grundkörpers liegt, und wobei die Gelenke beiderseits der Auslenkungsachse angeordnet sind.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Diodenlasersystem kann ein kontinuierliches modensprungfreies Abstimmen der Wellenlänge mittels eines einzigen Aktuators erfolgen. Das Beugungsgitter (in Littrow-Konfiguration) bzw. der Spiegel (in Littman-Konfiguration) werden zuverlässig um das korrekte Drehzentrum herum gedreht. Gemäß der Erfindung umfasst das Halteelement einen Träger für das Gitter bzw. für den Spiegel und einen Grundkörper, wobei der Träger mit dem Grundkörper über Gelenke verbunden ist. Die Anordnung und Auslegung dieser Gelenke bestimmt, wie die lineare Auslenkung des Aktuators in eine Drehbewegung des Trägers umgesetzt wird. Die Anordnung und Auslegung der Gelenke sowie die Position des Einwirkungspunktes des Aktuators an dem Träger definieren präzise und reproduzierbar das Drehzentrum. Das Drehzentrum liegt dabei außerhalb des Grundkörpers des Halteelements. Dies ermöglicht vorteilhafterweise einen besonders kompakten Aufbau.

[0010] Das erfindungsgemäße Lasersystem kommt mit einem einzigen Aktuator aus. Eine aufwendige Ansteuerungselektronik zur koordinierten Auslenkung mehrerer Aktuatoren ist bei dem erfindungsgemäßen System nicht erforderlich. Im Übrigen umfasst das erfindungsgemäße System nur wenige mit vergleichsweise geringem Aufwand herstellbare Kompo-

nenten, so dass das System insgesamt kostengünstig herstellbar ist.

[0011] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Systems ist, dass es aufgrund seiner kompakten Abmessungen vergleichsweise unempfindlich hinsichtlich mechanischer Schwingungen ist.

[0012] Dadurch, dass die Gelenke des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems elastische Festkörpergelenke sind, kann deren Steifigkeit über die Längen und die Dicken der Gelenkabschnitte gezielt vorgegeben werden. Die einzelnen Gelenke können unterschiedlich steif sein. Das (virtuelle) Drehzentrum kann bei der Herstellung des Halteelements durch entsprechende Dimensionierung der einzelnen Gelenke gezielt vorgegeben werden, ohne dass ansonsten die Mechanik angepasst werden müsste. Außerdem können durch die Auslegung der Gelenke hinsichtlich ihrer Steifigkeit die mechanischen Resonanzfrequenzen so beeinflusst werden, dass die Empfindlichkeit auf mechanische Schwingungen gering ist und eine besonders schnelle Abstimmung der Wellenlänge mittels des Aktuators möglich ist.

[0013] Ein weiterer Vorteil der Festkörpergelenke ist, dass diese quasi verschleißfrei arbeiten, was eine gute Langzeitstabilität des Systems sicherstellt. Aufgrund der elastischen Eigenschaften der Festkörpergelenke kann außerdem der zur Drehung des Gitters bzw. des Spiegels erforderliche Stellmechanismus besonders einfach realisiert werden. Für die Drehung muss nämlich lediglich in einer Richtung eine Kraft mittels des Aktuators gegen die elastischen Rückstellkräfte der Festkörpergelenke ausgeübt werden. Die Rückstellkräfte sorgen dann automatisch für die Langzeitstabilität der Abstimmung. Zweckmäßigerweise sind bei dem erfindungsgemäßen Lasersystem der Träger und der Grundkörper miteinander einstückig (monolithisch) ausgebildet. Hierzu können bekannte Elektroerosionsverfahren, wie beispielsweise die Drahterosion, eingesetzt werden. Dies wirkt sich wiederum günstig auf die Herstellungskosten und gleichzeitig auf die Kompaktheit der Gesamtanordnung aus.

[0014] Bei einer sinnvollen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems sind als Festkörpergelenke wenigstens ein Führungsgelenk, das zwei Translations- und einen Rotationsfreiheitsgrad hat, und wenigstens ein Drehungsgelenk vorgesehen, wobei das Drehungsgelenk einen Translations- und einen Rotationsfreiheitsgrad hat. Das Führungsgelenk bewirkt eine Führung des Trägers in der Ebene des Lichtstrahls, während das Drehungsgelenk dafür sorgt, dass die lineare Auslenkung des Aktuators in eine Drehung des Trägers um das gewünschte Drehzentrum herum umgesetzt wird. Das wenigstens ein Führungsgelenk ermöglicht also eine Translation und Rotation in der Ebene des Lichtstrahls. Das

Drehungsgelenk "fesselt" den Träger an den Grundkörper, was die erfindungsgemäße Umsetzung der linearen Auslenkung des Aktuators in eine Drehung um das außerhalb des Grundkörpers liegende Drehzentrum bewirkt. Die Festkörpergelenke können beispielsweise als Platten- oder Blattfedergelenke ausgebildet sein. Solche Gelenke haben translatorische und rotatorische Freiheitsgrade, wobei die Biegesteifigkeit der Gelenke in der Ebene des Laserstrahls vorteilhafterweise um Größenordnungen kleiner ist als in der dazu senkrechten Richtung. Hierdurch lässt sich die Führung der zur Abstimmung erforderlichen Drehung des Gitters bzw. des Spiegels gezielt bewirken.

[0015] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen abstimmbaren Diodenlasersystems ist vorgesehen, dass die Position des Drehzentrums durch Veränderung der Position des Einwirkungspunktes des Aktuators an dem Träger justierbar ist. Bei dem erfindungsgemäßen System kann sehr einfach die Position des Drehzentrums dadurch justierbar ausgestaltet werden, dass die Position des Aktuators und damit die Position des Einwirkungspunktes des Aktuators an dem Träger veränderbar ist. Die Position des Einwirkungspunktes beeinflusst in wohl definierter Art und Weise die Umsetzung der linearen Auslenkung des Aktuators in die Drehung des Trägers, an dem das Beugungsgitter bzw. der Spiegel befestigt ist.

[0016] Bei dem erfindungsgemäßen abstimmbaren Diodenlasersystem kann der die Abstimmung bewirkende Aktuator im einfachsten Fall eine manuell zu betätigende Stellschraube sein, die in einem passenden Gewinde in dem Grundkörper des Haltelements geführt ist und je nach Einschraubtiefe die Position des Trägers festlegt. Ebenso kommen als Aktuator ein linearer Stellmotor oder ein linearer Piezoaktuator in Frage.

[0017] Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems, bei dem das Haltelement außerdem ein Drehgestell umfasst, an dem der Grundkörper in der Ebene des Lichtstrahls drehbar gelagert ist. Diese Ausgestaltung ermöglicht zusätzlich eine sehr einfache (grobe) Durchstimmung des Lasersystems durch Drehung des Grundkörpers (und damit des Gitters bzw. des Spiegels) relativ zu dem Drehgestell. Das Haltelement ist dabei zweckmäßigerweise so ausgestaltet, dass die Drehung des optischen Gitters beziehungsweise des Spiegels um den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Gitter bzw. auf den Spiegel herum erfolgt. Es kann in diesem Fall ein kleines Gitter bzw. ein kleiner Spiegel verwendet werden, was durch die entsprechend kleine Baugröße des Trägers die Resonanzfrequenz der Anordnung erhöht und damit die Empfindlichkeit auf mechanische (akustische) Schwingungen verringert.

[0018] Eine zweckmäßige Weiterbildung des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems sieht vor, dass ein Diodenhalter zur Halterung der Laserdiode und einer Kollimationsoptik vorgesehen ist. Der Diodenhalter umfasst die Laserdiode und die Kollimationsoptik, wobei zweckmäßigerweise die Position der Laserdiode relativ zur Kollimationsoptik justierbar sein sollte, um den bestmöglichen Laserstrahl zu erhalten. Der Diodenhalter ist zur Justierung des Auftreffwinkels auf das Gitter drehbar. Dabei geht es vor allem darum, dafür Sorge zu tragen, dass der Lichtstrahl in der Weise auf das Beugungsgitter auftrifft, dass die gewünschte Rückkopplung des gebeugten Lichtes in die Laserdiode hergestellt wird. Eine besonders zweckmäßige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Lasersystems sieht vor, dass der Diodenhalter an dem Drehgestell drehbar gelagert ist, und zwar um eine zur Drehachse des Grundkörpers senkrechte Drehachse. Hierdurch ergibt sich insgesamt ein sehr kompakter und geschlossener Aufbau. Alle Komponenten können so aneinander festgelegt und fixiert werden, dass eine hohe Langzeitstabilität der vorgenommenen Justierung gewährleistet ist. Eine hohe Transportstabilität ist gewährleistet, da kaum Drehmomente um die Drehachse des an dem Drehgestell gelagerten Diodenhalters zu erwarten sind.

[0019] Laserdioden im Sinne der Erfindung sind beliebige Halbleiterlaser, wie z. B. Fabry-Perot Laserdioden, Antireflex-beschichtete (AR) Laserdioden, Dioden mit trapezförmiger Geometrie der aktiven Zone, Breitstreifenemitter oder dergleichen.

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) Explosionsdarstellung eines erfindungsgemäßen Diodenlasersystems in Littrow-Konfiguration;

[0022] [Fig. 2](#) Draufsicht auf das Haltelement des erfindungsgemäßen Lasersystems mit daran angebrachtem Diodenhalter;

[0023] [Fig. 3](#) teilweise geschnittene Draufsicht auf den Grundkörper und den Träger des Haltelements;

[0024] [Fig. 4](#) Anbringung der Laserdiode an dem Diodenhalter;

[0025] [Fig. 5](#) Anbringung der Kollimationsoptik an dem Diodenhalter;

[0026] [Fig. 6](#) Haltelement des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems mit daran festgeklemmtem Diodenhalter in Draufsicht.

[0027] Die Figuren zeigen ein erfindungsgemäßes abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator in Littrow-Konfiguration.

[0028] Die Explosionsdarstellung gemäß **Fig. 1** zeigt die wesentlichen Einzelteile des Systems. Ein Deckel **1** sowie eine Basisplatte **2** bilden das äußere Gehäuse des Systems. In der Basisplatte **2** sind die elektrischen Anschlüsse untergebracht. Zur Temperaturstabilisierung des Laserresonators dient ein Peltierelement **3**. Die zentralen Komponenten des erfindungsgemäßen Diodenlasersystems sind eine Laserdiode **4**, die an einem Diodenhalter **5** angeordnet ist, sowie ein Halteelement **6** zur Halterung eines optischen Gitters **7**. Das Halteelement umfasst ein Drehgestell **8** sowie einen Grundkörper **9**. Der Grundkörper **9** ist an dem Drehgestell **8** um eine vertikale Drehachse drehbar gelagert. Hierzu wird der kreisrunde Grundkörper **9** in die dazu korrespondierende Ausnehmung in dem Drehgestell **8** eingesetzt. Die Wellenlänge des von dem Diodenlasersystem emittierten Lichtes ist durch Drehung des Grundkörpers **9** relativ zu dem Drehgestell **8** grob durchstimmbar. Dabei erfolgt die Drehung des Grundkörpers **9** um den Auftreffpunkt des Laserlichtstrahls der Laserdiode **4** auf das Beugungsgitter **7** herum. Auf das Halteelement **6** ist ein Resonatordeckel **10** aufgeschraubt, um den Grundkörper **9** in vertikaler Richtung zu fixieren.

[0029] Zentrales Element des erfindungsgemäßen Diodenlasers ist das Halteelement **6**, dessen Aufbau im Detail in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt ist. Das Halteelement **6** umfasst einen Träger **11**, an dem das optische Gitter **7** angeordnet ist. Zur Veränderung der Position des Gitters **7** ist ein Piezoaktuator **12** vorgesehen, der sich an dem Grundkörper **9** abstützt und auf den Träger **11** einwirkt. Der Grundkörper **9** ist mit dem Träger **11** über insgesamt fünf Festkörpergelenke verbunden. Dies sind vier symmetrisch angeordnete Führungsgelenke **13** und ein Drehungsgelenk **14**, das seitlich versetzt zur Auslenkungsachse **15** des Aktuators **12** angeordnet ist. Die vier Führungsgelenke **13** dienen der Führung des Trägers **11** in der Ebene des Lichtstrahls **16** der Laserdiode **4** und bestimmen im Wesentlichen die mechanischen Resonanzfrequenzen des Systems. Das Drehungsgelenk **14** sorgt dafür, dass eine lineare Auslenkung des Aktuators **12** entlang der Achse **15** in eine Drehung des Trägers **11** umgesetzt wird. Dabei liegt das Drehzentrum **17** dieser Drehung, wie in der **Fig. 2** dargestellt, außerhalb des Grundkörpers **9**. Das Drehzentrum ist definiert durch die Schnittlinie der Ebene der Oberfläche des Beugungsgitters **7** und der Ebene der Endfacette der Laserdiode **4**. Die Drehung um das Drehzentrum **17** ermöglicht, wie oben erläutert, eine modensprungfreie Abstimmung der Laserwellenlänge. Die Position des Drehzentrums **17** ist durch Veränderung der Position des Einwirkungspunktes des Aktuators **12** an dem Träger **11** justierbar. Dieser Einwirkungspunkt ist definiert durch den Schnittpunkt der Auslenkungs-

achse **15** des Aktuators **12** mit der seitlichen Oberfläche des Trägers **11**. Durch einfaches Verschieben einer Piezoplatte **12'** des Aktuators **12** kann der Einwirkungspunkt variiert werden. Dadurch lässt sich die Position des Drehzentrums **17** fein einstellen.

[0030] In der **Fig. 2** ist der Strahlengang des Laserlichts dargestellt. Der Laserstrahl **16** trifft auf das Beugungsgitter **7** auf. Das Licht der nullten Beugungsordnung wird als Nutzstrahl ausgekoppelt und verlässt das Lasersystem. Die erste Beugungsordnung hingegen wird in die Laserdiode **4** zurückreflektiert, so dass das Gitter **7** und die Endfacette der Laserdiode **4** einen optischen Resonator bilden. Der Nutzstrahl wird an einem Umlenkspiegel **18** zusätzlich reflektiert. Der Umlenkspiegel **18** ist, wie in den Figuren zu erkennen ist, an dem Träger **11** angeordnet, so dass die Position des Umlenkspiegels **18** relativ zu dem Beugungsgitter **7** fixiert ist. Der Umlenkspiegel kompensiert die Winkeländerung des Laserstrahls bei der Abstimmung des Lasersystems. Die Winkeländerung wird in einen geringen Strahlversatz umgewandelt.

[0031] Wie in der **Fig. 3** zu erkennen ist, sind in dem Grundkörper **9** und in dem Träger **11** Lichteintritts- und austrittsöffnungen **19** für den Laserstrahl ausgebildet. Dazu korrespondierende Öffnungen weist das Drehgestell **8** auf. Insgesamt wird somit der Laserstrahl im Inneren des Halteelements **6** geführt.

[0032] Zur groben Durchstimmung ist, wie oben erläutert, der Grundkörper **9** an dem Drehgestell **8** drehbar gelagert. Zur Durchstimmung dient eine mechanische Stellschraube **20**, die in das Drehgestell **8** einschraubbar ist. Die Stellschraube **20** wirkt auf den Grundkörper **9** ein, und zwar gegen die Kraft einer (nicht dargestellten) Rückstellfeder. Die Drehung erfolgt um eine vertikale Drehachse, die durch den Auftreffpunkt des Laserstrahls **16** auf das Gitter **7** verläuft. Dies ermöglicht es, ein klein dimensioniertes Beugungsgitter **7** zu verwenden, so dass insgesamt eine sehr kompakte Bauform erzielt wird.

[0033] In den **Fig. 4** und **Fig. 5** ist der Diodenhalter **5** des erfindungsgemäßen Lasersystems im Detail dargestellt. Der Diodenhalter **5** dient zur Halterung der Laserdiode **4** und der Kollimationsoptik **21**. Der Diodenhalter **5** ist im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet. Das Drehgestell **8** weist seitlich eine zu der Form des Diodenhalters **5** korrespondierende (halb-)zylindrische Ausnehmung auf. Diese nimmt den Diodenhalter **5**, wie in der **Fig. 6** gezeigt, auf. Zur Festlegung des Diodenhalters **5** an dem Drehgestell **8** dienen mit dem Drehgestell **8** verschraubbare Klemmklotze **22**. Der Diodenhalter ist auf diese Weise um eine horizontale Drehachse an dem Drehgestell **8** drehbar gelagert. Die Richtung des Laserstrahls lässt sich in einer vertikalen Ebene justieren, um die Rückkopplung des an dem optischen Gitter **7** gebeugten Lichtes in die Laserdiode **4** herzustellen. In der gewünschten

Stellung wird der Diodenhalter **5** mittels der Klemmklotze **22** fixiert. Die einmal vorgenommene Justierung hat eine gute Langzeitstabilität, da Drehmomente um die Drehachse des Diodenhalters **5** selbst bei starken mechanischen Beanspruchungen, wie beispielsweise durch Stöße beim Transport, kaum auftreten. Durch die großen Kontaktflächen zwischen dem Diodenhalter **5** und dem Drehgestell **8** ist ein guter Wärmeübergang sichergestellt. Die insgesamt sehr kompakte und geschlossene Einheit aus Diodenhalter **5**, Drehgestell **8**, Grundkörper **9**, Träger **11** und Resonatordeckel **10** bewirkt eine äußerst geringe thermische Frequenzdrift des Lasersystems sowie eine geringe Empfindlichkeit auf niederfrequente (akustische) mechanische Schwingungen.

[0034] Wie die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) weiterhin zeigen, ist die Laserdiode **4** mittels einer Klemmplatte **23** relativ zur Kollimationsoptik **21** in transversaler Richtung justierbar. In der gewünschten Stellung wird die Klemmplatte **23** mittels zweier Schrauben **24** an dem Diodenhalter **5** fixiert. Die Kollimationsoptik **21** ist parallel zur optischen Achse verschiebbar. Mittels eines Klemmrings **25** ist die Kollimationsoptik in der gewünschten Stellung dauerhaft fixierbar. Bei der Kollimationsoptik handelt es sich im einfachsten Fall um eine Linse.

Patentansprüche

1. Abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator in Littrow-Konfiguration, mit einem optischen Gitter (**7**), an dem der Lichtstrahl (**16**) einer Laserdiode (**4**) gebeugt wird, und einem Halteelement (**6**) zur Halterung des Gitters (**7**), wobei das System einen einzigen Aktuator (**12**) zur Veränderung der Position des Gitters (**7**) aufweist, wobei das Halteelement (**6**) einen Träger (**11**), an dem das Gitter (**7**) angeordnet ist, und einen Grundkörper (**9**) umfasst, wobei der Träger (**11**) mit dem Grundkörper (**9**) über Gelenke (**13, 14**) verbunden ist und es sich bei den Gelenken (**13, 14**) um Festkörpergelenke handelt, die translatorische und rotatorische Freiheitsgrade haben, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktuator (**12**) auf den Träger (**11**) einwirkt und sich an dem Grundkörper (**9**) abstützt, und zwar in einer Weise, dass eine lineare Auslenkung des Aktuators (**12**) in Richtung einer Auslenkungsachse (**15**) in eine Drehung des Trägers (**11**) in der durch den Lichtstrahl von der Laserdiode zum Gitter (**7**) und den vom Gitter (**7**) gebeugten Lichtstrahl aufgespannten Ebene des Lichtstrahls (**16**) umgesetzt wird, wobei das Drehzentrum (**17**) außerhalb der äußeren Umgrenzung des Grundkörpers (**9**) liegt, und wobei die Gelenke (**13, 14**) beiderseits der Auslenkungsachse (**15**) angeordnet sind.

2. Abstimmbares Diodenlasersystem mit externem Resonator in Littman-Konfiguration, mit einem optischen Gitter (**7**), an dem der Lichtstrahl (**16**) einer La-

serdiode (**4**) gebeugt wird, und mit einem Halteelement (**6**) zur Halterung eines Spiegels, der das an dem Gitter (**7**) gebeugte Licht reflektiert, wobei das System einen einzigen Aktuator (**12**) zur Veränderung der Position des Spiegels aufweist, wobei das Halteelement (**6**) einen Träger (**11**), an dem der Spiegel angeordnet ist, und einen Grundkörper (**9**) umfasst, wobei der Träger (**11**) mit dem Grundkörper (**9**) über Gelenke (**13, 14**) verbunden ist und es sich bei den Gelenken (**13, 14**) um Festkörpergelenke handelt, die translatorische und rotatorische Freiheitsgrade haben, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (**12**) sich an dem Grundkörper (**9**) abstützt und in einer Weise auf den Träger (**11**) einwirkt, dass eine lineare Auslenkung des Aktuators (**12**) in Richtung einer Auslenkungsachse (**15**) in eine Drehung des Trägers (**11**) in der durch den Lichtstrahl von der Laserdiode zum Gitter (**7**) und den vom Gitter (**7**) gebeugten Lichtstrahl aufgespannten Ebene des Lichtstrahls (**16**) umgesetzt wird, wobei das Drehzentrum (**17**) außerhalb der äußeren Umgrenzung des Grundkörpers (**9**) liegt, und wobei die Gelenke (**13, 14**) beiderseits der Auslenkungsachse (**15**) angeordnet sind.

3. Abstimmbares Diodenlasersystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörpergelenke unterschiedlich steif sind.

4. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Festkörpergelenke wenigstens ein Führungsgelenk (**13**), das zwei Translations- und einen Rotationsfreiheitsgrad hat, und wenigstens ein Drehungsgelenk (**14**) vorgesehen sind, wobei das Drehungsgelenk (**14**) einen Translations- und einen Rotationsfreiheitsgrad hat.

5. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörpergelenke (**13, 14**) als Platten- oder Blattfedergelenke ausgebildet sind.

6. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Drehzentrums (**17**) durch Veränderung der Position des Einwirkungspunktes des Aktuators (**12**) an dem Träger (**11**) justierbar ist.

7. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator (**12**) ein linearer Stellmotor, ein linearer Piezoaktuator, oder eine Stellschraube ist.

8. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Halteelement (**6**) außerdem ein Drehgestell (**8**) umfasst, an dem der Grundkörper (**9**) in der Ebene des Lichtstrahls (**16**) drehbar gelagert ist.

9. Abstimmbares Diodenlasersystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge des von dem Diodenlasersystem emittierten Lichtes durch Drehung des Grundkörpers (9) relativ zu dem Drehgestell (8) durchstimmbar ist.

10. Abstimmbares Diodenlasersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch einen Diodenhalter (5) zur Halterung der Laserdiode (4) und einer Kollimationsoptik (21), wobei der Diodenhalter (5) zur Justierung des Auftreffwinkels des Lichtstrahls (16) auf das Gitter (7) drehbar ist.

11. Abstimmbares Diodenlasersystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Diodenhalter (5) an dem Drehgestell (8) drehbar gelagert ist, und zwar um eine zur Drehachse des Grundkörpers (9) senkrechte Drehachse.

12. Abstimmbares Diodenlasersystem nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Diodenhalter (5) im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist, wobei das Halteelement (6) zur Aufnahme des Diodenhalters (5) eine zu dessen Form korrespondierende Ausnehmung aufweist.

13. Abstimmbares Diodenlasersystem nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch wenigstens einen mit dem Halteelement (6) lösbar verbindbaren Klemmklotz (22) zur Festlegung des Diodenhalters (5) an dem Halteelement (6).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

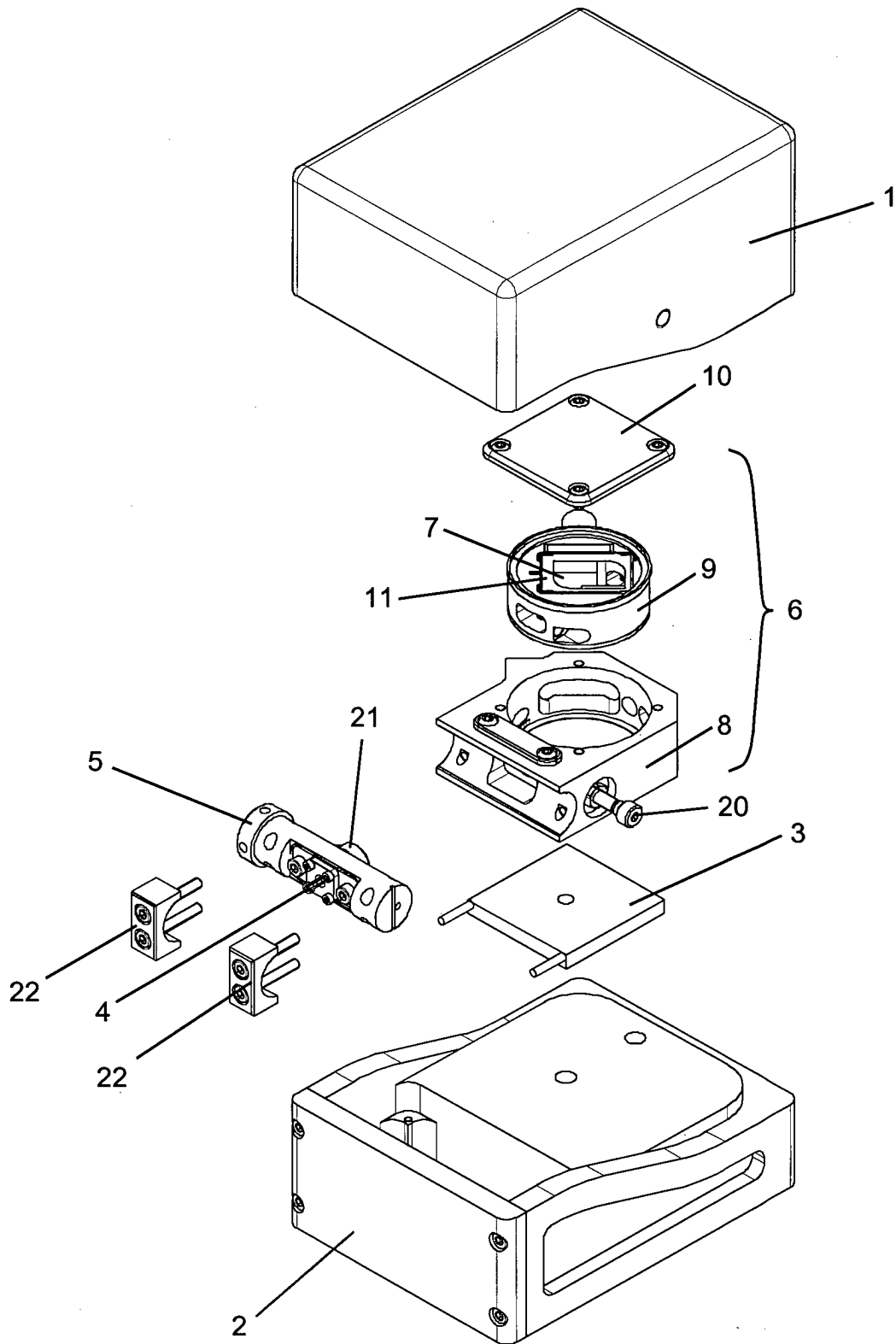


Fig. 1

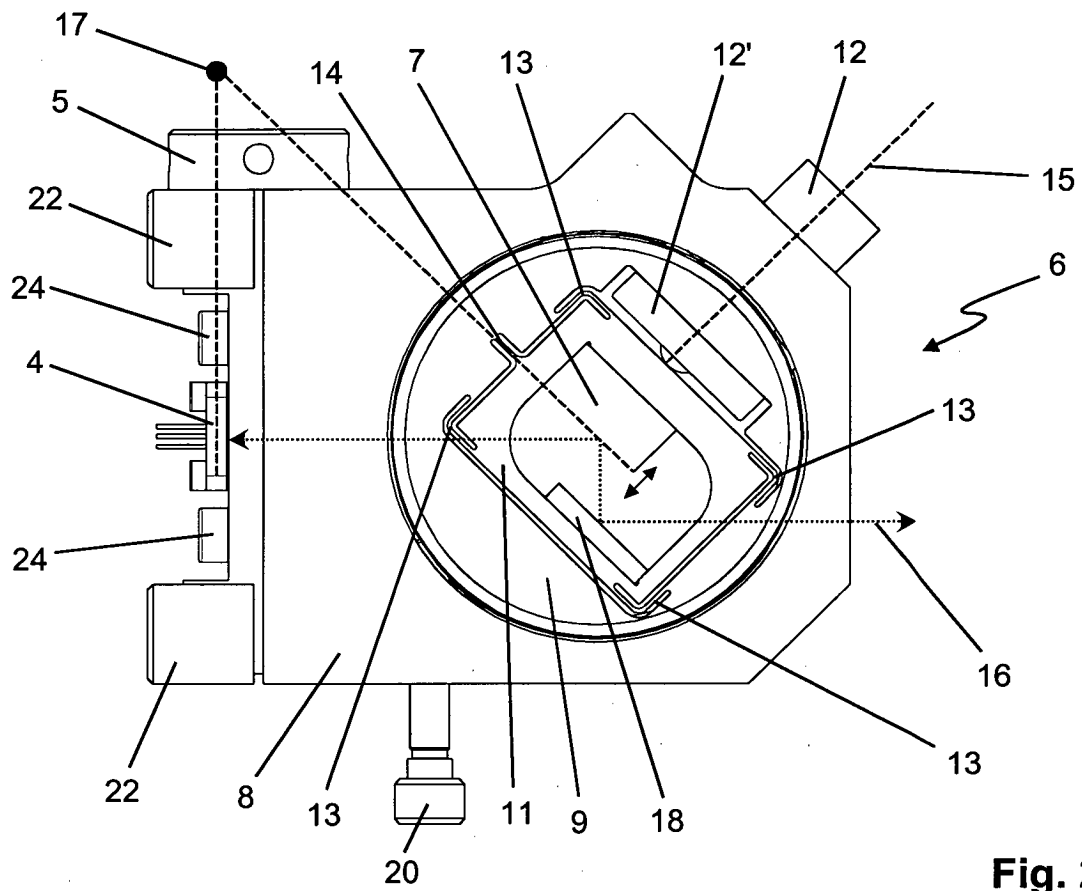


Fig. 2

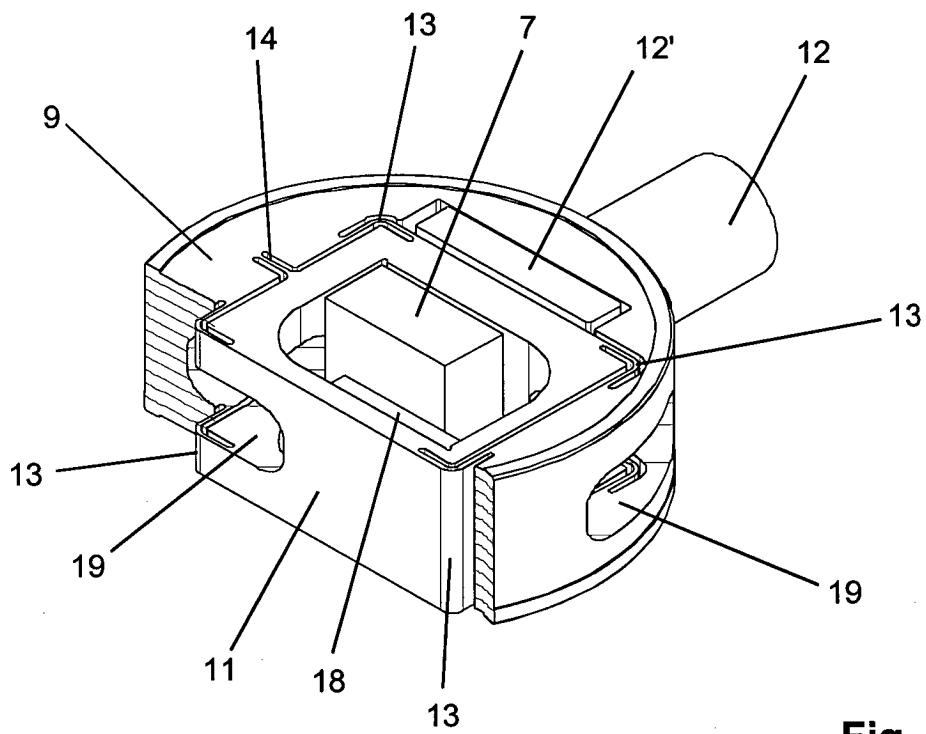


Fig. 3

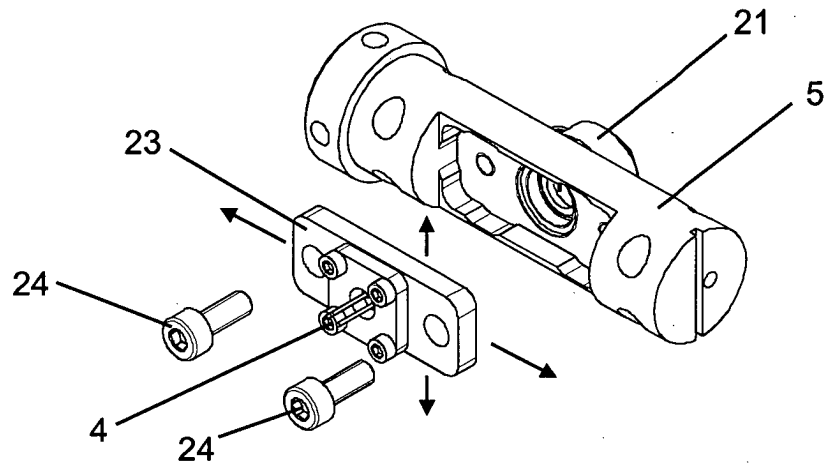


Fig. 4

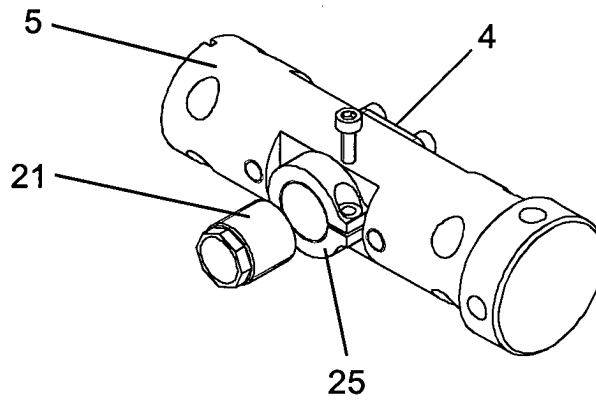


Fig. 5

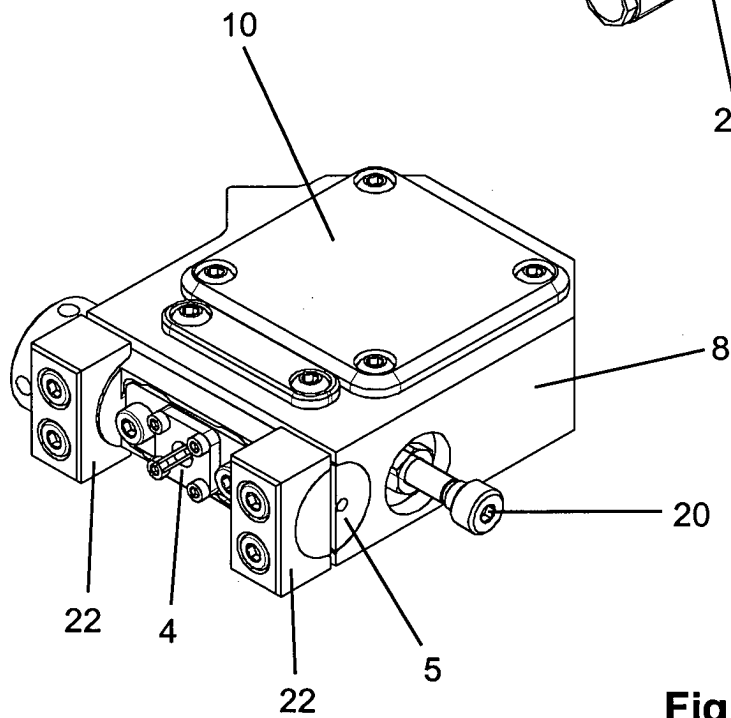


Fig. 6