



(10) **DE 20 2023 105 334 U1** 2023.11.09

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2023 105 334.3**  
(22) Anmeldetag: **14.09.2023**  
(47) Eintragungstag: **28.09.2023**  
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **09.11.2023**

(51) Int Cl.: **G02B 27/00 (2006.01)**  
**G02B 17/00 (2006.01)**  
**G02B 27/16 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2213600.6**                      **16.09.2022**      **GB**

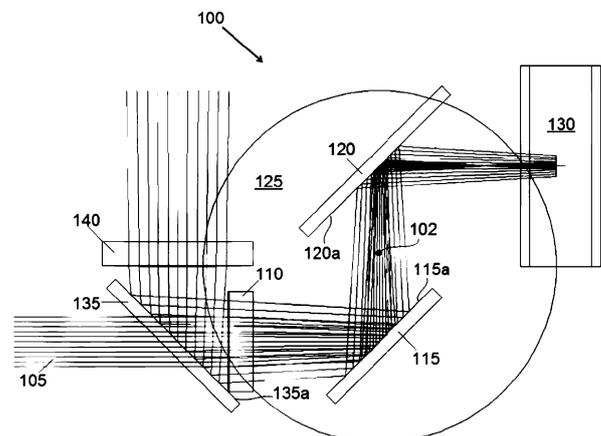
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**ALLTEC Angewandte Laserlicht Technologie  
Gesellschaft mit beschränkter Haftung, 23923  
Selmsdorf, DE**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Prock, Thomas, Dr., EC4A 1BW London, GB**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optische Pfadanordnung mit variabler Länge**

(57) Hauptanspruch: Baugruppe mit variabler optischer Weglänge zum Definieren eines optischen Weges von einem Eingang zu einem Ausgang, wobei die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge Folgendes umfasst:  
eine drehbare Basis, die so konfiguriert ist, dass sie sich um eine Achse dreht;  
ein Verstärkungselement;  
eine erste optische Komponente, wobei ein erster Teil der ersten optischen Komponente mit der drehbaren Basis und ein zweiter Teil der ersten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist; und  
eine zweite optische Komponente, wobei ein erster Teil der zweiten optischen Komponente mit der drehbaren Basis und ein zweiter Teil der zweiten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist.



**Beschreibung**

## GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine optische Pfadanordnung mit variabler Länge.

## HINTERGRUND

**[0002]** Verschiedene optische Systeme, z. B. optische Projektoren, Teleskope, Mikroskope oder Kameras, verwenden Subsysteme zur Einstellung der Position einer Brennebene des optischen Systems. Zu diesen Teilsystemen gehören häufig Linearaktuatoren, die eine oder mehrere Linsen näher oder weiter von einer oder mehreren anderen Linsen im optischen System wegbewegen. Linearaktuatoren zur Änderung des Abstands zwischen den Linsen in einem optischen Gerät können jedoch weniger zuverlässig und/oder weniger präzise sein als wünschenswert.

**[0003]** Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein oder mehrere Probleme zu überwinden oder abzuschwächen, die mit bekannten Vorrichtungen zur Einstellung der optischen Weglänge verbunden sind, unabhängig davon, ob sie hierin identifiziert wurden oder nicht.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0004]** In einem ersten Aspekt wird eine Baugruppe mit variabler optischer Weglänge zum Definieren eines optischen Weges von einem Eingang zu einem Ausgang bereitgestellt, wobei die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge Folgendes umfasst: eine drehbare Basis, die so konfiguriert ist, dass sie sich um eine Achse dreht, ein Verstärkungselement, eine erste optische Komponente, wobei ein erster Abschnitt der ersten optischen Komponente mit der drehbaren Basis gekoppelt ist und ein zweiter Abschnitt der ersten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist, und eine zweite optische Komponente, wobei ein erster Abschnitt der zweiten optischen Komponente mit der drehbaren Basis gekoppelt ist und ein zweiter Abschnitt der zweiten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist.

**[0005]** Die erste und die zweite optische Komponente tragen dazu bei, den optischen Pfad zu definieren, und eine Drehung der drehbaren Basis bewirkt, dass sich die Länge des optischen Pfades ändert, wenn sich die Position der ersten und der zweiten optischen Komponente ändert. Vorteilhafterweise erhöht das Verstärkungselement die Steifigkeit der Baugruppe und verringert die Verformung der optischen Komponenten, wenn sich die drehbare Basis beispielsweise von einer ersten Drehposition in eine zweite Drehposition dreht.

**[0006]** Der erste Teil der ersten optischen Komponente kann ein erstes Ende der ersten optischen Komponente sein und der erste Teil der zweiten optischen Komponente kann ein erstes Ende der zweiten optischen Komponente sein.

**[0007]** Die ersten Enden der optischen Bauteile können Kanten der optischen Bauteile sein.

**[0008]** Der zweite Teil der ersten optischen Komponente ist ein zweites Ende der ersten optischen Komponente und der zweite Teil der zweiten optischen Komponente ist ein zweites Ende der zweiten optischen Komponente.

**[0009]** Die zweiten Enden der optischen Bauteile können Kanten der optischen Bauteile sein.

**[0010]** Das zweite Ende des ersten optischen Bauteils kann im Allgemeinen gegenüber dem ersten Ende des ersten optischen Bauteils liegen, und das zweite Ende des zweiten optischen Bauteils kann im Allgemeinen gegenüber dem ersten Ende des zweiten optischen Bauteils liegen.

**[0011]** Das erste und zweite Ende kann beispielsweise das obere bzw. untere Ende der optischen Komponenten sein. Es versteht sich von selbst, dass der Bezug auf oben und unten natürlich von der Ausrichtung der Baugruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt abhängt, aber hier bezieht sich oben auf ein Ende, das am weitesten von der drehbaren Basis entfernt ist, und unten auf ein Ende, das der drehbaren Basis am nächsten ist.

**[0012]** Das Verstärkungselement kann ein erstes Kopplungselement umfassen, und wobei das zweite Ende der ersten optischen Komponente mit dem ersten Kopplungselement gekoppelt ist.

**[0013]** Das Verstärkungselement kann eine erste Nut aufweisen, und das zweite Ende der ersten optischen Komponente befindet sich innerhalb der ersten Nut.

**[0014]** Das heißt, das erste Kopplungselement kann die erste Rille sein. Die Anordnung des zweiten Endes des ersten optischen Bauteils in der ersten Nut bewirkt eine Kopplung des ersten optischen Bauteils mit dem Verstärkungselement. Das zweite Ende kann so in der ersten Nut angeordnet werden, dass es eine Presspassung bildet. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Klebstoff verwendet werden. So kann beispielsweise Klebstoff in die Nut eingebracht und das optische Element in den Klebstoff in der Nut gedrückt werden. Andere Methoden der Verbindung sind möglich. Beispielsweise kann das Verstärkungselement ein Klemmelement umfassen, das, wenn sich das zweite Ende in der ersten Nut befindet, das zweite Ende festklemmen kann.

**[0015]** Das Verstärkungselement kann ein zweites Kopplungselement umfassen, und wobei das zweite Ende der zweiten optischen Komponente mit dem zweiten Kopplungselement gekoppelt ist.

**[0016]** Das Verstärkungselement kann eine zweite Rille aufweisen, und das zweite Ende der zweiten optischen Komponente befindet sich in der zweiten Rille.

**[0017]** Das heißt, das zweite Kopplungselement kann die zweite Rille sein. Die Anordnung des zweiten Endes des zweiten optischen Bauteils in der zweiten Nut bewirkt die Verbindung des zweiten optischen Bauteils mit dem Verstärkungselement. Das zweite Ende kann sich in der zweiten Nut befinden, so dass eine Presspassung entsteht. Alternativ oder zusätzlich kann auch ein Klebstoff verwendet werden. So kann beispielsweise Klebstoff in die Nut eingebracht und das optische Element in den Klebstoff in der Nut gedrückt werden. Andere Methoden der Verbindung sind möglich. Beispielsweise kann das Verstärkungselement ein Klemmelement umfassen, das, wenn sich das zweite Ende in der zweiten Nut befindet, das zweite Ende festklemmen kann.

**[0018]** Entsprechende Nuten können in der drehbaren Basis vorhanden sein. Das heißt, die erste und die zweite optische Komponente können mit der drehbaren Basis gekoppelt werden, indem ihre ersten Enden in die Nuten der drehbaren Basis eingeführt werden. Natürlich sind auch andere Kopplungsmittel möglich, wie sie in Bezug auf die Nuten des Verstärkungselements beschrieben wurden. So kann zum Beispiel Klebstoff auf die Nuten in der drehbaren Basis aufgetragen werden und die optischen Komponenten in den Klebstoff in den Nuten gedrückt werden.

**[0019]** Die erste und die zweite Rille können parallel zueinander angeordnet sein. Das heißt, die Rillen können sich entlang einer geraden Linie erstrecken, wobei beide Rillen parallel zueinander verlaufen. Natürlich können in anderen Beispielen die erste und die zweite Nut nicht parallel sein, je nachdem, wie die erste und die zweite optische Komponente angeordnet werden sollen.

**[0020]** Das Verstärkungselement kann eine flächige Struktur aufweisen. Das heißt, dass sich das Verstärkungselement in zwei Dimensionen (z. B. Länge, Breite) deutlich mehr als in der dritten Dimension (Tiefe) erstrecken kann. Die erste und die zweite Nut können in einer Ebene der ebenen Oberfläche liegen.

**[0021]** Das Verstärkungselement kann im Allgemeinen in einer Ebene angeordnet sein, die senkrecht zur Achse verläuft. Das heißt, die Achse kann in einem Winkel von 90 Grad zur Ebene angeordnet

sein. Die Achse und das Verstärkungselement können so angeordnet sein, dass die Achse durch den Mittelpunkt des Verstärkungselements verläuft.

**[0022]** Die ebene Struktur kann die Form eines Parallelogramms haben. Beispielsweise kann die ebene Struktur in der Ebene, in der die Länge und Breite liegen, ein Parallelogramm oder eine parallelogrammähnliche Form bilden.

**[0023]** Das erste optische Bauteil kann aus einem ersten Spiegel bestehen. Das zweite optische Bauteil kann einen zweiten Spiegel umfassen.

**[0024]** Die Baugruppe kann ferner einen Aktuator umfassen, der mit der drehbaren Basis gekoppelt ist, wobei der Aktuator, wenn er betätigt wird, so konfiguriert ist, dass er die drehbare Basis veranlasst, sich um die Achse zu drehen.

**[0025]** Das Stellglied kann ein Motor sein, z. B. ein Galvanometer.

**[0026]** In einem zweiten Aspekt wird ein Verstärkungselement zur Verwendung in der Baugruppe mit variabler optischer Weglänge des ersten Aspekts bereitgestellt, wobei das Verstärkungselement eine Oberfläche, einen ersten Kopplungsabschnitt, der auf der Oberfläche angeordnet ist, wobei der erste Kopplungsabschnitt so konfiguriert ist, dass er mit dem zweiten Abschnitt der ersten optischen Komponente koppelt, und einen zweiten Kopplungsabschnitt, der auf der Oberfläche angeordnet ist, umfasst, wobei der zweite Kopplungsabschnitt so konfiguriert ist, dass er mit dem zweiten Abschnitt der zweiten optischen Komponente koppelt.

**[0027]** Der erste Kupplungsabschnitt kann eine erste Nut aufweisen, die entlang der Oberfläche angeordnet ist, und der zweite Kupplungsabschnitt kann eine zweite Nut aufweisen, die entlang der Oberfläche angeordnet ist.

**[0028]** Beispielsweise können die erste und die zweite Nut so gestaltet sein, dass sie die Teile der ersten und der zweiten optischen Komponente aufnehmen.

**[0029]** Die erste Rille und die zweite Rille können parallel zueinander verlaufen.

**[0030]** Das Verstärkungselement kann aus einem Kunststoff, Metall, Verbundwerkstoff oder einem anderen geeigneten Material bestehen. Das Verstärkungselement kann aus Aluminium 6061 bestehen.

**[0031]** Das Verstärkungselement kann aus einer ebenen Struktur bestehen.

**[0032]** Die ebene Struktur kann, wie oben beschrieben, die Form eines Parallelogramms haben.

**[0033]** In einem dritten Aspekt wird ein optisches System bereitgestellt, das die Anordnung mit variabler optischer Weglänge wie im ersten Aspekt umfasst.

**[0034]** Ein vierter Aspekt ist ein Laserbeschriftungskopf mit einer Baugruppe für variable optische Weglängen.

**[0035]** Es versteht sich von selbst, dass die im Zusammenhang mit einem Aspekt der Erfindung beschriebenen Merkmale mit den im Zusammenhang mit einem anderen Aspekt der Erfindung beschriebenen Merkmalen kombiniert werden können.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0036]** Verschiedene Aspekte mindestens einer Ausführungsform werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Abbildungen erörtert, die nicht maßstabsgetreu gezeichnet sein sollen. Die Abbildungen dienen der Veranschaulichung und dem weiteren Verständnis der verschiedenen Aspekte und Ausführungsformen und sind Bestandteil dieser Beschreibung, sind aber nicht als Definition der Grenzen der Erfindung gedacht. In den Abbildungen wird jedes identische oder nahezu identische Bauteil, das in verschiedenen Abbildungen dargestellt ist, durch eine gleiche Ziffer dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist nicht jedes Bauteil in jeder Abbildung beschriftet. In den Abbildungen:

**Abb. 1A** ist eine Draufsicht auf eine Ausführungsform einer Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge in einer ersten Ausrichtung;

**Abb. 1 B** ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge von **Abb. 1A** in der ersten Ausrichtung;

**Abb. 2A** ist eine Draufsicht auf die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge von **Abb. 1A** in einer zweiten Ausrichtung;

**Abb. 2B** ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge von **Abb. 1A** in der zweiten Ausrichtung;

**Abb. 3A** ist eine Draufsicht auf die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge von **Abb. 1A** in einer dritten Ausrichtung;

**Abb. 3B** ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge von **Abb. 1A** in der dritten Ausrichtung;

**Abb. 4** ist eine Draufsicht auf eine Ausführungsform einer Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge in der ersten Ausrichtung;

**Abb. 5** ist eine schematische Darstellung eines optischen Systems mit einer Ausführungsform einer Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge;

**Abb. 6** ist eine perspektivische Darstellung eines drehbaren Weglängeneinstellers;

**Abb. 7** ist eine perspektivische Ansicht eines Verstärkungselements des in **Abb. 6** dargestellten drehbaren Weglängeneinstellers; und;

**Abb. 8** zeigt verschiedene Ansichten des Verstärkungselements von **Abb. 7**.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0037]** **Abb. 1A** und **Abb. 1B** zeigen eine Ausführungsform einer Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge in einer Draufsicht bzw. einer perspektivischen Ansicht. Ein Lichtstrahl 105 ist dargestellt, der durch eine erste Linse 110 in die Vorrichtung eintritt. Bei dem Lichtstrahl 105 kann es sich um einen Laserstrahl handeln. Der Laserstrahl 105 kann von einem Kohlendioxidlaser oder einer anderen in der Technik bekannten Art von Laser erzeugt werden. Die erste Linse 110 kann einen Durchmesser von z. B. 10 mm haben. Nach dem Durchgang durch die erste Linse 110 trifft der Lichtstrahl 105 auf ein erstes optisches Element 115, z. B. auf den ersten von zwei beweglichen Spiegeln 115, 120. Der Lichtstrahl 105 wird von der reflektierenden Oberfläche 115a des ersten beweglichen Spiegels 115 auf die reflektierende Oberfläche 120a des zweiten Spiegels 120 des Paares beweglicher Spiegel 115, 120 reflektiert. Das Paar beweglicher Spiegel 115, 120 ist an einer Drehbasis 125 befestigt, die sich um eine Achse senkrecht zur Oberfläche der Drehbasis 125 drehen kann. Die Achse der Drehbasis verläuft durch einen Mittelpunkt 102 zwischen dem Paar beweglicher Spiegel 115, 120.

**[0038]** Ein Schrittmotor oder ein anderer Drehantrieb oder Aktuator (siehe **Abb. 5**) kann verwendet werden, um die Drehbasis 125 und das Paar beweglicher Spiegel 115, 120 wie gewünscht zu drehen. Der Drehantrieb kann durch einen Drehantrieb wie z. B. einen Galvanometermotor erfolgen. Der Aktor kann ein mikroelektromechanischer (MEMS) Aktor sein. Der Aktor kann ein piezoelektrischer Aktor, ein magnetischer Aktor, ein Gleichstrommotor, ein Schrittmotor, ein Servomotor oder ein anderer geeigneter Aktor sein.

**[0039]** Der Lichtstrahl 105 wird von der reflektierenden Oberfläche 120a des zweiten beweglichen Spiegels 120 in einen Eckreflektor 130 reflektiert, der ein Paar senkrechter Spiegel 130a, 130b (oder alternativ ein reflektierendes Prisma mit senkrechten reflektierenden Facetten) umfassen kann. Der Lichtstrahl 105 wird vom Eckreflektor 130 in die entgegengesetzte Richtung reflektiert, aus der er in den Eckreflektor

130 eingetreten ist, und trifft wieder auf die reflektierende Oberfläche 120a des zweiten beweglichen Spiegels 120. Der Lichtstrahl 105 trifft auf den zweiten beweglichen Spiegel 120, nachdem er vom Eckreflektor 130 zurückreflektiert wurde, in einer anderen vertikalen Position auf als in der Position, in der der Lichtstrahl auf den zweiten beweglichen Spiegel 120 auftraf, nachdem er durch den ersten beweglichen Spiegel 115 auf den zweiten beweglichen Spiegel 120 gerichtet wurde. Der Unterschied in der vertikalen Position hängt mit dem vertikalen Abstand zwischen den Teilen der Spiegel 130a, 130b des Eckreflektors 130 zusammen, an denen der Lichtstrahl 105 reflektiert wurde. Der Lichtstrahl 105 wird von der reflektierenden Oberfläche 120a des zweiten beweglichen Spiegels 120 zurück auf die reflektierende Oberfläche 115a des ersten beweglichen Spiegels 115 reflektiert. Der Lichtstrahl 105 trifft auf den ersten beweglichen Spiegel 115 auf, nachdem er von dem zweiten beweglichen Spiegel 120 in einer anderen vertikalen Position reflektiert wurde als in der Position, in der der Lichtstrahl von der ersten Linse 110 auf den ersten beweglichen Spiegel 115 auftraf. Der Lichtstrahl 105 wird dann von der Reflexionsfläche 115a des ersten beweglichen Spiegels 115 auf eine Reflexionsfläche 135a eines Ausgangsspiegels 135 reflektiert. Der Ausgangsspiegel 135 ist vertikal von der ersten Linse 110 versetzt. Der Lichtstrahl 105 wird von dem Ausgangsspiegel 135 durch eine zweite Linse 140 reflektiert, die auch als Ausgangslinse bezeichnet werden kann. Die zweite Linse 140 ist relativ zur ersten Linse 110 vertikal versetzt. Der Lichtstrahl tritt durch die zweite Linse 140 und aus der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 aus. Die zweite Linse 140 kann einen Durchmesser von z. B. etwa 20 mm haben.

**[0040]** In einigen Ausführungsformen kann der Ausgangsspiegel 135 weggelassen werden, und der Lichtstrahl 105 kann aus der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge in einer Richtung austreten, die derjenigen entgegengesetzt ist, in der er in die Vorrichtung 100 eingetreten ist. In solchen Ausführungsformen kann die zweite Linse 140 parallel zur ersten Linse 110, aber vertikal zu ihr versetzt, angeordnet sein.

**[0041]** Die reflektierenden Oberflächen jedes der Spiegel und des Eckreflektors 130 in der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 können plan sein. Eine oder beide der Linsen 110, 140 können eine oder zwei Oberflächen haben, die entweder konkav, konvex oder plan (flach) sind, oder eine der Linsen 110, 140 kann eine oder beide Oberflächen mit einer anderen Krümmung als die andere Linse 110, 140 haben.

**[0042]** Es wird weiterhin anerkannt, dass einer oder mehrere der Spiegel 115, 120, 130 nicht planar sein können. Zum Beispiel kann einer oder mehrere der

Spiegel ein konkaver Spiegel sein und dadurch zur optischen Gesamtleistung des optischen Systems beitragen. Der eine oder die mehreren gekrümmten Spiegel können zum Beispiel mit den Linsen zusammenwirken, um eine variable Brennweite zu erzielen.

**[0043]** Optische Komponenten, die in dem beschriebenen System verwendet werden, können Elemente mit konkaven, konvexen oder ebenen Oberflächen umfassen, die Beispiele für brechende und reflektierende Optiken sind. Es versteht sich jedoch, dass auch andere optische Elemente mit optischer Leistung verwendet werden können. Die optische Leistung eines optischen Elements kann in Form von  $1/\text{Brennweite}$  (gemessen in  $\text{m}^{-1}$  oder Dioptrien) definiert werden. Zu den alternativen optischen Elementen können beugende (z. B. Fresnel-Linsen) und metallische Linsen gehören.

**[0044]** Es ist zu verstehen, dass die Richtung des Lichtstrahls 105 entgegengesetzt zu der oben beschriebenen sein kann, und der Lichtstrahl kann in die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 durch die zweite Linse 140 eintreten und die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 durch die erste Linse 110 verlassen. Es ist auch zu verstehen, dass eine oder beide der ersten und zweiten Linsen 110, 140 weggelassen werden können oder innerhalb einer optischen Vorrichtung in einem größeren Abstand von den Spiegeln der Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 angeordnet sein können als dargestellt.

**[0045]** Die ersten und zweiten Linsen 110, 140 können aus einem Material bestehen, das in der Lage ist, den Lichtstrahl 105 bei der Betriebsfrequenz des Lichtstrahls zu brechen. Die ersten und zweiten Linsen 110, 140 können z. B. aus BK7-Borosilikatglas, Quarz, ZnSe oder Ge hergestellt sein. Die Linsen können eine für die Wellenlänge des Lichtstrahls 105 spezifische Antireflexionsbeschichtung aufweisen. Die Spiegel der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge können aus BK7-Borosilikatglas, Quarz, Silizium, Kupfer oder anderen geeigneten Materialien hergestellt sein. Die reflektierenden Oberflächen der Spiegel können mit einer hochreflektierenden Beschichtung versehen sein, die z. B. aus einer oder mehreren Schichten aus Silber, Gold, Aluminium oder dielektrischen Materialien besteht. Die mehrschichtige Spiegelbeschichtung kann so gestaltet sein, dass das Reflexionsvermögen der Spiegeloberfläche maximiert wird. Metallspiegel, wie z. B. Kupfer, können mit einer Schutzschicht hochglanzpoliert sein.

**[0046]** **Abb. 2A** und **Abb. 2B** zeigen eine Draufsicht bzw. eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge der **Abb. 1A** und **Abb. 1B**, wobei die Drehbasis 125 gegenüber ihrer Position in den **Abb. 1A** und **Abb. 1B** um  $10^\circ$

gegen den Uhrzeigersinn gedreht wurde. Die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 mit dem Drehsockel 125 und den Spiegeln 115, 120 in der in **Abb. 2A** und **Abb. 2B** dargestellten Ausrichtung ist größer als die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 mit dem Drehsockel 125 und den Spiegeln 115, 120 in der in **Abb. 1A** und **Abb. 1B** dargestellten Ausrichtung. Die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 ist bei der Vorrichtung 100 mit der in **Abb. 2A** dargestellten Ausrichtung um 3,2 mm größer als bei der Vorrichtung mit der in **Abb. 1A** dargestellten Ausrichtung. Dies kann zu einer Brennweitenverschiebung von -21,3 mm im Vergleich zu derjenigen der Vorrichtung mit der in **Abb. 1A** dargestellten Ausrichtung führen.

**[0047]** **Abb. 3A** und **Abb. 3B** zeigen eine Draufsicht bzw. eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge der **Abb. 1A** und **Abb. 1B**, wobei die Drehbasis 125 um  $10^\circ$  im Uhrzeigersinn relativ zu ihrer Position in den **Abb. 1A** und **Abb. 1B** gedreht wurde. Die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 mit dem Drehsockel 125 und den Spiegeln 115, 120 in der in den **Abb. 3A** und **Abb. 3B** dargestellten Ausrichtung ist kürzer als die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 mit dem Drehsockel 125 und den Spiegeln 115, 120 in der in den **Abb. 1A** und **Abb. 1B** dargestellten Ausrichtung. Die Weglänge zwischen den Linsen 110, 140 ist bei der Vorrichtung 100 mit der in **Abb. 3A** dargestellten Ausrichtung um 3,8 mm geringer als bei der Vorrichtung mit der in **Abb. 1A** dargestellten Ausrichtung. Dies kann zu einer Brennweitenverschiebung von +69,6 mm im Vergleich zu derjenigen der Vorrichtung mit der in **Abb. 1A** dargestellten Ausrichtung führen.

**[0048]** Die Spiegel 115, 120 können zusammen mit dem Sockel 125 als drehbarer Weglängeneinsteller 160 bezeichnet werden. Es wird deutlich, dass die Beziehung zwischen der Brennweite und der Ausrichtung des drehbaren Weglängeneinstellers 160 von der optischen Leistung der Eingangs- und Ausgangslinsen sowie von der Geometrie des drehbaren Weglängeneinstellers 160 und den anderen Komponenten der variablen optischen Weglängenordnung 100 abhängt. Wenn beispielsweise der Abstand der Spiegel von der Drehachse 102 vergrößert wird, vergrößert sich auch die Änderung der geometrischen Weglänge bei einer bestimmten Drehung.

**[0049]** Der Eckreflektor 130 kann, allgemeiner ausgedrückt, als festes optisches Element bezeichnet werden. Es versteht sich, dass der Eckreflektor 130 im Gegensatz zu den Spiegeln 115, 120 in seiner Position relativ zur Drehachse 102 des drehbaren Weglängeneinstellers 160 fixiert ist.

**[0050]** Es wird davon ausgegangen, dass der drehbare Weglängeneinsteller 160 im Allgemeinen ein Strahlungsband entlang eines Eingangsweges (d. h. von der Eingangslinse 110) empfängt. Der drehbare Weglängeneinsteller 160 kann auch so verstanden werden, dass er das Strahlenbündel entlang eines ersten Zwischenweges zwischen dem Spiegel 120 und dem Eckspiegel 130 lenkt (nachdem es z. B. zuerst durch den Spiegel 115 auf den Spiegel 120 gelenkt wurde).

**[0051]** Der Eckreflektor 130 empfängt also den vom drehbaren Weglängeneinsteller entlang des ersten Zwischenwegs gerichteten Strahl und lenkt den Strahl entlang eines zweiten Zwischenwegs zurück zum drehbaren Weglängeneinsteller.

**[0052]** Der drehbare Weglängeneinsteller 160 kann dann als Empfänger des Strahlenbündels entlang des zweiten Zwischenwegs (d. h. vom Eckspiegel 130 zum Spiegel 120) angesehen werden. Sobald das Strahlenbündel durch den Spiegel 120 zurück zum Spiegel 115 gelenkt wurde, kann der drehbare Weglängeneinsteller schließlich so verstanden werden, dass er das Strahlenbündel entlang eines Ausgangsweges (d. h. vom Spiegel 115 zum Spiegel 135) lenkt.

**[0053]** Obwohl die hier beschriebene Anordnung zwei Zwischenspiegel 115, 120 innerhalb des drehbaren Weglängeneinstellers vorsieht, können natürlich auch eine andere Anzahl von Spiegeln oder andere optische Komponenten verwendet werden, um den Strahl zu lenken.

**[0054]** Die Spiegel 115 und 120 können als erste bzw. zweite optische Komponenten bezeichnet werden. In anderen Ausführungsformen können die Funktionen der ersten und zweiten optischen Komponenten durch andere optische Komponenten übernommen werden.

**[0055]** **Abb. 4** zeigt eine vereinfachte Version der in den **Abb. 1** bis **Abb. 3** gezeigten Baugruppe, in der verschiedene Komponenten des optischen Weges gekennzeichnet sind. Die drehbare Basis 125, die Eingangslinse 110, die ersten und zweiten Spiegel 115, 120 und der Eckreflektor 130 sind im Wesentlichen wie oben beschrieben. Der drehbare Pfadlängeneinsteller 160 (bestehend aus dem drehbaren Sockel 125 und den daran befestigten Spiegeln 115, 120) ist so konfiguriert, dass er sich um eine Drehachse 102 (die senkrecht zur Zeichenebene verläuft) dreht.

**[0056]** Das einfallende Strahlenbündel 105 wird auf die Linse 110 gerichtet. Die Linse 110 befindet sich an einer Eingangsstelle L1. Die Linse 110 lenkt den Strahl 105 entlang eines Eingangspfades P1 auf den ersten Spiegel 115 (eine erste optische Kompo-

nente). Der erste Spiegel 115 (der in der in **Abb. 4** gezeigten Ausrichtung in einem Winkel von etwa 45 Grad zum Eingangspfad P1 angeordnet ist) lenkt den Strahl 105 dann entlang eines Pfades P2 zum zweiten Spiegel 120 (einem zweiten optischen Bauteil). Der zweite Spiegel 120 (der in der in **Abb. 4** gezeigten Ausrichtung in einem Winkel von etwa 45 Grad zum Strahlengang P2 angeordnet ist) lenkt den Strahl 105 dann entlang eines Strahlengangs P3 in Richtung des Eckreflektors 130 (der ein festes optisches Element ist). Der Pfad P3 kann als erster Zwischenpfad bezeichnet werden und als Zwischenausgang des drehbaren Weglängeneinstellers betrachtet werden. Der Eckreflektor 130 reflektiert den Strahl entlang eines Pfades P4 zurück. Der Pfad P4 kann als zweiter Zwischenpfad bezeichnet werden und kann als Zwischeneingang für den drehbaren Pfadlängeneinsteller 160 angesehen werden.

**[0057]** Nachdem der Strahl 105 von dem drehbaren Weglängeneinsteller 160 entlang des Weges P4 empfangen wurde, folgt er dem zuvor verfolgten Weg in umgekehrter Richtung (möglicherweise versetzt entlang der Achse 102). Das heißt, der auf dem Weg P4 eintreffende Strahl 105 wird von dem zweiten Spiegel 120 auf einem Weg P5 zurück zum ersten Spiegel 115 gelenkt. Der erste Spiegel 115 lenkt den Strahl 105 dann entlang eines Pfades P6 zurück zum Ausgang L2. In der dargestellten Anordnung befindet sich die Eingangslinse 110 am Ausgang L2. Wenn die Position jedoch durch den Eckreflektor 130 versetzt wurde (z. B. wie in **Abb. 1 B**), kann eine Ausgangslinse 140 oder ein anderes optisches Element (z. B. ein Spiegel 135) an einer geeigneten Position vorgesehen werden, um den Strahl am Ausgang L2 zu empfangen.

**[0058]** Die Pfade P1, P2 und P3 sind leicht versetzt zu den Pfaden P4, P5 und P6 dargestellt, um das Verständnis zu erleichtern. Es versteht sich jedoch von selbst, dass die Pfade deckungsgleich sind bzw. von oben betrachtet deckungsgleich erscheinen können (wie in **Abb. 4**).

**[0059]** Die Pfade P2 und P5 sind in entgegengesetzter Richtung und können als dritter bzw. vierter Zwischenpfad bezeichnet werden. Diese Pfade sind interne Pfade innerhalb des drehbaren Pfadlängeneinstellers 160, und ihre Anfangs- und Endpunkte sowie ihre Richtung hängen natürlich von der jeweiligen Konfiguration und Ausrichtung des drehbaren Pfadlängeneinstellers 160 ab.

**[0060]** Wenn der drehbare Weglängeneinsteller 160 um die Achse 102 im Uhrzeigersinn gedreht wird, werden die Wege P1 und P6 jeweils kürzer, da der physische Abstand zwischen dem Eingang L1 und dem ersten Spiegel 115 verringert wird. Wenn der drehbare Weglängeneinsteller 160 um die Achse 102 im Uhrzeigersinn gedreht wird, werden auch

die Wege P3 und P4 jeweils kürzer, da der physische Abstand zwischen dem zweiten Spiegel 120 und dem Eckreflektor 130 verringert wird.

**[0061]** Wird hingegen der drehbare Weglängeneinsteller um die Achse 102 im Uhrzeigersinn gedreht, werden die Wege P2 und P5 jeweils etwas länger, da die Wege zwischen den Spiegeln 115, 120 schräger werden.

**[0062]** Die Änderungen der zunehmenden Weglängen (P2, P5) werden jedoch durch die abnehmenden Weglängen (P1, P3, P4, P6) mehr als ausgeglichen, so dass sich die geometrische Gesamtweglänge (und die optische Weglänge) zwischen dem Eingang L1 und dem Ausgang L2 verringert.

**[0063]** Es versteht sich, dass zwischen der Winkelposition des drehbaren Weglängeneinstellers 160 und der geometrischen Weglänge zwischen dem Eingang L1 und dem Ausgang L2 eine vorhersehbare und kontinuierlich variable (wenn auch nicht unbedingt lineare) Beziehung besteht.

**[0064]** Es versteht sich, dass sich die Richtung des Ausgangspfades P6 nicht ändert, wenn sich die Winkelposition des drehbaren Pfadlängeneinstellers 160 ändert (obwohl sich die Startposition ändert). Andererseits ändert sich die Position auf dem Eckreflektor 130, auf die der Pfad P3 auftrifft (in vertikaler Richtung, wie in **Abb. 4** gezeigt), wenn sich die Winkelposition des drehbaren Weglängeneinstellers ändert. Diese Veränderung ist in den **Abb. 1A**, **Abb. 2A** und **Abb. 3A** deutlich zu sehen, die drei verschiedene Winkelstellungen zeigen, wobei der Strahl 105 einen anderen Berührungspunkt mit dem Eckreflektor 130 hat.

**[0065]** Das heißt, wenn sich die Winkelposition des drehbaren Weglängeneinstellers ändert, ändern sich die Winkel, die zwischen dem Strahl 105 und den Spiegeln 115, 120 gebildet werden. Da diese Spiegel jedoch in einem festen Verhältnis zueinander stehen, wird jede Änderung des Winkels, die durch eine Änderung der Ausrichtung eines Spiegels entsteht, durch eine gleich große und entgegengesetzte Änderung der Ausrichtung des anderen Spiegels kompensiert.

**[0066]** Die Eingangs- und Ausgangspositionen L1, L2 sind in Bezug auf die Achse 102 und die Position des Eckreflektors 130 festgelegt. Die Eingangs- und Ausgangspositionen L1, L2 können zusammenfallen oder gegeneinander versetzt sein. Wenn zum Beispiel der Eckreflektor 130 einen Versatz entlang der Achse 102 einführt, können die Eingangs- und Ausgangspositionen L1, L2 in **Abb. 4** an der gleichen Stelle zu liegen scheinen.

**[0067]** Alternativ oder zusätzlich kann der Ausgangspfad P6 gegenüber dem Eingangspfad P1 winklig versetzt sein. Beispielsweise kann der Spiegel 115 einen unteren Teil haben, der den Strahl 105 (vom Pfad P1) entlang des Pfades P2 lenkt, und einen oberen Teil, der den Strahl (vom Pfad P5) entlang des Pfades P6 lenkt, der in Bezug auf den unteren Teil gedreht ist. Bei einer solchen Anordnung hat der Ausgangspfad P6 jedoch immer noch eine Richtung, die sich nicht in Abhängigkeit von der Winkelposition des drehbaren Pfadlängeneinstellers 160 ändert.

**[0068]** In einigen Ausführungsformen kann der Eckreflektor 130 so bemessen sein, dass der Drehsockel 125 in eine Position gedreht werden kann, in der der zweite bewegliche Spiegel 120 den Lichtstrahl 105 in eine Richtung lenkt, in der der Lichtstrahl 105 nicht auf den Eckreflektor 130 auftrifft und nicht zu den zweiten und ersten beweglichen Spiegeln 115, 120 zurückreflektiert wird. Wenn ein lichtabsorbierendes Material so angeordnet ist, dass es den Lichtstrahl 105 abfängt, wenn sich der Drehsockel 125 in einer solchen Position befindet, dass der Lichtstrahl 105 vom zweiten beweglichen Spiegel 120 nicht auf den Eckreflektor 130 auftrifft, kann die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 ohne zusätzliche Kosten als Verschlussvorrichtung funktionieren. Es können mehrere Drehpositionen der Drehbasis 125 definiert werden, die dazu führen, dass der vom zweiten beweglichen Spiegel 120 reflektierte Lichtstrahl 105 nicht auf den Eckreflektor 130 auftrifft. In einer oder mehreren dieser Positionen kann der Lichtstrahl 105 in eine Vorrichtung zur Messung der Laserleistung gelenkt werden, so dass das System die Laserleistung überprüfen kann.

**[0069]** Zusätzlich oder alternativ können an Positionen, die nicht durch den Eckreflektor abgedeckt sind, verschiedene optische Geräte, z. B. ein Pilotlaser, Beleuchtungsquellen, optische Abstandsmessgeräte usw., angebracht werden. Je nach Drehwinkel des Drehgestells 125 können verschiedene Lichtquellen oder Geräte, gegebenenfalls koaxial, in den Strahlengang eingekoppelt werden. Eine Vielzahl von Beleuchtungsquellen kann für die Verwendung in der Mikroskopie oder in anderen analytischen Instrumenten ausgewählt werden, in die die Vorrichtung mit variabler optischer Weglänge 100 integriert werden kann.

**[0070]** In weiteren Ausführungsformen können der erste und der zweite bewegliche Spiegel 115, 120 so bemessen sein, dass eine ausreichende Reflexionsfläche zur Verfügung steht, um die Längen mehrerer unabhängiger Strahlengänge (z. B. übereinander gestapelt) zu steuern. Dies würde es ermöglichen, ein koaxiales oder paralleles Kamerasystem auf die Oberfläche eines Objekts zu fokussieren,

während ein Laserstrahl auf dieselbe Oberfläche fokussiert wird.

**[0071]** **Abb. 5** zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge, die in einer optischen Vorrichtung 200 angeordnet ist, z. B. im Kopf eines optischen Scanners oder einer Lasermarkierungsvorrichtung, die zum Scannen eines Laserstrahls 105 über die Oberfläche eines Objekts 205 unter Verwendung eines Strahlsteuerungsmechanismus 225, z. B. eines Reflektorpaars und zugehöriger Stellglieder, verwendet werden kann. Der Laserstrahl 105 kann von einem Laser (nicht dargestellt) erzeugt werden, z. B. einem Kohlendioxidlaser, der innerhalb oder außerhalb des Gehäuses 210 der optischen Vorrichtung 200 angeordnet ist. Ein Drehantrieb 150 für die Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge ist ebenfalls innerhalb der optischen Vorrichtung 200 angeordnet und mit der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge gekoppelt, um die Drehung der Drehbasis 125 anzutreiben (in **Abb. 5** nicht dargestellt). Der Drehantrieb 150 kann ein Servomotor, ein Schrittmotor oder eine andere Vorrichtung sein, die in der Lage ist, die Drehbasis 125 der Vorrichtung 100 mit variabler optischer Weglänge in eine Drehbewegung zu versetzen. Im Allgemeinen können Rotationsaktuatoren elektrische, pneumatische oder hydraulische Aktuatoren umfassen. Zu den elektrischen Aktuatoren gehören Motoren, wie z. B. Servomotoren und Schrittmotoren, Solenoide, andere magnetische Antriebsvorrichtungen, die nicht als Motoren klassifiziert werden, und piezoelektrische Antriebe.

**[0072]** In einigen Ausführungsformen kann eine Kamera 215 oder eine andere optische Vorrichtung am oder im Gehäuse 210 der optischen Vorrichtung 200 angebracht sein. Der Strahlengang der Kamera 215 oder einer anderen optischen Vorrichtung kann mit dem Strahlengang des aus der Vorrichtung austretenden Laserstrahls 105 zur Deckung gebracht werden, indem ein dichroitischer Spiegel 220 im Strahlengang sowohl des Laserstrahls 105 als auch der Kamera 215 oder einer anderen optischen Vorrichtung vorgesehen wird. Der dichroitische Spiegel 220 kann in der Betriebsfrequenz des Laserstrahls 105, z. B. in einem Infrarotband, transparent sein, aber sichtbares Licht reflektieren, so dass der Laserstrahl 105 ungehindert durch den dichroitischen Spiegel 220 hindurchgeht, während Licht im sichtbaren Spektrum von einem Zielort des Laserstrahls 105 in die Kamera 215 oder eine andere optische Vorrichtung hinein oder aus dieser heraus geleitet wird.

**[0073]** **Abb. 6** zeigt eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des drehbaren Weglängeneinstellers 160 der Vorrichtung für variable optische Weglängen 100. In diesem Beispiel umfasst die drehbare Weglängeneinstellvorrichtung 160 ein Gehäuse 161, eine drehbare Basis 125,

Spiegel 115, 120 und ein Verstärkungselement 600. Das Gehäuse 161 beherbergt einen Drehantrieb (z. B. einen Galvanometermotor), wobei der Drehantrieb mit der drehbaren Basis 125 gekoppelt ist, so dass die Betätigung des Drehantriebs eine Drehung der drehbaren Basis 125 um die Drehachse 102 bewirkt. Jeder Spiegel 115, 120 ist an der drehbaren Basis 125 befestigt. In dem in **Abb. 6** dargestellten Beispiel befinden sich die ersten Enden 115b, 120b der Spiegel 115, 120 in den Nuten 125a, 125b der drehbaren Basis 125. Die Nuten 125a, 125b sind parallel zueinander angeordnet. Bei den Nuten 125a, 125b kann es sich um Abschnitte handeln, die aus der drehbaren Basis 125 herausgeschnitten wurden, um eine Nut (z. B. einen Kanal in der Oberfläche der drehbaren Basis 125) zu bilden. Alternativ können die Nuten 125a, 125b durch Hinzufügen von Teilen auf einer Oberfläche der drehbaren Basis 125 gebildet werden, wobei die hinzugefügten Teile Wände der Nut bilden. Das Einsetzen jedes Spiegels 115, 120 in jede Nut 125a, 125b kann eine Presspassung ergeben. Das heißt, jeder Spiegel 115, 120 kann durch Reibung zwischen einer eingeführten Oberfläche des Spiegels 115, 120 und der Oberfläche der Nut 125a, 125b in der jeweiligen Nut gehalten werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein Klebstoff, z. B. ein Leim, verwendet werden, um die Spiegel 115, 120 an der drehbaren Basis 125 zu befestigen. Durch die Befestigung der Spiegel 115, 120 an der drehbaren Basis 125 wird sichergestellt, dass sich die Spiegel 115, 120 drehen, wenn sich die drehbare Basis 125 unter der Wirkung des Drehantriebs dreht, wie beispielsweise in den **Abb. 1** bis **Abb. 5** beschrieben.

**[0074]** Während des Betriebs des drehbaren Weglängeneinstellers 160, z. B. in einem Lasermarkierungssystem, muss die Weglänge in der Regel schnell zwischen verschiedenen Längen geändert werden. Das heißt, die Spiegel 115, 120 müssen sich relativ schnell von einer Drehposition in eine andere Drehposition bewegen. Eine solche schnelle Änderung erfordert eine schnelle Drehung der drehbaren Basis 125. Beispielsweise kann die drehbare Basis 125 eine relativ hohe Rotationsbeschleunigung und -verzögerung aufweisen, wenn sie von einer Drehposition in eine andere wechselt. Eine solche schnelle Drehung kann zu Biegung und Vibration in den Spiegeln 115, 120 führen, was sich nachteilig auf die Weglänge auswirken kann. So kann beispielsweise beim Übergang von einer ersten Drehposition in eine zweite Drehposition die rasche Abbremsung der Drehbewegung, um die drehbare Basis 125 in der zweiten Drehposition zum Stillstand zu bringen, dazu führen, dass sich die Spiegel 115, 120 aufgrund ihres gewonnenen Schwungs verformen. Darüber hinaus können während der Drehung Zentrifugalkräfte auf die Spiegel 115, 120 einwirken, die eine Verformung bewirken. Die Richtung der Zentrifugalkraft ist über die Länge der Spiegel 115,

120 unterschiedlich. Das heißt, ein Teil des Spiegels 115, 120 kann einer anderen Zentrifugalkraft ausgesetzt sein als ein anderer Teil des Spiegels 115, 120, was zu Verformungen des Spiegels führt. Solche Verformungen können zu Vibrationen in den Spiegeln 115, 120 führen, die sich erst nach einiger Zeit abbauen und somit zu einer Verzögerung bei der Verwendung der Spiegel 115, 120 führen können.

**[0075]** Um solche nachteiligen Auswirkungen zu verringern, wird die Verstärkung der Spiegel 115, 120 in Form des Verstärkungselements 600 bereitgestellt. Das Verstärkungselement 600 ist in **Abb. 6** im Gebrauch und in **Abb. 7** isoliert dargestellt. Das Verstärkungselement 600 kann aus jedem geeigneten Material bestehen. Beispielsweise kann das Verstärkungselement 600 aus einem Kunststoff- oder Metallmaterial geformt sein. In einer speziellen Ausführung besteht das Verstärkungselement aus Aluminium 6061. Das Verstärkungselement 600 hat eine allgemein ebene Struktur mit einer ersten und einer zweiten gegenüberliegenden Ebene 601, 602. Die Ebene, in der das Verstärkungselement 600 im Gebrauch liegt, ist im Allgemeinen senkrecht zur Achse 102 und im Allgemeinen parallel zu einer Ebene der drehbaren Basis 125. Die Ebene, in der das Verstärkungselement 600 im Gebrauch liegt, ist ebenfalls im Allgemeinen senkrecht zu einer Ebene des ersten und zweiten Spiegels 115, 120. Die erste Ebene 601 umfasst eine erste Rille 603 und eine zweite Rille 604. Die erste Nut 603 ist so gestaltet, dass sie ein zweites Ende 115c des ersten Spiegels 115 aufnimmt. Die zweite Nut 604 ist so gestaltet, dass sie ein zweites Ende 120c des zweiten Spiegels 120 aufnimmt. Die zweiten Enden 115c, 120c sind gegenüberliegende Enden der Spiegel 115, 120 zu den ersten Enden 115b, 120b, die an der drehbaren Basis 125 befestigt sind. Das heißt, das Verstärkungselement 600 ist gegenüber der drehbaren Basis 125 angeordnet. Die zweiten Enden 115c, 120c können in ihre jeweiligen Nuten 603, 604 im Verstärkungselement 600 eingesetzt werden, so dass eine Presspassung entsteht. Das heißt, jeder Spiegel 115, 120 kann durch Reibung zwischen einer eingefügten Oberfläche des Spiegels 115, 120 und der Oberfläche der Nut 603, 604 in seiner jeweiligen Nut gehalten werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein Klebstoff, z. B. ein Leim, verwendet werden, um die Spiegel 115, 120 an dem Verstärkungselement 600 zu befestigen.

**[0076]** **Abb. 8** zeigt eine Zeichnung des Verstärkungselements 600 in einer Ansicht von unten 801, einer Seitenansicht 802, einer Ansicht von oben 803 und einer perspektivischen Ansicht 804, zusammen mit zugehörigen Beispielmaßen in mm (beachten Sie, dass die Maße ein Komma verwenden, um das Dezimalkomma zu spenden). Wie in den Drauf- und Bodenansichten 801, 803 zu sehen ist, hat das Verstärkungselement 600 in der Drauf- und Bodenansicht

sicht im Allgemeinen die Form eines Parallelogramms, wobei die Nuten 603, 604 parallel zu zwei gegenüberliegenden Seiten des Verstärkungselements ausgerichtet sind. Die Nuten 603 und 604 sind aufgrund des natürlichen Winkels des Parallelogramms gegeneinander versetzt, wobei der Versatz zur Aufnahme der Spiegel 115, 120 dient, die, wie in **Abb. 3A** gezeigt, gegeneinander versetzt sind. Die Form des Verstärkungselements 600 als Parallelogramm, wenn die Spiegel versetzt sind, reduziert die Masse des Verstärkungselements im Vergleich zu beispielsweise einem quadratischen Verstärkungselement. Natürlich kann das Verstärkungselement 600 in anderen Fällen jede geeignete Form annehmen. In Fällen, in denen die Spiegel 115, 120 nicht gegeneinander versetzt sind, sind die Nuten 603, 604 nicht gegeneinander versetzt, und das Verstärkungselement 600 kann im Allgemeinen eine rechteckige oder quadratische Form haben, abhängig von der jeweiligen Spiegelanordnung.

**[0077]** Das Verstärkungselement 600 verleiht der Anordnung der Spiegel 115, 120 zusätzliche Steifigkeit, um die Verformung der Spiegel 115, 120 während des Gebrauchs zu verringern. Das heißt, die Verformung, die durch eine schnelle Bewegung der Spiegel 115, 120 verursacht wird, wird aufgrund der durch das Verstärkungselement 600 bereitgestellten Steifigkeit reduziert. Die erhöhte Steifigkeit bedeutet auch, dass etwaige Vibrationen in den Spiegeln 115, 120 schneller abgeleitet werden, wodurch eine Verzögerung bei der Verwendung der Spiegel 115, 120 nach einer Bewegung verringert wird.

**[0078]** Es wurde zwar eine bestimmte Form des Verstärkungselements 600 beschrieben, doch sind auch andere Formen möglich. Zum Beispiel kann das Verstärkungselement 600 jede geeignete Form annehmen und mit den Spiegeln 115, 120 auf jede geeignete Weise verbunden werden, um die Steifigkeit der Spiegel 115, 120 zu erhöhen. Das Verstärkungselement 600 ist zwar als ein durchgehendes Materialstück dargestellt, kann aber in einigen Beispielen auch aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt sein. In einigen Beispielen können Teile des Verstärkungselements 600 herausgeschnitten werden, um die Masse des Verstärkungselements 600 zu verringern. Obwohl es als planar beschrieben wird, sind auch andere Formen möglich, wie z.B. eine Kuppelform. In anderen Beispielen kann das Verstärkungselement 600 an eine Seite des Spiegels 115, 120 gekoppelt werden, beispielsweise an eine Seite des Spiegels 115, 120, die nicht die reflektierende Oberfläche 115a, 120a umfasst. Zum Beispiel kann ein Verstärkungselement an der drehbaren Basis 125 und an der gegenüberliegenden Seite des Spiegels 115, 120, die nicht die reflektierende Oberfläche 115a, 120a umfasst, befestigt werden. In solchen Beispielen kann das Verstärkungselement 600 zwei Verstärkungselemente umfassen, eines zur

Verstärkung jedes Spiegels 115, 120. In einem anderen Beispiel kann das Verstärkungselement 600 die Form eines Blocks aus transparentem Material haben, in den die Spiegel 115, 120 eingesetzt sind. Der Block aus transparentem Material kann ein Kunststoff- oder Glasmaterial mit ausreichender Steifigkeit sein, um eine Verformung der Spiegel 115, 120 während des Gebrauchs zu verhindern.

**[0079]** Es können mehrere Verstärkungselemente 600 vorhanden sein, und/oder die Verstärkungselemente 600 können an jedem geeigneten Punkt mit den Spiegeln 115, 120 verbunden sein. Beispielsweise kann das Verstärkungselement 600 mit einem Seitenabschnitt der Spiegel 115, 120 verbunden sein (z. B. entlang einer Seite, die in einem Winkel von 90 Grad zur Ebene der drehbaren Basis 125 steht), und/oder es kann auf jede geeignete Weise mit den Spiegeln verbunden sein. Während die Nuten 603, 604 als Beispiel für Verbindungsabschnitte beschrieben wurden, können auch andere Formen von Verbindungsabschnitten verwendet werden.

**[0080]** Die Begriffe „Licht“ und „Strahlung“ können im Rahmen dieser Offenlegung austauschbar verwendet werden. Es versteht sich, dass diese Begriffe verwendet werden, um elektromagnetische Strahlung zu beschreiben, die eine Vielzahl von Wellenlängen haben kann. Beispielsweise können die hier beschriebenen optischen Systeme in Kombination mit Strahlung mit einer Wellenlänge im ultravioletten, sichtbaren oder nahen infraroten Bereich verwendet werden. In der Tat kann das System mit Laserstrahlen in jedem der oben genannten Wellenlängenbereiche oder mit jeder anderen Art von Laser oder optischer Beleuchtungsquelle oder optischem Sensor verwendet werden.

**[0081]** Der Strahlungskegel kann eine räumliche Verteilung der Strahlung aufweisen. Der Strahlungsstrahl kann beispielsweise eine Gaußsche Strahlungsverteilung aufweisen, wobei die Strahlungsdichte entlang einer Mittellinie des Strahlungsstrahls einen Höchstwert hat und in einer Richtung senkrecht zu dieser Mittellinie mit zunehmendem Abstand von der Mittellinie abnimmt. Die Mittellinie kann als optische Achse des Strahlenbündels bezeichnet werden. Wenn sich die Richtung des Strahlenbündels ändert (z. B. wenn es reflektiert oder gebrochen wird), kann sich natürlich auch die Richtung der optischen Achse ändern.

**[0082]** Es wird ferner deutlich, dass sich die räumliche Verteilung der Strahlung ändert, wenn der Strahlengang divergiert oder konvergiert. Auch wenn ein „Strahlungspfad“ hier als parallel zu einem anderen Strahlungspfad beschrieben wird oder eine andere Positionsbeziehung zu einem anderen Strahlungspfad oder einem anderen Merkmal oder Para-

meter des Systems aufweist (z. B. Unabhängigkeit in Bezug auf eine Winkelposition), ist damit gemeint, dass die optische Achse (oder Mittellinie) des Strahlungsbündels die angegebene Eigenschaft aufweist und nicht jede Komponente der sich entlang des Pfades ausbreitenden Strahlung.

**[0083]** Wenn ein Strahlenbündel nicht kollimiert ist (z. B. wenn die Strahlung divergent oder konvergent ist), führen Änderungen der geometrischen Weglänge zwischen dem Eingang und dem Ausgang zu Änderungen der Strahlbreite. Die Strahlbreite kann als ein Abstand in einer Richtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Strahlung betrachtet werden, der die Intensitätsverteilung der Strahlung charakterisiert.

**[0084]** Als Strahlenbreite kann beispielsweise eine Breite angesehen werden, innerhalb derer ein vorbestimmter Prozentsatz (z. B. 90 %) der Leistung des Strahlenbündels an einer Stelle entlang des optischen Weges enthalten ist. Die Strahlbreite kann an allen Positionen entlang des optischen Weges gleich sein, so dass der Strahl als kollimiert angesehen werden kann. Ändert sich jedoch die Strahlbreite an verschiedenen Positionen entlang des optischen Weges, kann der Strahl als nicht kollimiert angesehen werden.

**[0085]** Die hier beschriebene Baugruppe mit variabler optischer Weglänge kann insbesondere in Kombination mit nicht kollimierter Strahlung verwendet werden, z. B. um die Brennweite des optischen Systems durch Veränderung der Winkelposition des drehbaren Weglängeneinstellers zu ändern. Das heißt, bei der Verwendung kann die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge verwendet werden, um den physischen Abstand zwischen der ersten und der zweiten Linse 110, 140 entlang des optischen Weges (d. h. die geometrische Weglänge) zu variieren, wodurch sich die optische Leistung des gesamten optischen Systems, das die Linsen umfasst, ändert. Durch die Verwendung eines drehbaren Sockels kann der geometrische Strahlengang in Abhängigkeit von der Winkelstellung des drehbaren Sockels kontinuierlich verändert werden. Die Länge des geometrischen Strahlengangs kann daher fein eingestellt werden, ohne dass man sich auf einzelne Strahlengangoptionen verlassen muss (von denen keine für eine bestimmte Anforderung geeignet ist).

**[0086]** Die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge und die optischen Systeme, in denen sie vorgesehen ist, können verschiedene Arten optischer Komponenten enthalten, z. B. refraktive, reflektierende, magnetische, elektromagnetische, elektrostatistische und/oder andere Arten optischer Komponenten oder eine beliebige Kombination davon, um Strahlung zu lenken, zu formen und/oder zu steuern. Die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge

kann verwendet werden, um den Strahl so zu konditionieren, dass er eine gewünschte räumliche und winkelmäßige Intensitätsverteilung in seinem Querschnitt in einer Ebene des Produkts aufweist.

**[0087]** Obwohl in diesem Text speziell auf die Verwendung einer Baugruppe mit variabler optischer Weglänge bei der Kennzeichnung von Produkten Bezug genommen wird, kann die hier beschriebene Baugruppe mit variabler optischer Weglänge auch für andere Anwendungen eingesetzt werden. Zu den möglichen anderen Anwendungen gehören Lasersysteme zum Gravieren von Produkten, optische Scanner, Strahlungsdetektionssysteme, medizinische Geräte usw.

**[0088]** Obwohl in diesem Text speziell auf Ausführungsformen der Erfindung im Zusammenhang mit einem Lasermarkierungssystem Bezug genommen wird, können Ausführungsformen der Erfindung auch in anderen Geräten verwendet werden. Ausführungsformen der Erfindung können Teil einer Produktinspektionsvorrichtung, einer Messvorrichtung oder einer beliebigen Vorrichtung sein, die ein Objekt wie ein Produkt misst oder bearbeitet.

**[0089]** Wenn die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge beispielsweise in einem Ausgangsstrahlungspfad (z. B. in einem Lasermarkierungssystem) vorgesehen ist, ermöglicht dies die Fokussierung eines Ausgangsstrahls an einer vorgegebenen (und variablen) Stelle (z. B. auf der Oberfläche eines zu markierenden Produkts). Wenn die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge in einem Eingangsstrahlungspfad (z. B. in einem Bildgebungssystem) vorgesehen ist, kann ein ankommender Strahlungstrahl auf einen Detektor gelenkt und die ankommende Strahlung an einer vorbestimmten (und variablen) Stelle (z. B. auf der Oberfläche eines abzubildenden Ziels) fokussiert werden.

**[0090]** Die Verwendung von „einschließlich“, „umfassend“, „mit“, „enthaltend“, „einbeziehend“ und Abwandlungen davon soll die nachfolgend aufgeführten Begriffe und deren Äquivalente sowie zusätzliche Begriffe umfassen. Verweise auf „oder“ sind als umfassend zu verstehen, so dass alle Begriffe, die mit „oder“ beschrieben werden, einen einzelnen, mehr als einen oder alle beschriebenen Begriffe bezeichnen können. Verweise auf vorne und hinten, links und rechts, oben und unten, oben und unten sowie vertikal und horizontal dienen der Vereinfachung der Beschreibung und nicht der Beschränkung der vorliegenden Systeme und Verfahren oder ihrer Komponenten auf eine bestimmte Position oder räumliche Ausrichtung. Dementsprechend sind die vorstehende Beschreibung und die Zeichnungen nur als Beispiel zu verstehen.

**[0091]** Darüber hinaus soll die Verwendung der Begriffe „im Wesentlichen“ und „ungefähr“ einen ungefähren Wert oder eine ungefähre Beziehung angeben, aber nicht bedeuten, dass man sich strikt auf den beschriebenen Wert oder die Beziehung verlassen muss. Wenn beispielsweise zwei Richtungen als im Wesentlichen parallel beschrieben werden, können sie um einige Grad von ihrer strikten Parallelität abweichen.

**[0092]** Nach der obigen Beschreibung verschiedener Aspekte mindestens einer Ausführungsform ist es zu begrüßen, dass dem Fachmann verschiedene Änderungen, Modifikationen und Verbesserungen leicht einfallen. Solche Änderungen, Modifikationen und Verbesserungen sind als Teil dieser Offenbarung gedacht und fallen in den Anwendungsbereich der Erfindung. Es ist zu verstehen, dass Ausführungsformen der hier erörterten Verfahren und Vorrichtungen in ihrer Anwendung nicht auf die Konstruktionsdetails, Abmessungen oder die Anordnung der Komponenten beschränkt sind, die in der vorangehenden Beschreibung dargelegt oder in den beigefügten Zeichnungen abgebildet sind. Die Verfahren und Vorrichtungen können auch in anderen Ausführungsformen implementiert und auf verschiedene Weise praktiziert oder ausgeführt werden. Beispiele für spezifische Implementierungen werden hier nur zur Veranschaulichung angeführt und sind nicht als einschränkend zu verstehen. Auch die hier verwendete Phraseologie und Terminologie dient nur der Beschreibung und sollte nicht als einschränkend angesehen werden. So wird es für den Fachmann offensichtlich sein, dass Änderungen an der beschriebenen Erfindung vorgenommen werden können, ohne dass der Umfang der nachstehend aufgeführten Ansprüche beeinträchtigt wird.

### Schutzansprüche

1. Baugruppe mit variabler optischer Weglänge zum Definieren eines optischen Weges von einem Eingang zu einem Ausgang, wobei die Baugruppe mit variabler optischer Weglänge Folgendes umfasst:

eine drehbare Basis, die so konfiguriert ist, dass sie sich um eine Achse dreht;  
ein Verstärkungselement;  
eine erste optische Komponente, wobei ein erster Teil der ersten optischen Komponente mit der drehbaren Basis und ein zweiter Teil der ersten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist; und  
eine zweite optische Komponente, wobei ein erster Teil der zweiten optischen Komponente mit der drehbaren Basis und ein zweiter Teil der zweiten optischen Komponente mit dem Verstärkungselement gekoppelt ist.

2. Baugruppe nach Anspruch 1, wobei der erste Abschnitt der ersten optischen Komponente ein erstes Ende der ersten optischen Komponente ist und der erste Abschnitt der zweiten optischen Komponente ein erstes Ende der zweiten optischen Komponente ist.

3. Baugruppe nach Anspruch 1 oder 2, wobei der zweite Abschnitt der ersten optischen Komponente ein zweites Ende der ersten optischen Komponente ist und der zweite Abschnitt der zweiten optischen Komponente ein zweites Ende der zweiten optischen Komponente ist.

4. Baugruppe nach Anspruch 3, wobei das zweite Ende der ersten optischen Komponente im Allgemeinen dem ersten Ende der ersten optischen Komponente gegenüberliegt und das zweite Ende der zweiten optischen Komponente im Allgemeinen dem ersten Ende der zweiten optischen Komponente gegenüberliegt.

5. Baugruppe nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei das Verstärkungselement eine erste Nut aufweist und das zweite Ende der ersten optischen Komponente in der ersten Nut angeordnet ist.

6. Baugruppe nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 5, wobei das Verstärkungselement eine zweite Nut aufweist und das zweite Ende der zweiten optischen Komponente in der zweiten Nut angeordnet ist.

7. Baugruppe nach einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei die erste und die zweite Nut parallel zueinander angeordnet sind.

8. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verstärkungselement eine planare Struktur aufweist.

9. Baugruppe nach Anspruch 8, wobei das Verstärkungselement im Allgemeinen in einer Ebene senkrecht zur Achse angeordnet ist.

10. Baugruppe nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei die ebene Struktur die Form eines Parallelogramms hat.

11. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste optische Komponente einen ersten Spiegel umfasst.

12. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite optische Komponente einen zweiten Spiegel umfasst.

13. Baugruppe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner ein mit der drehbaren Basis gekoppeltes Stellglied umfasst, wobei das Stellglied,

wenn es betätigt wird, so konfiguriert ist, dass es die drehbare Basis veranlasst, sich um die Achse zu drehen.

14. Verstärkungselement zur Verwendung in der Baugruppe mit variabler optischer Weglänge nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verstärkungselement umfasst:

eine Oberfläche;

einen ersten Kopplungsabschnitt, der auf der Oberfläche angeordnet ist, wobei der erste Kopplungsabschnitt so konfiguriert ist, dass er mit dem zweiten Abschnitt der ersten optischen Komponente koppelt;

einen zweiten Kopplungsabschnitt, der auf der Oberfläche angeordnet ist, wobei der zweite Kopplungsabschnitt so konfiguriert ist, dass er mit dem zweiten Abschnitt der zweiten optischen Komponente koppelt.

15. Verstärkungselement nach Anspruch 14, wobei der erste Kopplungsabschnitt eine erste, entlang der Oberfläche angeordnete Rille und der zweite Kopplungsabschnitt eine zweite, entlang der Oberfläche angeordnete Rille aufweist.

16. Verstärkungselement nach Anspruch 15, wobei die erste Rille und die zweite Rille parallel zueinander sind.

17. Verstärkungselement nach Anspruch 14, 15 oder 16, wobei das Verstärkungselement Aluminium 6061 beinhaltet.

18. Verstärkungselement nach einem der Ansprüche 14, 15, 16 oder 17, wobei das Verstärkungselement eine planare Struktur aufweist.

19. Verstärkungselement nach Anspruch 18, wobei die ebene Struktur die Form eines Parallelogramms hat.

20. Optisches System mit einer Baugruppe für variable optische Weglänge nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

21. Laserbeschriftungskopf mit einer Baugruppe mit variabler optischer Weglänge, wie in einem der Ansprüche 1 bis 13 angegeben.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

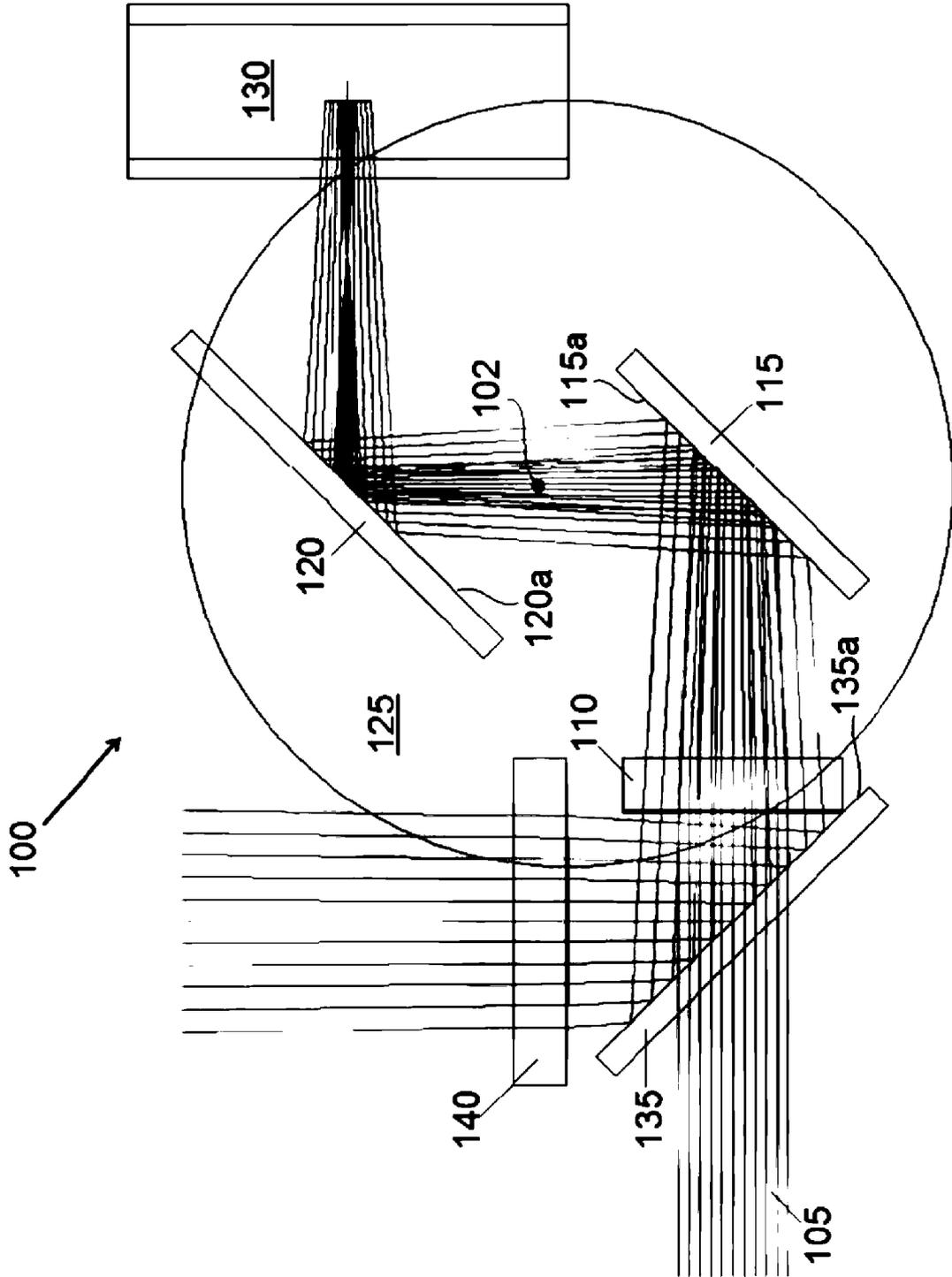


Abb. 1A

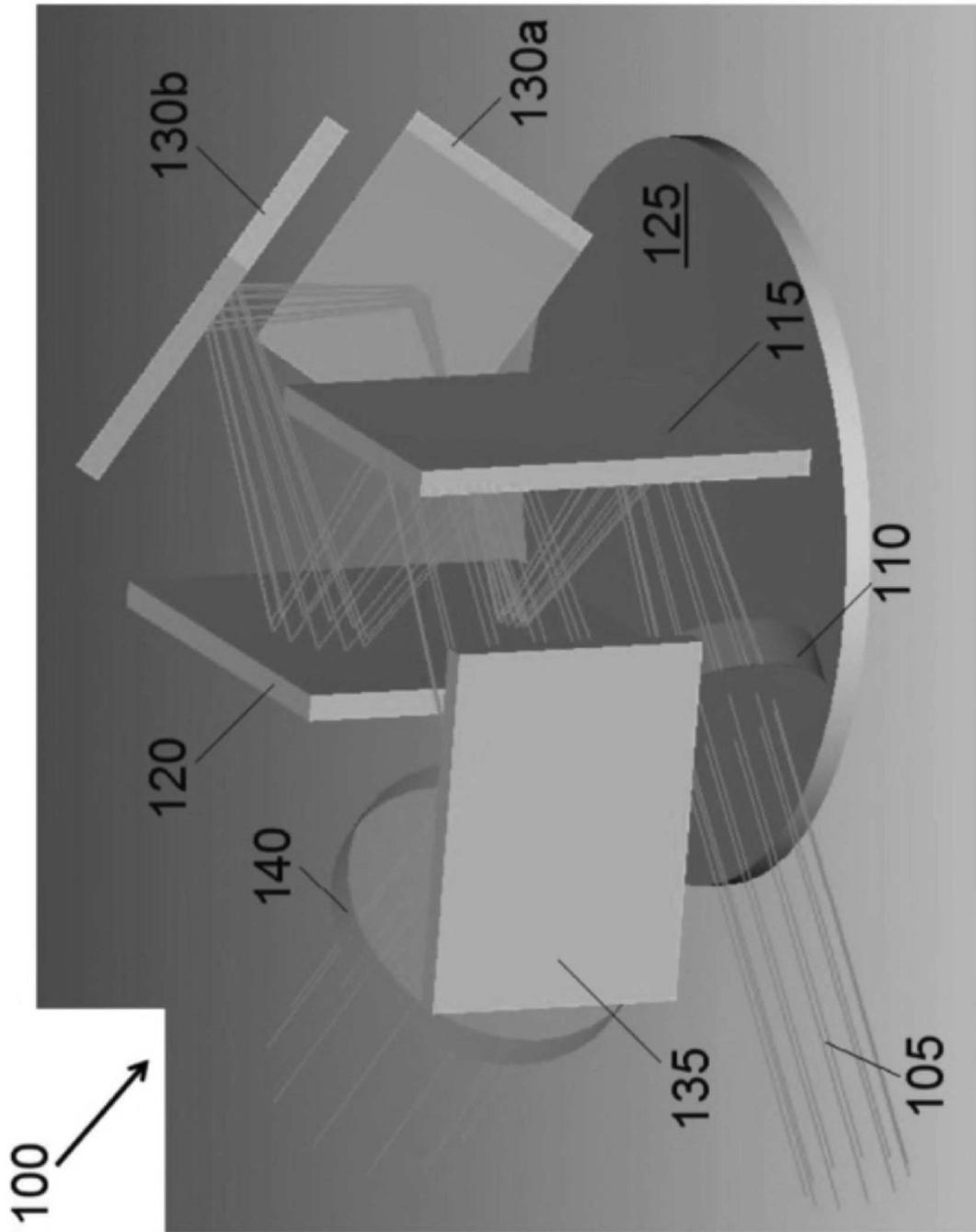


Abb. 1B

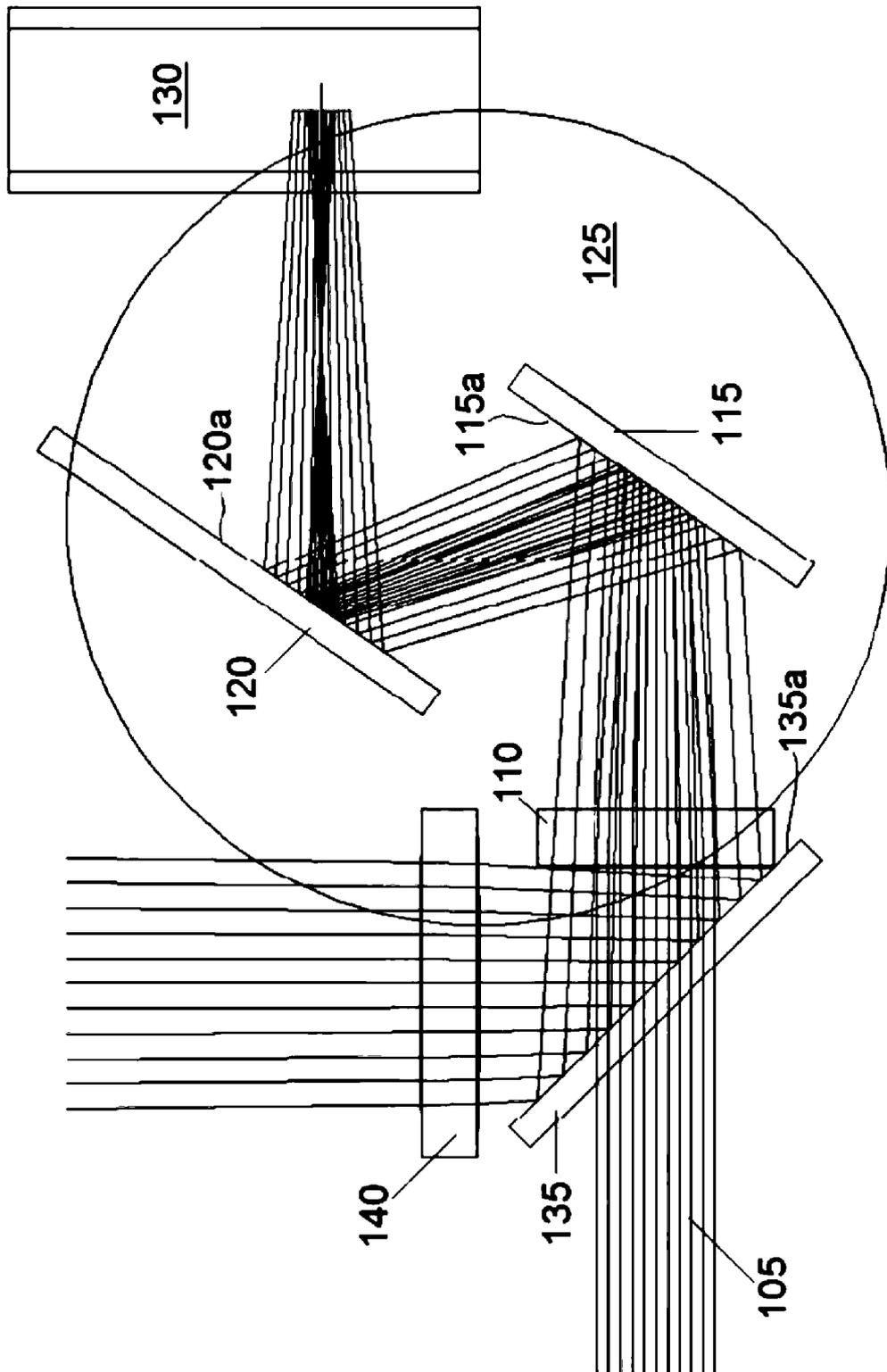


Abb. 2A

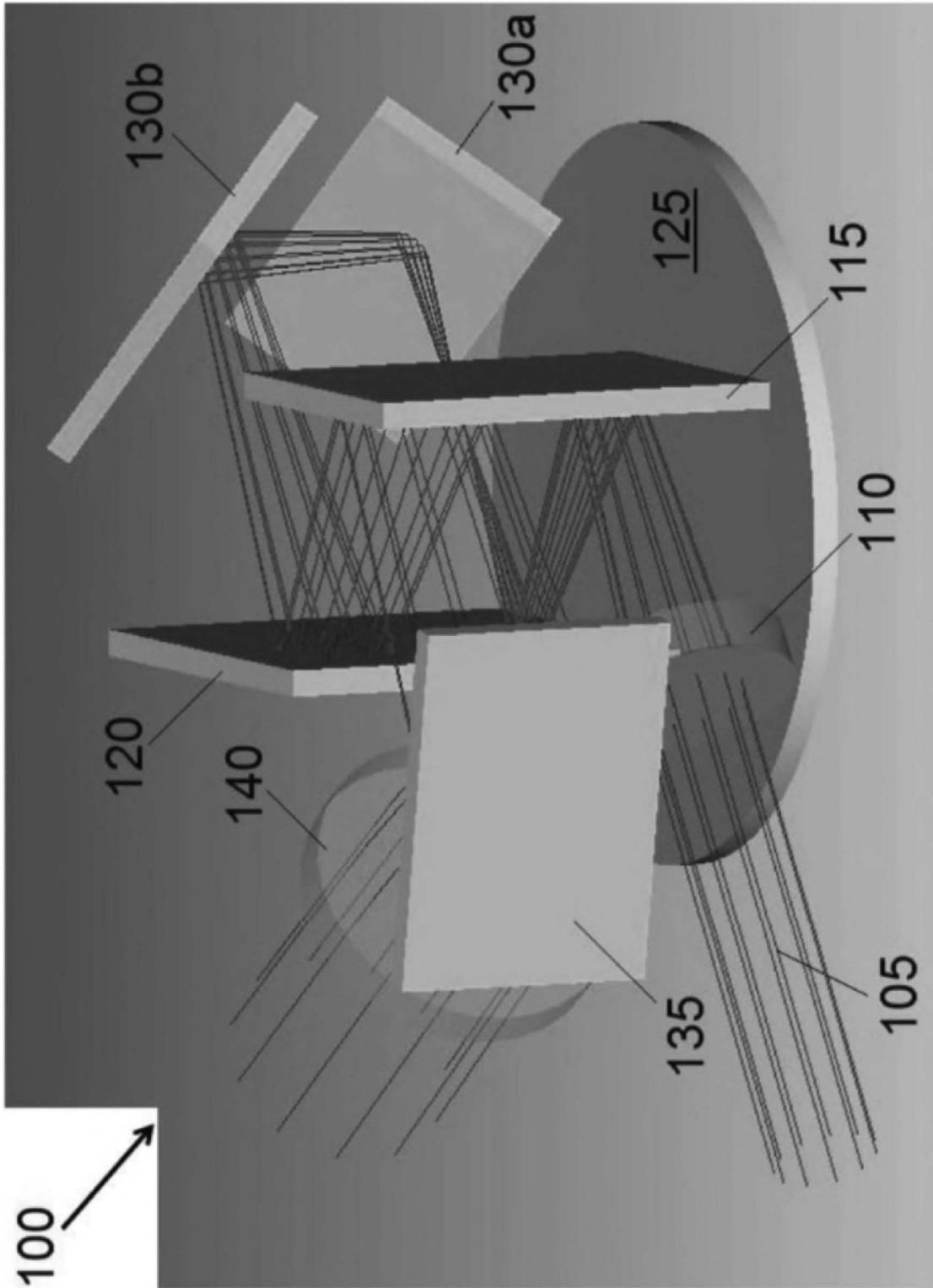


Abb. 2B

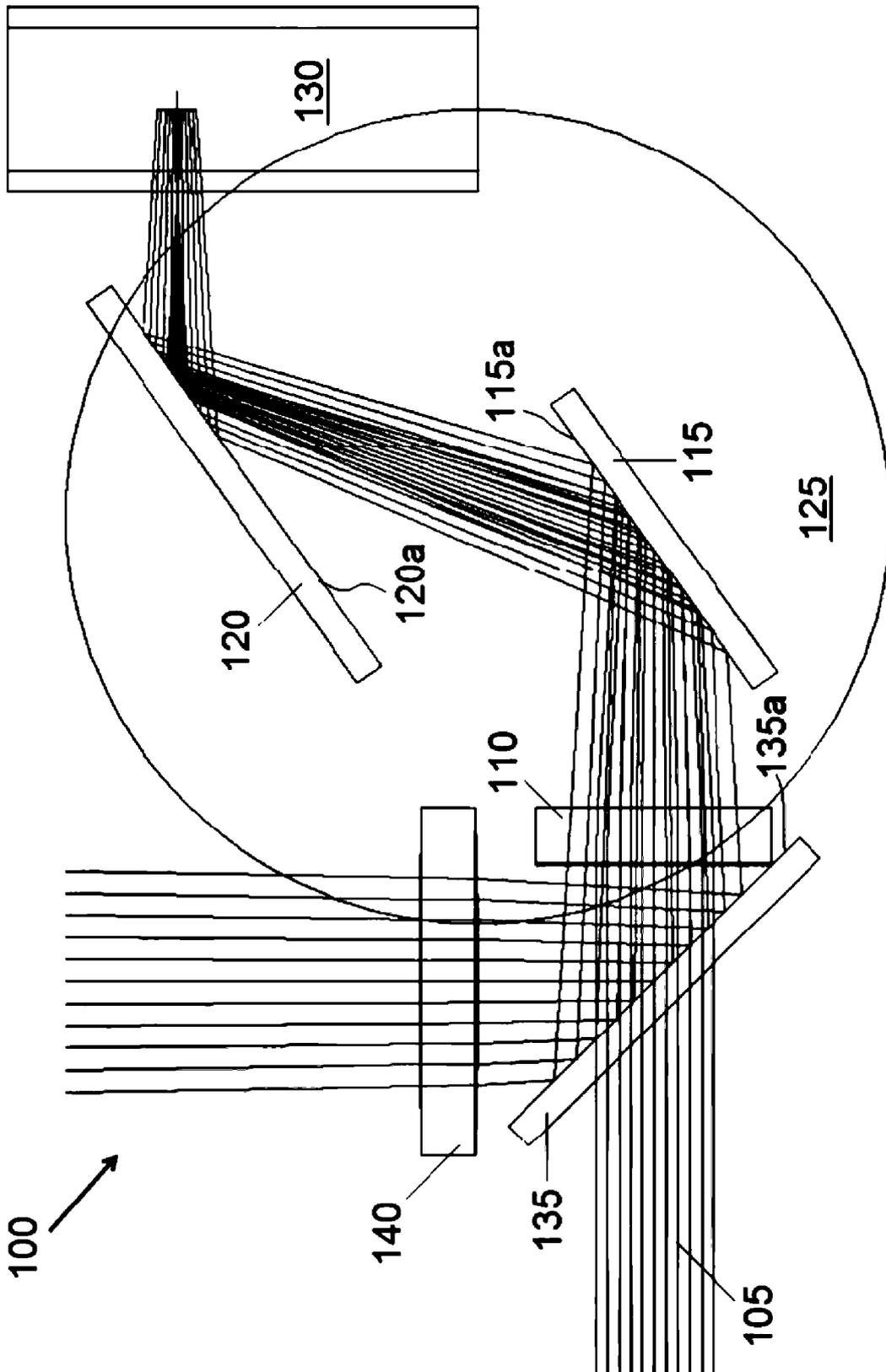


Abb. 3A

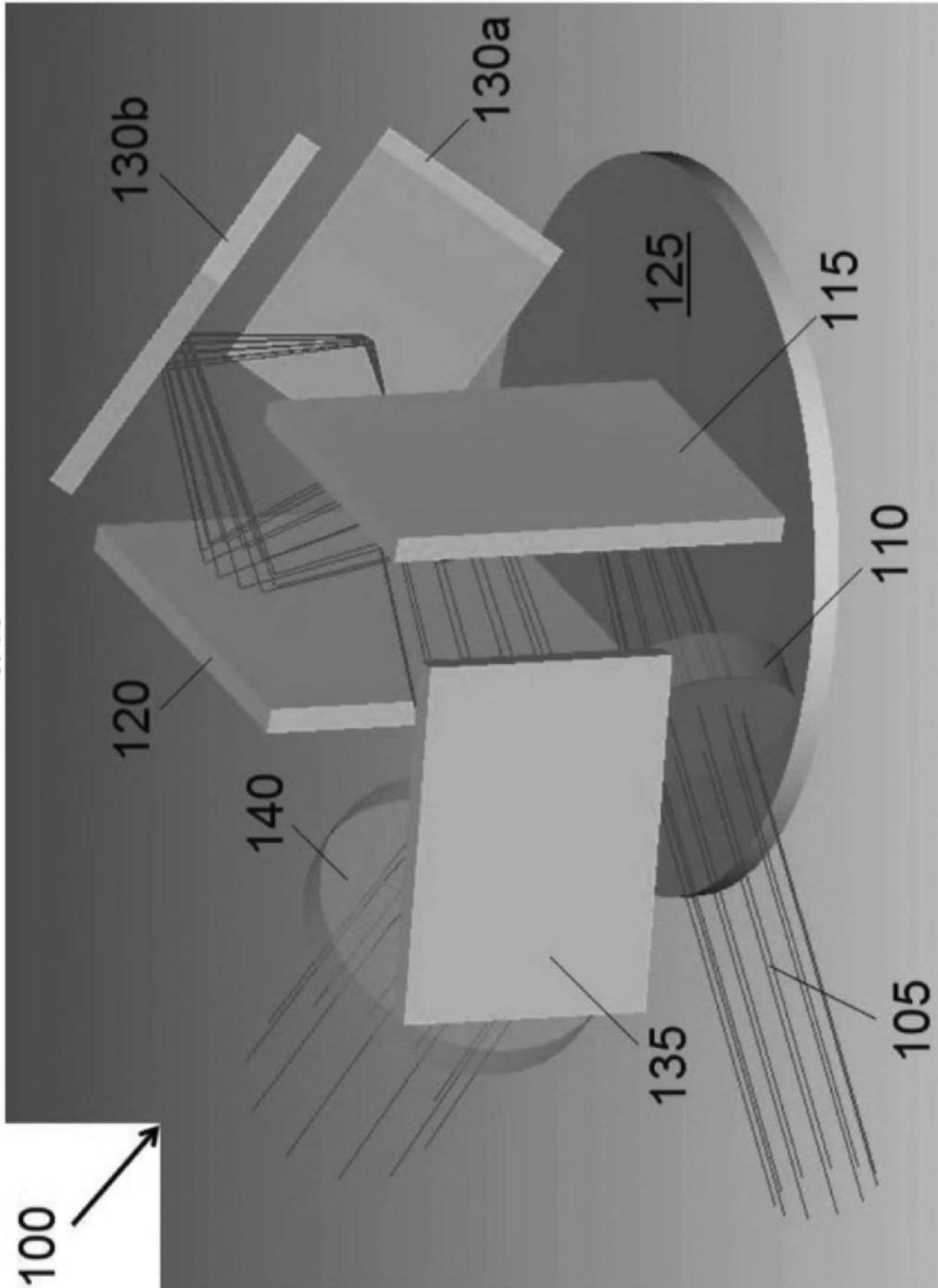


Abb. 3B



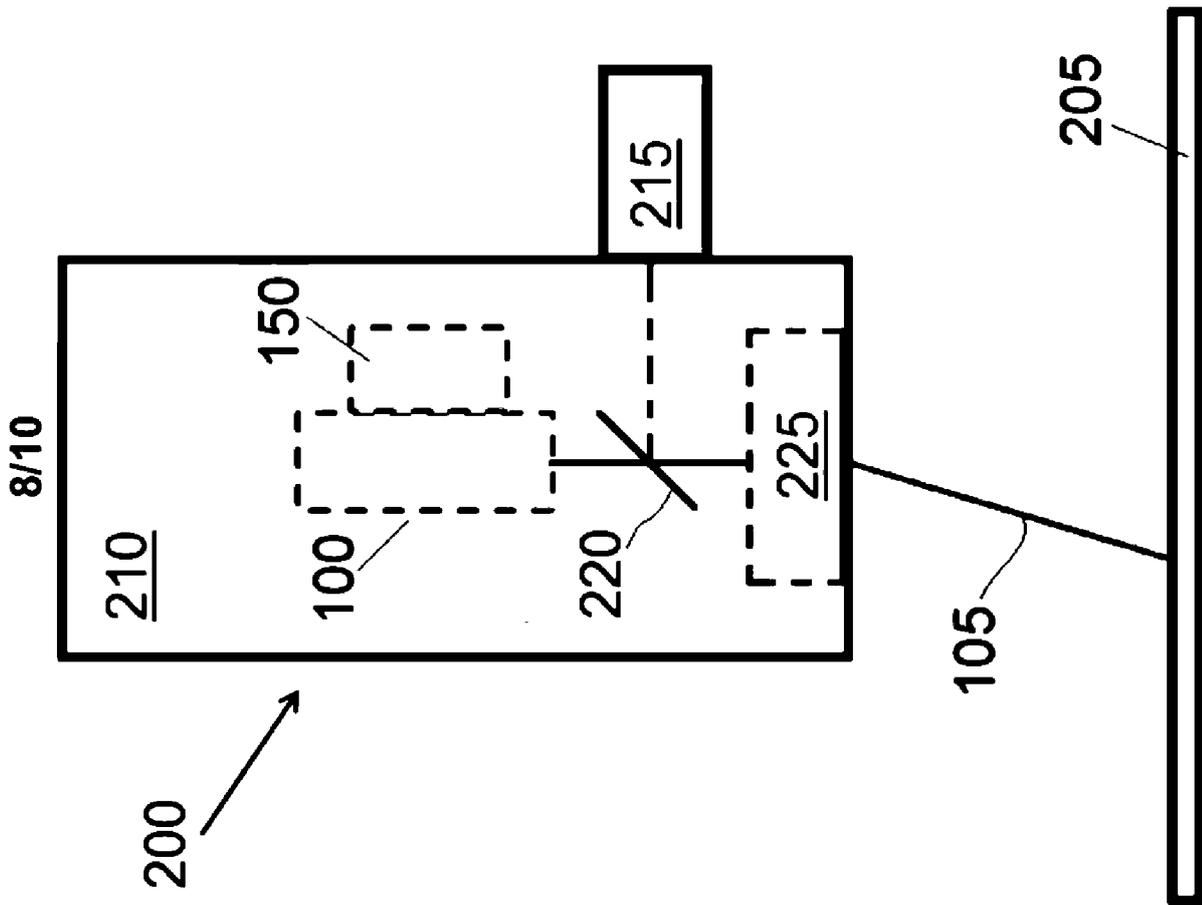


Abb. 5

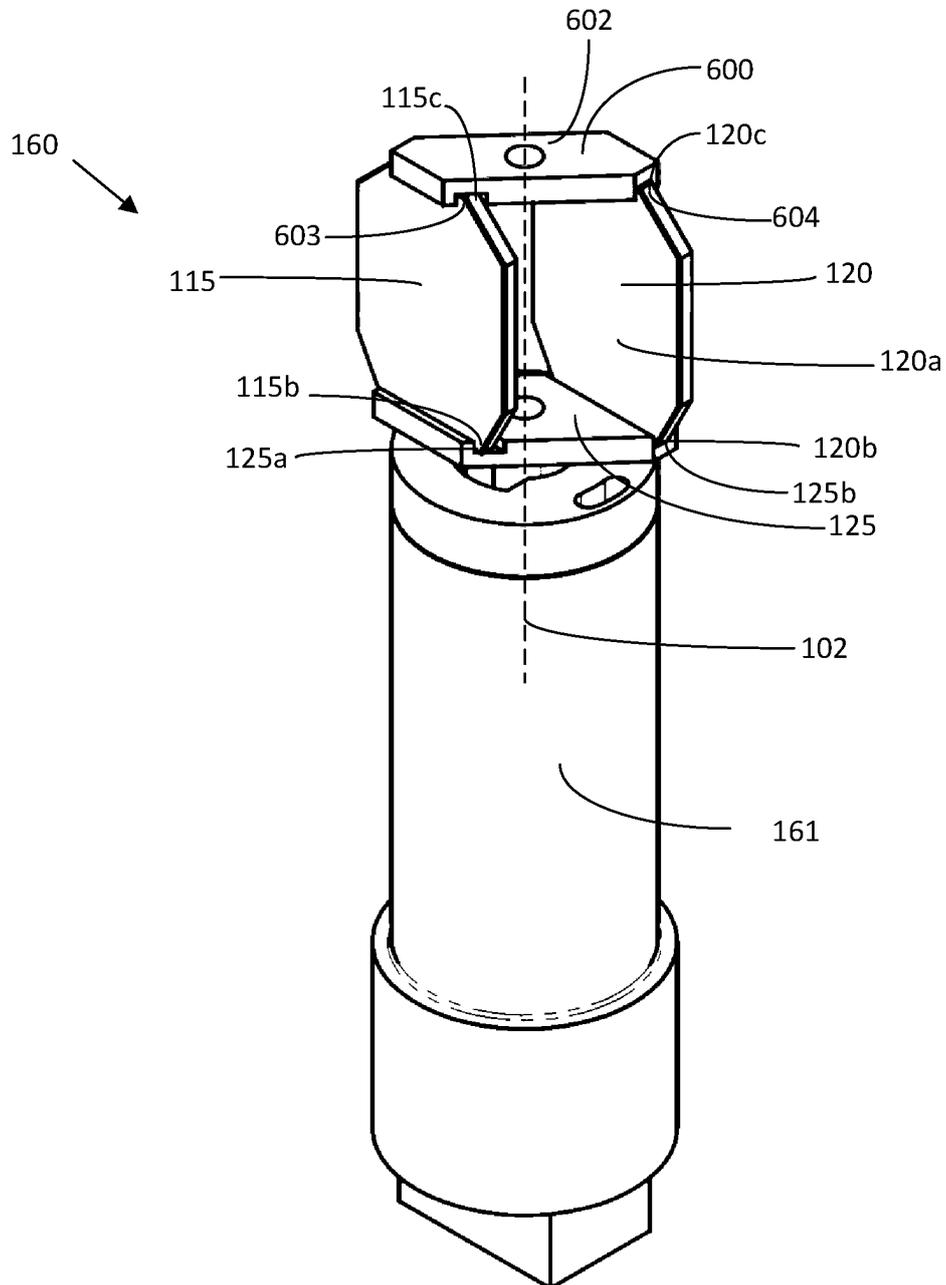


Abb. 6

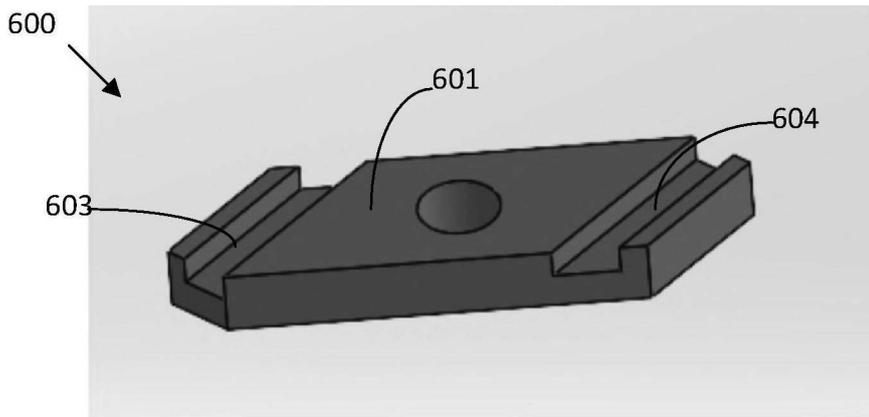


Abb. 7

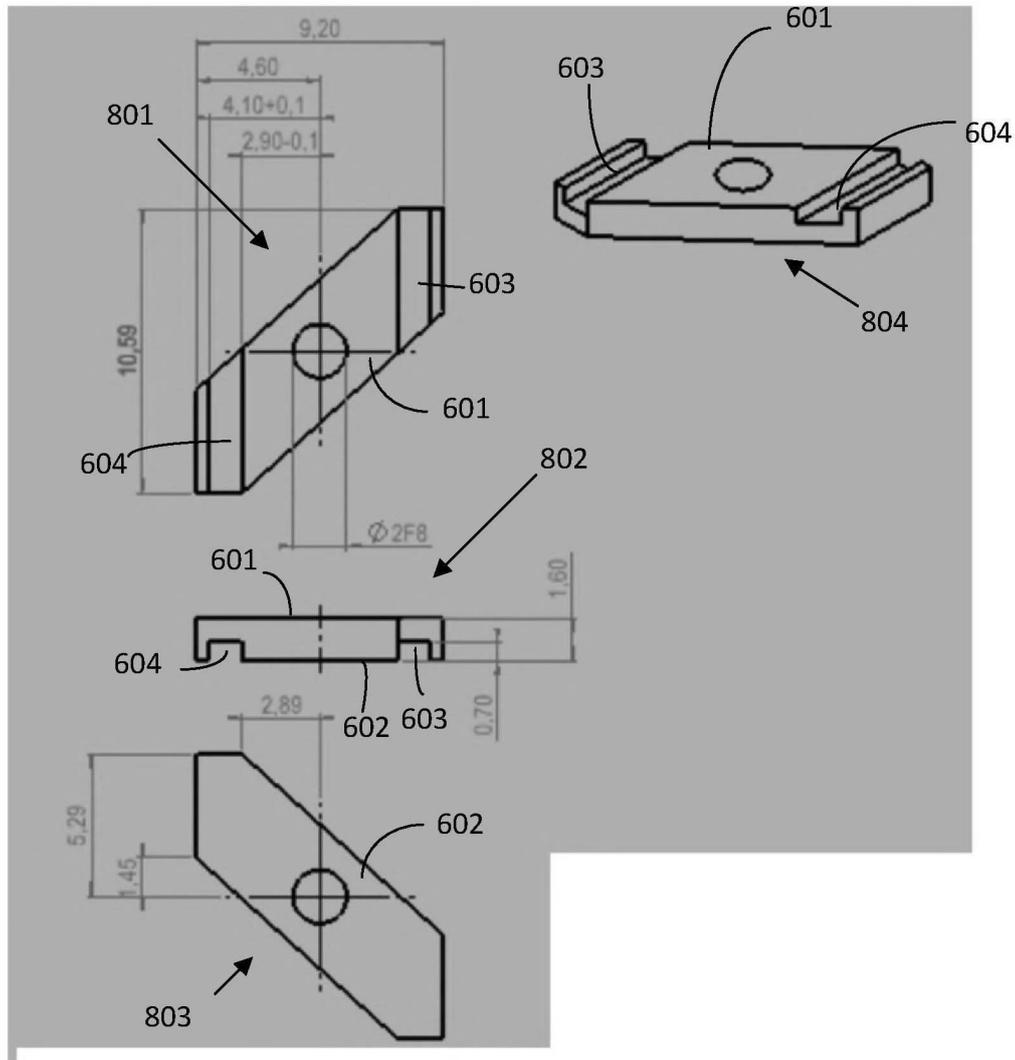


Abb. 8