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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Oktober 2016 (20.10.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/165989 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 3/00 (2006.01) *G01B 11/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/057497

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. April 2016 (06.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 105 613.5
13. April 2015 (13.04.2015) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS INDUSTRIELLE MESSTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **SEITZ, Dominik**; Oberbettringer Strasse 73, 73525 Schwaebisch Gmuend (DE). **HAVERKAMP, Nils**; Weisse Steige 32, 73431 Aalen (DE).

(74) Anwalt: **WITTE, WELLER & PARTNERPATENTANWÄLTE MBB**; Postfach 10 54 62, 70047 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: INCIDENT-LIGHT ILLUMINATION FOR A VARIABLE WORKING DISTANCE

(54) **Bezeichnung** : AUFLICHT-BELEUCHTUNG FÜR VARIABLEN ARBEITSABSTAND

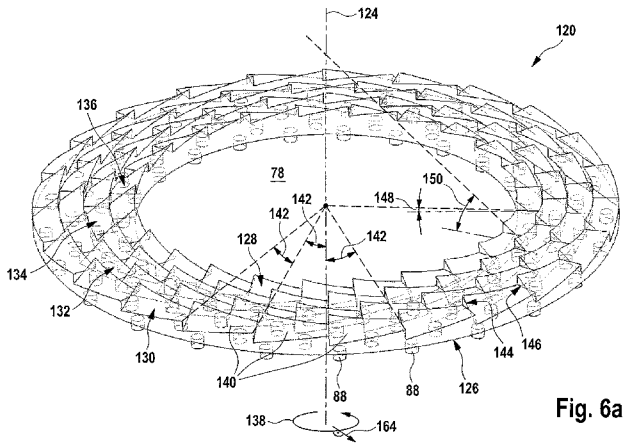


Fig. 6a

(57) **Abstract**: The invention relates to a lens device (120) for and illumination subassembly (24), having a light entry surface (126) and a light exit surface (128), wherein the lens device (120) has at least one annular area (130, 132, 134, 136), wherein each annular area (130, 132, 134, 136) extends along a circumferential direction (138) about a central axis (124) of the lens device (120), wherein each annular area (130, 132, 134, 136) has a multiplicity of surface segments (140), wherein each surface segment (140) forms a circular arc section (142) of the respective annular area (130, 132, 134, 136), and wherein each surface segment (140) has a first end (144) in the circumferential direction (138) and a second end (146) that is opposite to the first end (144) in the circumferential direction (138), wherein, at the first end (144), the light exit surface (128) is inclined in the direction of the central axis (124) with respect to the light entry surface (126) by an arbitrary first angle (148), and wherein, at the second end (146), the light exit surface (128) is inclined in the direction of the central axis (124) with respect to the light entry surface (106) by an arbitrary second angle (150), which is different from the first angle (148). The invention further relates to an illumination subassembly (24), to a coordinate measuring device (10), and to a method (200).

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/165989 A1

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Linseneinrichtung (120) für eine Beleuchtungsbaugruppe (24), mit einer Lichteintrittsfläche (126) und einer Lichtaustrittsfläche (128), wobei die Linseneinrichtung (120) mindestens einen Ringbereich (130, 132, 134, 136) aufweist, wobei sich jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) entlang einer Umfangsrichtung (138) um eine Zentralachse (124) der Linseneinrichtung (120) erstreckt, wobei jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) eine Mehrzahl von Flächensegmenten (140)aufweist, wobei jedes Flächensegment (140) einen Kreisbogenabschnitt (142) eines jeweiligen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) ausbildet, und wobei jedes Flächensegment (140) in der Umfangsrichtung (138) ein erstes Ende (144) und ein dem ersten Ende (144) in der Umfangsrichtung (138) entgegengesetztes zweites Ende (146) aufweist, wobei an dem ersten Ende (144) die Lichtaustrittsfläche (128) um einen beliebigen ersten Winkel (148) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende (146) die Lichtaustrittsfläche(128) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) um einen beliebigen zweiten Winkel (150) geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel (148) ist. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Beleuchtungsbaugruppe (24), ein Koordinatenmessgerät (10) und ein Verfahren (200).

Auflicht-Beleuchtung für variablen Arbeitsabstand

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Linseneinrichtung für eine Beleuchtungsbaugruppe. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Beleuchtungsbaugruppe für ein Messgerät zum Vermessen eines Werkstücks mittels eines optischen Sensors. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Koordinatenmessgerät zum Vermessen eines Werkstücks mittels eines optischen Sensors. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Ändern eines Beleuchtungsarbeitsabstands einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung eines Koordinatenmessgeräts.

[0002] Beleuchtungsmodule für Koordinatenmessgeräte sind beispielsweise aus der Druckschrift EP 0 362 625 A2 bekannt.

[0003] Koordinatenmessgeräte sind im Stand der Technik allgemein bekannt. Sie dienen dazu, beispielsweise im Rahmen einer Qualitätssicherung Werkstücke zu überprüfen oder die Geometrie eines Werkstücks vollständig im Rahmen eines sogenannten "Reverse Engineering" zu ermitteln. Darüber hinaus sind vielfältige weitere Anwendungsmöglichkeiten denkbar.

[0004] In derartigen Koordinatenmessgeräten können verschiedene Arten von Sensoren zur Anwendung kommen, um die Koordinaten eines zu vermessenden Werkstücks zu erfassen. Beispielsweise sind hierzu taktil messende Sensoren bekannt, wie sie beispielsweise von der Anmelderin unter der Produktbezeichnung "VAST“, "VAST XT" oder "VAST XXT" vertrieben werden. Hierbei wird die Oberfläche des zu vermessenden Werkstücks mit einem Taststift angetastet, dessen Koordinaten im Messraum ständig bekannt sind. Ein derartiger Taststift kann auch entlang der Oberfläche eines Werkstücks bewegt werden, so dass in einem solchen Messvorgang im Rahmen eines sogenannten "Scanning-Verfahrens" eine Vielzahl von Messpunkten in festgelegten zeitlichen Abständen erfasst werden kann.

[0005] Darüber hinaus ist es bekannt, optische Sensoren einzusetzen, die ein berührungsloses Erfassen der Koordinaten eines Werkstücks ermöglichen. Ein Beispiel für einen derartigen optischen Sensor ist der unter der Produktbezeichnung "ViScan" von der Anmelderin vertriebene optische Sensor.

[0006] Die Sensoren können dann in verschiedenen Arten von Messaufbauten verwendet werden. Ein Beispiel für einen solchen Messaufbau ist das Produkt "O-INSPECT" der Anmelderin. Bei einem derartigen Gerät finden sowohl ein optischer Sensor als auch ein taktiler Sensor Anwendung, um verschiedene Prüfaufgaben an einer Maschine und idealerweise mit einer einzigen Aufspannung eines zu vermessenden Werkstücks durchzuführen.

[0007] Sensorsysteme mit optischen Sensoren finden in der Koordinatenmesstechnik zunehmend Bedeutung. Dabei zeichnen sich optische Sensoren insbesondere durch eine hohe Geschwindigkeit des Messvorgangs aus. Auf diese Weise lassen sich viele Prüfauf-

gaben beispielsweise in der Medizintechnik, der Kunststofftechnik, der Elektronik und der Feinmechanik durchführen. Selbstverständlich sind darüber hinaus auch verschiedene andere Aufbauten denkbar.

[0008] Klassischerweise ist der optische Sensorkopf bzw. der optische Sensor mit einem Trägersystem verbunden, welches das optische Sensorsystem stützt und bewegt. Im Stand der Technik sind verschiedene Trägersysteme bekannt, beispielsweise Portalsysteme, Ständer-, Horizontalarm- und Armsysteme, und alle Arten von Robotersystemen. Die Trägersysteme können dabei des Weiteren Systemkomponenten aufweisen, die ein möglichst flexibles Positionieren des Sensorkopfs ermöglichen. Ein Beispiel hierfür ist das unter der Bezeichnung "RDS" vertriebene Dreh-Schwenk-Gelenk der Anmelderin. Darüber hinaus können verschiedene Adapter vorgesehen sein, um die unterschiedlichen Systemkomponenten des Trägersystems untereinander und mit dem Sensorsystem zu verbinden.

[0009] Des Weiteren ist es in der Koordinatenmesstechnik üblich, dass bei der Vermessung von Objekten mit unterschiedlichen Beleuchtungsarten gearbeitet werden kann. Beispielsweise kann eine Auflichtbeleuchtung vorgesehen werden, die beispielsweise als Hellfeld-Dunkelfeldbeleuchtung eingerichtet sein kann. Die entsprechenden optischen Sensoren weisen dann eine Videokamera und/oder eine Bildkamera und eine entsprechende Beleuchtung für das Werkstück auf. Des Weiteren ist üblicherweise eine feste Abbildungsoptik vorgesehen, die das zu vermessende Werkstück auf die Kamera bzw. die optischen Sensoren der Kamera abbildet. Für jeden Anwendungsfall bzw. jede Messart sind dabei in der Regel spezifische optische Sensoren mit fest integrierten Beleuchtungen und Abbildungsoptiken vorgesehen.

[0010] Beispielsweise zeigt die eingangs genannte Druckschrift EP 0 362 625 A2 eine auswechselbare Frontoptik für einen optischen Tastkopf. Diese Frontoptik ist für einen bestimmten Arbeitsabstand und eine bestimmte Beleuchtungsart ausgebildet. Des Weiteren weist sie das gesamte Objektiv auf, das von dem Werkstück reflektierte Lichtstrahlen auf den optischen Sensor abbildet.

[0011] Eine derartige Frontoptik ist jedoch aufgrund der optischen Elemente zum Abbilden relativ schwer und weist ein relativ großes Volumen auf. Des Weiteren ist eine solche Frontoptik nur für einen bestimmten Anwendungsfall, d.h. in einem bestimmten Arbeitsabstand und für eine bestimmte Beleuchtungsart, verwendbar.

[0012] In den Druckschriften EP 0 385 262 A2 und EP 1 373 827 B1 sind darüber hinaus ebenfalls Beleuchtungseinrichtungen für Koordinatenmessgeräte angegeben, die zum einen Abbildungsoptiken aufweisen und zum anderen relativ komplex ausgebildete, beispielsweise schwenk- oder bewegbare Beleuchtungselemente aufweisen, um die Beleuchtung auf verschiedene Arbeitsabstände einzustellen. Auch daraus resultiert jedoch ein relativ komplexer Aufbau solcher Beleuchtungselemente sowie ein eventuell höheres Gewicht und Volumen, was aufgrund der damit verbundenen höheren Trägheit das Regeln des optischen Sensorkopfs, insbesondere bei schnellen Messvorgängen, erschwert.

[0013] Die Druckschrift WO 2013/167168 A1 zeigt Beleuchtungsmodul für ein Koordinatenmessgerät zum Vermessen eines Werkstücks mittels eines optischen Sensors, wobei das Beleuchtungsmodul einen Grundkörper mit einer Sensorseite und einer Werkstückseite aufweist, wobei das Beleuchtungsmodul an dem Grundkörper mindestens eine Beleuchtungsanordnung zum Beleuchten des Werkstücks aufweist, und wobei die mindestens eine Beleuchtungsanordnung eine Abstrahlcharakteristik mit einem Abstrahlwinkel und einem Lichtintensitätsverlauf innerhalb des Abstrahlwinkels aufweist, wobei der Lichtintensitätsverlauf der mindestens einen Beleuchtungsanordnung innerhalb des Abstrahlwinkels asymmetrisch ist.

[0014] Abhängig von dem zu untersuchenden Werkstück und dem mittels des optischen Sensors angewendeten Messverfahrens ist das Werkstück auf unterschiedliche Arten zu beleuchten. Dabei kann beispielsweise ein Arbeitsabstand, in dem der Messvorgang vorgenommen wird, variieren. Des Weiteren kann unter Umständen eine Beleuchtung mit unterschiedlichen Einfallswinkeln auf eine Oberfläche des Werkstücks gewünscht sein. Daher sind in der Praxis Beleuchtungsbaugruppen entweder zu wechseln oder eine Beleuchtungsbaugruppe weist mehrere, wechselnd schaltbare Lichtquellen auf, um die unterschiedlichen Arten von Beleuchtungen bereitzustellen. Derartige Anordnungen machen

eine Beleuchtungsbaugruppe jedoch zum einen schwerer und erhöhen zum anderen die Kosten einer Beleuchtungsbaugruppe. Es ist jedoch grundsätzlich wünschenswert, mittels einer Beleuchtungsbaugruppe Beleuchtungen in unterschiedlichen Arbeitsabständen und/oder mit unterschiedlichen Einfallswinkeln bereitstellen zu können. Insbesondere im Falle einer gewünschten Auflicht-Dunkelfeldbeleuchtung in einem variablen Arbeitsabstand ist es wünschenswert, möglichst einfach unterschiedliche Einfallswinkel einstellen zu können.

[0015] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Linseneinrichtung, eine Beleuchtungsbaugruppe für ein Koordinatenmessgerät mit einem optischen Sensor, ein Koordinatenmessgerät und ein Verfahren anzugeben, das einfach aufgebaut ist und eine größtmögliche Flexibilität bei der Verwendung des optischen Sensors des Koordinatenmessgerätes ermöglicht, insbesondere eine Verwendung unterschiedlicher Arbeitstabstände im Fall einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung.

[0016] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird daher vorgeschlagen, eine Linseneinrichtung für eine Beleuchtungsbaugruppe bereitzustellen, mit einer Lichteintrittsfläche und einer Lichtaustrittsfläche, wobei die Linseneinrichtung mindestens einen Ringbereich aufweist, wobei sich jeder Ringbereich entlang einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse der Linseneinrichtung erstreckt, wobei jeder Ringbereich eine Mehrzahl von Flächensegmenten aufweist, wobei jedes Flächensegment einen Kreisbogenabschnitt eines jeweiligen Ringbereichs ausbildet, und wobei jedes Flächensegment in der Umfangsrichtung ein erstes Ende und ein dem ersten Ende in der Umfangsrichtung entgegengesetztes zweites Ende aufweist, wobei an dem ersten Ende die Lichtaustrittsfläche um einen beliebigen ersten Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende die Lichtaustrittsfläche gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse um einen beliebigen zweiten Winkel geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel ist.

[0017] Bei der Linseneinrichtung handelt es sich somit um eine optische Linse, das heißt um ein refraktives optisches Element. Sie kann aus einem der üblichen Glas- oder Kunststoffwerkstoffe für refraktive optische Elemente bereitgestellt sein. Eine solche Linseneinrich-

tung weist grundsätzlich zwei optisch wirkende Flächen auf. Diese sind als Lichteintrittsfläche und als Lichtaustrittsfläche bezeichnet.

[0018] Die Lichtaustrittsfläche weist mindestens einen Ringbereich auf. Grundsätzlich kann diese genau einen Ringbereich oder mehr als einen Ringbereich aufweisen. Jeder Ringbereich ist ein Teilbereich oder Teilabschnitt eines Rings oder ist ein vollständig geschlossener Ring. In ihrer Mitte weist die Linseneinrichtung somit eine Aussparung oder freie Fläche auf, durch die Lichtstrahlen hindurchtreten können, insbesondere um zu dem optischen Sensor eines Koordinatenmessgeräts zu gelangen. Folglich erstreckt sich jeder Ringbereich, insbesondere ringförmig, entlang einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse. Die Lage der Zentralachse bestimmt sich somit aus dem Radius, mit dem sich die Ringbereiche in Umfangsrichtung um die Zentralachse herum erstrecken. Bei mindestens einem Ringbereich, der sich vollständig geschlossen als Ring erstreckt, liegt die Zentralachse folglich im Mittelpunkt des Rings. Jeder Ringbereich erstreckt sich entlang der Umfangsrichtung um die Zentralachse herum. Die Mittelebene jedes Ringbereichs oder, im Falle einer ebenen Ausgestaltung der Lichteintrittsfläche, die Lichteintrittsfläche liegt somit senkrecht zu der Zentralachse. Die Zentralachse kann somit parallel zu der Durchstrahlrichtung durch die Linseneinrichtung verlaufen.

[0019] Jeder Ringbereich weist des Weiteren eine Mehrzahl von Flächensegmenten auf. Dabei ist jedes Flächensegment ein Kreisbogenabschnitt des jeweiligen Ringbereichs. Die Flächensegmente liegen somit in Umfangsrichtung gesehen hintereinander und bilden zusammengenommen den jeweiligen Ringbereich aus. Folglich weist jedes Flächensegment in Umfangsrichtung ein erstes Ende und ein entgegengesetztes zweites Ende auf. Die Lichtaustrittsfläche ist dabei derart ausgebildet, dass sie an einem ersten Ende um einen ersten Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse geneigt ist und an dem zweiten Ende um einen zweiten Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse geneigt ist. Der erste und der zweite Winkel sind dabei verschieden voneinander. Somit variiert der Differenzwinkel zwischen der Lichteintrittsfläche und der Lichtaustrittsfläche in Richtung der Zentralachse über jedes Linsensegment. Damit variiert entsprechend die prismatische Ablenkung in RIchtung der Zentralachse. In jedem Flächensegment ändert sich somit der Neigungswinkel der Lichtaus-

trittsfläche gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse zwischen dem ersten Ende und dem zweiten Ende.

[0020] Grundsätzliche Lösungen für die gestellte Aufgabe wären beispielsweise, eine Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung relativ zum Messobjekt fest montiert zu lassen. Selbstverständlich würde das dann jedoch den Vorteil, bei verschiedenen Arbeitsabständen messen zu können, verschwinden lassen. Eine weitere Alternative wäre, jede Beleuchtungsanordnung, beispielsweise eine LED (Light Emitting Diode) einzeln in Abhängigkeit von dem Arbeitsabstand zu verschwenken. Hierzu sind jedoch eine Vielzahl von Aktuatoren nötig oder über eine relativ mechanisch aufwendige Kinematik bei der Verwendung von weniger Aktuatoren als vorhandenen Beleuchtungsanordnungen. Häufig sind derartige Lösungen daher teuer und in der Praxis nicht umsetzbar.

[0021] Mittels der vorgeschlagenen Linseneinrichtung wird es jedoch möglich, den Einfallswinkel bzw. den Neigungswinkel der Lichtaustrittsfläche gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse zu ändern. Dies geschieht, indem die Linseneinrichtung um die Zentralachse verdreht wird. Jedem Flächensegment kann beispielsweise eine Beleuchtungsanordnung zugeordnet sein. In einer ersten Position kann die relative Anordnung der Linseneinrichtung bzw. eines jeweiligen Flächensegments zu der Beleuchtungsanordnung dann so sein, dass im Wesentlichen der erste Winkel wirkt. Eine Verdrehung der Linseneinrichtung um die Zentralachse bewirkt dann, dass in einer zweiten Position im Wesentlichen der zweite Winkel wirkt, der verschieden von dem ersten Winkel ist. Auf diese Weise können mindestens zwei Arbeitsabstände beleuchtet bzw. zwischen verschiedenen Arbeitsabständen gewechselt werden.

[0022] Unter einem "Arbeitsabstand" kann dabei entweder der mechanische Arbeitsabstand, das heißt der Abstand zwischen dem zu beobachtenden Messobjekt und der Messeinrichtung verstanden werden. Es kann aber auch der optische Arbeitsabstand, das heißt die lichte Weite zwischen dem Messobjekt und der ersten Störkontur im Strahlengang des optischen Sensors, beispielsweise eine Blende an einem Eingang eines Objektivs bzw. einer Abbildungsoptik, verstanden werden.

[0023] Die Linseneinrichtung kann mittels eines einzelnen Aktuators drehbar eingerichtet werden. Beispielsweise kann auf diese Weise kostengünstig und regelungstechnisch einfach durch Drehen der Linseneinrichtung eine Änderung des Arbeitsabstands bereitgestellt werden.

[0024] Des Weiteren kann beispielsweise eine Antriebseinrichtung bereitgestellt sein, die dazu ausgebildet ist, zumindest die Linseneinrichtung und/oder weitere Elemente der Beleuchtungsbaugruppe relativ zu einer Abbildungsoptik parallel zu einer optischen Achse der Abbildungsoptik und/oder parallel zu der Zentralachse zu bewegen. Auf diese Weise kann dann beispielsweise ein optischer Arbeitsabstand beibehalten und unter Änderung des mechanischen Arbeitsabstands ein Einfallswinkel der Beleuchtungsstrahlung gegenüber der Zentralachse verändert werden.

[0025] Entsprechend wird gemäß einem weiteren Aspekt eine Beleuchtungsbaugruppe für ein Messgerät zum Vermessen eines Werkstücks bereitgestellt, die mindestens eine Beleuchtungsanordnung und eine Linseneinrichtung gemäß dem ersten Aspekt oder einer seiner Ausgestaltungen aufweist. Des Weiteren kann die Beleuchtungsbaugruppe eine Antriebseinrichtung aufweisen. Die Antriebseinrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Linseneinrichtung relativ zu der Beleuchtungsanordnung zu verdrehen.

[0026] Auf diese Weise kann der Einfallswinkel der Beleuchtungsstrahlung variiert und der Arbeitsabstand beispielsweise einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungsanordnung so eingestellt werden, dass das zu vermessende, im Arbeitsabstand variable Blickfeld des optischen Sensors sehr gut bzw. optimal von der Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtungsanordnung ausgeleuchtet wird.

[0027] Wird eine rotationssymmetrische Fresnel-Linse zur Strahlablenkung verwendet, ist der Einfallswinkel bzw. Neigungswinkel der Beleuchtungsstrahlung gegenüber der Zentralachse konstant. Durch die vorgeschlagenen Flächensegmente mit verschiedenen Winkeln, kann der Wirkwinkel der Linseneinrichtung variiert werden. Durch Verdrehen der Linseneinrichtung kann dann ein veränderlicher Wirkwinkel der Linseneinrichtung bereitgestellt werden. Insbesondere ist somit jedes Flächensegment als Freiformfläche ausge-

bildet. "Freiformfläche" meint dabei, dass die Fläche keinerlei Symmetrien aufweist. Insbesondere kann jeder Lichtquelle oder jeder Beleuchtungsanordnung ein Flächensegment zugeordnet sein. Auf diese Weise können auch nur geringe Bewegungen der Linseneinrichtung ausreichen, um die gewünschte Änderung des Arbeitsabstands einzustellen. Bei Auflicht-Beleuchtungsanordnungen, die zum Beispiel 24 Lichtquellen über den Umfang verteilt aufweisen, müsste die Linseneinrichtung lediglich um etwa 15° verdreht werden, um zwischen dem ersten und dem zweiten Winkel umschalten zu können. Ist beispielsweise der erste Winkel klein und der zweite Winkel groß mit einem linearen Übergang zwischen den Winkeln eingerichtet, kann somit eine Verdrehung über lediglich 15° von einem minimalen auf einen maximalen Arbeitsabstand umgeschaltet werden.

[0028] Gemäß einem dritten Aspekt wird ein Koordinatenmessgerät zum Vermessen eines Werkstücks mittels eines optischen Sensors vorgeschlagen, das eine Beleuchtungsbaugruppe gemäß dem zweiten Aspekt oder einer seiner Ausgestaltungen aufweist, und wobei ein Messkegel des optischen Sensors entlang der Zentralachse verläuft. Insbesondere kann die Zentralachse identisch mit einer optischen Achse eines Objektivs des optischen Sensors sein. Neben einem Koordinatenmessgerät kann es sich bei dem Messgerät jedoch beispielsweise auch um ein Mikroskop oder jede andere Art von Messgerät handeln.

[0029] Gemäß einem vierten Aspekt wird ein Verfahren zum Ändern eines Beleuchtungsarbeitsabstands einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung eines Koordinatenmessgeräts vorgeschlagen, wobei das Koordinatenmessgerät eine Beleuchtungsbaugruppe mit einer Linseneinrichtung aufweist, wobei sich die Linseneinrichtung, insbesondere ringförmig, entlang einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse der Linseneinrichtung erstreckt, und wobei das Verfahren den Schritt des Verdrehens der Linseneinrichtung um die Zentralachse aufweist. Insbesondere weist die Beleuchtungsbaugruppe mindestens eine Beleuchtungsanordnung auf. Insbesondere erfolgt das Verdrehen des Linsensegments dann um die Zentralachse relativ zu der mindestens einen Beleuchtungsbaugruppe.

[0030] Auf diese Weise kann der Arbeitsabstand durch einfaches Verdrehen der Linseneinrichtung geändert werden.

[0031] Die eingangs gestellte Aufgabe wird daher vollkommen gelöst.

[0032] In einer Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass alle Flächensegmente desselben Ringbereichs an dem ersten Ende denselben ersten Winkel in Richtung der Zentralachse aufweisen und an dem zweiten Ende denselben zweiten Winkel in Richtung der Zentralachse aufweisen, insbesondere wobei die jeweiligen ersten Winkel der Ringbereiche verschieden von einander sind und die jeweiligen zweiten Winkel der Ringbereiche verschieden voneinander sind.

[0033] Auf diese Weise kann über jedes Flächensegment ein vollständiger Winkelbereich zwischen dem kleinsten Winkel und dem größten Winkel durchfahren werden und die gesamte Längserstreckung des Flächensegments entlang der Umfangsrichtung für die Ausformung der Oberfläche des Flächensegments zur Überführung des kleinsten Winkels in den größten Winkel genutzt werden.

[0034] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass die Flächensegmente eines jeweiligen Ringbereichs unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind.

[0035] Insbesondere kann dies vorgesehen sein, wenn ein Ringbereich ein vollständig geschlossener Ring ist. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Flächensegmente nicht unmittelbar aneinander angrenzen. Beispielsweise ist dann ein Spalt zwischen benachbarten Flächensegmenten gebildet.

[0036] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass jedes Flächensegment mit einem kontinuierlichen Übergang in Umfangsrichtung von dem ersten Winkel zu dem zweiten Winkel ausgebildet ist, insbesondere wobei der zweite Winkel größer als der erste Winkel ist.

[0037] Ein kontinuierlicher Übergang zwischen dem ersten Winkel und dem zweiten Winkel vereinfacht die Regelung des Verdrehens der Linseneinrichtung, um den gewünschten

wirkenden Brechungswinkel der Linseneinrichtung gegenüber der Zentralachse einzustellen.

[0038] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass der kontinuierliche Übergang stetig steigend und/oder linear von dem ersten Winkel zu dem zweiten Winkel verläuft.

[0039] Ein kontinuierlicher Übergang linear von dem ersten Winkel zu dem zweiten Winkel vereinfacht jedoch weiter eine etwaige Regelung des Verdrehens der Linseneinrichtung. Zudem ist ein solcher Übergang fertigungstechnisch einfacher herstellbar.

[0040] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Ringbereich ein vollständig geschlossener Ring ist und/oder dass zumindest ein Ringbereich ein Teilbereich eines Rings ist.

[0041] Ein Ringbereich muss sich somit nicht vollständig oder über 360° um die Zentralachse herumbewegen. Ein Ringbereich kann tatsächlich auch nur ein Teilbereich bzw. Teilabschnitt eines geschlossenen Rings sein. Dies hängt auch immer von der Art und Anordnung der Beleuchtungsanordnungen ab. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass die Beleuchtungsanordnungen nicht gleichmäßig über den Umfang verteilt sind. Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass in einem ersten radialen Abstand von der Zentralachse eine Anzahl von Beleuchtungsanordnungen halbkreisförmig angeordnet ist und in einem von dem ersten radialen Abstand verschiedenen zweiten radialen Abstand eine zweite Anzahl von Beleuchtungsanordnungen halbkreisförmig angeordnet ist. Dann wäre es beispielsweise nur notwendig, dass ein Ringbereich nur ein sich über 180° erstreckender Teilbereich eines Rings ist. Ein solcher Ringbereich wäre dann in dem ersten radialen Abstand und ein weiterer in dem zweiten radialen Abstand angeordnet. Alternativ könnten natürlich auch trotz allem zwei Ringbereiche in verschiedenen radialen Abständen vorgesehen sein, die jeweils vollständig geschlossene Ringe sind.

[0042] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass jeder Ringbereich ein vollständig geschlossener Ring ist.

[0043] In dieser Ausgestaltung ist somit entweder ein einziger Ringbereich vorgesehen, der ein vollständig geschlossener Ring ist, oder mehrere Ringbereiche vorgesehen, die in unterschiedlichen radialen Abständen konzentrisch um die Zentralachse angeordnet sind.

[0044] Des Weiteren kann eine Ausgestaltung der Linseneinrichtung somit vorgesehen sein, dass die Linseneinrichtung mehrere Ringbereiche aufweist, die konzentrisch um die Zentralachse angeordnet sind.

[0045] Jeder Ringbereich kann dabei ein vollständig geschlossener Ring sein. In jedem Ringbereich ist eine Mehrzahl von Flächensegmenten vorgesehen. Die Flächensegmente können dann unmittelbar aneinander angrenzend oder benachbart mit einem Spalt zwischen sich angeordnet sein. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass mehrere Ringbereiche vorgesehen sind, die vollständig geschlossene Ringe sind mit unmittelbar aneinander angrenzenden Flächensegmenten. Da die Flächen, mit denen die Flächensegmente aneinanderstoßen, nicht die optischen Wirkflächen sind, ist es beispielsweise möglich, die Flächensegmente einzeln zu fertigen und dann zu den Ringbereichen und die Ringbereiche zu der fertigenden Linseneinrichtung zusammenzusetzen. Beispielsweise können die Flächensegmente miteinander versprengt werden. Es ist auch ein Verkleben denkbar.

[0046] In einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Linseneinrichtung einstückig ausgebildet ist.

[0047] Selbstverständlich ist es statt der Einzelfertigung der Flächensegmente, die dann miteinander verbunden werden, auch möglich, die gesamte Linseneinrichtung einstückig auszubilden. Durch Schleifen und Polieren kann die gewünschte Verlaufsform der Lichtaustrittsfläche bereitgestellt werden.

[0048] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass die Linseneinrichtung insgesamt die Form eines geschlossenen Rings aufweist, der um die Zentralachse herum angeordnet ist.

[0049] In diesem Fall ist die Linseneinrichtung somit aus mindestens einem Ringbereich oder einer Mehrzahl von Ringbereichen ausgebildet, die jeweils vollständig geschlossene Ringe sind.

[0050] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass ein Betrag des ersten Winkels zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche in einem Bereich von einschließlich 0° bis 44,9° liegt und ein Betrag des zweiten Winkels zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche in einem Bereich von 20° bis einschließlich 90° liegt, insbesondere wobei der Betrag des ersten Winkels zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche in einem Bereich von 5° bis 19,9° liegt und der Betrag des zweiten Winkels zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche in einem Bereich von 20° bis 45° liegt.

[0051] Insbesondere kann der Betrag des ersten Winkels auch in einem Bereich von 5° bis 15°, 5° bis 10°, 7,5° bis 15° oder 7,5° bis 12,5° liegen. Insbesondere kann der erste Winkel 5°, 7,5°, 10°, 12,5°, 15°, 17,5°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17, 18° oder 19° betragen. Insbesondere kann der zweiten Winkel in einem Bereich von 20° bis 40°, 20° bis 35°, 25° bis 35°, 25° bis 45° oder 30° bis 45° liegen. Insbesondere kann der zweite Winkel, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 27,5° oder 32,5° betragen. Grundsätzlich kann der zweite Winkel auch in einem Bereich von 45° bis 80° oder 45° bis 85° liegen. Die Obergrenze jedes Bereichs kann somit ebenfalls statt bei 75° auch bei 80° oder 85° liegen.

[0052] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass die Linseneinrichtung radial innerhalb des mindestens einen Ringbereichs einen freien Zentralbereich aufweist. Der freie Zentralbereich kann auch als "Aussparung" oder "Freiraum" bezeichnet werden.

[0053] In diesem freien Zentralbereich kann somit Strahlung hin zu dem optischen Sensor durch die Linseneinrichtung durchtreten, ohne dabei gebrochen zu werden.

[0054] In einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass jedes Flächensegment als eine Freiformfläche ausgebildet ist.

[0055] Unter einer Freiformfläche wird dabei eine Oberflächenverlaufsform verstanden, die keinerlei Symmetrien aufweist. Wenn beispielsweise der erste Winkel in den zweiten Winkel kontinuierlich linear durch Verwinden der Fläche bereitgestellt wird, ergibt sich eine solche Freiformfläche.

[0056] In einer weiteren Ausgestaltung der Linseneinrichtung kann vorgesehen sein, dass zumindest eines, insbesondere jedes, der Flächensegmente fresnellisiert ausgebildet ist.

[0057] Es ist somit möglich das zumindest ein oder alle Linsensegmente nach Art einer Fresnel-Linse oder fresnellisiert ausgebildet ist. Dabei kann die Lichteintrittsfläche oder die Lichtaustrittsfläche fresnellisiert ausgebildet sein. Auf diese Weise kann die Linseneinrichtung insbesondere mit geringerer Dicke ausgebildet werden. Der erste Winkel bzw. der zweite Winkel ist dann der Wirkwinkel oder effektive Winkel der prismatischen Ablenkung des Linsensegments in Richtung der Zentralachse.

[0058] In einer weiteren Ausgestaltung der Beleuchtungsbaugruppe kann vorgesehen sein, dass die Beleuchtungsbaugruppe eine Mehrzahl von Beleuchtungsanordnungen aufweist, und bei jedem Flächensegment eine Beleuchtungsanordnung zugeordnet ist.

[0059] Auf diese Weise können mehrere, beispielsweise über den Umfang verteilte Beleuchtungsanordnungen vorgesehen sein. Jedes Flächensegment wirkt dabei für eine Beleuchtungsanordnung, so dass die Linseneinrichtung bestmöglich genutzt wird.

[0060] In einer Ausgestaltung der Beleuchtungsbaugruppe kann die Beleuchtungsanordnung eine Lichtquelle, insbesondere eine LED (Light Emitting Diode), aufweisen oder es kann vorgesehen sein, dass die Beleuchtungsanordnung eine Lichtaustrittsfläche eines Lichtquellenleiters ist.

[0061] Grundsätzlich handelt es sich bei der "Beleuchtungsanordnung" nicht zwingend um eine Beleuchtungsanordnung mit Lichtquelle. Unter der Beleuchtungsanordnung soll grundsätzlich jede individuelle Lichtaustrittsfläche verstanden werden. Die Beleuchtungsanordnung der Beleuchtungsbaugruppe kann eine eigene Lichtquelle aufweisen. Grundsätzlich kann jedoch auch eine externe Lichtquelle in dem Koordinatenmessgerät vorgesehen sein und die Lichtstrahlung wird über Lichtquellenleiter das Licht emittierende Element der Beleuchtungsanordnung. Es kann sich somit um eine aktive Beleuchtungsanordnung, das heißt eine Beleuchtungsanordnung mit eigener Lichtquelle, oder um eine passive Beleuchtungsanordnung, das heißt eine Beleuchtungsanordnung, die von einer externen und nicht zur Beleuchtungsanordnung gehörenden Lichtquelle gespeist wird, handeln. In der Regel wird eine Beleuchtungsanordnung neben dem Licht emittierenden Element noch einen Kollimator aufweisen, bevor das Licht auf die Linseneinrichtung fällt. Auf diese Weise wird herbeigeführt, dass kollimierte Lichtstrahlung auf die Linseneinrichtung einfällt bzw. dort auf die Lichteintrittsfläche trifft. Selbstverständlich sind neben LEDs auch andere Lichtquellen denkbar, beispielsweise OLEDs, Laser, jegliche Art von Weißlichtquelle oder andere Arten von Lichtstrahlung emittierenden Quellen.

[0062] In einer weiteren Ausgestaltung der Beleuchtungsbaugruppe kann vorgesehen sein, dass die Beleuchtungsbaugruppe des Weiteren eine Antriebseinrichtung zum Verdrehen der Linseneinrichtung um die Zentralachse relativ zu der mindestens einen Beleuchtungsbaugruppe aufweist. Es kann mindestens eine Antriebseinrichtung vorgesehen sein. Insbesondere können auch mehrere Antriebseinrichtungen vorgesehen sein, die beispielsweise gleichmäßig über den Umfang verteilt sind. Die Antriebseinrichtung kann die Linseneinrichtung dabei sowohl beispielsweise kraftschlüssig über in Kontakt mit der Linseneinrichtung stehende Räder verdrehen. Um durch Schlupf einen Schrittverlust zu vermeiden, können auch andere Verbindungen bereitgestellt sein. Beispielsweise kann die Linseneinrichtung von einer Zahnung eingefasst und diese Verzahnung mit der Antriebseinrichtung unmittelbar oder mittelbar in Eingriff stehen.

[0063] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Linseneinrichtung eine Lichteintrittsfläche und eine Lichtaustrittsfläche aufweist, wobei die Linseneinrichtung mindestens einen Ringbereich aufweist, wobei sich jeder Ringbereich entlang einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse der Linseneinrichtung erstreckt,

wobei jeder Ringbereich eine Mehrzahl von Flächensegmenten aufweist, wobei jedes Flächensegment einen eines jeweiligen Ringbereichs ausbildet, und wobei jedes Flächensegment in der Umfangsrichtung ein erstes Ende und ein dem ersten Ende in der Umfangsrichtung entgegengesetztes zweites Ende aufweist, wobei an dem ersten Ende die Lichtaustrittsfläche um einen beliebigen ersten Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche in Richtung der Zentralachse geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende die Lichtaustrittsfläche gegenüber Lichteintrittsfläche in Richtung der der Zentralachse um einen beliebigen zweiten Winkel geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel ist.

[0064] Auf diese Weise wird das Verfahren mit einer Linseneinrichtung gemäß dem ersten Aspekt bereitgestellt, was eine kostengünstige und einfache Umsetzung des Verfahrens ermöglicht.

[0065] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0066] Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Ausführungsform eines Koordinatenmessgeräts,

Fig. 2 eine Seitenansicht eines optischen Sensors des Koordinatenmessgeräts mit einer Beleuchtungsbaugruppe,

Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht einer mit einem optischen Sensor gekoppelten Beleuchtungsbaugruppe,

Fig. 4 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Fig. 3,

Fig. 5a - 5c verschiedene Ausführungsformen einer Beleuchtungsbaugruppe,

Fig. 6a eine isometrische Ansicht einer Ausführungsform einer Linseneinrichtung,

Fig. 6b eine isometrische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Linseneinrichtung,

Fig. 7 eine Draufsicht auf eine schematische weitere Ausführungsform einer Linseneinrichtung,

Fig. 8 eine schematische Draufsicht auf noch eine weitere Ausführungsform einer Linseneinrichtung,

Fig. 9a eine Linseneinrichtung in einer ersten Position gegenüber einer Mehrzahl von Beleuchtungsanordnungen,

Fig. 9b die Linseneinrichtung in Fig. 9a in einer zweiten Position gegenüber der Mehrzahl von Beleuchtungsanordnungen,

Fig. 10a - 10c einen Ablauf des Verdrehens einer Linseneinrichtung gegenüber einer Mehrzahl von Beleuchtungsanordnungen,

Fig. 11a eine vergrößerte Ansicht mehrerer Flächensegmente verschiedener Ringbereiche,

Fig. 11b die Flächensegmente der Fig. 11a in einer entgegengesetzten Perspektive,

Fig. 11c eine vergrößerte Ansicht mehrerer Flächensegmente verschiedener Ringbereiche in einer weiteren Ausführungsform einer Linseneinrichtung,

Fig. 12 eine schematische Veranschaulichung eines Effekts des Verdrehens einer Linseneinrichtung,

Fig. 13 eine schematische Veranschaulichung eines Verdrehens der Linseneinrichtung zur Bereitstellung einer Auflicht-Dunkelfeldbeleuchtung in unterschiedlichen Arbeitsabständen,

Fig. 14 eine Ausführungsform eines Verfahrens.

[0067] Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform eines Koordinatenmessgerätes 10. Das Koordinatenmessgerät 10 weist eine Regelungseinrichtung 12 auf, die dazu ausgebildet ist, das Koordinatenmessgerät 10 automatisiert zu steuern. Hierzu kann die Regelungseinrichtung 12 eine Datenverarbeitungseinheit 14 aufweisen. Des Weiteren kann die Regelungseinrichtung 12 auch Anzeigevorrichtungen aufweisen, die einem Nutzer des Koordinatenmessgerätes 10 Informationen über angewählte Betriebsmodi, Messergebnisse usw. anzeigen. Des Weiteren weist das Koordinatenmessgerät 10 eine Bedienungseinrichtung 16 auf, die einem Nutzer ermöglicht, das Koordinatenmessgerät 10 zu steuern. Die Bedienungseinrichtung 16 ist dabei lediglich schematisch dargestellt. Dies soll zum einen ein manuelles Bewegen des Koordinatenmessgerätes 10 ermöglichen. Des Weiteren kann die Bedienungseinrichtung 16 dazu ausgebildet sein, dass der Nutzer Systemeingaben in die Regelungseinrichtung 12 eingeben kann, um einen Betriebsmodus usw. auszuwählen. Die Regelungseinrichtung 12 kann das Koordinatenmessgerät 10 des Weiteren auch automatisch regeln.

[0068] Das Koordinatenmessgerät 10 dient dazu, ein Werkstück 18 zu vermessen. Hierzu weist das Koordinatenmessgerät 10 einen optischen Sensorkopf 20 auf, der einen optischen Sensor 22 und eine Beleuchtungsbaugruppe 24 aufweist. Die Beleuchtungsbaugruppe 24 ist mit dem optischen Sensor 22 gekoppelt.

[0069] Um den optischen Sensorkopf 20 relativ zu dem Werkstück 18 bewegen zu können, weist das Koordinatenmessgerät in der dargestellten Ausführungsform ein Portal 26 auf, das in einer Y-Richtung bewegbar ist. Ein Schlitten 28 ist in einer X-Richtung bewegbar an einer Traverse 30 des Portals 26 gelagert. Auf diese Weise kann der optische Sensorkopf 20 durch Bewegung des Schlittens 28 auf der Traverse 30 in X-Richtung bewegt werden. In dem Schlitten 28 ist eine Pinole 32 vorgesehen, die relativ zu dem Schlitten 28 in einer Z-

Richtung bewegbar ist. An der Pinole 32 ist dann der optische Sensorkopf 20 angebracht. Auf diese Weise ist es möglich, den optischen Sensorkopf 20 in allen drei Raumrichtungen X, Y und Z zu bewegen. Eine Lagerung des Portals 26 des Schlittens 28 und der Pinole 32 zueinander kann beispielsweise mittels sogenannter Luftlager ausgeführt sein. Um eine Lage des Portals 26, des Schlittens 28 und der Pinole 32 zu erfassen, kann das Koordinatenmessgerät 10 Skalen aufweisen. Beispielsweise können eine Skala 34 für die X-Richtung, eine Skala 36 für die Y-Richtung und eine Skala 38 für die Z-Richtung vorgesehen sein.

[0070] Des Weiteren kann das Koordinatenmessgerät 10 eine Halteeinrichtung 40 aufweisen. In der Halteeinrichtung 40 ist mindestens ein Magazinplatz vorgesehen, insbesondere sind mehrere Magazinplätze vorgesehen. Dargestellt sind ein erster Magazinplatz 42, ein zweiter Magazinplatz 44 und ein dritter Magazinplatz 46. Jeder der Magazinplätze 42, 44, 46 kann dazu vorgesehen sein, eine bestimmte Beleuchtungsbaugruppe 24 zu tragen. Ein Wechseln einer Beleuchtungsbaugruppe 24 kann dann beispielsweise derart automatisiert erfolgen, dass die Regelungseinrichtung 12 eine momentan gekoppelte Beleuchtungsbaugruppe 24 in einem der Magazinplätze 42, 44, 46 ablegt und eine weitere Beleuchtungsbaugruppe (nicht dargestellt) aus einem anderen der Magazinplätze 42, 44, 46 aufnimmt.

[0071] In der dargestellten Ausführungsform ist die Halteeinrichtung 40 an dem Portal 26 angebracht, so dass sich die Halteeinrichtung 40 unterhalb der Traverse 30 parallel zu der Traverse 30 in X-Richtung erstreckt. Alternativ kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass die Halteeinrichtung 40 direkt an der Traverse 30 angebracht ist. Durch eine entsprechende Anordnung der Halteeinrichtung 40 können Verfahrwege zum Wechseln einer Beleuchtungsbaugruppe 24 besonders kurz gehalten werden. Wie jedoch aus der dargestellten Ansicht ersichtlich ist, besteht in der dargestellten Anordnung zunächst keinerlei Möglichkeit, den optischen Sensor 22 und die Halteeinrichtung 40 in Y Richtung relativ zueinander zu verfahren. Daher ist die Halteeinrichtung 40 in der dargestellten Ausführungsform auf einem Schlitten 48 in dem Portal 26 gelagert, so dass ein relatives Bewegen der Halteeinrichtung 40 zu dem optischen Sensor 22 in Y-Richtung möglich wird. Dabei wird die Halteeinrichtung 40 in Y-Richtung relativ zu dem Portal 26 des Schlittens 48 bewegt.

[0072] Selbstverständlich sind darüber hinaus alternative Anordnungen der Halteeinrichtung 40 denkbar. Beispielsweise ist es möglich, dass an schematisch angedeuteten Aufstellungsorten 50, 52 die Halteeinrichtung 40 positioniert wird. Sie steht dann frei in dem Koordinatenmessgerät 10. Die Magazinplätze 42, 44, 46 können dann frei von dem optischen Sensor 22 angefahren werden, um eine Beleuchtungsbaugruppe 24 abzulegen oder aufzunehmen.

[0073] Fig. 2 zeigt eine schematische Detailansicht eines Teils des Koordinatenmessgerätes 10. Schematisch sind erneut der Schlitten 28 und die Pinole 32 dargestellt. Wie Fig. 2 zu entnehmen ist, kann an der Pinole 32 beispielsweise eine sogenannte Dreh-Schwenk-Einheit 54 angeordnet sein, die ein Drehen des optischen Sensors 22 um zwei Achsen ermöglicht, insbesondere in der dargestellten Ausführungsform beispielsweise sowohl um die Z-Richtung als auch die Y-Richtung. Auf diese Weise kann der optische Sensor 22 in einer Vielzahl von Richtungen ausgerichtet werden, um das Werkstück 18 aus einem gewünschten Betrachtungswinkel zu betrachten. Verschiedene Systemkomponenten sind dabei über Wechselflächen 56 gekoppelt, beispielsweise ist mittels einer Wechselfläche 56 der optische Sensor 22 mit der Dreh-Schwenk-Einheit 54 gekoppelt. Über die Wechselfläche 56 hinweg werden elektrische Versorgungsleitungen, Kommunikationsschnittstellen, optische Schnittstellen usw. bereitgestellt, um den optischen Sensor 22 zum einen mit Energie zu versorgen und zum anderen das Werkstück 18 anstrahlen zu können. Des Weiteren werden die von dem optischen Sensor 22 erfassten Daten über die Wechselfläche 56 und die dort bereitgestellten Schnittstellen hinweg zu der der Regelungseinrichtung 12 und ihrer Datenverarbeitungseinheit 14 geleitet.

[0074] An dem optischen Sensor 22 ist entlang einer ersten Schnittstelleneinrichtung 58 die Beleuchtungsbaugruppe 24 gekoppelt. Die Beleuchtungsbaugruppe 24 weist in der dargestellten Ausführungsform die Form eines kreisförmigen Rings auf. Darüber hinaus weist der optische Sensor 22 noch eine Abbildungsoptik 60 auf, die dazu dient, von einem Werkstück 18 empfangene Lichtstrahlung auf den optischen Sensor 22 abzubilden.

[0075] Die Ausgestaltung der Beleuchtungsbaugruppe 24 wird im Folgenden im Hinblick auf die weiteren Figuren erläutert.

[0076] In Fig. 3 ist schematisch die Beleuchtungsbaugruppe 24 dargestellt. Diese ist mit dem optischen Sensor 22 gekoppelt ist. Die Beleuchtungsbaugruppe 24 weist einen Grundkörper 61 auf. Der Grundkörper 61 wiederum weist eine Sensorseite 62 auf, die dem optischen Sensor 22 zugewandt ist. Gegenüberliegend zu der Sensorseite 62 weist der Grundkörper 61 eine Werkstückseite 64 auf, die im Betrieb dem Werkstück 18 zugewandt ist. Der Sensorseite 62 des Grundkörpers 61 liegt im gekoppelten Zustand beispielsweise eine Kopplungsseite 66 des Sensors 22 gegenüber. Die Beleuchtungsbaugruppe 24 weist des Weiteren eine im Folgenden noch näher erläuterte Linseneinrichtung 120 auf. Des Weiten kann eine Antriebseinrichtung 122 bereitgestellt sein, die dazu ausgebildet ist, die Linseneinrichtung 120 zu verdrehen, insbesondere relativ zu zumindest einer Beleuchtungsanordnung. Des Weiteren kann eine Antriebseinrichtung 123 bereitgestellt sein, die dazu ausgebildet ist, zumindest die Linseneinrichtung 120 und/oder weitere Elemente der Beleuchtungsbaugruppe relativ zu der Abbildungsoptik 60 parallel zu einer optischen Achse der Abbildungsoptik und/oder parallel zu der Zentralachse 124 zu bewegen. Auf diese Weise kann ein optischer Arbeitsabstand beibehalten und ein Einfallswinkel der Beleuchtungsstrahlung gegenüber der Zentralachse verändert werden.

[0077] Zum Koppeln der Kopplungsseite 66 des optischen Sensors 22 und der Sensorseite 62 des Grundkörpers 61 ist eine Dreipunktlagerung 68 vorgesehen. Eine solche Dreipunktlagerung ist dem Durchschnittsfachmann grundsätzlich bekannt und dient dazu, die Beleuchtungsbaugruppe 24 in eindeutiger Lage mit dem optischen Sensor 62 zu koppeln. Hierzu sind Dreipunktlagerelemente 68 an der Sensorseite 62 der Beleuchtungsbaugruppe 24 und Dreipunktlagerelemente 72 an der Kopplungsseite 66 des optischen Sensors 22 vorgesehen. Dabei ist beispielsweise eine Lagerung über Kugelpaare, Kugel-Walzen-Paare oder eine Lagerung in Senkung für die erste Kugel, eine Lagerung in einer V-Nut für die zweite Kugel und eine Lagerung auf einer Fläche für die dritte Kugel der Dreipunktlagerung vorgesehen.

[0078] Um eine notwendige Haltekraft aufzubringen, die die Beleuchtungsbaugruppe 24 und den optischen Sensor 22 zusammenhält, kann vorgesehen sein, dass in dem Grundkörper 61 ein Permanentmagnet 74 vorgesehen ist. Der Permanentmagnet 74 ist dabei derart angeordnet, dass sich die Magnetfeldlinien über die erste Schnittstelleneinrichtung 58 hinweg durch den optischen Sensor 22 erstrecken, so dass eine geeignete Haltekraft

zwischen der Beleuchtungsbaugruppe 24 und dem optischen Sensor 22 bereitgestellt ist. Natürlich müssen sich die Magnetfeldlinien dabei durch einen ferromagnetischen Werkstoff in dem optischen Sensor 22 erstrecken. Auch kann ein weiterer Permanentmagnet oder ein Elektromagnet (nicht dargestellt) in dem optischen Sensor vorhanden sein, um zusammen mit dem Permanentmagneten 74 die erforderliche Haltekraft aufzubringen. Selbstverständlich kann darüber hinaus auch vorgesehen sein, dass zusätzliche Permanentmagneten sowohl in der Beleuchtungsbaugruppe 24 und/oder in dem optischen Sensor 22 vorgesehen sind. Selbstverständlich kann auch vorgesehen sein, dass der Permanentmagnet 74 nur in dem optischen Sensor 22 vorgesehen ist.

[0079] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass der optische Sensor 22 einen Elektromagneten 76 aufweist, der schaltbar ist. Dieser ist dabei derart ausgestaltet, dass er ein von dem Permanentmagnet 74 aufgebrachtes Magnetfeld zumindest teilweise neutralisiert, so dass die Beleuchtungsbaugruppe 24 einfacher von dem optischen Sensor 22 getrennt werden kann. Selbstverständlich kann auch vorgesehen sein, dass einer oder mehrere Elektromagneten in der Beleuchtungsbaugruppe 24 angeordnet sind. Um die Notwendigkeit einer Energieversorgung der Beleuchtungsbaugruppe 24 vermeiden zu können, kann der Elektromagnet in dem optischen Sensor 22 vorgesehen sein.

[0080] Des Weiteren kann in der Beleuchtungsbaugruppe 24 aber auch eine Energieempfangseinrichtung 77 vorgesehen sein, die entweder drahtlos oder drahtgebunden über die erste Schnittstelleneinrichtung 58 hinweg mit dem optischen Sensor 22 derart gekoppelt ist, dass die Beleuchtungsbaugruppe 24 mit einer Energieversorgung versehen ist.

[0081] Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht entlang einer Linie IV-IV in Fig. 3.

[0082] Wie in dem Querschnitt in Fig. 4 zu erkennen ist, weist der Grundkörper 61 die Form eines kreisförmigen Rings auf. Mit anderen Worten hat der Grundkörper 61 im Wesentlichen die Form eines Zylinders mit einer zentralen Aussparung. Insofern weist der Grundkörper 61 der Beleuchtungsbaugruppe 24 einen freien Zentralbereich 78 auf, der die Aussparung bildet. Des Weiteren weist der Grundkörper 61 einen Randbereich 80 auf. In der dargestellten Ansicht ist die Linseneinrichtung 120 von dem Grundkörper 61 verdeckt.

Der Randbereich 80 weist dann die erste Schnittstelleneinrichtung 58 mit in der dargestellten Ausführungsform beispielsweise drei Permanentmagneten 74, sowie weiteren optischen Schnittstellen 82, um Licht von der optischen Sensor 22 in die Beleuchtungsbaugruppe 24 zu leiten, und elektrischen Schnittstellen 84 zur Energieversorgung der Beleuchtungsbaugruppe 24 auf. Die Darstellung der Dreipunktlagerung erfolgt in der Fig. 4 und den folgenden Figuren dabei lediglich schematisiert.

[0083] Selbstverständlich ist die in Fig. 4 dargestellte Ausführungsform lediglich beispielhaft zu verstehen. Beispielsweise kann auch eine lediglich passive Beleuchtungsanordnungen aufweisende Beleuchtungsbaugruppe 24 keinerlei elektrische Schnittstellen 84 in dem Randbereich 80 aufweisen. Darüber hinaus ist es möglich, dass eine lediglich aktive Beleuchtungsanordnungen aufweisende Beleuchtungsbaugruppe 24 keinerlei optische Schnittstellen 82 in dem Randbereich 80 aufweist.

[0084] In Fig. 5a ist eine erste Ausführungsform einer Beleuchtungsbaugruppe 24 beispielhaft dargestellt. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und werden im Folgenden nicht erneut erläutert.

[0085] In der dargestellten Ausführungsform weist der optische Sensor 22 zumindest eine Lichtquelle 86 auf. Die Lichtquellen 86 können beispielsweise als eine Mehrzahl von punktförmigen Lichtquellen, beispielsweise LEDs oder OLEDs oder Laser ausgebildet sein, die ringförmig angeordnet sind, insbesondere gleichmäßig über den Umfang einer Zentralachsel 124 verteilt.

[0086] Die Beleuchtungsbaugruppe 24 weist mehrere Beleuchtungsanordnungen 88 auf. Die Beleuchtungsanordnungen 88 sind lediglich passiv ausgebildet. Die Beleuchtungsanordnungen 88 weisen beispielsweise jeweils einen Lichtleiter 89 auf und kann darüber hinaus optische Elemente 90, beispielsweise refraktive optische Elemente, diffraktive optische Elemente, reflektierende optische Elemente und/oder holografische optische Elemente aufweisen. Dies muss jedoch nicht der Fall sein. Beliebige Kombinationen derartiger optischer Elemente sind denkbar, um eine gewünschte Beleuchtung mittels der Beleuchtungsanordnung 88 bereitzustellen. Des Weiteren sind statt eines Lichtleiters 89 natürlich

auch mehrere, rotationssymmetrisch oder kreisförmig angeordnete Beleuchtungsanordnungen denkbar, die Beleuchtungsanordnungen können dabei aktiv oder passiv sein. Das von der Lichtquelle 86 emittierte Licht wird in den Lichtleiter 89 eingekoppelt, durch die Beleuchtungsbaugruppe 24 geleitet und auf gewünschte Weise abgelenkt, so dass letztendlich eine geeignete Beleuchtung des Werkstücks 18 mittels der Beleuchtungsbaugruppe 24 bereitgestellt ist. Darüber hinaus weist die Beleuchtungsbaugruppe 24 eine Wechselschnittstelleneinrichtung 96 auf, die in der dargestellten Ausführungsform als umlaufender Vorsprung ausgebildet ist. Der umlaufende Vorsprung kann dann beispielsweise mit einer umlaufenden Nut in einem Magazinplatz 42, 44, 46 der Halteeinrichtung 40 zusammenwirken, so dass beispielsweise dann die Beleuchtungsbaugruppe 24 in einen solchen Magazinplatz eingeschoben werden kann.

[0087] In der Fig. 5b ist eine weitere Ausführungsform einer Beleuchtungsbaugruppe 24 dargestellt. Gleiche Elemente sind erneut mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Es wird daher nur auf die Unterschiede eingegangen.

[0088] Die Beleuchtungsbaugruppe 24 weist eine Identifikationseinrichtung 98 auf, die von einer Identifikationsleseeinrichtung 100 ausgelesen werden kann. Das Auslesen kann dabei drahtgebunden oder aber drahtlos erfolgen. Die Identifikationsleseeinrichtung 100 kann in dem optischen Sensor 22 angeordnet sein. Sie kann aber auch in jedem anderen Element des Koordinatenmessgeräts 10 angeordnet sein. Sie kann auch direkt Teil der Regelungseinrichtung 12 bzw. der Datenverarbeitungseinheit 14 sein. Auf diese Weise ist es möglich, die Beleuchtungsbaugruppe 24 eindeutig zu identifizieren und diese Information der Regelungseinrichtung 12 bereitzustellen. Dies dient zum einen dazu, die gekoppelte Beleuchtungsbaugruppe 24 und dessen Beleuchtungsart zu identifizieren, zum anderen können beispielsweise auch Dimensionen der Beleuchtungsbaugruppe 24 in der Identifikationseinrichtung 98 hinterlegt sein und ausgelesen werden, um auf diese Weise ein kollisionsfreies Regeln einer Bewegung des mit der Beleuchtungsbaugruppe 24 gekoppelten optischen Sensors 22 zu ermöglichen.

[0089] In der dargestellten Ausführungsform ist die Beleuchtungsbaugruppe 24 als sogenannte aktive Beleuchtungsbaugruppe ausgestaltet. Sie weist zwei Lichtquellen 102 auf, so dass die Beleuchtungsbaugruppe 24 in Fig. 5b zwei Beleuchtungsanordnungen 88 aufweist.

[0090] Insbesondere kann die Lichtquelle 102 in energiesparender LED/OLED-Technik oder als Laser ausgeführt sein. Die Lichtquellen 102 können zum Beispiel in Gruppen, getrennt nach Farben, in einem Dauerstrich- oder in einem Pulsbetrieb genutzt werden. Wenn viele unterschiedliche Lichtquellen genutzt werden sollen, so ist es vorteilhaft, eine Steuerungseinrichtung direkt in der Beleuchtungsbaugruppe 24 vorzusehen. Entsprechend ist über die erste Schnittstelleneinrichtung 58 eine elektrische Schnittstelle zur Versorgung einer solchen Steuerungseinrichtung mit Energie und Steuersignalen vorzusehen. Die Versorgung mit elektrischer Energie kann dabei drahtlos oder drahtgebunden ausgeführt sein. Insbesondere kann des Weiteren vorgesehen sein, dass eine Energieversorgung für eine Steuerungs-einrichtung und eine Energieversorgung für die Lichtquellen 102 getrennt voneinander ausgeführt sind. Des Weiteren können Kollimatoren 121 bereitgestellt sein, um das emittierte Licht vor dem Auftreffen auf die Linseneinrichtung 120 zu kollimieren.

[0091] In Fig. 5c ist noch eine weitere Ausführungsform einer Beleuchtungsbaugruppe 24 dargestellt. Die Beleuchtungsbaugruppe 24 in der Fig. 5c weist kombiniert sowohl aktive als auch passive Beleuchtungsanordnungen 88 auf. Im dargestellten Beispiel sind etwa zwei Beleuchtungsanordnung 88 lediglich mittels zweier Lichtleiter 89, 103 bereitgestellt, die das von einer Lichtquelle 86 des optischen Sensors 22 emittierte Licht durch die Beleuchtungsbaugruppe 24 leiten. Darüber hinaus sind unterstützend zwei Beleuchtungsanordnungen 88 vorgesehen, die jeweils als aktiv Licht emittierenden Lichtquellen 102 bereitgestellt sind.

[0092] Die erfindungsgemäße Beleuchtungsbaugruppe 24 kann somit entweder passive Beleuchtungsanordnungen, aktive Beleuchtungsanordnungen oder sowohl aktive als auch passive Beleuchtungsanordnungen 88 aufweisen.

[0093] Fig. 6a zeigt eine Ausführungsform einer Linseneinrichtung 120. Die dargestellte Linseneinrichtung 120 erstreckt sich ringförmig um eine Zentralachse 124. Die Linseneinrichtung 120 weist eine Lichteintrittsfläche 126 und eine Lichtaustrittsfläche 128 auf. Die Lichteintrittsfläche 126 und die Lichtaustrittsfläche 128 sind die optisch wirkenden Flächen der Linseneinrichtung 120. Die Linseneinrichtung 120 weist in der dargestellten Ausführungsform vier Ringbereiche 130, 132, 134 und 126 auf. Generell weist die Linseneinrichtung 120 mindestens einen Ringbereich 130 auf. Jeder Ringbereich 130 bis 136 kann

lediglich ein Teilbereich eines vollständig geschlossenen Rings sein oder ein vollständig geschlossener Ring sein. In der dargestellten Ausführungsform sind alle vier Ringbereiche 130 bis 136 vollständig geschlossene Ringe. Die Ringbereiche 130 bis 136 verlaufen konzentrisch um die Zentralachse 124 in unterschiedlichen radialen Abständen. Eine Umfangsrichtung um die Zentralachse 124 ist mit 138 bezeichnet. Jeder Ringbereich verläuft in der Umfangsrichtung 138 um die Zentralachse 124 herum.

[0094] Jeder Ringbereich 130 bis 136 weist eine Mehrzahl von Flächensegmenten 140 auf. Jedes Flächensegment 140 bildet einen Kreisbogenabschnitt 142 eines jeweiligen Ringbereichs aus. Weist beispielsweise ein vollständig geschlossener Ringbereich, bei dem die Flächensegmente 140 unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind, insgesamt 24 Flächensegmente auf, so erstreckt sich jedes Flächensegment über einen Bogenwinkel von 15°. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft zu verstehen. Selbstverständlich können auch andere Teilungen vorgenommen sein.

[0095] Entsprechend weist jedes Flächensegment 140 in der Umfangsrichtung 138 ein erstes Ende 144 und ein zweites Ende 146 auf. Die Lichtaustrittsfläche 128 ist an dem ersten Ende 144 jedes Flächensegments 140 um einen beliebigen ersten Winkel 148 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 geneigt. Dieser Winkel bzw. Neigungswinkel ist also derjenige Winkel, den die Lichtaustrittsfläche an dem ersten Ende 144 in gedachter Linie innerhalb einer die Zentralachse 124 enthaltenden Ebene mit der Zentralachse 124 einschließt. Beträgt der Winkel 90°, steht die Lichtaustrittsfläche an dem ersten Ende senkrecht auf der Zentralachse 124. Beträgt der Winkel 0°, verläuft die Lichtaustrittsfläche an dem ersten Ende 144 parallel zu der Zentralachse 124. Entsprechendes gilt selbstverständlich für das zweite Ende 146. An dem zweiten Ende 146 ist die Lichtaustrittsfläche 128 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 um einen beliebigen zweiten Winkel geneigt, der verschieden von dem ersten Winkel 148 ist. Die Lichtaustrittsfläche 128 jedes Flächensegments 140 ist somit an dem ersten Ende 144 und dem zweiten Ende 146 um verschiedene Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse geneigt. Insbesondere weist die Lichtaustrittsfläche 128 jedes Flächensegments in einer zu der Umfangsrichtung 138 senkrechten radialen Richtung 164 keinerlei Krümmung auf. Von dem ersten Ende 144 hin zu dem zweiten Ende 146 wird die Lichtaustrittsfläche 128 in jedem Flächensegment

140 quasi "tordiert", so dass ein Übergang von dem ersten Winkel 148 zu dem zweiten Winkel 150 erfolgt. Dieser Übergang kann insbesondere stetig verlaufen, insbesondere linear verlaufen.

[0096] Grundsätzlich können der erste Winkel 148 und der zweite Winkel 150 jedes Flächensegments 140 beliebig gewählt sein. Sie können sich also für jedes Flächensegment voneinander unterscheiden. Insbesondere ist jedoch vorgesehen, dass innerhalb jedes Ringbereichs 130 bis 136 die Flächensegmente 140 desselben Ringbereichs jeweils an ihrem ersten Ende 144 denselben ersten Winkel 148 und an ihrem zweiten Winkel 146 denselben zweiten Winkel 150 aufweisen. Unten den Ringbereichen 130 bis 136 können die jeweiligen ersten Winkel 148 und zweiten Winkel 150 jedoch verschieden voneinander sein. Eine derartige Einstellung kann aufgrund der verschiedenen radialen Abstände von der Zentralachse 124 sinnvoll sein. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass für alle Ringbereiche 130 bis 136 und in allen Flächensegmenten 140 jeweils der erste Winkel 148 identisch ist und auch jeweils der zweite Winkel 150 identisch ist.

[0097] Insbesondere kann jedem Flächensegment 140 eine Beleuchtungsanordnung 88 zugeordnet sein. Die Beleuchtungsanordnung 88 kann "aktiv" sein, beispielsweise eine Lichtquelle, wie beispielsweise eine LED, OLED oder ein Laser. Grundsätzlich können zwischen der Lichtquelle und der Linseneinrichtung jeweils noch weitere optische Elemente angeordnet sein, beispielsweise Kollimatoren oder Ähnliches. Bei einer Beleuchtungsanordnung 88 kann es jedoch sich auch um eine "passive" Beleuchtungsanordnung handeln, beispielsweise um die Lichtaustrittsfläche eines Lichtwellenleiters, der Licht von einem entfernt liegenden lichtemittierenden Element zuführt. Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass von einem einzigen lichtemittierenden Element mehrere Lichtwellenleiter ausgehen, die die Beleuchtungsanordnungen 88 speisen.

[0098] Jedem Flächensegment 140 ist also eine Beleuchtungsanordnung 88 zugeordnet. Nun wird es möglich, den Winkel, um den die Linseneinrichtung 120 das Licht der Beleuchtungsanordnungen 88 bezüglich der Zentralachse 124 ablenkt, durch Verdrehen der Linseneinrichtung 120 um die Zentralachse 124 herum zu ändern. In einer ersten Position sind beispielsweise alle Beleuchtungsanordnungen nahe dem jeweiligen ersten Ende 144 jedes Flächensegments 140 angeordnet. Durch Verdrehen kann eine zweite Position

erreicht werden, in dem jede Beleuchtungsanordnung 88 nahe dem jeweiligen zweiten Ende 146 eines Flächensegments 140 angeordnet ist. So wirkt in der ersten Position der erste Winkel 148 und in der zweiten Position der zweite Winkel 150. Auf diese Weise können verschiedene Arbeitsabstände beleuchtet werden. So kann beispielsweise eine Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung optimal an einen Abstand eines Messobjekts eingestellt werden. Es ist nicht notwendig, bei einer Variation des Arbeitsabstandes beispielsweise die Beleuchtungsbaugruppe zu ändern.

[0099] In der in Fig. 6a dargestellten Ausführungsform kann durch Verdrehen der Linseneinrichtung um maximal 15° der gesamte Winkelbereich zwischen dem ersten Winkel 148 und dem zweiten Winkel 150 mit der Beleuchtung überstrichen werden. Auf diese Weise kann auch ein entsprechender Beleuchtungsabstandsbereich überstrichen werden und die Auflichtbeleuchtung, insbesondere eine Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung wie gewünscht eingestellt werden. Insbesondere bei einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung, die sehr sensibel hinsichtlich des eingestellten Beleuchtungsabstandes bzw. des Einfallswinkels gegenüber der Zentralachse 124 ist, kann so die Beleuchtung für variable Arbeitsabstände feineingestellt werden. Ein einziger Aktuator, der die Linseneinrichtung 120 relativ zu dem Beleuchtungsanordnungen 88 verdreht, kann hierfür ausreichend sein.

[00100] Die Fig. 6b zeigt eine weitere Ausführungsform einer Linseneinrichtung 120. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht erneut erläutert. In dieser Ausführungsform ist jedes der Linsensegmente 140 fresnellisiert, d.h. als Fresnel-Linse ausgebildet. In der dargestellten Ausführungsform ist dafür die Lichtaustrittsfläche 128 fresnellisiert. Grundsätzlich ist es alternativ oder kumulativ auch möglich, dass die Lichteintrittsfläche 126 fresnellisiert ist.

[00101] Die Fig. 7 zeigt eine schematische Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer Linseneinrichtung 120. Die Linseneinrichtung weist drei Ringbereiche 130, 132, 134 auf. Diese erstrecken sich konzentrisch um den freien Zentralbereich 78 um die Zentralachse 124. Schematisch sind in einer Draufsicht die Winkel 148 und 150 gekennzeichnet. Wie ersichtlich ist, erstrecken sich die Winkel an dem ersten Ende 144 bzw. dem zweiten Ende 150 in einer an die Zentralachse 124 enthaltenden Ebene. Der jeweilige Winkel ist

der Winkel, den die Lichtaustrittsfläche 128 in gedachter Verlängerung mit der Zentralachse 124 einschließt. Dieser Winkel innerhalb der die Zentralachse 124 enthaltenen Ebene bestimmt letztendlich, wie stark das Licht der Beleuchtungsanordnungen 88 zur Zentralachse 124 gebrochen wird und damit den Beleuchtungsabstand. In der Draufsicht der Fig. 7 ist zu erkennen, dass alle Flächensegmente 140 unmittelbar aneinander angrenzen. Dies ist in allen drei Ringbereichen 130, 132, 134 der Fall.

[00102] In der Fig. 8 ist eine weitere schematische Draufsicht auf eine Linseneinrichtung 120" gezeigt. Im Folgenden werden nur die Unterschiede erläutert, gleiche Elemente sind nach wie vor mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. In dem dritten Ringbereich 134 sind die Flächensegmente wiederum unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet. In dem ersten Ringbereich 130 und dem zweiten Ringbereich 132 sind die Flächensegmente jedoch mit Abständen bzw. Spalten 160 zwischen sich angeordnet. Ein jeweiliger Ringbereich 130 bis 136 zeichnet sich dann also durch den gleichen radialen Abstand 152 der dazugehörigen Flächensegmente 140 aus. Alle Ringbereiche sind jedoch in der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform vollständige Ringe.

[00103] In einigen Fällen kann beispielsweise aber auch eine nicht symmetrische Anordnung von Beleuchtungsanordnungen 88 gegeben sein. Beispielsweise könnte es der Fall sein, dass in dem jeweiligen radialen Abstand 152 des ersten Ringbereichs 130 nur zwei Beleuchtungsanordnungen vorgesehen sind, die den mit 140' bezeichneten Flächensegmenten zugeordnet sind. Dann wäre entsprechend der erste Ringbereich 130 nur ein Teilbereich eines vollständigen Rings. Jedoch wären nach wie vor die Flächensegmente 140' im selben radialen Abstand 152 zur Zentralachse 124 angeordnet.

[00104] In den Figuren 9a und 9b ist noch einmal die Verdrehung der Linseneinrichtung 120 um die Zentralachse 124 visualisiert. In Fig. 9a sind die Beleuchtungsanordnungen in einer ersten Position relativ zur Linseneinrichtung 120 angeordnet, in der Fig. 9b in einer zweiten Position. Beispielhaft sind drei Beleuchtungsanordnungen 88, 88' und 88" mit zugeordneten Flächensegmenten 140, 140' bzw. 140" mit Bezugszeichen bezeichnet. Die entsprechenden Elemente sind auch in der Fig. 9b bezeichnet. Die Beleuchtungsanordnungen 88 sind fest angeordnet. Entsprechend bewirkt eine Verdrehung der Linseneinrichtung 120 in Umfangsrichtung 138 um die Zentralachse 124 herum im Grunde eine

Änderung des effektiven Brechungswinkels der Linseneinrichtung 120. Diese ändert sich von dem ersten Winkel 148 hin zu dem zweiten Winkel 150. Ein anderer Arbeitsabstand wird ausgeleuchtet.

[00105] Die Sequenz der Figuren 10a bis 10c zeigt eine vergrößerte Ansicht auf die Beleuchtungsanordnungen 88, 88' und 88" mit den dazugehörigen Flächensegmenten 140, 140', 140". Die Fig. 10a zeigt die erste Position und die Fig. 10c die zweite Position. Die Fig. 10b zeigt eine Zwischenposition während der Verdrehung der Linseneinrichtung 120 in Umfangsrichtung relativ zu den Beleuchtungsanordnungen 88, 88' und 88".

[00106] In den Figuren 11a und 11b sind in entgegengesetzten Ansichten exemplarisch vier einzelne Flächensegmente von vier verschiedenen Ringbereichen isoliert dargestellt. Erkennbar ist, dass jedes Flächensegment 140 ein Kreisbogenabschnitt 152 eines jeweiligen Ringbereichs ist. Entsprechend weist jedes Flächensegment 140 eine radiale Außenfläche 168, eine radiale Innenfläche 170, eine Seitenfläche 172 an dem ersten Ende 144 und eine Seitenfläche 174 an dem zweiten Ende 146 auf. Die Seitenflächen 172 und 174 liegen entsprechend ebenfalls in einer um die Zentralachse 124 beinhaltenden Ebene. Entsprechend weist dort die Lichtaustrittsfläche 128 an dem ersten Ende 144 einen ersten Winkel gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 auf und an dem zweiten Ende 146 einen zweiten Winkel 150 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse auf. In der Fig. 11a ist die Zentralachse 124 schematisch versetzt angeordnet dargestellt. Wie zu erkennen ist, kann insbesondere eine stetige kontinuierliche lineare Überführung des ersten Winkels 128 in den zweiten Winkel 150 durch Tordierung des Flächensegments 140 bzw. der Lichtaustrittsfläche 128 erreicht werden, insbesondere um die Umfangsrichtung 130 herum. Auf diese Weise wird die Lichtaustrittsfläche 128 in jedem Flächensegment 140 zu einer Freiformfläche. Dies bedeutet, dass sie keinerlei Symmetrien aufweist.

[00107] Die Fig. 11c zeigt eine weitere Ausführungsform einer Linseneinrichtung 120. Gleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden nicht erneut erläutert. In dieser Ausführungsform ist jedes der Linsensegmente 140 fresnellisiert, d.h. als Fresnel-Linse ausgebildet. In der dargestellten Ausführungsform ist dafür die Lichtaustrittsfläche 128 fresnellisiert. Grundsätzlich ist es alternativ oder kumulativ auch möglich,

dass die Lichteintrittsfläche 126 fresnellisiert ist. Jedes Linsensegment 140 weist dazu eine Vielzahl von Flächenabschnitten 168 auf, die sich parallel zu einander erstrecken und um denselben Winkel relativ zu der Lichteintrittsfläche 126 geneigt sind. Somit stimmen die jeweiligen ersten Winkel 148 und zweiten Winkel 150 der Flächenabschnitte 168 überein. Auch die jeweiligen Winkelverläufe von dem ersten Winkel 148 zu dem zweiten Winkel 150 stimmen in den Flächenabschnitten 168 überein. Somit erzeugt jedes fresnellisierte Linsensegment 140 einen jeweiligen Wirkwinkel bzw. prismatische Ablenkung in Richtung der Zentralachse 124 wie ein nicht fresnellisiertes Linsensegment 140, wie es beispielsweise in der Fig. 11a dargestellt ist.

[00108] In der Fig. 12 ist der Effekt der Verdrehung der Linseneinrichtung 120 zwischen der ersten Position (I) und der zweiten Position (II) rein schematisch verdeutlicht. Rein schematisch sind eine Lichtquelle 102, ein Kollimationselement 121 und der Brechungseffekt einer Linseneinrichtung 120 in Form eines Fresnel-Beispiels 166 gezeigt. In der ersten Position ist der erste Winkel 148 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 bereitgestellt, für den man eine ansonsten - nach Stand der Technik - beispielsweise eine erste Linse 166 bräuchte. In der zweiten Position wäre der zweite Winkel 150 bereitgestellt, für den man sonst beispielsweise eine zweite Linse 166' bräuchte. Dies ist jedoch mit der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung 120 nicht notwendig. Die unterschiedlichen Winkel 148 und 150 können durch einfaches Verdrehen der Linseneinrichtung bereitgestellt werden.

[00109] In der Fig. 13 ist dies schematisch noch einmal dargestellt. In der ersten Position können mittels einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsbaugruppe 24, die eine Linseneinrichtung 120 aufweist, ein erster Arbeitsabstand 156 als Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung ausgeleuchtet werden. Wird der Arbeitsabstand variiert zu einem zweiten Arbeitsabstand 158, muss die Beleuchtungsbaugruppe 24 nicht getauscht werden. Durch Verdrehen der Linseneinrichtung 120 in die zweite Position wird es möglich, die Auflicht-Dunkelfeldbeleuchtung optimal auf den neuen Arbeitsabstand 158 einzustellen, so dass das Messobjekt 18 erneut in einem Dunkelfeld ausgeleuchtet ist.

[00110] Entsprechend ist in Fig. 14 eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Beleuchten eines Messobjekts 18, insbesondere mit einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung dargestellt. Das

Verfahren ist allgemein mit 200 bezeichnet. In dem Verfahren wird ein Koordinatenmessgerät mit einer Beleuchtungsbaugruppe mit einer Linseneinrichtung bereitgestellt, wobei sich die Linseneinrichtung, insbesondere ringförmig, entlang einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse 124 der Linseneinrichtung erstreckt und schließlich der Schritt 204 ausgeführt, wobei ein Verdrehen der Linseneinrichtung um die Zentralachse 124 erfolgt. Bei der Zentralachse 124 kann es sich insbesondere um eine optische Achse einer Abbildungsoptik eines optischen Sensors des Koordinatenmessgeräts handeln. Die ist kann in allen Ausgestaltungen der Erfindung für die Zentralachse 124 der Fall sein.

[00111] Des Weiteren kann vorab ein Schritt 202 erfolgen, wonach eine Linseneinrichtung 120 bereitgestellt wird, die eine Lichteintrittsfläche 126 und eine Lichtaustrittsfläche 128 aufweist, wobei die Lichtaustrittsfläche 128 mindestens einen Ringbereich 130, 132, 134, 136 aufweist, wobei sich jeder Ringbereich 130, 132, 134, 136 entlang einer Umfangsrichtung 138 um eine Zentralachse 124 der Linseneinrichtung 120 erstreckt, wobei jeder Ringbereich 130, 132, 134, 136 eine Mehrzahl von Flächensegmenten 140 aufweist, wobei jedes Flächensegment 140 einen Kreisbogenabschnitt 142 eines jeweiligen Ringbereichs 130, 132, 134, 136 ausbildet, und wobei jedes Flächensegment 140 in der Umfangsrichtung 138 ein erstes Ende 144 und ein dem ersten Ende 144 in der Umfangsrichtung 138 entgegengesetztes zweites Ende 146 aufweist, wobei an dem ersten Ende 144 die Lichtaustrittsfläche 128 um einen beliebigen ersten Winkel 148 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende 146 die Lichtaustrittsfläche 128 gegenüber der Lichteintrittsfläche 126 in Richtung der Zentralachse 124 um einen beliebigen zweiten Winkel 150 geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel 148 ist.

Patentansprüche

1. Linseneinrichtung (120) für eine Beleuchtungsbaugruppe (24), mit einer Lichteintrittsfläche (126) und einer Lichtaustrittsfläche (128), wobei die Linseneinrichtung (120) mindestens einen Ringbereich (130, 132, 134, 136) aufweist, wobei sich jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) entlang einer Umfangsrichtung (138) um eine Zentralachse (124) der Linseneinrichtung (120) erstreckt, wobei jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) eine Mehrzahl von Flächensegmenten (140) aufweist, wobei jedes Flächensegment (140) einen Kreisbogenabschnitt (142) eines jeweiligen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) ausbildet, und wobei jedes Flächensegment (140) in der Umfangsrichtung (138) ein erstes Ende (144) und ein dem ersten Ende (144) in der Umfangsrichtung (138) entgegengesetztes zweites Ende (146) aufweist, wobei an dem ersten Ende (144) die Lichtaustrittsfläche (128) um einen beliebigen ersten Winkel (148) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende (146) die Lichtaustrittsfläche (128) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) um einen beliebigen zweiten Winkel (150) geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel (148) ist.

2. Linseneinrichtung (120) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Flächensegmente (140) desselben Ringbereichs (130, 132, 134, 136) an dem ersten Ende (144) denselben ersten Winkel (148) in Richtung der Zentralachse (124) aufweisen und an dem zweiten Ende (146) denselben zweiten Winkel (150) in Richtung der Zentralachse (124) aufweisen, insbesondere wobei die jeweiligen ersten Winkel (148) der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) verschieden von einander sind und die jeweiligen zweiten Winkel (150) der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) verschieden voneinander sind.

3. Linseneinrichtung (120) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächensegmente (140) eines jeweiligen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind.

4. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Flächensegment (140) mit einem kontinuierlichem Übergang in Umfangsrichtung (138) von dem ersten Winkel (148) zu dem zweiten Winkel (148) ausgebildet ist, insbesondere wobei der zweite Winkel (148) größer als der erste Winkel (150) ist.

5. Linseneinrichtung (120) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der kontinuierliche Übergang stetig steigend und/oder linear von dem ersten Winkel (148) zu dem zweiten Winkel (148) verläuft.

6. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Ringbereich (130, 132, 134, 136) ein vollständig geschlossener Ring ist und/oder dass zumindest ein Ringbereich (130, 132, 134, 136) ein Teilbereich eines Rings ist.

7. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) ein vollständig geschlossener Ring ist.

8. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung (120) mehrere Ringbereiche (130, 132, 134, 136) aufweist, die konzentrisch um die Zentralachse (124) angeordnet sind.

9. Linseneinrichtung (120) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) in unterschiedlichen radialen Abständen (152) von der Zentralachse (124) angeordnet sind.

10. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Linseneinrichtung (120) einstückig ausgebildet ist.

11. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Linseneinrichtung (120) insgesamt die Form eines geschlossenes Rings aufweist, der um die Zentralachse (124) herum angeordnet ist.

12. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betrag des ersten Winkels (148) zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) in einem Bereich von einschließlich 0° bis 44,9° liegt und ein Betrag des zweiten Winkels (150) zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) in einem Bereich von 20° bis einschließlich 90° liegt, insbesondere wobei der Betrag des ersten Winkels (148) zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) in einem Bereich von 5° bis 19,9° liegt und der Betrag des zweiten Winkels (150) zumindest eines, insbesondere aller, der Ringbereiche (130, 132, 134, 136) in einem Bereich von 20° bis 45° liegt.

13. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung (120) radial innerhalb des mindestens einen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) einen freien Zentralbereich (78) aufweist.

14. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Flächensegment (140) als eine Freiformfläche ausgebildet ist.

15. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines, insbesondere jedes, der Flächensegmente (140) fresnellisiert ausgebildet ist.

16. Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Flächensegmente eines jeweiligen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) des zumindest einen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) identisch ausgebildet sind.

17. Beleuchtungsbaugruppe (24) für ein Messgerät (10) zum Vermessen eines Werkstücks (18) mittels eines optischen Sensors (22), mit mindestens einer Beleuchtungsanordnung (88), und gekennzeichnet durch eine Linseneinrichtung (120) nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

18. Beleuchtungsbaugruppe (24) nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsbaugruppe (24) eine Mehrzahl von Beleuchtungsanordnungen (88) aufweist, und wobei jedem Flächensegment (140) eine Beleuchtungsanordnung zugeordnet ist.

19. Beleuchtungsbaugruppe (24) nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Beleuchtungsanordnung (88) eine Lichtquelle, insbesondere eine LED, aufweist, und/oder dass die Beleuchtungsanordnung (88) eine Lichtaustrittsfläche (128) eines Lichtwellenleiters (89, 103) ist.

20. Beleuchtungsbaugruppe (24) nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungsbaugruppe (24) des Weiteren mindestens eine Antriebseinrichtung (122) zum Verdrehen der Linseneinrichtung (120) um die Zentralachse (124) relativ zu der mindestens einen Beleuchtungsbaugruppe (24) aufweist.

21. Koordinatenmessgerät (10) zum Vermessen eines Werkstücks (18) mittels eines optischen Sensors (22), gekennzeichnet durch eine Beleuchtungsbaugruppe (24) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, und wobei ein Messkegel des optischen Sensors entlang der Zentralachsachse (124) verläuft.

22. Verfahren (200) zum Ändern eines Beleuchtungsarbeitsabstands (156, 158), insbesondere einer Dunkelfeld-Auflichtbeleuchtung, eines Koordinatenmessgeräts (10), wobei das Koordinatenmessgerät (10) eine Beleuchtungsbaugruppe (24) mit einer Linseneinrichtung (120) aufweist, wobei sich die Linseneinrichtung (120), insbesondere ringförmig, entlang einer Umfangsrichtung (138) um eine Zentralachse (124) der Linseneinrichtung (120) erstreckt, mit dem folgenden Schritt:

- Verdrehen (204) der Linseneinrichtung (120) um die Zentralachse (124).

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung (120) eine Lichteintrittsfläche (126) und eine Lichtaustrittsfläche (128) aufweist, wobei die Linseneinrichtung (120) mindestens einen Ringbereich (130, 132, 134, 136) aufweist, wobei sich jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) entlang einer Umfangsrichtung (138) um eine Zentralachse (124) der Linseneinrichtung (120) erstreckt, wobei jeder Ringbereich (130, 132, 134, 136) eine Mehrzahl von Flächensegmenten (140) aufweist, wobei jedes Flächensegment (140) einen Kreisbogenabschnitt (142) eines jeweiligen Ringbereichs (130, 132, 134, 136) ausbildet, und wobei jedes Flächensegment (140) in der Umfangsrichtung (138) ein erstes Ende (144) und ein dem ersten Ende (144) in der Umfangsrichtung (138) entgegengesetztes zweites Ende (146) aufweist, wobei an dem ersten Ende (144) die Lichtaustrittsfläche (128) um einen beliebigen ersten Winkel (148) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) geneigt ist, und wobei an dem zweiten Ende (146) die Lichtaustrittsfläche (128) gegenüber der Lichteintrittsfläche (126) in Richtung der Zentralachse (124) um einen beliebigen zweiten Winkel (150) geneigt ist, der verschieden von dem ersten Winkel (148) ist.

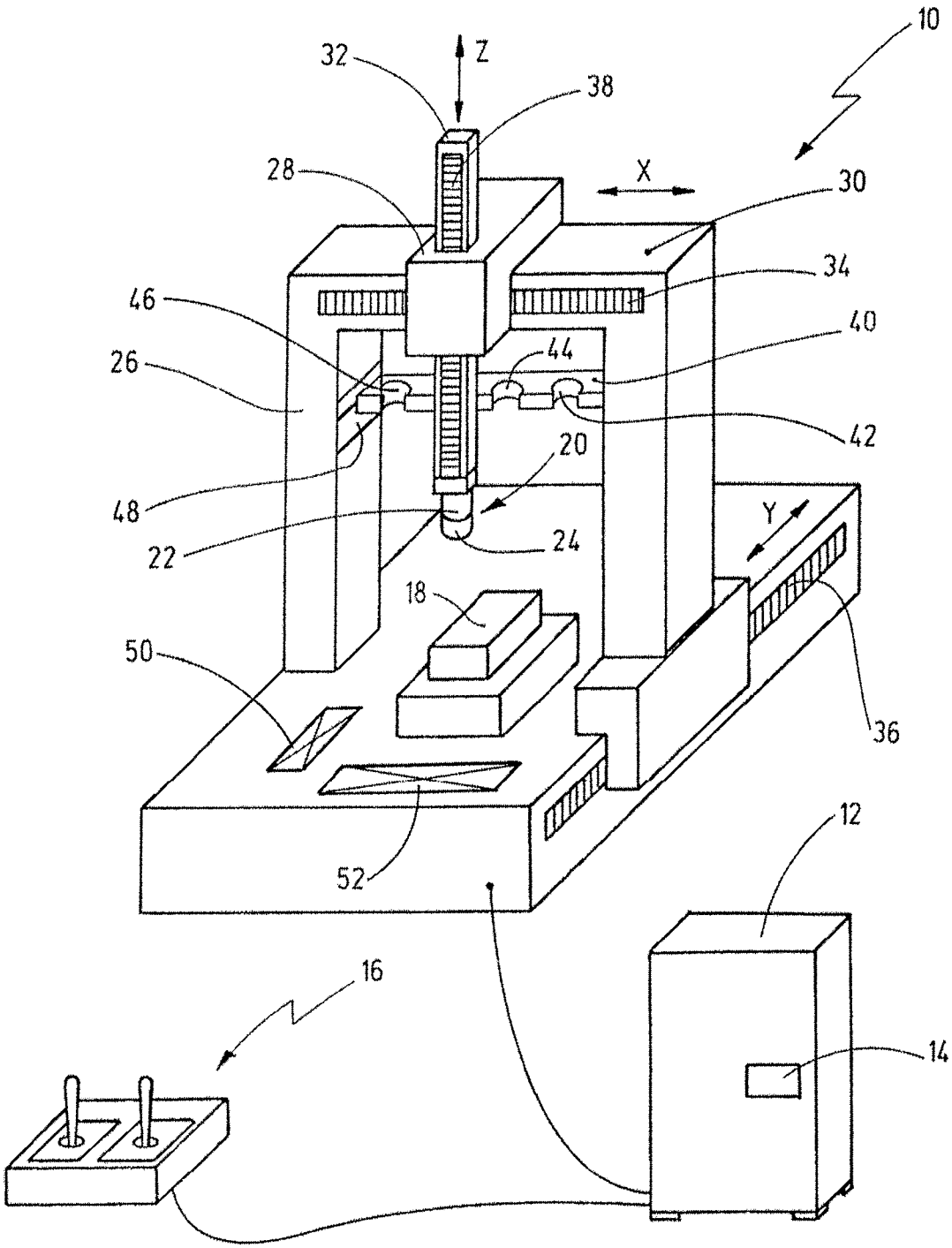


Fig. 1

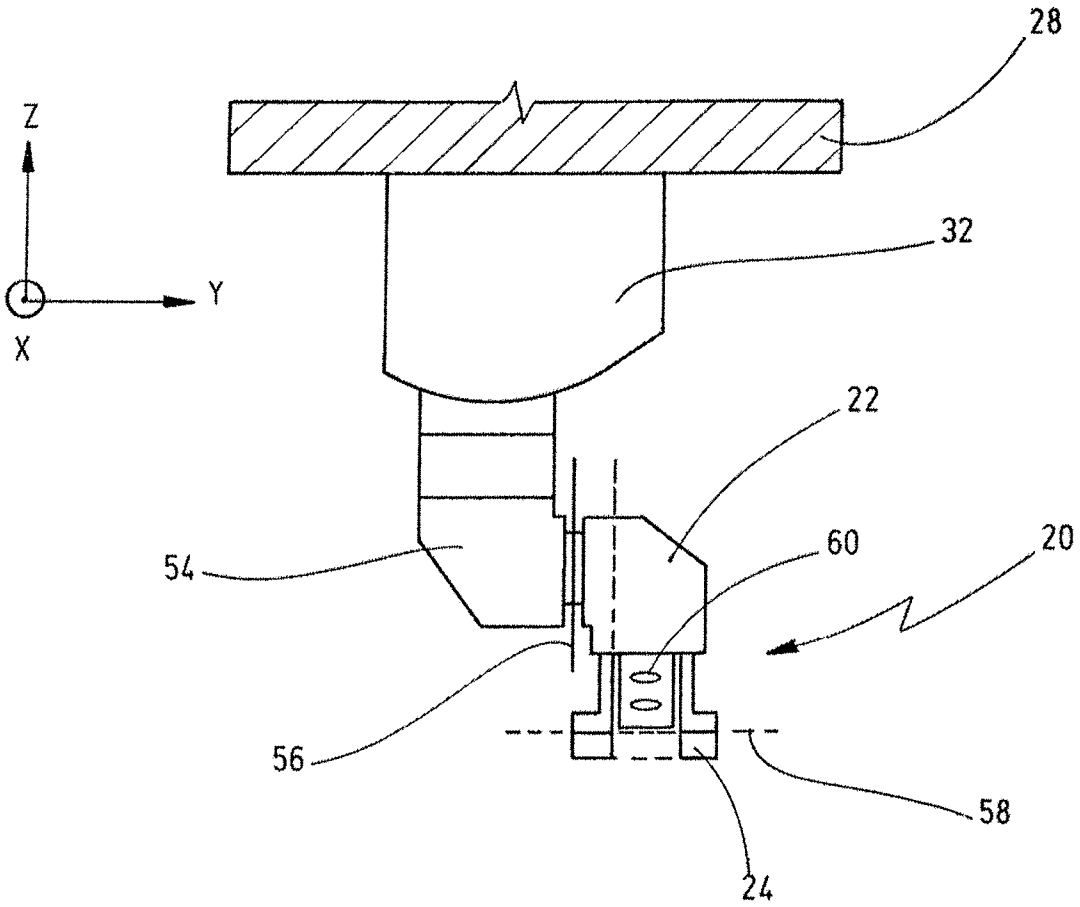


Fig. 2

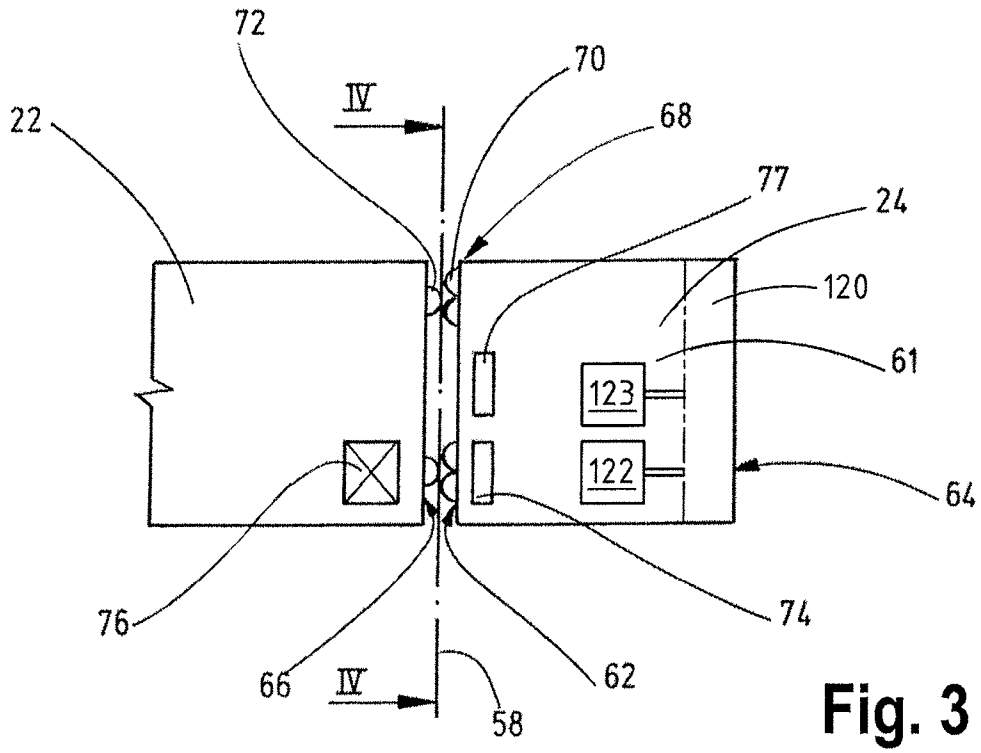

72
70
IV
68
22
77
24
120
61
123
122
64
76
74
66
IV
62
58

Fig. 3

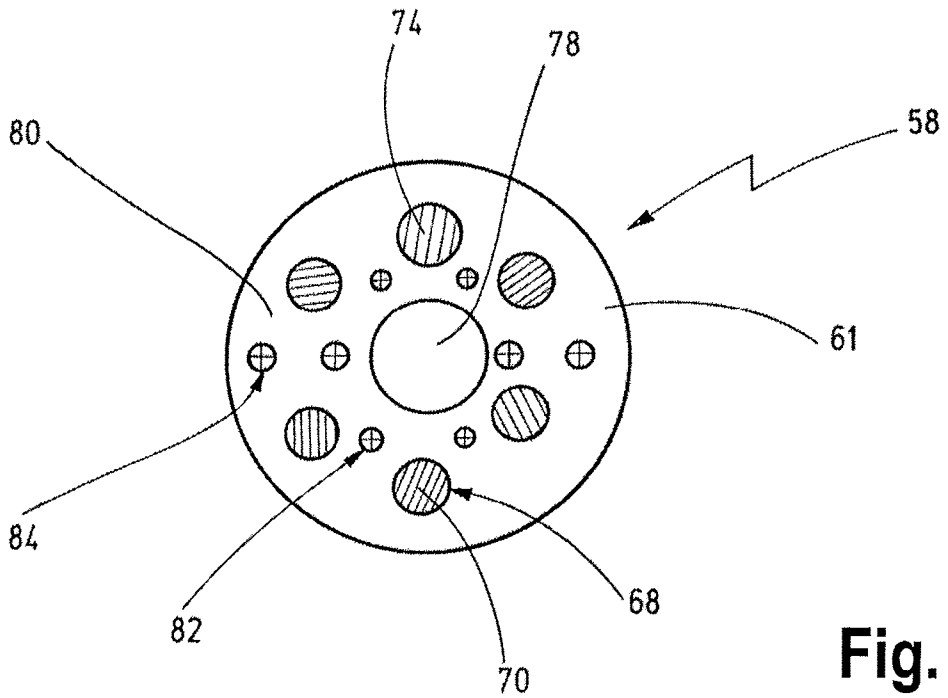

74
78
80
58
61
84
82
68
70

Fig. 4

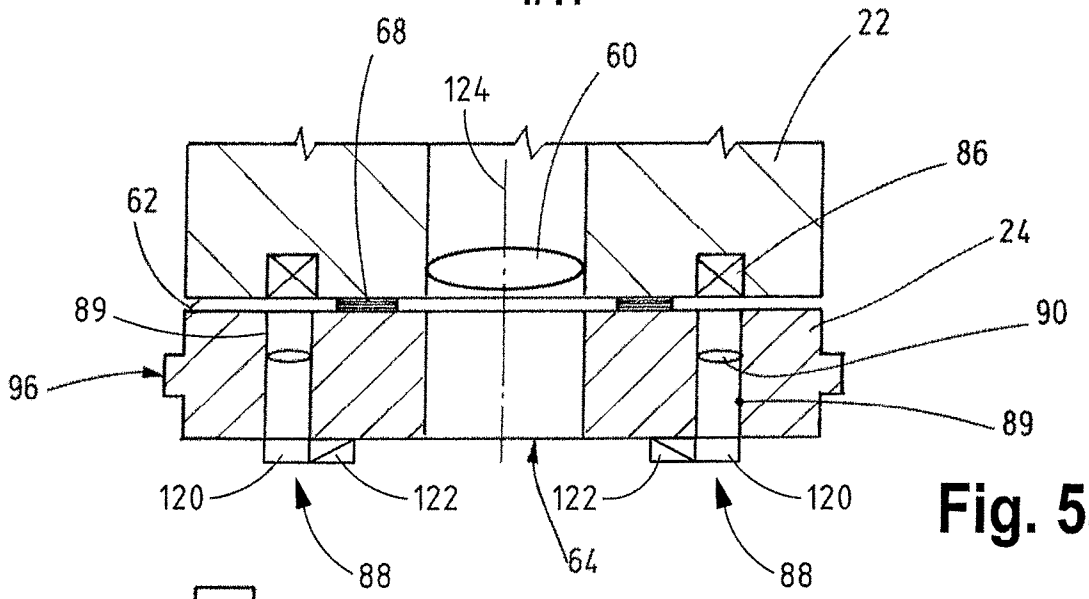


Fig. 5a

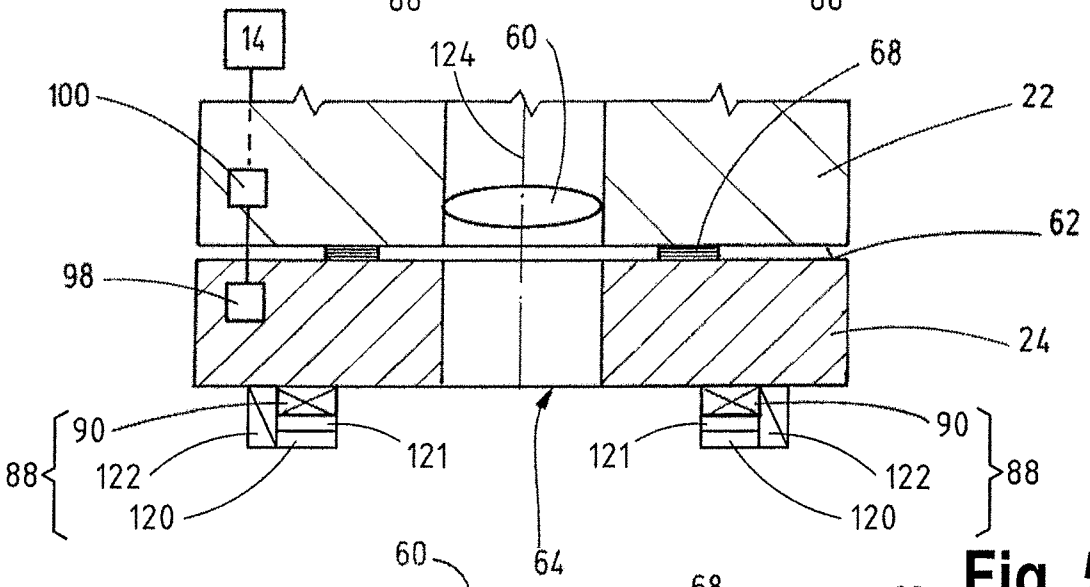


Fig. 5b

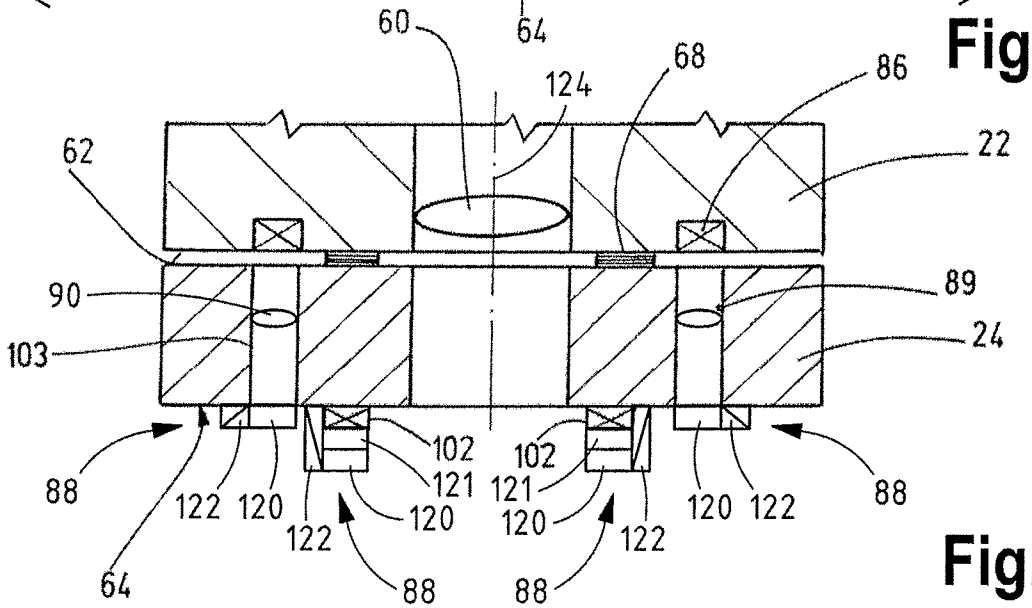


Fig. 5c

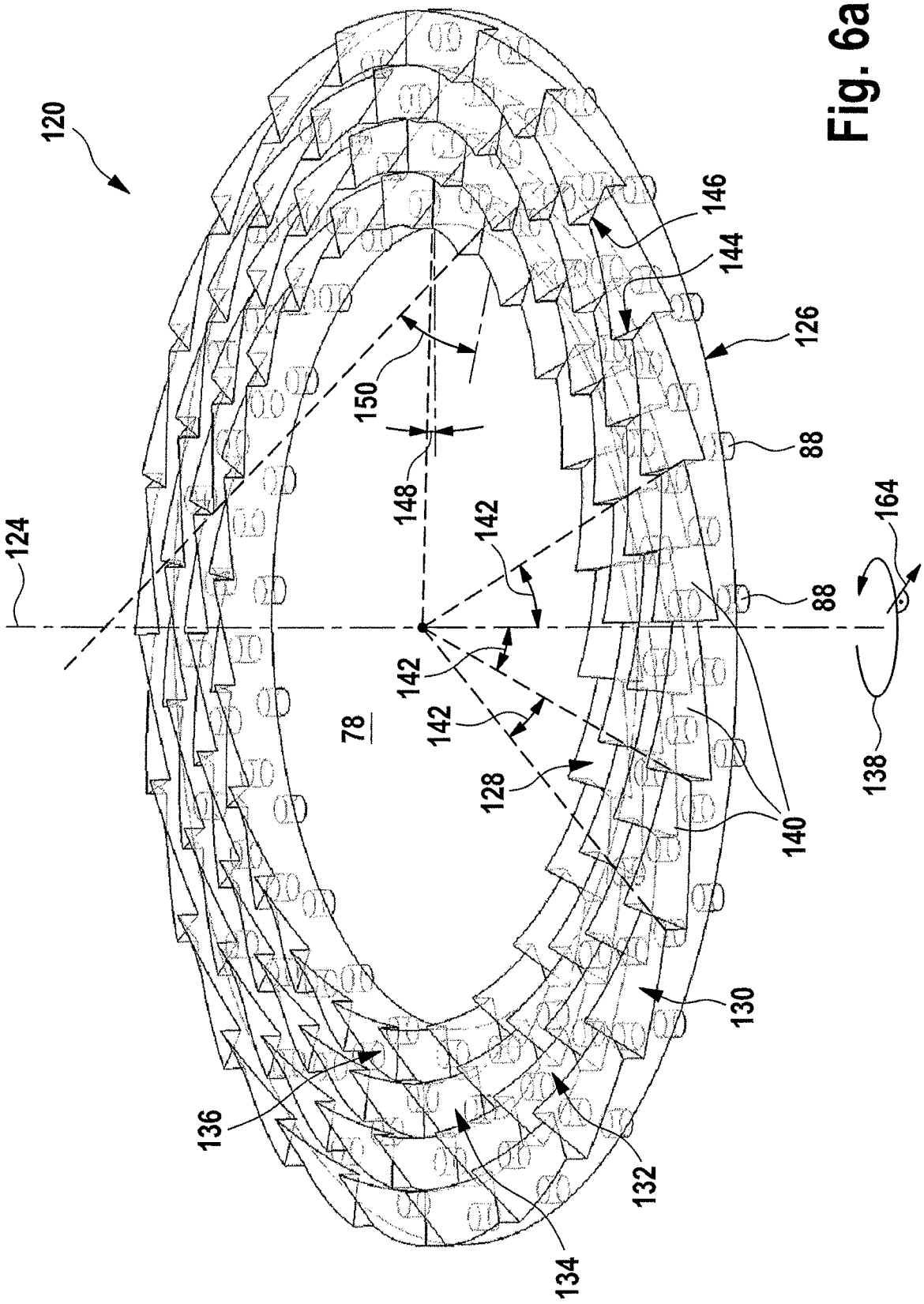

120
146
144
126
150
88
148
142
164
124
88
142
142
78
128
138
140
130
136
132
134

Fig. 6a

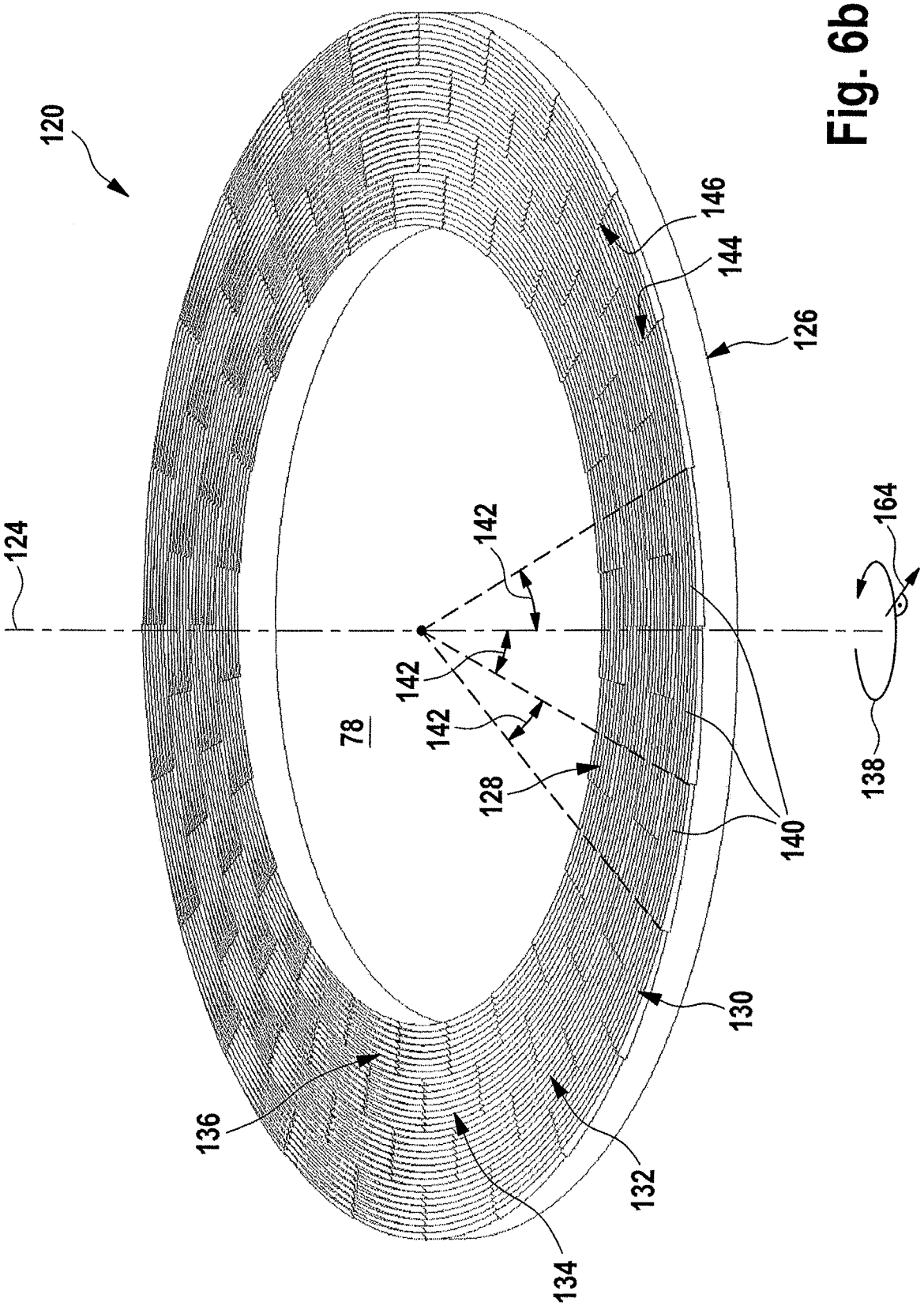

120
124
126
130
132
134
136
138
140
142
142
142
144
146
164
78
128

Fig. 6b

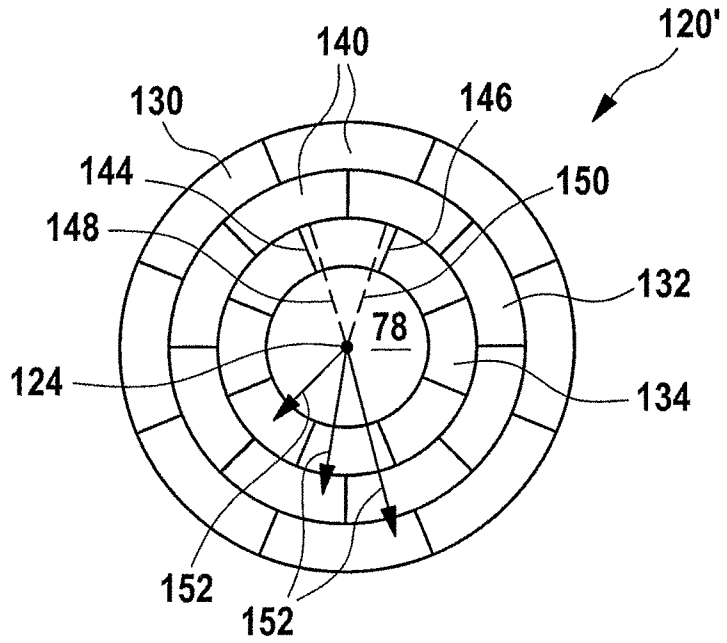

120'
140
130
146
144
150
148
132
78
124
134
152
152

Fig. 7

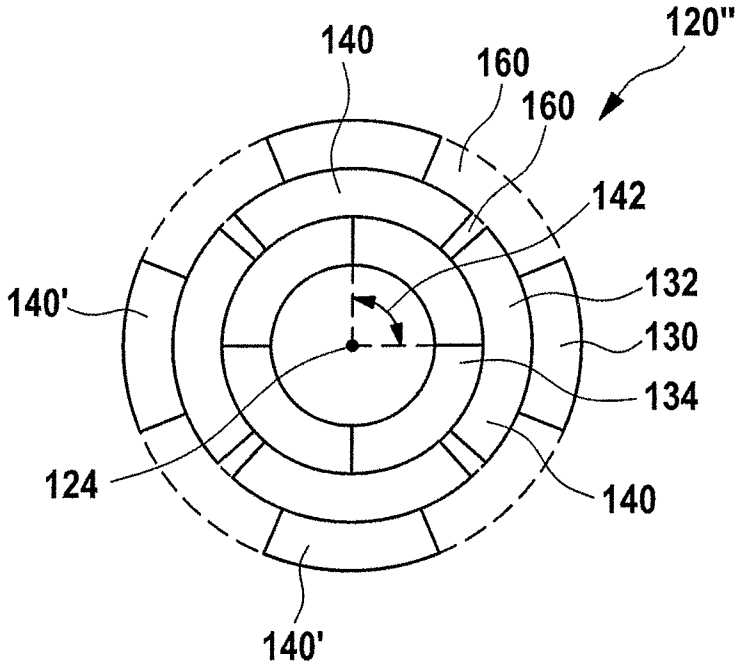

120"
140
160
160
142
140'
132
130
134
124
140
140'

Fig. 8

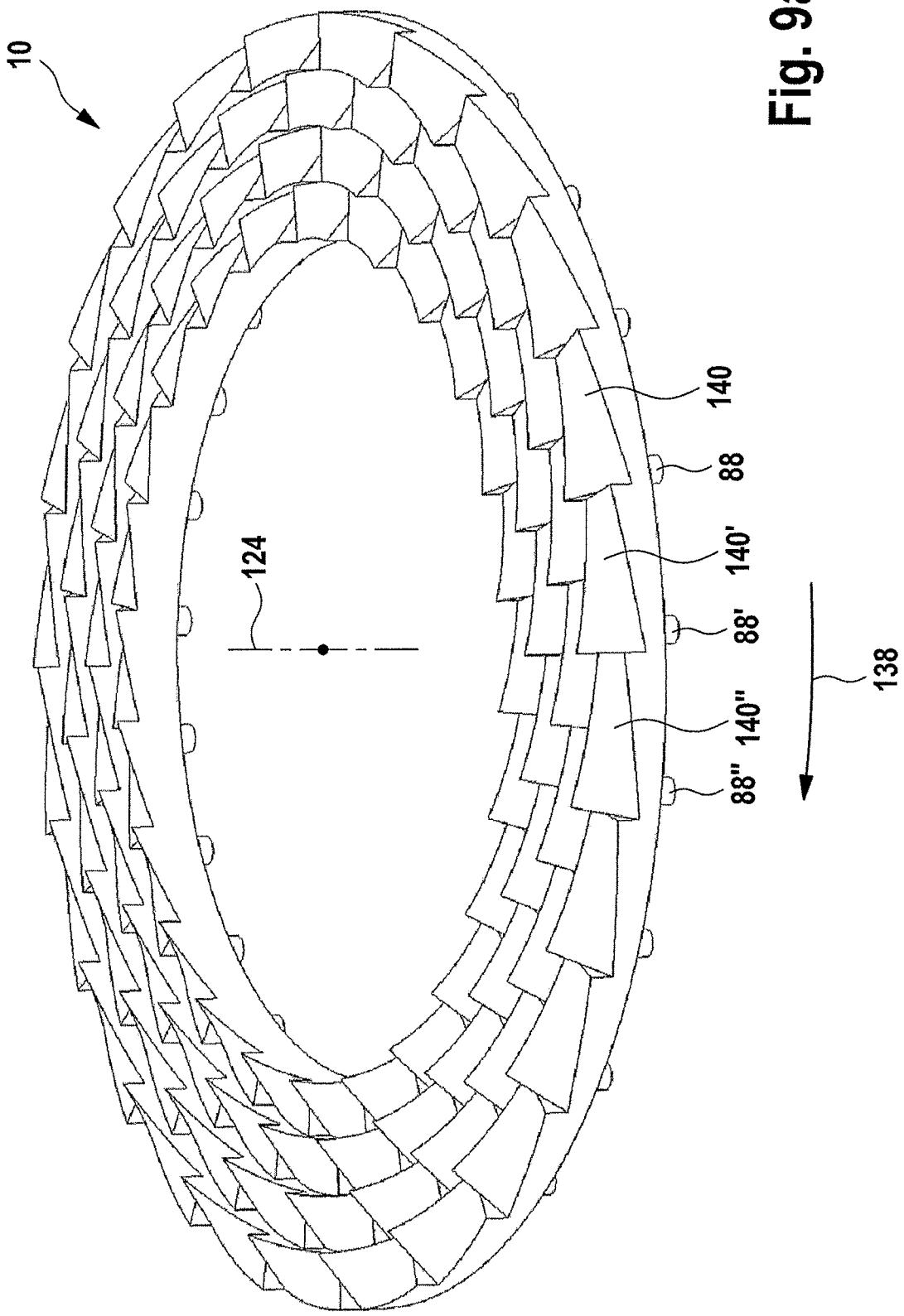


Fig. 9a

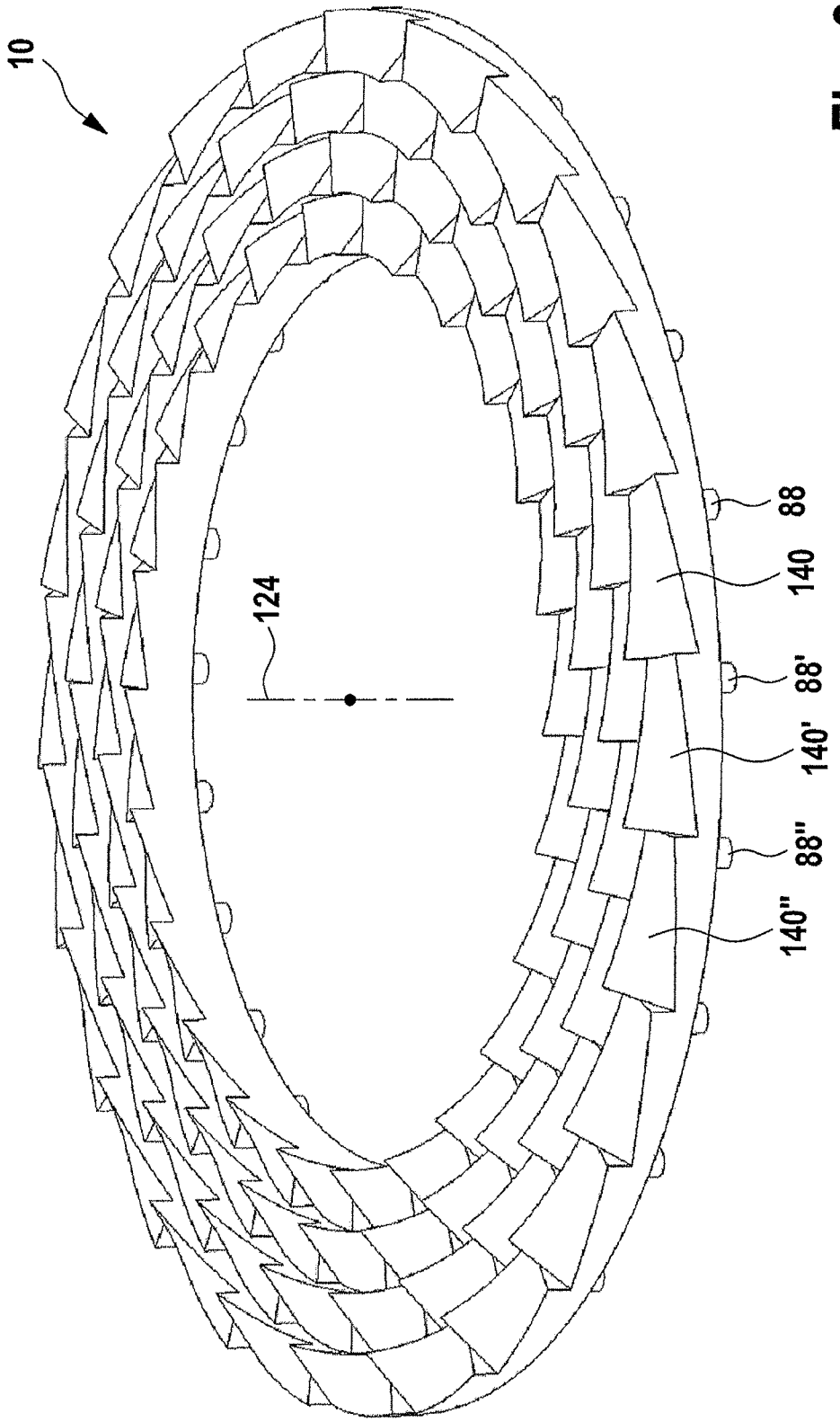


Fig. 9b

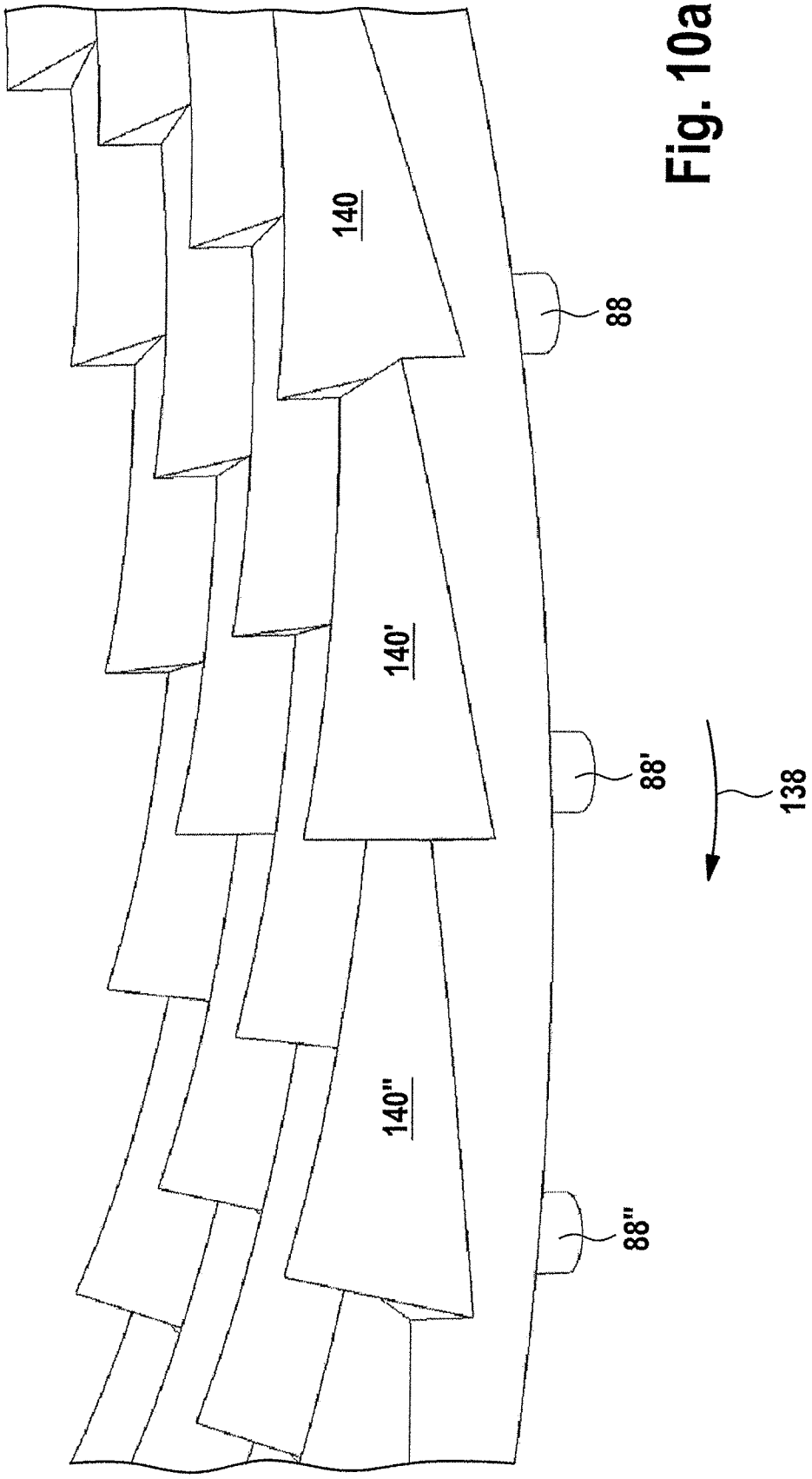


Fig. 10a

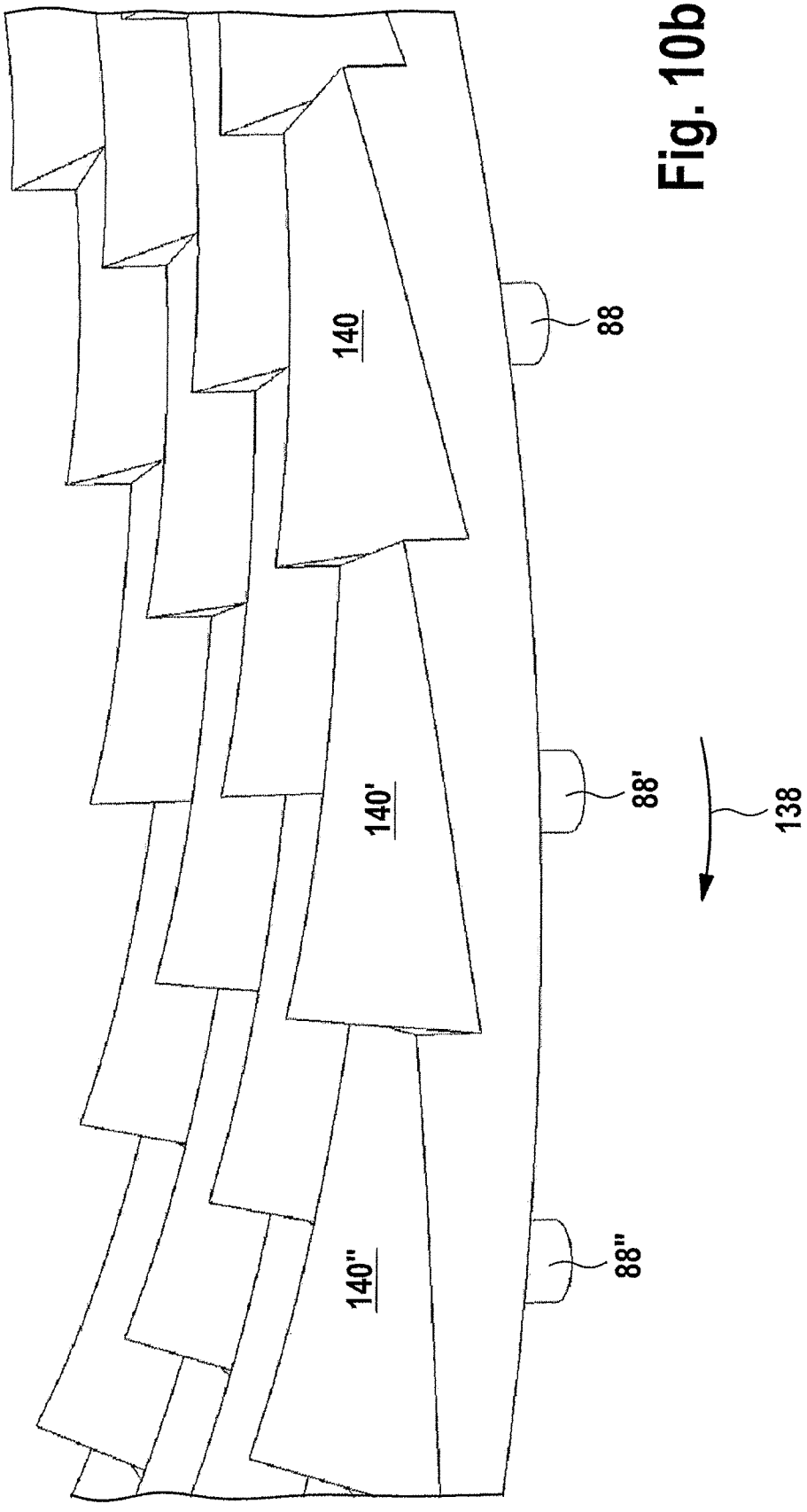


Fig. 10b

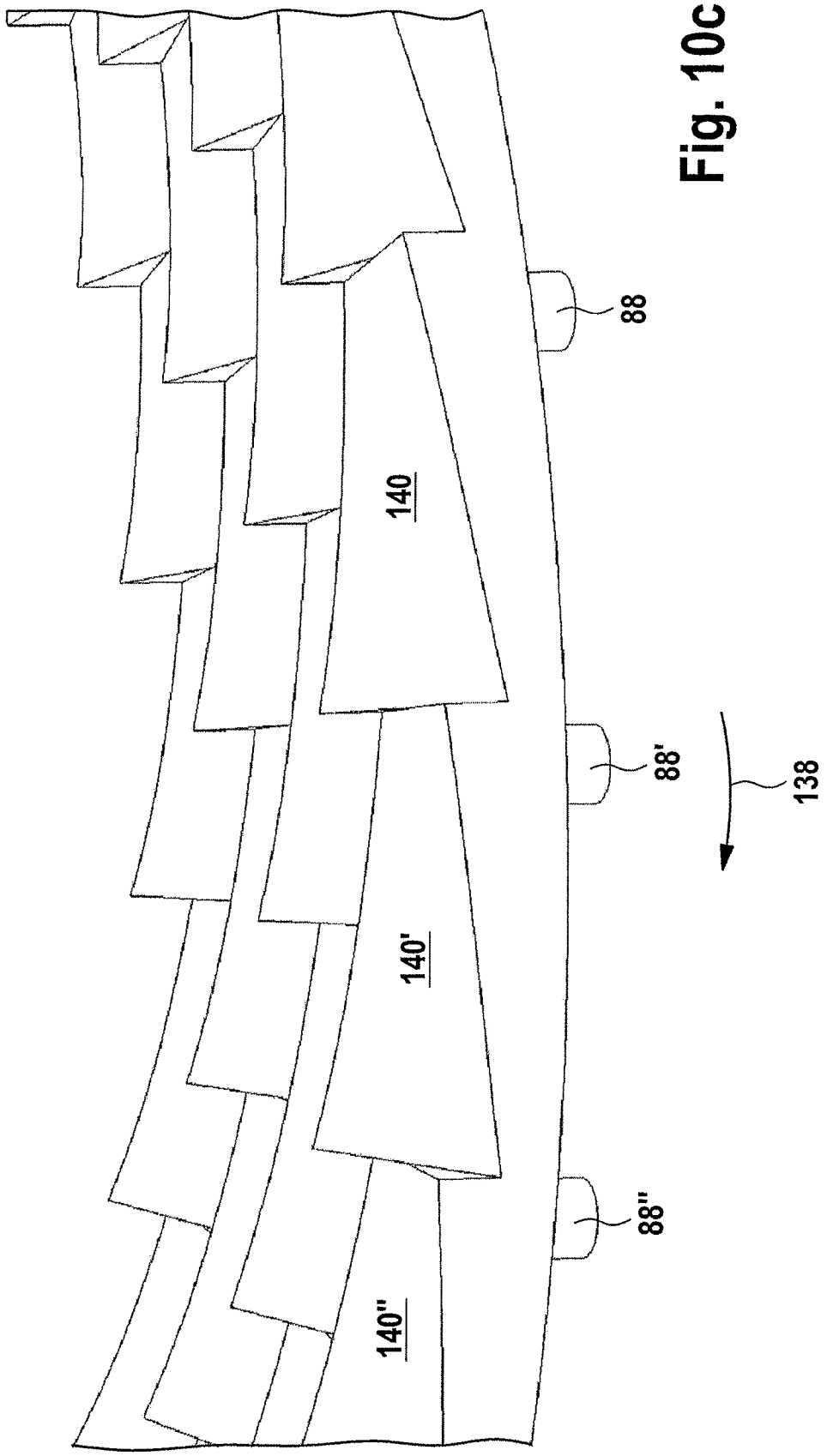


Fig. 10c

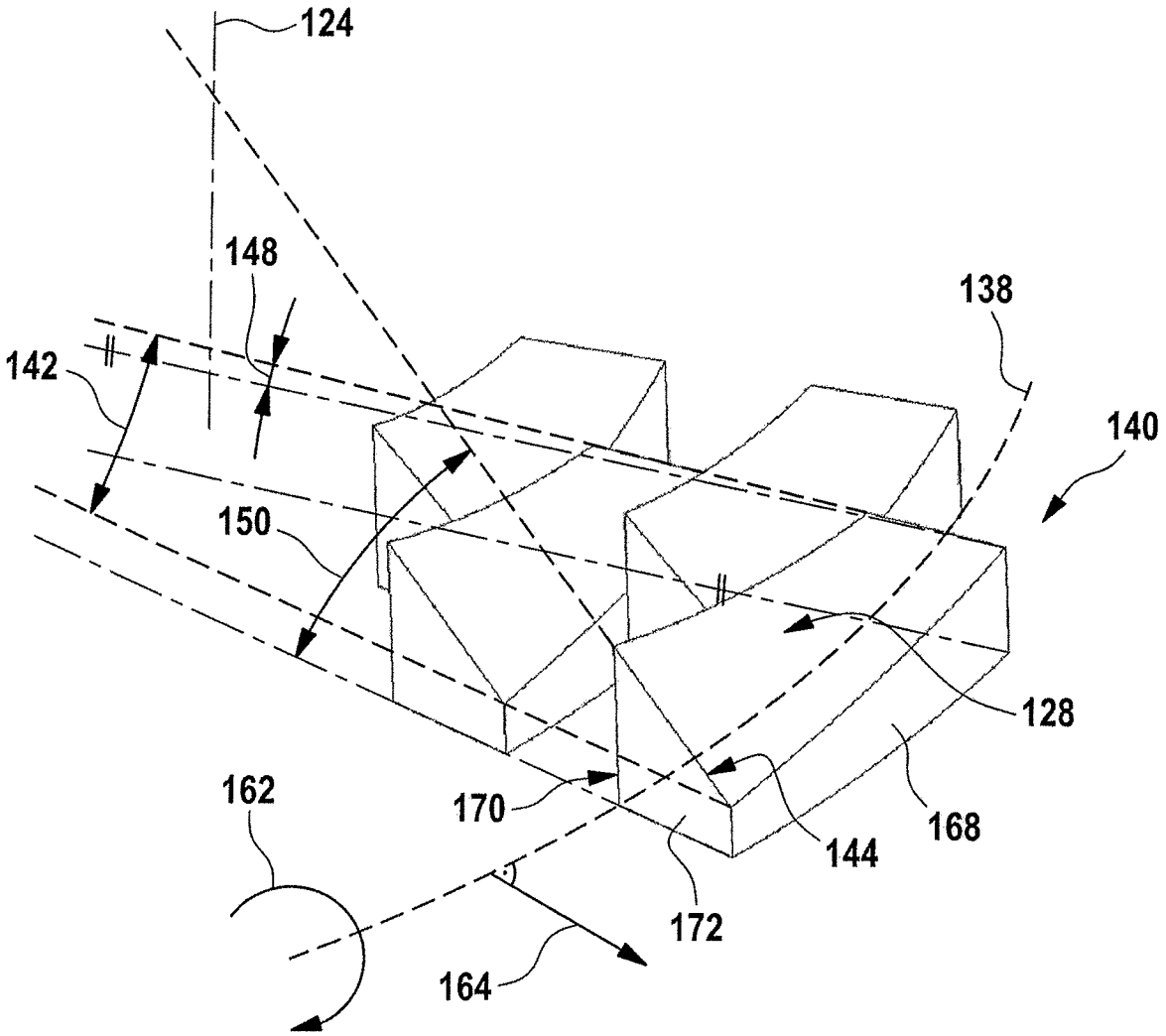


Fig. 11a

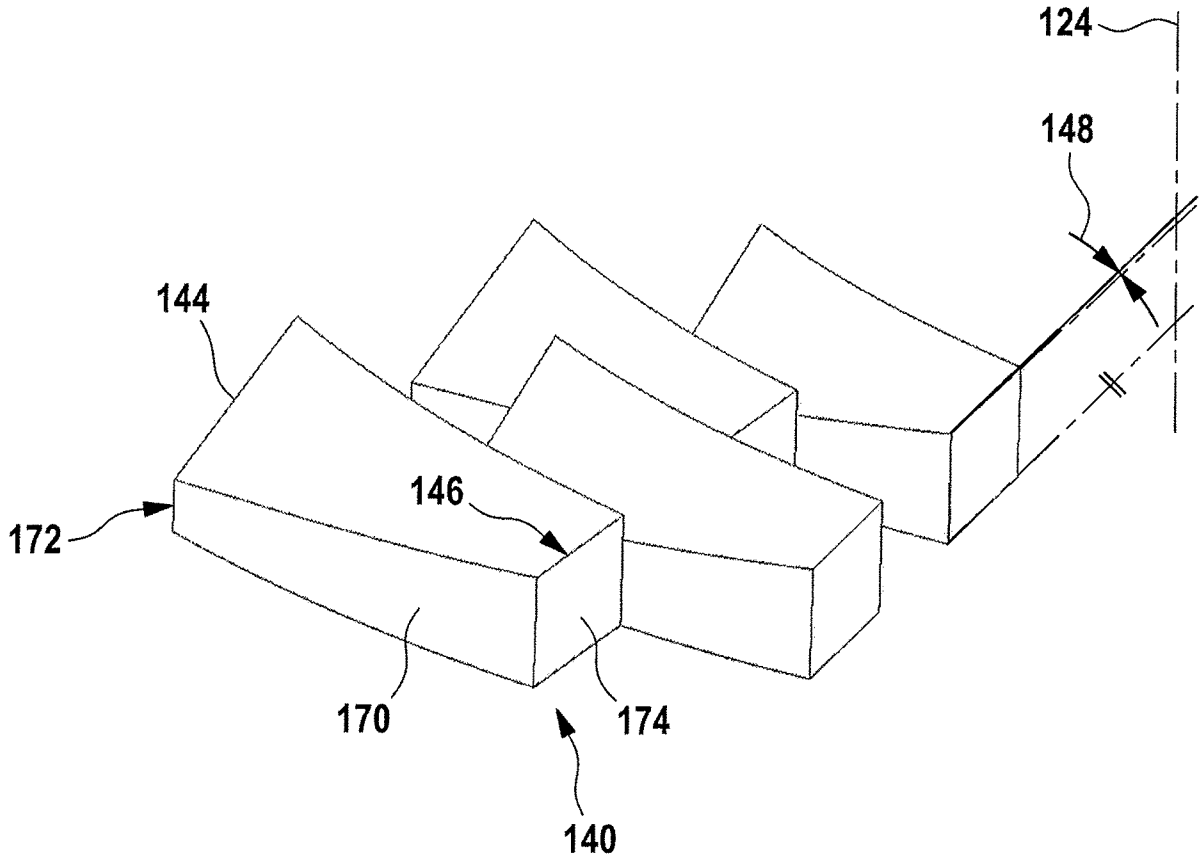


Fig. 11b

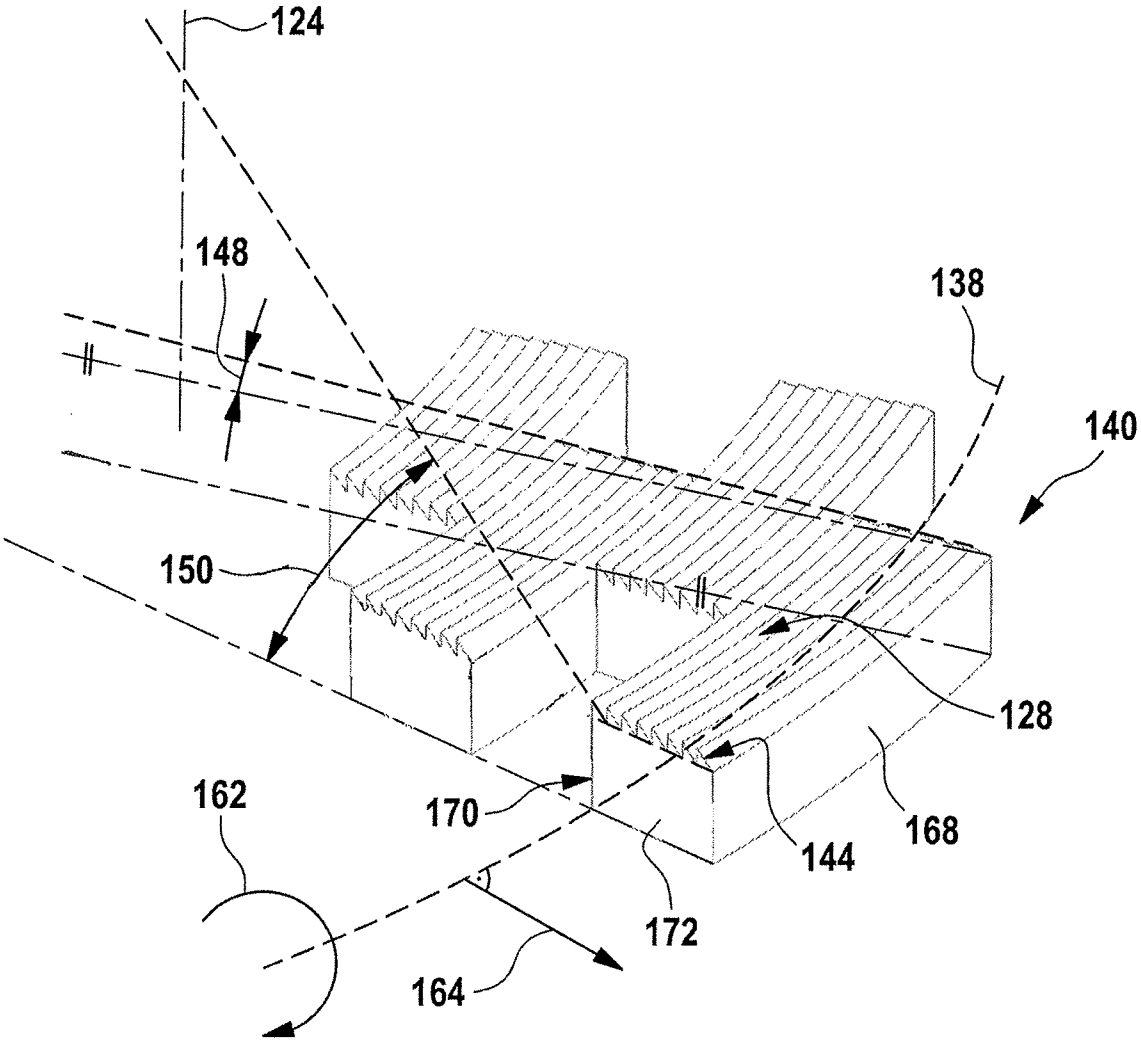


Fig. 11c

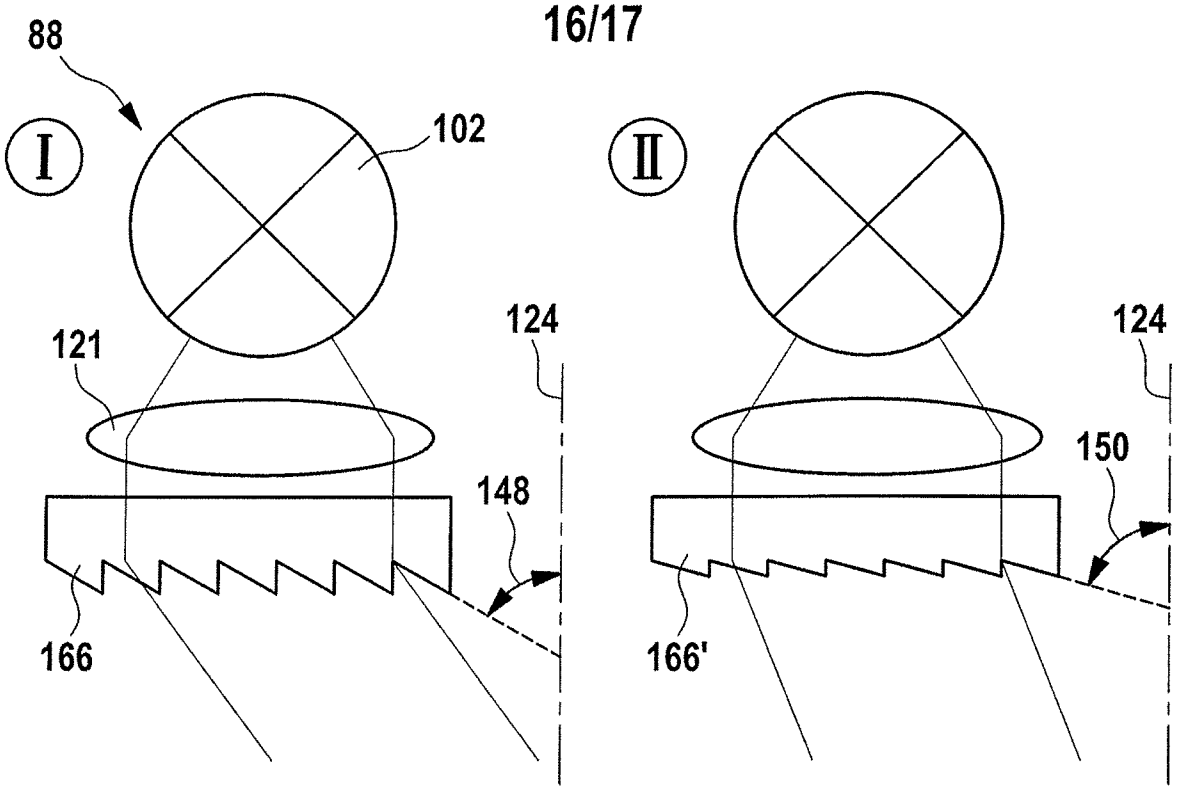

88
I
102
121
124
148
166
II
124
150
166'

Fig. 12

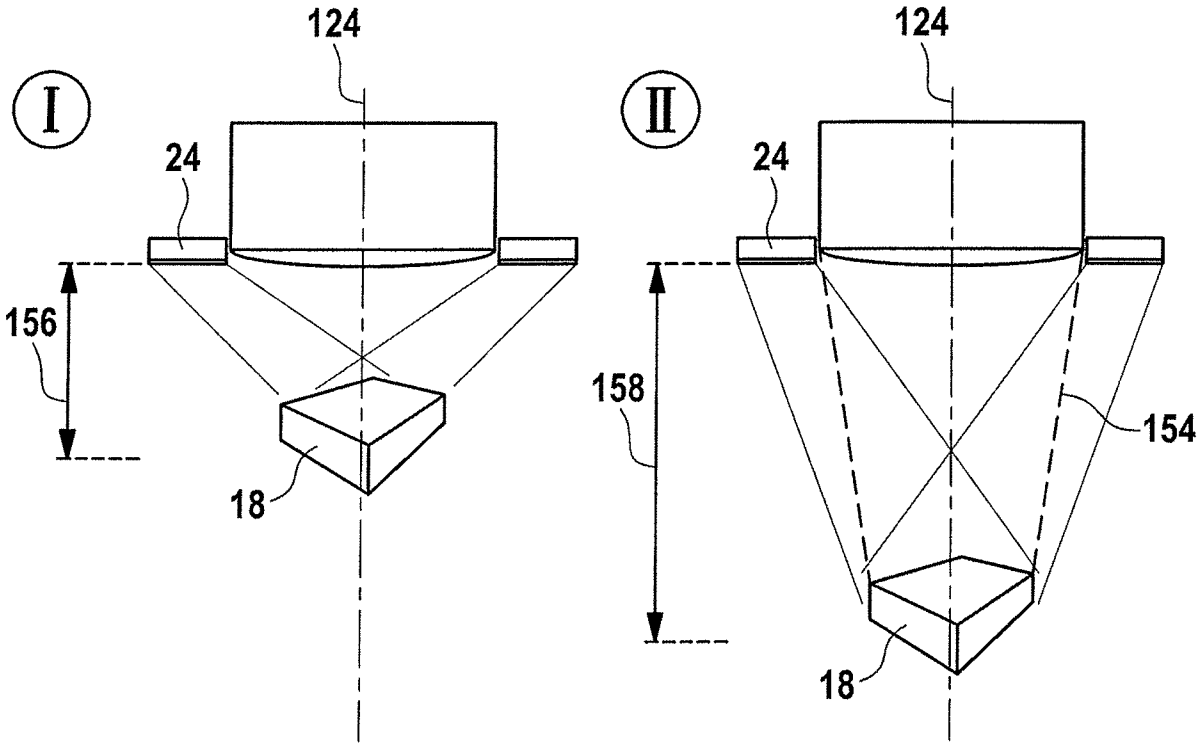

I
124
24
156
18
II
124
24
158
154
18

Fig. 13

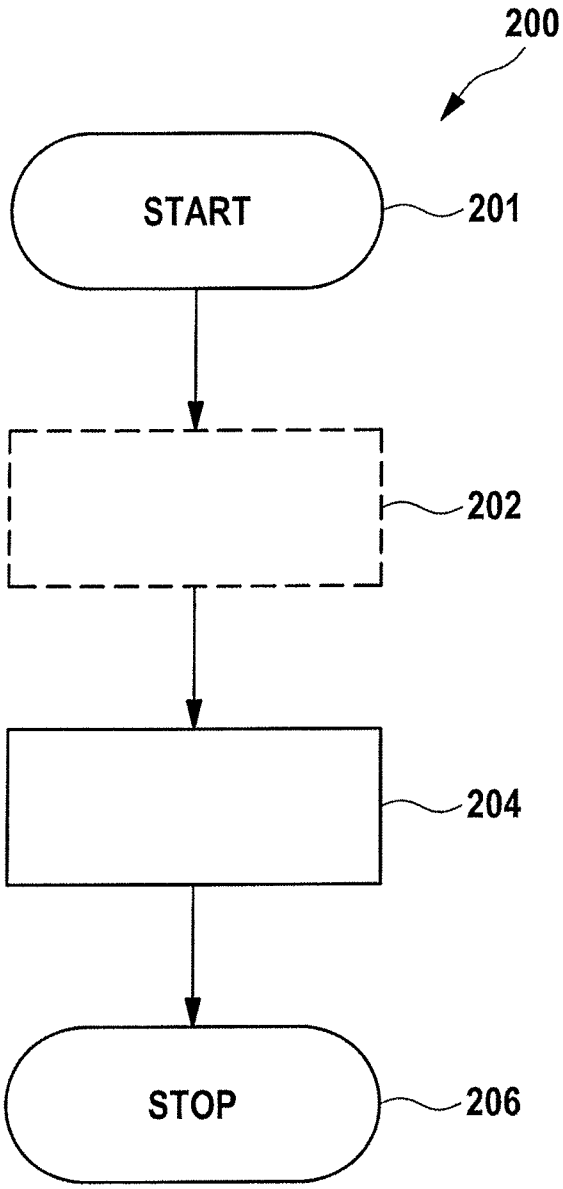


Fig. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/057497

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B3/00 G01B11/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	US 9 335 569 B1 (LEVINE DARREN V [US]) 10 May 2016 (2016-05-10) column 1, lines 18-20, 34-43 column 2, lines 15-19, 32-36 column 2, line 57 - column 4, line 9; figures 1, 2, 4-6	1-8, 10-12, 14,16, 17,20
X	US 2005/225763 A1 (REHM WOLFGANG [DE] ET AL) 13 October 2005 (2005-10-13) paragraphs [0002], [0049], [0060], [0064]; figures 1,5	1-4,6,7, 10,11, 14,17, 19,20

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 June 2016	28/06/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fazio, Valentina

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/057497

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 698 930 A2 (NIDEC SANKYO CORP [JP]) 6 September 2006 (2006-09-06) paragraphs [0050], [0051], [0054], [0056]; figures 1,2	1
A	WO 95/32447 A1 (ICI PLC [GB]; GILBERT KEITH WILLIAM [GB]) 30 November 1995 (1995-11-30) page 12, lines 23-28; figure 3	1
A	WO 2010/034639 A2 (ZEISS CARL AG [DE]; LINDIG KARSTEN [DE]; DOBSCHAL HANS-JUERGEN [DE]; R) 1 April 2010 (2010-04-01) figure 15	1
A	GB 2 256 937 A (GEC FERRANTI DEFENCE SYST [GB]) 23 December 1992 (1992-12-23) figures 1,2	1
A	WO 2013/167168 A1 (ZEISS IND MESSTECHNIK GMBH [DE]; ENGEL THOMAS [DE]) 14 November 2013 (2013-11-14) the whole document	21-23

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/057497

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 9335569 B1	10-05-2016	NONE	
US 2005225763 A1	13-10-2005	AT 320615 T	15-04-2006
		AU 2003245857 A1	19-01-2004
		DE 10228899 A1	22-01-2004
		EP 1516221 A1	23-03-2005
		US 2005225763 A1	13-10-2005
		WO 2004003626 A1	08-01-2004
EP 1698930 A2	06-09-2006	EP 1698930 A2	06-09-2006
		KR 20060096366 A	11-09-2006
		US 2006198004 A1	07-09-2006
WO 9532447 A1	30-11-1995	NONE	
WO 2010034639 A2	01-04-2010	CN 102165357 A	24-08-2011
		DE 102008049407 A1	01-04-2010
		EP 2329309 A2	08-06-2011
		US 2012001833 A1	05-01-2012
		WO 2010034639 A2	01-04-2010
GB 2256937 A	23-12-1992	AU 2197492 A	25-01-1993
		CA 2089573 A1	22-12-1992
		EP 0544888 A1	09-06-1993
		GB 2256937 A	23-12-1992
		JP H06503905 A	28-04-1994
		WO 9300602 A1	07-01-1993
WO 2013167168 A1	14-11-2013	CN 104395689 A	04-03-2015
		EP 2847540 A1	18-03-2015
		US 2015043013 A1	12-02-2015
		WO 2013167168 A1	14-11-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057497

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B3/00 G01B11/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	US 9 335 569 B1 (LEVINE DARREN V [US]) 10. Mai 2016 (2016-05-10) Spalte 1, Zeilen 18-20, 34-43 Spalte 2, Zeilen 15-19, 32-36 Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 9; Abbildungen 1, 2, 4-6 -----	1-8, 10-12, 14,16, 17,20
X	US 2005/225763 A1 (REHM WOLFGANG [DE] ET AL) 13. Oktober 2005 (2005-10-13) Absätze [0002], [0049], [0060], [0064]; Abbildungen 1,5 ----- -/--	1-4,6,7, 10,11, 14,17, 19,20

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. Juni 2016	28/06/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fazio, Valentina

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057497

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 698 930 A2 (NIDEC SANKYO CORP [JP]) 6. September 2006 (2006-09-06) Absätze [0050], [0051], [0054], [0056]; Abbildungen 1,2	1
A	WO 95/32447 A1 (ICI PLC [GB]; GILBERT KEITH WILLIAM [GB]) 30. November 1995 (1995-11-30) Seite 12, Zeilen 23-28; Abbildung 3	1
A	WO 2010/034639 A2 (ZEISS CARL AG [DE]; LINDIG KARSTEN [DE]; DOBSCHAL HANS-JUERGEN [DE]; R) 1. April 2010 (2010-04-01) Abbildung 15	1
A	GB 2 256 937 A (GEC FERRANTI DEFENCE SYST [GB]) 23. Dezember 1992 (1992-12-23) Abbildungen 1,2	1
A	WO 2013/167168 A1 (ZEISS IND MESSTECHNIK GMBH [DE]; ENGEL THOMAS [DE]) 14. November 2013 (2013-11-14) das ganze Dokument	21-23

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/057497

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 9335569 B1	10-05-2016	KEINE	
US 2005225763 A1	13-10-2005	AT 320615 T	15-04-2006
		AU 2003245857 A1	19-01-2004
		DE 10228899 A1	22-01-2004
		EP 1516221 A1	23-03-2005
		US 2005225763 A1	13-10-2005
		WO 2004003626 A1	08-01-2004
EP 1698930 A2	06-09-2006	EP 1698930 A2	06-09-2006
		KR 20060096366 A	11-09-2006
		US 2006198004 A1	07-09-2006
WO 9532447 A1	30-11-1995	KEINE	
WO 2010034639 A2	01-04-2010	CN 102165357 A	24-08-2011
		DE 102008049407 A1	01-04-2010
		EP 2329309 A2	08-06-2011
		US 2012001833 A1	05-01-2012
		WO 2010034639 A2	01-04-2010
GB 2256937 A	23-12-1992	AU 2197492 A	25-01-1993
		CA 2089573 A1	22-12-1992
		EP 0544888 A1	09-06-1993
		GB 2256937 A	23-12-1992
		JP H06503905 A	28-04-1994
		WO 9300602 A1	07-01-1993
WO 2013167168 A1	14-11-2013	CN 104395689 A	04-03-2015
		EP 2847540 A1	18-03-2015
		US 2015043013 A1	12-02-2015
		WO 2013167168 A1	14-11-2013