

(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
10. April 2025 (10.04.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/073473 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16C 29/02 (2006.01) F16C 32/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/076087

(22) Internationales Anmeldedatum:

18. September 2024 (18.09.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2023 127 135.0

05. Oktober 2023 (05.10.2023) DE

(71) Anmelder: JENAER ANTRIEBSTECHNIK GMBH

[DE/DE]; Buchaer Straße 1, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: HILLE, Volker; Bachfeldstraße 26, 86971 Peiting (DE).

(74) Anwalt: ENGEL, Christoph K.; Marktplatz 6, 98527 Suhl (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

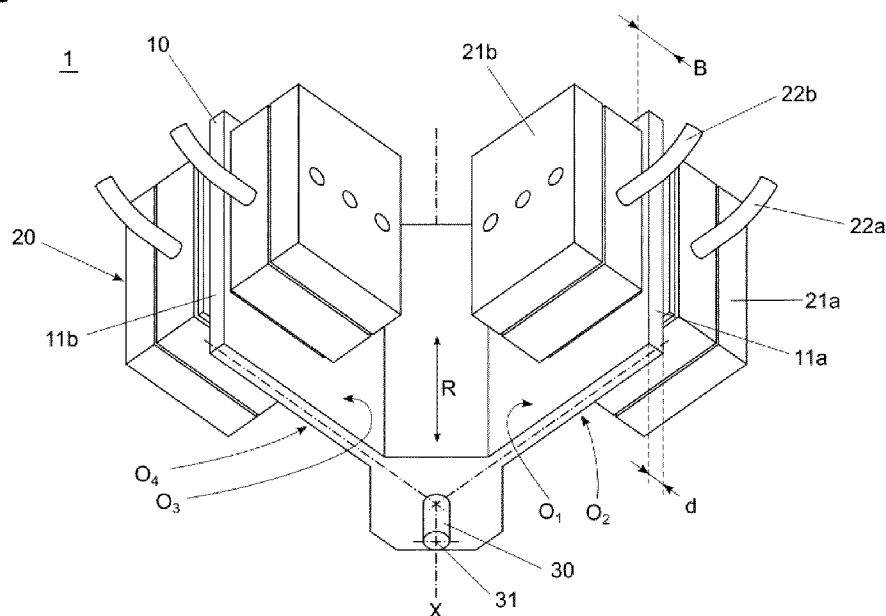
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD,

(54) Title: BEARING ASSEMBLY, LINEAR AXIS SYSTEM HAVING SAID BEARING ASSEMBLY, AND INSTALLATION HAVING SAID LINEAR AXIS SYSTEM

(54) Bezeichnung: LAGERANORDNUNG, LINEARACHSSYSTEM MIT DIESER LAGERANORDNUNG SOWIE ANLAGE MIT DIESEM LINEARACHSSYSTEM

Fig. 1b:



(57) Abstract: The invention relates to a bearing assembly (1, 1', 1'') comprising a mover (10, 10', 10'') and an aerostatic bearing unit (20, 20', 20''). The mover has a longitudinal axis (X), in the direction of which the mover can be linearly moved back and forth relative to the bearing unit (20, 20', 20'') and on which a central tool action point (31) of a tool (30) fastened or to be fastened to the mover lies. The mover comprises at least two wings (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11'a, 11'b, 11''c, 11''d) arranged at an angle to one another, said wings being clamped in the aerostatic bearing unit and each extending radially with respect to the longitudinal axis (X) of the mover. The invention also relates to a linear axis system (100) having a bearing assembly of this type and to an installation for producing and/or

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, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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)

processing components, said installation comprising a linear axis system (100) of this type.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Lageranordnung (1, 1', 1'') mit einem Läufer (10, 10', 10'') und einer aerostatischen Lagereinheit (20, 20', 20''). Der Läufer weist eine Längsachse (X) auf, in deren Richtung er relativ zur Lagereinheit (20, 20', 20'') linear hin- und herbeweglich ist und auf der ein zentraler Werkzeugwirkpunkt (31) eines am Läufer befestigten oder zu befestigenden Werkzeugs (30) liegt. Er umfasst mindestens zwei winklig zueinander angeordnete Flügel (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11''a, 11''b, 11''c, 11''d), die in der aerostatischen Lagereinheit eingespannt sind und die sich jeweils radial zu der Längsachse (X) des Läufers erstrecken. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Linearachssystem (100) mit einer solchen Lageranordnung sowie eine Anlage zum Fertigen und/oder Bearbeiten von Bauteilen, die ein derartiges Linearachssystem (100) umfasst.

Lageranordnung, Linearachssystem mit dieser Lageranordnung
sowie Anlage mit diesem Linearachssystem

5 Die vorliegende Erfindung hat eine Lageranordnung mit einem
Läufer und einer aerostatischen Lagereinheit zum Gegenstand,
insbesondere eine Lagerordnung für ein Linearachssystem wie
beispielsweise einen Kurzhubaktor. Die Erfindung betrifft
weiterhin ein Linearachssystem mit einer solchen
10 Lageranordnung und einer Antriebseinheit, die dazu
eingerrichtet ist, den Läufer relativ zur Lagereinheit in
Richtung von dessen Längsachse hin- und herzubewegen. Darüber
hinaus betrifft die Erfindung eine Anlage zur Fertigung
und/oder Bearbeitung von Bauteilen, die mindestens ein
15 Linearachssystem mit der Lageranordnung umfasst.

Lageranordnungen mit einem in einer Lagereinheit linear hin-
und her beweglichen Läufer finden vielfältige Anwendungen,
beispielsweise im Bereich der Robotik, für Positionierungs-,
20 speziell Bestückungsaufgaben und/oder zur Bearbeitung von
Werkstücken. Insbesondere zur Realisierung von hochgenauen
linearen Bewegungen mit hoher Beschleunigung und/oder häufiger
Umkehrung der Bewegungsrichtung werden vielfach kurzhubige
Linearmotoren eingesetzt. Zur reibungsfreien Bewegung des
25 Läufers kann dieser vorteilhaft luftgelagert sein.

Beispielsweise aus der DE 10 2009 054 953 A1 ist ein Kurzhub-
linearmotor bekannt, bei dem erste bzw. zweite Polelemente
jeweils benachbart in einer jeweiligen Kammstruktur angeordnet
30 sind. Mittels Bestromung können dann einander entgegengesetzte
Magnetpole erzeugt und so eine lineare Hin- und Her-Bewegung
eines Sekundärteils relativ zu einem Primärteil realisiert

werden. Das Sekundärteil ist dabei vom Primärteil durch einen Luftspalt beabstandet.

5 In der DE 10 1013 102 922 A1 ist ein Linearmotor mit einem
Läufer beschrieben, der Permanentmagnete aufweist und luft-
gelagert zwischen einem Stator und einer Eisenrückschlussein-
richtung angeordnet ist. Dabei sind die Permanentmagnete von
der Eisenrückschlusseinrichtung beabstandet. So sollen einer-
10 seits eine vorteilhafte Wirkung der Eisenrückschlusseinrich-
tung auf die Kraftentfaltung erzielt und andererseits ein
besonders leichter Läufer realisiert werden.

15 Die EP 05 781 086 B1 offenbart eine statische Lagerungsvor-
richtung mit Magnetvorspannungs- und Bewegungsfehlerkorrektur-
funktionen. Die Lagerungsvorrichtung weist eine Führung und
einen Tisch auf, an dem unter Ausbildung eines Spaltes
Segmente statischer Lager befestigt sind. An beiden Seiten des
Tisches sind dabei Magnet-Vorspannungseinheiten jeweils mit
einem Permanentmagneten, einem Kern und einer auf den Kern
20 gewickelten Spule angeordnet.

Die US 3 272 568 A offenbart eine Führungsvorrichtung mit
einer Führung und einem relativ zur Führung zu führenden
Körper, mit dem ein Werkzeug verbunden sein kann. Zwischen den
25 ortsfesten und den beweglichen Elementen wird dabei ein
Gaskissen aufrechterhalten.

Bei derartigen bekannten Luftlagerungen müssen Abmessungsände-
rungen berücksichtigt werden, die aus thermischen Ausdehnungen
30 resultieren. Diese Problematik wird in der EP 1 779 967 A2
adressiert. Darin ist die Gestaltung der Schlittenführung
einer Fast-Tool-Anordnung insbesondere für Drehmaschinen zur
Bearbeitung von optischen Werkstücken offenbart. Die Anordnung

umfasst einen Tauchspulenantrieb und einen Schlitten für linear reziprozierende Bewegungen. Der Schlitten führt einen Drehmeißel und ist aus zwei planparallelen, senkrecht zueinander stehenden Platten zusammengesetzt, so dass er den Querschnitt eines T-Profils mit einem Steg und zwei entgegengesetzt davon abstehenden Flanschseiten aufweist. Dabei sind der Steg und die Flanschseiten zwischen jeweiligen Paaren aus Lagerelementen angeordnet. Damit sollen Abmessungsänderungen des Schlittens infolge von Erwärmung minimiert sowie eine hohe Steifigkeit des Schlittens bei geringer Masse erzielt werden.

Die DE 10 2004 012 204 B3 beschreibt ein Winkelluftlager mit linear zueinander verschiebbaren länglichen Führungsteilen. Das Winkelluftlager besitzt zwei linear zueinander verschiebbare längliche Führungsteile, zwischen denen zwei zueinander v-förmig gewinkelte Führungsebenen ausgebildet sind und die mit paarweise einander zugewandten Führungsflächen ausgerüstet sind. Eine der Führungsflächen ist an einem Schwenkteil ausgebildet, das um eine zur Verschieberichtung parallele Gelenkachse des zugehörigen Führungsteils schwenkbar gelagert ist. Dadurch können bei vermindertem Herstellungsaufwand Winkelabweichungen zwischen den Führungsflächen vermieden werden.

Die US 6 149 306 A zeigt ein Gleitlager, in welchem zwischen den zueinander gleitenden Lagerflächen eines beweglichen Körpers und eines feststehenden Körpers Luftströme erzeugt werden. Dafür wird Druckluft durch Düsen zwischen den Lagerflächen auf atmosphärischen Druck entspannt. Durch diese Luftströme wird der statische Druck zwischen den Lagerflächen reduziert, sodass zwischen dem beweglichen und dem feststehenden Körper wirkende Druckkräfte entstehen. Lagerflächen und Luftströme sind so aufeinander abgestimmt,

dass sich der bewegliche Körper in einem kräftefreien Gleichgewichtszustand befindet, wenn er eine Position einnimmt, in der die Lagerflächen des beweglichen Körpers nicht mit den Lagerflächen des feststehenden Körpers in Kontakt sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lageranordnung, ein Linearachssystem und eine Fertigungs- bzw. Bearbeitungsanlage mit verringerter Empfindlichkeit gegenüber thermischen Einflüssen bereitzustellen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Lageranordnung gemäß Anspruch 1, ein Linearachssystem gemäß Anspruch 9 und eine Anlage gemäß Anspruch 10. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren offenbart.

Eine Lageranordnung gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst einen Läufer und eine aerostatische Lagereinheit. Sie kann insbesondere dazu ausgebildet sein, an einer Kurzhubachse eingesetzt zu werden.

Der Läufer weist eine Längsachse auf, in deren Richtung er relativ zur Lagereinheit linear hin und her beweglich ist. Dabei ist ein Werkzeug so dauerhaft oder abnehmbar am Läufer befestigt oder zu befestigen, dass sein Werkzeugwirkungspunkt (auch als „tool centre point“ bzw. kurz „TCP“ bezeichnet) auf der Längsachse liegt. Bevorzugt kann das Werkzeug eine optische Einheit, insbesondere eine Linse oder dergleichen sein. Insbesondere kann der Läufer zur Befestigung des Werkzeugs ein Befestigungsmittel umfassen, dessen geometrisches Zentrum (betrachtet in einem Querschnitt senkrecht zur Längsachse) auf der genannten Längsachse des Läufers

liegt. Ein solches Befestigungsmittel kann beispielsweise mindestens eine Gewindebohrung für eine jeweilige Befestigungsschraube, ein Außengewinde, mindestens eine Aufnahme für einen jeweiligen Fixierstift, eine Bajonettvorrichtung
5 und/oder eine Klemmeinrichtung umfassen, mit dem/denen das Werkzeug oder ein mit ihm verbundener Halter am Läufer fixiert werden kann.

Der Läufer weist ferner mindestens zwei Flügel auf, die
10 jeweils in der aerostatischen Lagereinheit eingespannt sind. Die Flügel erstrecken sich dabei jeweils radial zur Längsachse und stehen winklig zueinander, schließen also an der Längsachse einen Winkel zueinander ein, der zwischen 0° und 180° beträgt. Dabei können die Flügel an der Längsachse zusammen-
15 laufen oder jeweils von einem Läuferkern abstehen, in dessen Zentrum die genannte Längsachse verläuft.

Insbesondere aufgrund der genannten Anordnung der Flügel und des befestigten bzw. zu befestigenden Werkzeugs relativ zur
20 Längsachse und damit auch relativ zueinander erlaubt die erfindungsgemäße Lageranordnung zum einen eine hohe Steifigkeit in Lagerrichtung sowie eine reibungsfreie Lagerung und damit den Bedarf nur geringer Stellkräfte, weil nur eingeprägte Kräfte wie insbesondere die Gewichtskraft kompensiert
25 werden müssen. Zum anderen ermöglicht sie eine wiederholbare und präzise Zentrierung des Werkzeugwirkungspunkts unabhängig von einer jeweiligen thermisch bedingten Ausdehnung des Läufers. Die Position des Werkzeugwirkungspunkts relativ zur Lagereinheit bzw. zu einer Rahmen- und/oder Gehäusestruktur, an der die
30 Lageranordnung in ihrem Einbauzustand montiert sein kann, ändert sich also auch dann nicht senkrecht zur Bewegungsrichtung, wenn sich der Läufer durch Wärmeeinflüsse ausdehnt. Eine

solche Ausdehnung kann vielmehr allenfalls eine Verschiebung des Werkzeugwirkungspunktes in Richtung der Längsachse bewirken.

Auf diese Weise kann also eine temperaturbedingte Verlagerung der Werkzeugachse bereits im Sub-Mikrometerbereich verhindert und eine hochgenaue Position des Werkzeugs bzw. seines Werkzeugwirkungspunktes sichergestellt werden, auch wenn äußere Temperatureinflüsse sich ändern und/oder eine Antriebseinheit des Läufers hohe Temperaturen entwickelt.

Die Angabe „Umfangsrichtung“ bezieht sich hier und im Folgenden ebenso wie „radial“ und „axial“ auf die Längsachse, was zu besserer Lesbarkeit nicht immer erwähnt wird. Als „Längsachse“ ist in dieser Schrift stets die besagte Längsachse des Läufers zu verstehen, auf der der Werkzeugwirkungspunkt des befestigten oder zu befestigenden Werkzeugs liegt.

Vorzugsweise sind die Flügel symmetrisch zu einer jeweiligen Flügel-Symmetrieebene geformt, in der die Längsachse des Läufers verläuft. Insbesondere schneiden sich die Flügel-Symmetrieebenen der mindestens zwei Flügel dann also in der besagten Längsachse.

Insbesondere können die Flügel vorzugsweise jeweils als Platten ausgebildet sein, die sich bezogen auf die genannte Längsachse in radialer und axialer Richtung erstrecken; damit kann ein besonders leichter und zugleich gut von der aerostatischen Lagereinheit einzuspannender Läufer realisiert werden. Mindestens einer der Flügel kann dabei ein Viereck ausbilden, beispielsweise ein Trapez, insbesondere ein Parallelogramm oder sogar Rechteck. Vorzugsweise sind die mindestens zwei Flügel einander gleich geformt.

Die Flügel sind vorzugsweise zumindest teilweise in einem zwischen mindestens zwei Luftlagern der Lagereinheit ausgebildeten jeweiligen Zwischenraum angeordnet, wobei die Luftlager so justiert bzw. vorgespannt sind, dass zwischen ihnen und dem jeweiligen Flügel ein Luftspalt bleibt und so einen Kontakt mit dem Flügel verhindert wird.

Eine Zwischenraumbreite des jeweiligen Zwischenraums ist dabei vorzugsweise größer als die im Betrieb der Lageranordnung und/oder unter vorgesehenen Einsatzbedingungen maximal mögliche Flügeldicke des zumindest teilweise im Zwischenraum angeordneten Flügels; so bleibt in allen Betriebsmodalitäten ein Luftspalt zwischen Flügel und Luftlager erhalten und damit die Funktion der Lagereinheit zur kontakt- und damit reibungsfreien Lagerung gewahrt. Als „Zwischenraumbreite“ ist dabei ein in Umfangsrichtung gemessener kleinster auftretender Abstand der den Zwischenraum begrenzenden, einander gegenüberstehenden Luftlager zu verstehen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lageranordnung bilden die Flügel jeweils einen Schenkel eines kreuz- oder L- oder Y-förmigen, senkrecht zur Längsachse gebildeten Querschnitts des Läufers. Insbesondere kann der Läufer vorzugsweise spiegelsymmetrisch zu einer die Längsachse enthaltenden Läufer-Symmetrieebene ausgebildet sein, also so, dass eine derartige Läufer-Symmetrieebene mathematisch existiert.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsvariante, bei welcher der Läufer mindestens oder genau zwei Flügel umfasst, die in Umfangsrichtung zueinander benachbart sind und dabei einen Winkel von 90° einschließen. Dadurch kann auf besonders einfache Weise eine präzise Positionierung des Läufers und damit

des Werkzeugs in beiden Koordinatenrichtungen senkrecht zur Längsachse des Läufers realisiert werden. Ein solcher Läufer kann besonders stabil auch bei thermischer Ausdehnung in der aerostatischen Lagereinheit zentriert werden.

5

Speziell kann der Läufer genau vier Flügel umfassen, die mit den jeweils benachbarten Flügeln jeweils einen Winkel vom 90° einschließen. Ein solcher Läufer kann besonders stabil auch bei thermischer Ausdehnung in der aerostatischen Lagereinheit zentriert werden, zudem weist er eine besonders hohe Steifigkeit auf.

10

In Ausführungsformen, bei denen die Flügel wie oben erwähnt von einem Läuferkern abstehen, kann das Werkzeug vorzugsweise am Läuferkern befestigt oder zu befestigen sein. Insbesondere kann das oben genannte Befestigungsmittel zur Befestigung des Werkzeugs am Läufer bei entsprechenden Ausführungsformen vorzugsweise mindestens teilweise am Läuferkern angeordnet sein.

15

20

Der Läuferkern kann beispielsweise zylindrisch oder prismenartig ausgebildet sein. Er kann vorzugsweise dicker sein als die Flügel, also einen Durchmesser radial zur besagten Längsachse aufweisen, der größer ist als eine in Umfangsrichtung gemessene maximale jeweilige Flügeldicke, beispielsweise mindestens doppelt so groß oder sogar mindestens dreimal so groß wie die genannte Flügeldicke. Dadurch können eine besonders stabile Verbindung der Flügel sowie ggf. eine sichere Befestigung des Werkzeugs realisiert werden. Der Läuferkern kann mindestens teilweise hohl sein. Insbesondere kann er eine Durchführung (also einen Kanal) für eine oder mehrere elektrische Leitungen zur Verbindung des Werkzeugs mit einer

25

30

Steuerungs- und/oder Betriebseinheit zum Betreiben des Werkzeugs ausbilden.

5 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Läufer monolithisch ausgebildet. Dadurch können eine besonders präzise Formgebung und eine hohe Stabilität erreicht werden.

10 Das Werkzeug kann beispielsweise eine Pick-and-Place-Einheit, wie insbesondere einen Greifer und/oder einen Sauger umfassen und/oder einen Laser, ein Schneidwerkzeug, eine Markiernadel, einen Plasmabrenner und/oder ein Objektiv und/oder eine optische Linse und/oder ein Spiegel. Gemäß einer speziellen Ausführungsform ist das Werkzeug als ein Instrument zur Laserstrukturierung von Wafern ausgebildet.

15 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Lageranordnung das (befestigte oder zu befestigende) Werkzeug.

20 Ein erfindungsgemäßes Linearachssystem umfasst eine erfindungsgemäße Lageranordnung und eine Antriebseinheit, die dazu eingerichtet ist, den Läufer der Lageranordnung in Richtung seiner Längsachse relativ zur aerostatischen Lagereinheit der Lageranordnung hin- und herzubewegen.

25 Insbesondere kann das Linearachssystem als Kurzhubaktor ausgebildet sein. Er kann vorzugsweise eine Rahmen- und/oder Gehäusestruktur umfassen, an der die Lageranordnung montiert ist. Die Antriebseinheit, die vorzugsweise dazu eingerichtet ist, hochdynamische Bewegungen anzuregen, kann eine Tauchspule
30 umfassen oder auf dem Moving-Magnet-Prinzip beruhen.

Eine erfindungsgemäße Anlage dient der Fertigung und/oder Bearbeitung von Bauteilen. Die Anlage umfasst mindestens ein

erfindungsgemäßes Linearachssystem in einer Ausführungsform, bei der die Lageranordnung das am Läufer befestigte oder zu befestigende Werkzeug umfasst. Darüber hinaus kann die Anlage insbesondere eine Gestellstruktur umfassen, an welcher das
5 mindestens eine Linearachssystem montiert und/oder an der ein jeweils zu bearbeitendes Werkstück oder Bauteil fixierbar ist.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich,
10 dass einzelne Elemente und Komponenten auch anders kombiniert werden können als dargestellt. Bezugszeichen für einander entsprechende Elemente sind figurenübergreifend verwendet und werden ggf. nicht für jede Figur neu beschrieben. Es zeigen schematisch:

15 Fig. 1a: einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Lageranordnung in einer ersten exemplarischen Ausführungsform;

Fig. 1b: die Lageranordnung der Fig. 1a in perspektivischer
20 Ansicht;

Fig. 2a: ein Linearachssystem mit der Lageranordnung in einer perspektivischen Ansicht;

25 Fig. 2b: das Linearachssystem der Fig. 2a von vorn; und

Fig. 3: einen Querschnitt einer weiteren exemplarischen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung.

30 In den Figuren 1a, 1b ist eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lageranordnung 1 mit einem Läufer 10 und einer aerostatischen Lagereinheit 20 dargestellt. Die Fig. 1a zeigt

dabei einen Querschnitt der Lageranordnung 1 orthogonal zu einer Längsachse X des Läufers 10, und die Fig. 1b bietet eine perspektivische Ansicht der Lageranordnung 1.

5 Wie in der Fig. 1b durch einen Doppelpfeil R gekennzeichnet, ist der Läufer in Richtung R seiner Längsachse X relativ zur Lagereinheit 20 hin und her beweglich, wodurch ein am Läufer 10 befestigtes, in der Fig. 1b schematisch dargestelltes Werkzeug 30 bedient werden kann. Das Werkzeug 30 ist dabei so am
10 Läufer 10 befestigt, dass sein Werkzeugwirkungspunkt (Tool Centre Point, TCP) 31 auf der Längsachse X des Läufers liegt.

In der Fig. 1a ist der Läufer 10 in zwei temperaturabhängigen Ausdehnungszuständen dargestellt, nämlich schraffiert und als
15 $10|t_1$ bezeichnet bei einer ersten Temperatur sowie als $10|t_2$ bezeichnet in einem unter vorgesehenen Bedingungen maximal möglichen Ausdehnungszustand, der bei einer zweiten Temperatur eintritt, die – beispielsweise aufgrund äußerer Einflüsse und/oder infolge des Betriebs der Lageranordnung 1 – höher ist
20 als die erste Temperatur.

Erfindungsgemäß bleibt die Längsachse X des in der Lagereinheit 20 eingespannten Läufers 10 in beiden (wie auch in allen nicht gezeigten weiteren möglichen) Ausdehnungszuständen an
25 derselben Position. Dadurch wird gewährleistet, dass der Werkzeugwirkungspunkt 31 des Werkzeugs sich bei Temperaturänderungen nicht verlagert. Damit ist das Werkzeug hochpräzise und wiederholbar zur Einwirkung auf eine genau festzulegende Position eines Bauteils einsetzbar.

30 Die genannte Beibehaltung der Position der Längsachse wird insbesondere durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Läufers 10 mit (in der dargestellten Ausführungsform genau

zwei) winklig zueinander angeordneten Flügeln 11a, 11b sichergestellt, die in der Lagereinheit 20 beidseitig eingespannt sind und sich jeweils radial zur Längsachse X erstrecken.

5 In der in den Figuren 1a, 1b gezeigten Ausführungsform stehen die einander gleich ausgebildeten Flügel 11a, 11b dabei jeweils von einem stabartigen, vorliegend prismenförmigen Läuferkern 12 ab, in dessen Zentrum die Längsachse X verläuft. Die Flügel 11a, 11b bilden dabei jeweilige Schenkel eines L-
10 förmigen Querschnitts des Läufers 10, der spiegelsymmetrisch zu einer die Längsachse X enthaltenden Läufer-Symmetrieebene E geformt ist. Dadurch kann der Läufer besonders raumsparend ausgebildet sein. Insbesondere stehen die beiden Flügel 11a, 11b somit vorliegend senkrecht zueinander, schließen also
15 einen (kleineren) Winkel von 90° ein. Dies ermöglicht eine besonders einfache und gleichwohl präzise Positionierung des Läufers mittels Druckluftzufuhr wie weiter unten beschrieben.

Dabei weisen die Flügel eine (vorliegend gleichmäßige) Flügel-
20 dicke d auf, die kleiner ist als ein Durchmesser D des Läuferkerns 12; in der Fig. 1a sind die Flügeldicke d und der Durchmesser D des Läuferkerns für den Läufer 10|t₂ mit maximalem Ausdehnungszustand eingezeichnet.

25 Die Flügel 11a, 11b sind dabei als ebene Platten ausgebildet, die entlang der Längsachse X verlaufen und sich damit also nicht nur radial, sondern auch axial zur Längsachse X erstrecken. Die Flügel 11a, 11b weisen jeweilige Flügel-Symmetrieebenen E_a, E_b auf, die sich in der Längsachse X des
30 Läufers 10 schneiden, und zu denen die Flügel 11a, 11b jeweils spiegelsymmetrisch ausgebildet sind.

Die Flügel 11a, 11b sind jeweils teilweise in einem Zwischenraum zwischen je zwei zur Lagereinheit 20 gehörigen Luftlagern 21a, 21b, 21c, 21d angeordnet; einander in Umfangsrichtung entgegengesetzte Oberflächen O_1 , O_2 , O_3 , O_4 jedes der Flügel stehen dabei also je einem der Luftlager 21a, 21b, 21c, 21d gegenüber und dienen diesen als Laufflächen. Wie in der Fig. 1b für den Flügel 11a gekennzeichnet, weist der jeweilige Zwischenraum eine Breite B auf, die größer ist als die Flügel-
dicke d des jeweils zumindest teilweise enthaltenen Flügels in einem unter vorgesehenen Bedingungen maximal möglichen Ausdehnungszustand.

Beispielsweise ergibt sich bei Nutzung von aus Aluminium bestehenden Flügeln mit einer Flügeldicke von 5 mm und einem Luftlagerspalt zwischen 3-6 μm pro Lager eine Flügeldickentoleranz von 6 μm . Bei einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Aluminiumlegierung von $23,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bedeutet dies, dass sich die Temperatur des Flügels 11 um 52 K ändern kann, ohne Veränderung der Mittenausrichtung und der Funktion des Lagers. Wenn Stahl als Flügelwerkstoff benutzt wird (Ausdehnungskoeffizient $13 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), ist ein Temperaturdelta von 93 K zulässig, ohne Beeinträchtigung der Funktionssicherheit des Lagers.

Mittels Luftzufuhr L durch jeweilige Drucklufteinlässe 22a, 22b, 22c, 22d hindurch wird, wie insbesondere der Fig. 1a zu entnehmen ist, jeweils ein Luftspalt S zwischen den Luftlagern 21a, 21b, 21c, 21d und den Flügeln 11a, 11b aufrechterhalten, so dass der Läufer 10 kontaktfrei in der Lagereinheit 20 eingespannt und in ihr somit reibungsfrei beweglich ist. Es treten somit nur geringe Stellkräfte auf, weil nur eine Gewichtskraft oder andere eingeprägte Kräfte kompensiert werden müssen.

Da der Werkzeugwirkpunkt 31 mit dem Läufer entlang der Längsachse X und damit der Schnittgerade der Flügel-Symmetrieebenen E_a , E_b hin und herbewegt wird, bleibt er bei thermischen
5 Ausdehnungen des Läufers in einer konstanten Position in der z-y-Ebene. So kann eine hochdynamische Linearbewegung des Werkzeugs 30 mit hoher Präzision und Wiederholbarkeit realisiert werden, beispielsweise in einer Kurzhubanwendung.

10 In der Fig. 2a ist in perspektivischer Ansicht ein erfindungsgemäßes Linearachssystem 100 gezeigt, welches eine Lageranordnung 1' mit einem Läufer 10' und einer aerostatischen Lagereinheit 20' umfasst; die Fig. 2b zeigt das Linearachssystem in einer Vorderansicht, also aus der Richtung
15 eines bei Verwendung zu bearbeitenden Bauteils.

Wie bei der in den Figuren 1a, 1b gezeigten Ausführungsform weist der Läufer 10' des Linearachssystems 100 genau zwei plattenförmige Flügel 11'a, 11'b auf, die von einem Läuferkern
20 12' abstehen und sich dabei radial und axial zur Längsachse X des Läufers erstrecken. Wie ebenfalls bei der in den Figuren 1a, 1b dargestellten Ausführungsform sind die Flügel 11'a, 11'b dabei unter Ausbildung von Spalten S zwischen jeweiligen Luftlagern der aerostatischen Lagereinheit 20' eingespannt,
25 von denen aufgrund der Perspektiven in den Figuren 2a, 2b nur die Luftlager 21'a, 21'b sichtbar sind.

Der Läuferkern 12' bildet dabei ein Befestigungsmittel 13' in Form einer zylindrischen Aufnahme aus, in die z.B. ein
30 Befestigungszapfen eines nicht gezeigten, am Läufer 10' zu befestigenden, vorzugsweise drehsymmetrisch ausgebildeten Werkzeugs eingesteckt werden kann. Das Werkzeug kann insbesondere eine optische Linse sein, die in der

zylindrischen Aufnahme angeordnet ist. Ein geometrisches Zentrum des Befestigungsmittels 13' liegt dabei auf der Längsachse X des Läufers 10'.

5 Durch den vorliegend hohlen Läuferkern 12' (und vorliegend insbesondere durch das Befestigungsmittel 13') hindurch können beispielsweise elektrische Leitungen zur Verbindung des Werk-
zeugs mit einer Steuerungs- und/oder Betriebseinheit für das
Werkzeug geführt werden (nicht dargestellt). Insbesondere
10 können zentral im Läuferkern Lichtleiter und freie
Laserstrahlen geführt sein, sodass der Laserstrahl mit der
Mittellinie des Läufers deckungsgleich läuft.

Das Linearachssystem 100 umfasst weiterhin eine
15 Antriebseinheit 40 zum Hin- und Herbewegen des Läufers 10'
relativ zur Lagereinheit 20' und in Richtung der Längsachse X;
in der Fig. 2b ist die Antriebseinheit 40 durch den hohlen
Läuferkern 12' hindurch sichtbar. Sie kann insbesondere eine
Tauchspule umfassen oder auf dem Moving-Magnet-Prinzip
20 beruhen.

Eine Rahmenstruktur 50 des Linearachssystems 100 umfasst zwei
Führungsbacken 51a, 51b, an denen die Lagereinheit 20 montiert
ist. Anschläge 52a, 52b begrenzen die Bewegung des Läufers
25 10'. In den Figuren 2a, 2b nicht sichtbare Gummidämpfer an den
Rückseiten der Anschläge 52a, 52b verhindern dabei
Beschädigungen am Läufer 10' und/oder am Werkzeug.

Ein Messkopf 53 und ein in den Figuren 2a, 2b nicht sichtbares
30 Maßband am Läufer 10' dienen einer genauen Kontrolle der Bewe-
gung des Läufers 10' und damit eines daran zu befestigenden
Werkzeugs. Insbesondere kann damit eine Ausdehnung des Läufers
in Richtung der Längsachse und eine damit verbundene entspre-

chende axiale Verlagerung des Werkzeugwirkungspunktes bei einer Steuerung der Antriebseinheit 40 berücksichtigt werden.

Die Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungs-
5 gemäßen Lageranordnung 1", die einen Läufer 10" und eine
Lagereinheit 20" umfasst, in welcher der Läufer 10" in
Richtung seiner Längsachse X hin und her beweglich eingespannt
ist.

10 Der Läufer 10" weist dabei genau vier Flügel 11"a, 11"b, 11"c,
11"d auf, die sich jeweils radial und axial zur Längsachse X
erstrecken. Die Flügel stehen dabei jeweils von einem Läufer-
kern 12" ab und sind dabei senkrecht zu ihren jeweils benach-
barten Flügeln angeordnet, schließen mit diesen also jeweils
15 einen Winkel von 90° ein. Insbesondere weist der Läufer 10"
einen kreuzförmigen Querschnitt orthogonal zur Längsachse X
auf. Dies ermöglicht eine besonders einfache und zugleich
präzise Positionierung des Läufers relativ zur aerostatischen
Lagereinheit 20".

20 Weitere in der Fig. 3 ersichtliche Eigenschaften der Lager-
anordnung 1" entsprechen Merkmalen der in den Figuren 1a, 1b
gezeigten Lageranordnung und werden daher zur Vermeidung von
Dopplungen hier nicht erneut beschrieben.

Bezugszeichen

	1, 1'	Lageranordnung
	10, 10', 10"	Läufer
5	10 t_1	Läufer 10 bei erster Temperatur
	10 t_2	maximal ausgedehnter Läufer 10 bei zweiter Temperatur
	11a, 11b	Flügel
	11'a, 11'b	Flügel
	11"a, 11"b, 11"c, 11"d	Flügel
10	12, 12', 12"	stabartiger Läuferkern
	13'	Befestigungsmittel
	20, 20', 20"	aerostatische Lagereinheit
	21a, 21b, 21c, 21d, 21'a, 21'b	Luftlager der Lagereinheit
	22a, 22b, 22c, 22d	Drucklufteinlass
15	30	Werkzeug
	31	Werkzeugwirkpunkt (TCP)
	40	Antriebseinheit
	50	Rahmenstruktur
	51a, 51b	Führungsbacke
20	52a, 52b	Anschläge
	53	Messkopf
	100	Linearachssystem
	B	Zwischenraumbreite
25	d	Flügeldicke
	D	Durchmesser des Läuferkerns
	E_a , E_b	Flügel-Symmetrieebene
	E	Läufer-Symmetrieebene
	L	Luftzufuhr
30	O_1 , O_2 , O_3 , O_4	Oberflächen der Flügel
	R	Bewegungsrichtung des Läufers relativ zur Lagereinheit
	S	Luftspalt
	X	Längsachse

Patentansprüche

1. Lageranordnung (1, 1', 1''), die einen Läufer (10, 10', 10'') und eine aerostatische Lagereinheit (20, 20', 20'') umfasst;
5 wobei der Läufer eine Längsachse (X) aufweist, in deren Richtung er relativ zur Lagereinheit (20, 20', 20'') linear hin- und herbeweglich ist und auf der ein zentraler Werkzeugwirkpunkt (31) eines am Läufer befestigten oder zu befestigenden Werkzeugs (30) liegt;
10 und wobei der Läufer mindestens zwei winklig zueinander angeordnete Flügel (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11''a, 11''b, 11''c, 11''d) umfasst, die in der aerostatischen Lagereinheit (20, 20', 20'') eingespannt sind und die sich
15 jeweils radial zu der Längsachse (X) des Läufers erstrecken.
2. Lageranordnung gemäß Anspruch 1, wobei die Flügel (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11''a, 11''b, 11''c, 11''d) jeweils als
20 Platten ausgebildet sind, die sich in Richtung der Längsachse (X) erstrecken.
3. Lageranordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flügel (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11''a, 11''b, 11''c, 11''d) von einem Läuferkern (12, 12', 12'') abstehen, in
25 dessen Zentrum die Längsachse (X) verläuft und dessen Durchmesser (D) größer ist als eine maximal auftretende Flügeldicke (d).
4. Lageranordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, die weiterhin das am Läufer befestigte Werkzeug (30) umfasst.
30

5. Lageranordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Werkzeug (30) einen Greifer, einen Sauger, einen Laser, ein Schneidwerkzeug, eine Markiernadel, einen Plasmabrenner und/oder ein Objektiv umfasst und/oder als ein Instrument zur Laserstrukturierung von Wafern ausgebildet ist.
6. Lageranordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Läufer (10, 10', 10'') senkrecht zur Längsachse (X) einen kreuz- oder L- oder T- oder Y-förmigen Querschnitt aufweist, dessen Schenkel durch die Flügel (11a, 11b, 11'a, 11'b, 11''a, 11''b, 11''c, 11''d) gebildet werden.
7. Lageranordnung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Läufer (10, 10', 10'') symmetrisch zu einer die Längsachse (X) enthaltenden Läufer-Symmetrieebene (E) ausgebildet ist.
8. Linearachssystem (100) mit einer Lageranordnung (1, 1', 1'') gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche sowie einer Antriebseinheit (40), die dazu eingerichtet ist, den Läufer (10, 10', 10'') der Lageranordnung (1, 1', 1'') in Richtung seiner Längsachse (X) relativ zur aerostatischen Lagereinheit (20, 20', 20'') hin und her zu bewegen.
9. Linearachssystem (100) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie als ein Kurzhubaktor ausgebildet ist.
10. Anlage zur Fertigung und/oder Bearbeitung von Bauteilen, die mindestens ein Linearachssystem (100) gemäß Anspruch 8 oder 9 umfasst, wobei die Lageranordnung (1, 1', 1'') das am Läufer (10, 10', 10'') befestigte oder zu befestigende Werkzeug (30) umfasst.

Fig. 2a:

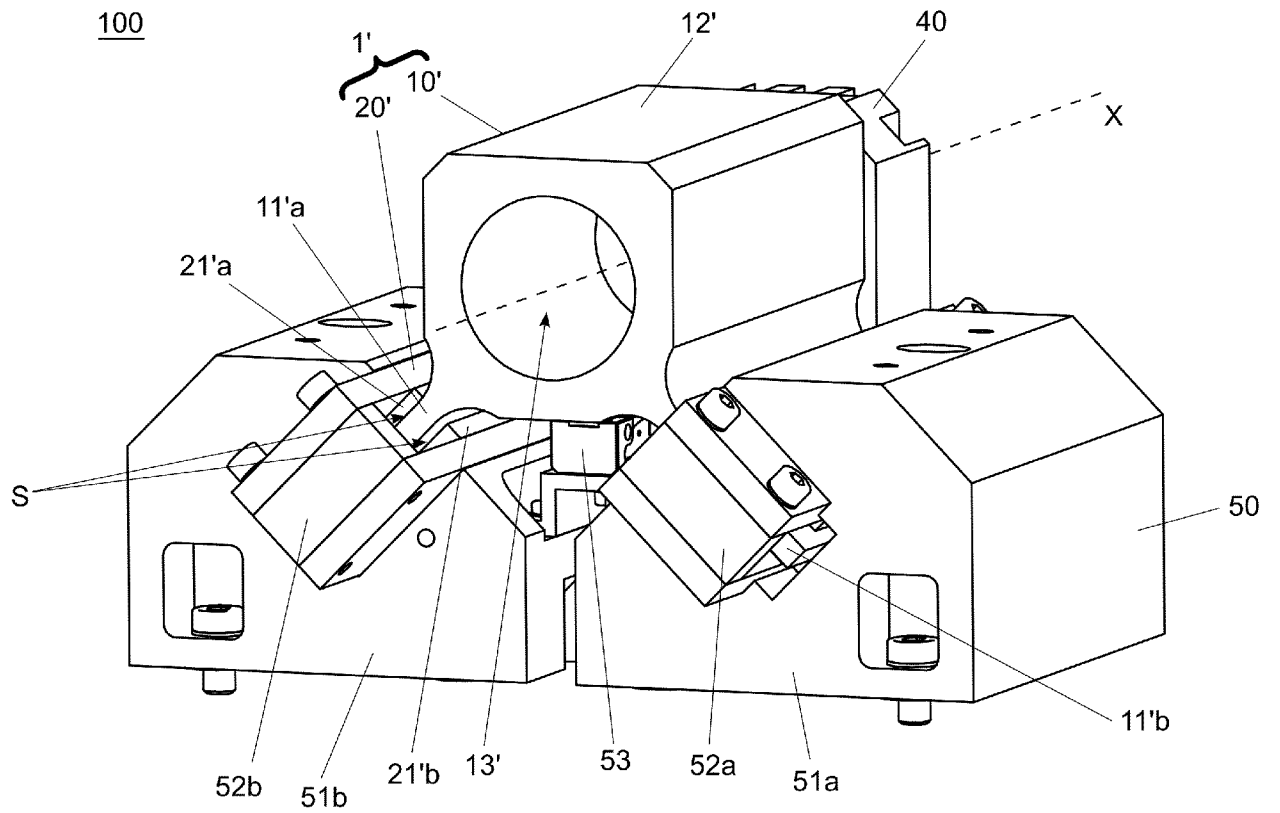


Fig. 2b:

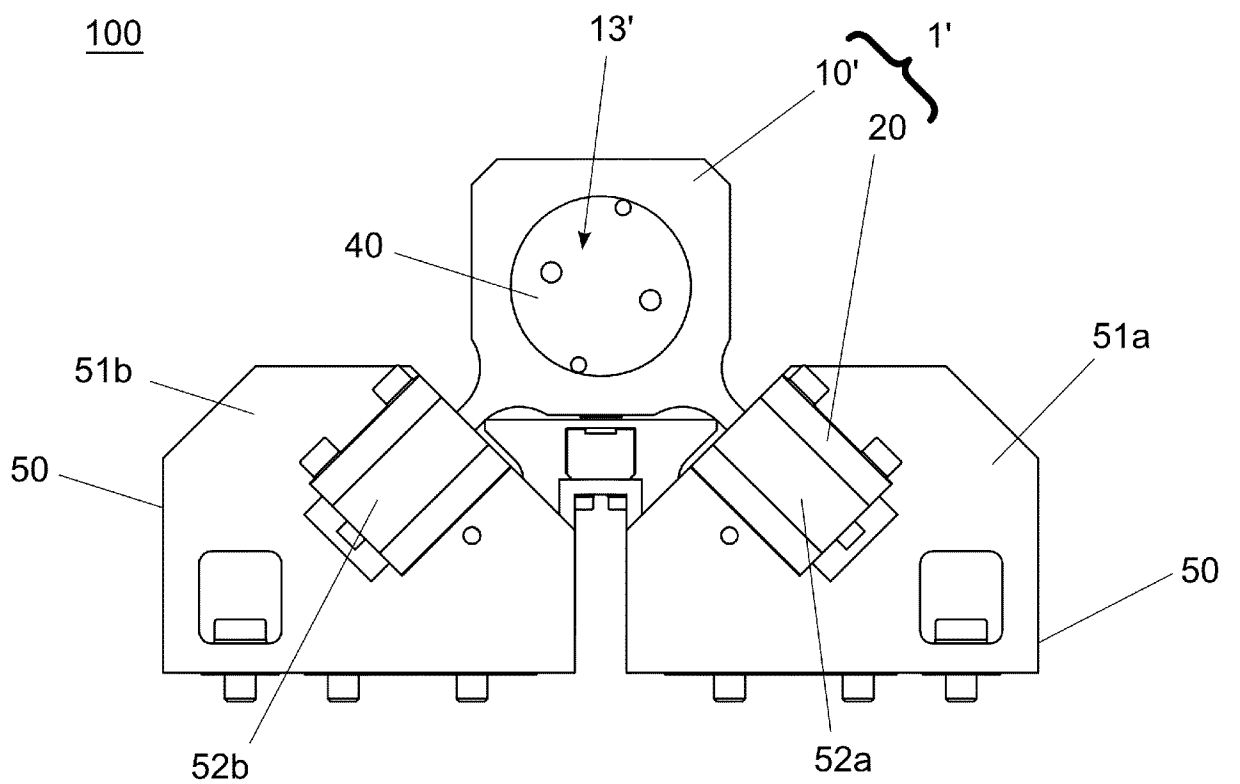
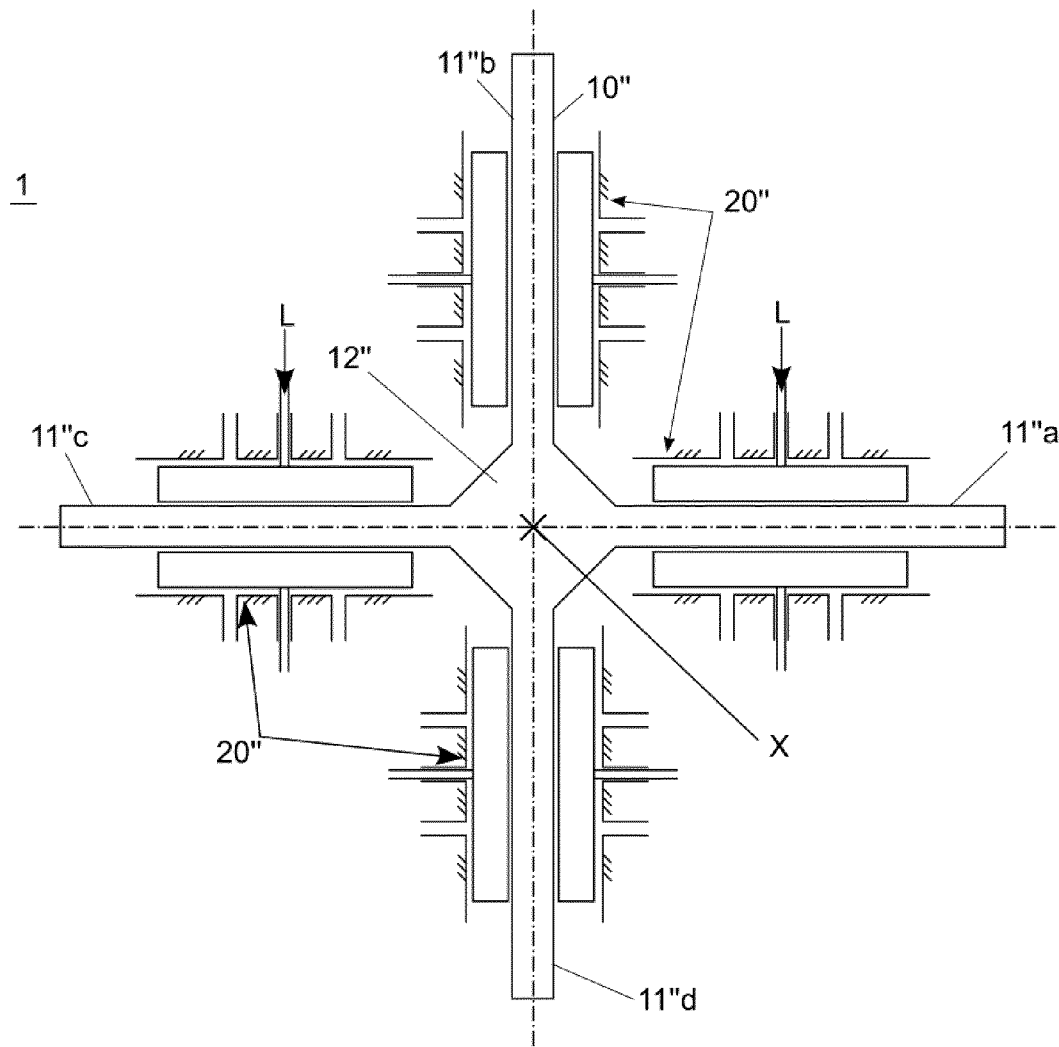


Fig. 3:



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/076087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*F16C 29/02*(2006.01)i; *F16C 32/06*(2006.01)i

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)

F16C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6149306 A (ZOSI MICHEL [CH]) 21 November 2000 (2000-11-21) column 6, line 13; figures 7, 8	1–10
X	US 7307689 B2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 11 December 2007 (2007-12-11) column 8, line 51 - line 52; figures 2, 3	1–10
X	JP 2006057789 A (NSK LTD) 02 March 2006 (2006-03-02) paragraph [0039]; figures 1-15	1–10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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

19 November 2024

Date of mailing of the international search report

06 December 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Vesselinov, Vladimir

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/076087

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	6149306	A	21 November 2000	CH	693071	A5	14 February 2003
				EP	0931949	A1	28 July 1999
				ES	2245080	T3	16 December 2005
				JP	H11257346	A	21 September 1999
				US	6149306	A	21 November 2000

US	7307689	B2	11 December 2007	NONE			

JP	2006057789	A	02 March 2006	JP	4399727	B2	20 January 2010
				JP	2006057789	A	02 March 2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F16C29/02 F16C32/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F16C		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 149 306 A (ZOSI MICHEL [CH]) 21. November 2000 (2000-11-21) Spalte 6, Zeile 13; Abbildungen 7, 8 -----	1 - 10
X	US 7 307 689 B2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 11. Dezember 2007 (2007-12-11) Spalte 8, Zeile 51 - Zeile 52; Abbildungen 2, 3 -----	1 - 10
X	JP 2006 057789 A (NSK LTD) 2. März 2006 (2006-03-02) Absatz [0039]; Abbildungen 1-15 -----	1 - 10
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 19. November 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 06/12/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Vesselinov, Vladimir

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/076087

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6149306	A	21-11-2000	CH 693071 A5 14-02-2003
			EP 0931949 A1 28-07-1999
			ES 2245080 T3 16-12-2005
			JP H11257346 A 21-09-1999
			US 6149306 A 21-11-2000

US 7307689	B2	11-12-2007	KEINE

JP 2006057789	A	02-03-2006	JP 4399727 B2 20-01-2010
			JP 2006057789 A 02-03-2006
