(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
29. September 2022 (29.09.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/200094 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/677 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/056464

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. März 2022 (14.03.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 202 915.9
25. März 2021 (25.03.2021) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **RAATZ, Heike**; Naehterstr. 14/1, 70327 Stuttgart (DE). **GUTH, Philipp**; Kronenstrasse 43, 70174 Stuttgart (DE). **FRANGEN, Joachim**; Havannastr. 36, 74081 Heilbronn (DE).

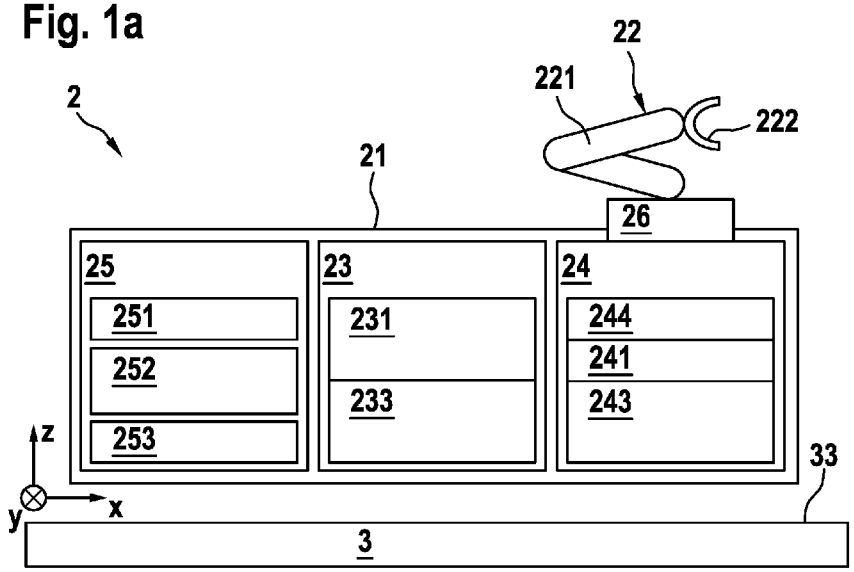
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

(54) **Title:** CONTACTLESS CONVEYING DEVICE

(54) **Bezeichnung:** BERÜHRUNGSLOSE BEFÖRDERUNGSVORRICHTUNG

Fig. 1a



(57) **Abstract:** The invention relates to a conveying device designed to convey one or more payloads, more particularly wafers, by means of transport bodies. The transport bodies can be floatingly moved and positioned over a transport surface of a stator. The moving and positioning are preferably carried out with respect to all six degrees of freedom. The transport body has a movable boom or a movable manipulator or a movable robotic arm. At the end effector thereof, the payload can be deposited or fastened. In developments, the payload can also be processed and/or checked. The processing and/or checking can also be carried out by an end effector of an additional transport body of the same conveying device.

(57) **Zusammenfassung:** Offenbart ist eine Beförderungsvorrichtung, die zum Befördern einer oder mehrerer Nutzlasten, insbesondere Wafer, mittels Transportkörper ausgelegt ist. Die Transportkörper sind schwebend über einer Transportfläche eines Stators bewegbar

WO 2022/200094 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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)*

und positionierbar. Vorzugsweise erfolgt das Bewegen und das Positionieren bezüglich aller sechs Freiheitsgrade. Der Transportkörper hat einen bewegbaren Ausleger oder einen bewegbaren Manipulator oder einen bewegbaren Roboterarm. An dessen Endeffektor kann die Nutzlast abgelegt oder fixiert werden. Bei Weiterbildungen kann die Nutzlast auch bearbeitet und/oder geprüft werden. Die Bearbeitung und/oder Prüfung kann auch von einem Endeffektor eines weiteren Transportkörpers derselben Beförderungsvorrichtung ausgeführt werden.

Berührungslose Beförderungsvorrichtung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine berührungslose Beförderungsvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere eignet sich die erfindungsgemäße Beförderungsvorrichtung für industrielle Anwendungen in der Montagetechnik, biologischen, chemischen, pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie sowie in der Solarzellen-/Displayherstellung, Medizintechnik, Laborautomatisierung und Logistik. Besonders bevorzugt ist die Anwendung der Beförderungsvorrichtung in der Halbleiterindustrie.

Im Rahmen der technischen Fertigung müssen oftmals Nutzlasten wie Werkstoffe, Werkstücke, Werkzeuge oder Erzeugnisse transportiert oder positioniert werden. Dazu sind sowohl berührende als auch berührungslose Beförderungsvorrichtungen bekannt, welche beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau Anwendung finden, beispielsweise zum Transport von Nutzlasten in Verpackungsmaschinen, zur Positionierung von Maschinenelementen oder zur möglichst präzisen Ausrichtung von Werkzeugen auf das Werkstück, beispielsweise zur Laserbearbeitung, oder in der Halbleiterindustrie zur Beschichtung, Belichtung oder Strukturierung von Substraten in Wafer-Cluster- bzw. Stepper-Anlagen. Dabei können Systeme zur magnetischen Levitation zum Einsatz kommen.

Eine Herausforderung bei der magnetischen Levitation besteht darin, eine stabil in einem Magnetfeld schwebende Konstruktion zu erstellen. Eine weitere Herausforderung besteht darin, die schwebende Konstruktion entsprechend einer Zielvorgabe automatisch in allen sechs Freiheitsgraden (jeweils drei in Translation und Rotation) zu positionieren und/oder zu bewegen, was auch als vollständige magnetische Levitation bezeichnet wird.

Gemäß der DE 10 2016 224 951 A1 wird eine derartige kontrollierte Beförderung und Positionierung eines eine Nutzlast tragenden Transportkörpers relativ zu einem Stator ermöglicht, indem eines der beiden Elemente über eine Vielzahl zumindest

teilweise beweglich angeordneter Stellmagneten verfügt, deren jeweilige Position und/oder Orientierung relativ zu diesem Element über Stellelemente in kontrollierter Weise vorgegeben werden kann, und das andere der beiden Elemente über zumindest zwei unbeweglich mit diesem Element verbundene Stationärmagneten verfügt, wobei die Stationärmagneten mit den Stellmagneten magnetisch gekoppelt sind. Die Beförderungsvorrichtung ist dazu eingerichtet, den Transportkörper relativ zum Stator durch eine kontrollierte Positionierung und/oder Orientierung von Stellmagneten zu befördern. Dabei wird der Transportkörper auch in eine gewünschte Position und/oder Orientierung relativ zum Stator gebracht und gehalten.

Die DE 10 2016 224 951 A1 bietet den Vorteil, dass eine Levitation und/oder eine Vorwärtsbewegung des Transportkörpers relativ zum Stator durch eine entsprechende Positionierung und/oder Orientierung der Stellmagneten mittels der jeweiligen Stellelemente ermöglicht wird. Dadurch kann auf eine Bereitstellung einer komplexen Anordnung und Ansteuerung von Magnetspulen verzichtet werden. Dies reduziert nicht nur die Komplexität der Beförderungsvorrichtung und somit die Herstellungskosten, sondern erlaubt auch den Einsatz von Permanentmagneten, welche oftmals eine sehr viel größere Flussdichte bereitstellen können als für derartige Zwecke verwendbare Magnetspulen. Dies kann wiederum eine größere Hubhöhe bzw. einen größeren Spalt zwischen dem Stator und dem Transportkörper ermöglichen, wodurch sich ein größerer Bewegungsspielraum bei Bewegungen in Z-Richtung und oder im Nick- und Roll-Winkelbereich ergeben kann. Ferner bietet dies den Vorteil, dass auch eine Unterbrechung der Versorgung mit elektrischer Energie nicht zwangsläufig zu einer Fehlfunktion oder gar der Verursachung eines Schadens führen muss. Insbesondere führt eine Unterbrechung der Leistungsversorgung nicht zu einem Verlust des Magnetfelds bzw. der magnetischen Kopplung zwischen Stator und Transportkörper. Beispielsweise können im Falle einer Unterbrechung der Leistungsversorgung die Kopplungskräfte zwischen den Stellmagneten und den Stationärmagneten zunehmen, sobald die Position und/oder die Orientierung der Stellmagneten der anziehenden Kraftwirkung der Stationärmagneten nachgibt, woraufhin der Transportkörper auf den Stator gezogen wird und so gegen unkontrolliertes Herabfallen gesichert ist. Die magnetische Kopplung zwischen dem Stator und dem Transportkörper kann sowohl eine Levitation des Transportkörpers, d.h. einen Hub über dem Stator, bewirken, als auch eine Fortbewegung des Transportkörpers relativ zum Stator, d.h. Beförderung,

ohne dass dafür noch weitere berührende oder berührungslose Systeme zwingend erforderlich wären.

Somit ist ein berührungsloser Transport ermöglicht, so dass die offenbarte Beförderungsvorrichtung auch in Umgebungen mit erhöhten Sauberkeitsanforderungen zum Einsatz gelangen kann. Beispielsweise kann der Transportkörper in der Umgebung mit der erhöhten Sauberkeitsanforderung befördert werden, während der Stator außerhalb in einer Umgebung mit geringeren Sauberkeitsanforderungen angeordnet ist. Durch einen Spalt zwischen dem Stator und dem Transportkörper können Trennelemente verlaufen, um die verschiedenen Sauberkeitsbereiche zu trennen. Somit eignet sich die offenbarte Beförderungsvorrichtung auch zur Anwendung bei biologischen, chemischen und/oder pharmazeutischen Verfahren, sowie beispielsweise in gasdichten, flüssigkeitsdichten und/oder abgekapselten Bereichen.

In einer typischen Halbleiter-Fertigungslinie werden Wafer in Fertigungsanlagen (z.B. Cluster Tools) bearbeitet. Üblicherweise werden Wafer unter Normaldruck in Transportbehältern zwischen den Fertigungsanlagen transportiert, wobei der Transport als Los mit einer typischen Losgröße von 25 Stück erfolgt. Innerhalb einer Fertigungsanlage werden die Wafer üblicherweise unter Ultra-Hochvakuum (UHV) bearbeitet und transportiert. Eine Fertigungsanlage umfasst mindestens eine Prozessstation zum Bearbeiten der Wafer, eine gattungsgemäße Beförderungsvorrichtung zum Transport der Wafer im Vakuum und ein Vorratsbereich zur Bevorratung unbearbeiteter und bearbeiteter Wafer. Die mindestens eine Prozessstation, die Beförderungsvorrichtung und der Vorratsbereich sind in vakuumdichten Kammern eingefasst und können auf UHV evakuiert werden. Die Kammern sind seitlich zueinander benachbart angeordnet und – ggf. über vakuumdichte Schleusen – miteinander verbunden.

Zur Übergabe der Wafer zwischen Transportbehälter und Fertigungsanlage und zur Bevorratung mehrerer Wafer im Vakuumbereich befindet sich an der Fertigungsanlage ein sogenanntes Vacuum Load Lock. Der Transportbehälter wird unter Normaldruck in das Vacuum Load Lock eingesetzt, anschließend wird das Vacuum Load Lock evakuiert. Dann öffnet sich eine Vakuum-Schleuse zwischen dem Vacuum Load Lock und dem Beförderungsbereich der Fertigungsanlage und die Wafer

werden von der Beförderungsvorrichtung durch die Schleuse hindurch aus dem Transportbehälter entnommen oder in den Transportbehälter eingesetzt.

Nachdem alle Wafer aus dem Transportbehälter entnommen, bearbeitet und wieder im Transportbehälter abgelegt wurden, wird die Vakuum-Schleuse geschlossen und das Vacuum Load Lock belüftet. Anschließend wird der Transportbehälter unter Normaldruck aus dem Vacuum Load Lock entnommen und z.B. zur nächsten Fertigungsanlage transportiert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Beförderungsvorrichtung bereitzustellen, die komplexe und effiziente Bewegungsabläufe ermöglicht. Der Funktionsumfang des Transportkörpers soll um Funktionen zur Handhabung, Positionierung, Fixierung, z.B. Einspannung, Bearbeitung und/oder Prüfung von Nutzlasten erweiterbar sein, die sich auf dem Transportkörper oder im Umfeld des Transportkörpers befinden. In der technischen Fertigung oder in der Logistik sollen neue Funktionen und Abläufe mit hohem Automatisierungsgrad, hoher Effizienz und hoher Wirtschaftlichkeit ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Beförderungsvorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

Die erfindungsgemäße Beförderungsvorrichtung ist zur kontaktlosen Bewegung von mindestens einem Transportkörper (Mover) ausgelegt, der mit einem Manipulator ausgerüstet ist. Der Manipulator ist mit dem Transportkörper - genauer gesagt mit seinem Gehäuse - verbunden, entweder als wechselbares Modul oder als fester Bestandteil des Transportkörpers, und wird von diesem mitgeführt. Der Transportkörper mit verbundenem Manipulator ist durch das Magnetfeld eines Stators in seinen sechs Bewegungsfreiheitsgraden in Bezug zum Stator positionierbar. Darüber hinaus besitzt der Manipulator mindestens einen weiteren Bewegungsfreiheitsgrad, der bei schwebendem Betrieb des Transportkörpers in Bezug zum Gehäuse des Transportkörpers positionierbar ist.

Durch synchrone Bewegungssteuerung der Freiheitsgrade des Gehäuses und des Manipulators werden komplexe und effiziente Bewegungsabläufe möglich. Der Manipulator erweitert den Funktionsumfang des Transportkörpers um Funktionen zur Handhabung, Positionierung, Fixierung, z.B. Einspannung, Bearbeitung und/oder Prüfung von Nutzlasten, die sich auf dem Transportkörper oder im Umfeld des Transportkörpers befinden. Der Transportkörper mit Manipulator erschließt zahlreiche neue Anwendungsfelder der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung. In der technischen Fertigung oder in der Logistik ermöglicht er neue Funktionen und Abläufe mit hohem Automatisierungsgrad, hoher Effizienz und hoher Wirtschaftlichkeit.

Der erfindungsgemäß auf dem Transportkörper mitgeführte Manipulator ersetzt stationäre Manipulatoren, die an den Beladungs- und Zielorten bereitgestellt werden müssten, falls der Transportkörper keine eigene Handhabungsfunktion besäße. Je höher die Anzahl der anzufahrenden Positionen, umso größer ist die Einsparung von stationären Komponenten und damit die Reduktion von Komplexität und Kosten der Gesamtanlage.

In einer typischen Anwendung hat der Manipulator einen Endeffektor, mit dem am Ort der Beladung eine Nutzlast auf den Transportkörper geladen wird und am Zielort abgesetzt wird. Der Manipulator kann auch eine Spannfunktion besitzen, mit der die Nutzlast während des Transportes auf dem Transportkörper sicher gehalten wird. Weiterhin kann der Manipulator dazu vorgesehen sein, eine Umorientierung der Nutzlast während des Transportes vorzunehmen, um die Nutzlast am Zielort ohne zusätzlichen Zeitaufwand in der richtigen Orientierung zu übergeben.

In einer weiteren Anwendung ist der Manipulator eine Kinematik, die den Endeffektor, z.B. ein Prozesswerkzeug oder ein Prüfmittel führt. Der so ausgerüstete Transportkörper kann mitgeführte Nutzlasten oder Nutzlasten in seinem Umfeld mit dem Werkzeug bearbeiten oder mit dem Prüfmittel prüfen. Dabei besitzt er eine hohe Bewegungsflexibilität. Ein weiterer zeitlicher oder wirtschaftlicher Vorteil ergibt sich aus der Parallelisierung von Abläufen bei gleichzeitiger Ausführung der Transport- und der Manipulationsaufgabe. Darüber hinaus kann ein Manipulator ausgerüstet sein, um mehrere Funktionen auszuführen (beispielsweise Handhabung und Prüfung). Weiterhin können mehrere Manipulatoren auf einem Transportkörper vorhanden sein.

Schließlich können mehrere Transportkörper vorhanden sein, die gemeinsam eine Aufgabe verrichten. Beispielsweise wird ein Werkstück auf einem ersten Transportkörper ohne Manipulator fixiert und transportiert. Ein zweiter Transportkörper mit Manipulator begleitet den ersten Transportkörper und führt mittels des Manipulators Handhabungs-, Bearbeitungs- oder Prüfaufgaben an dem transportierten Werkstück aus.

Die bereits angesprochene Umorientierung der Nutzlast kann auch mittels mehrerer Transportkörper der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung ermöglicht werden.

Besondere Vorteile ergeben sich bei Einsatz der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung in der Halbleiterindustrie, wenn das Werkstück z.B. ein Wafer ist. Vorteilhaft wird der Transportkörper zur Beförderung eines Halbleiter-Wafers in einem Vakuum-Transportraum einer Fertigungsanlage eingesetzt. Der Stator ist unter dem Vakuum-Transportraum angeordnet. Eine typische Transportaufgabe in einer derartigen Fertigungsanlage (Cluster Tool) besteht darin, den Wafer aus einem Prozessnest einer Prozessstation zu entnehmen und in das Prozessnest einer anderen Prozessstation zu befördern. Da die Prozessstationen in einer Fertigungsanlage seitlich neben dem Transportraum angeordnet sind und somit nicht direkt von den Transportkörpern erreicht werden können, überbrückt der erfindungsgemäße Manipulator die Transportstrecke von dem Prozessnest in den Transportraum hinein. Der erfindungsgemäße Manipulator ermöglicht es, den Wafer räumlich versetzt zum Transportraum bzw. zur Beförderungsvorrichtung aufzunehmen und abzulegen, wobei der Schwerpunkt des Wafers weit neben dem Transportkörper liegen kann.

Der Manipulator hat mindestens einen Freiheitsgrad, der den – ggf. mit einer Nutzlast (einem Wafer) beladenen – Endeffektor auf einer Bewegungsbahn (z.B. vom Prozessnest) zum Transportkörper führt. Dabei zieht sich die Kinematik zusammen und bildet mit dem Transportkörper und der Nutzlast (dem Wafer) eine kompakte Einheit, die etwa 2 – 4-mal weniger Transportfläche belegt als ein vergleichbarer Transportkörper mit starrem Endeffektor. Der Manipulator wird z.B. zum Be- und Entladen vor einem Prozessnest ausgefahren. Während des Transportes befindet er

sich im kontrahierten Zustand, damit der Transportkörper besser manövrierbar ist. Die eingesparte Transportfläche kann genutzt werden, um die Anzahl der Transportkörper über den Stator (im Transportraum) zu erhöhen und damit den Durchsatz und die Wirtschaftlichkeit der Beförderungsvorrichtung (der Fertigungsanlage) zu steigern. Der Manipulator ist variabel positionierbar. Bei gleicher Position des Transportkörpers auf der Transportfläche kann er die Nutzlast (den Wafer) in beliebige Zwischenpositionen zwischen seinen Endlagen fahren. So können im Falle der Fertigungsanlage für Wafer Prozessnester in unterschiedlichem Abstand zur Transportfläche des Stators beschickt werden.

Zusätzlich zur Kontraktionsbewegung kann der Manipulator weitere Freiheitsgrade besitzen. Beispielsweise kann ein Manipulator mit zwei Freiheitsgraden vorgesehen sein, wobei ein erster Freiheitsgrad die beschriebene Kontraktionsbewegung in einer Ebene parallel zur Transportfläche ausführt und ein zweiter Freiheitsgrad eine Hubbewegung senkrecht zur Transportfläche. Zwar kann die Hubbewegung bereits als Freiheitsrad des Transportkörpers positioniert werden, jedoch ist der Verstellbereich durch das Levitationsverfahren bedingt eng begrenzt. Der Manipulator kann auf einen größeren Hubbereich ausgelegt werden. Ein mit diesem Manipulator ausgerüsteter Transportkörper ist in der Lage, unterschiedlich hoch angeordnete Prozessnester mit Wafern zu beschicken. Auch die Beschickung einer Wafer-Kassette in einem Load Lock ist möglich, wobei gezielt eines von mehreren senkrecht übereinander angeordneten Fächern der Wafer-Kassette beschickt werden kann.

Gegenüber einem Transportkörper ohne Manipulator werden folgende Vorteile erzielt oder sind mit bevorzugten Ausgestaltungen erzielbar:

a) Erweiterter Arbeitsbereich: Der Manipulator kann eine Kinematik besitzen, die sich im Rahmen ihrer Freiheitsgrade über die Grenzen des Transportkörpers hinaus ausdehnt und so Orte erreicht, die außerhalb des Arbeitsbereiches eines Transportkörpers ohne Manipulator liegen. Beispielsweise werden Orte seitlich neben der Transportfläche erreicht oder Orte in unterschiedlicher Höhe über der Transportfläche.

b) Reduzierte Komplexität der Gesamtanlage: Der Manipulator kann Nutzlasten an verschiedenen Bereitstellungsorten aufnehmen, auf den Transportkörper befördern und an einem Zielort wieder absetzen, ohne dass weitere stationäre

Handhabungsvorrichtungen benötigt werden. So kann ein mobiler Manipulator ggf. mehrere stationäre Manipulatoren ersetzen. Dadurch werden die Komplexität und die Kosten der Gesamtanlage reduziert.

c) Reduzierte Transportfläche: Um die Außenabmessungen des Transportkörpers mit Manipulator und Nutzlast gering zu halten, kann der Manipulator die Nutzlast in das Zentrum des Transportkörpers, insbesondere über dessen Gehäuse befördern. So wird während des Transportes die vom Transportkörper belegte Transportfläche minimiert, beispielsweise um den Faktor 2 – 4 gegenüber einem Transportkörper mit starrem Endeffektor. Das hat mehrere vorteilhafte Auswirkungen, die in d) – f) beschrieben sind.

d) Höherer Durchsatz: mit dem in c) beschriebenen Vorgehen können auf einer vorgegebenen Transportfläche mehr Transportkörper untergebracht werden, so dass der Durchsatz steigt.

e) Geringe Anlagengröße: Bei einer vorgegebenen Anzahl von Transportkörpern kann mit dem in c) beschriebenen Vorgehen die Transportfläche verringert werden, was beispielsweise in einem Vakuum-Transportraum mit hohen Betriebskosten in der Halbleiterfertigung zu deutlichen Kostenvorteilen führt.

f) Bessere Manövrierbarkeit: mit dem in c) beschriebenen Vorgehen kann der Transportkörper geringe Außenabmessungen annehmen, er ist dann leichter manövrierbar. Ausgleichsbewegungen entfallen, die Bewegungsbahnen werden kürzer, Manöver werden beschleunigt, Wendemanöver können auf der Stelle ohne Behinderung anderer Transportkörper durchgeführt werden, auch in einem Transportraum mit geringen Abmessungen.

g) Zeit- und Effizienzgewinn: Handhabungs-, Bearbeitungs- oder Prüfaufgaben an einer Nutzlast können durchgeführt werden, während die Nutzlast transportiert wird. Durch diese Parallelisierung von Abläufen wird die Zykluszeit der Bearbeitung reduziert.

h) Rein mechanischer Aufbau: Die Vorrichtung bestehend aus Transportkörper und Manipulator kann rein mechanisch aufgebaut sein, ohne elektrische bzw. elektronische Komponenten. Der Stator übernimmt die präzise Positionierung und stellt die mechanische Energie zur Fortbewegung des Transportkörpers und zum Antrieb des Manipulators bereit. Die Energie wird mittels der Magnetfelder vom Stator an den Transportkörper bzw. an dessen Manipulator übertragen. Dadurch wird der Aufbau sehr platzsparend, leicht und preiswert. Da kein Energiespeicher mitgeführt werden muss, muss auch keine Zeit und Fläche zum elektrischen Laden des Energiespeichers eingeplant werden. Ohne Elektronik entsteht keine Verlustwärme, die Notwendigkeit zur

Kühlung entfällt. Das ist besonders im Vakuum von Vorteil, wo die Ableitung von Wärme aus der schwebenden Vorrichtung nur in geringem Umfang durch Abstrahlung möglich ist. Ein rein mechanischer Aufbau kann auf wesentlich höhere Betriebstemperaturen ausgelegt werden, da die übliche Temperaturbegrenzung zum Schutz der Elektronik und des Energiespeichers entfällt. Die rein mechanische Vorrichtung kann für den Einsatz unter besonderen Bedingungen hin optimiert werden, insbesondere im Vakuum (bei Verwendung Vakuum-tauglicher Materialien), in explosionsgefährdeten Bereichen (da kein Risiko elektrischer Funkenbildung besteht), unter Gasatmosphäre oder in Flüssigkeiten, auch unter höchstem Umgebungsdruck.

i) Flexibilität durch Modularität: Die mechanische Schnittstelle zwischen Transportkörper und Manipulator kann Schnellspannvorrichtungen und Kupplungen aufweisen, so dass verschiedene Typen von Manipulatoren wechselweise auf verschiedenen Typen von Transportkörpern eingesetzt werden können. Der Tausch des Manipulators kann schnell und einfach durchgeführt werden, manuell oder automatisch, um den Transportkörper für eine neue Anwendung zu rüsten.

Vorzugsweise sind die Transportkörper und die zugeordneten Nutzlasten in einem dichten Transportraum aufgenommen. Der Stator ist unterhalb des dichten Transportraumes angeordnet. Vorzugsweise sind die jeweiligen Gehäuse der Transportkörper ebenfalls dicht. Damit ist eine Beförderungsvorrichtung für Nutzlasten, insbesondere Wafer, geschaffen, die in verschiedenen Prozessstationen unter besonderer Umgebung, also nicht in Normalbedingungen, bearbeitet werden können. Der Transport der Nutzlasten mittels der Transportkörper der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung erfolgt ebenfalls in einer besonderen Umgebung, also nicht in Normalbedingungen.

Vorzugsweise ist in dem dichten Transportraum ein Gas (z.B. Schutzgas, Stickstoff oder Inertgas) oder ein Gasgemisch (z.B. gereinigte Luft) oder ein Vakuum oder ein Ultra-Hochvakuum (z.B. bis 10^{-7} oder bis 10^{-8} bar) oder ein aseptischer Bereich oder ein ABC geschützter Bereich oder eine Flüssigkeit (z.B. bis 2 bar) vorgesehen.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung mit verschiedenen Ausführungsbeispielen von Transportkörpern sind in den Figuren dargestellt.

Es zeigen

Fig. 1 drei verschiedene Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung,

Fig. 2 drei verschiedene Ausführungsbeispiele von Magnetarrays des Transportkörpers aus Fig. 1,

Figs. 3a, 3b und 3d drei Ausführungsbeispiele von Anordnungen von Magnetarrays in einem Gehäuse des Transportkörpers aus Fig. 1a oder 1b,

Figs. 3c und 3e zwei Ausführungsbeispiele von Anordnungen von Magnetarrays in einem Gehäuse des Transportkörpers aus Fig. 1c,

Fig. 4 das Gehäuse mit den Magnetarrays aus Fig. 3a,

Fig. 5 einen Transportkörper mit einem Gehäuse, das demjenigen der Figs. 3a und 4 entspricht, mit einem teleskopartigen Manipulator,

Fig. 6 einen Transportkörper mit einem Gehäuse, das demjenigen der Figs. 3a und 4 entspricht, mit einem knickbaren Manipulator,

Fig. 7 eine Beförderungsvorrichtung mit dem Transportkörper mit dem teleskopartigen Manipulator gemäß Fig. 5,

Fig. 8 ein Verfahren zur Steuerung der Bewegungsbahn eines Transportkörpers mit Manipulator,

Fig. 9 eine Fertigungsanlage für die Halbleiterindustrie mit einer erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung,

Fig. 10 eine Methode zum schnellen Wechsel eines Wafers in einer Prozessstation mittels der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung,

Fig. 11 eine Methode zur Übergabe eines Wafers ohne Zwischenablage von einem Transportkörper an einen anderen Transportkörper der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung, und

Fig. 12 eine Methode zur Übergabe des Wafers, bei der die Winkellage des Wafers im vollen Bereich von 360° verändert werden kann, mittels der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung.

Drei Varianten von erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtungen sind schematisch in Figs. 1a bis c dargestellt. Sie umfassen jeweils einen Stator 3 und mindestens einen Transportkörper 2, der in kontrollierter Weise relativ zum Stator 3 kontaktlos befördert wird. Dazu weist der Stator 3 beweglich angeordnete Stellmagnete 31 (vgl. Fig. 7) in einer flächigen Anordnung auf, deren Orientierung mit Aktuatoren

veränderbar ist. Aus der Überlagerung der Magnetfelder aller Stellmagnete 31 ergibt sich ein magnetisches Feld, das hier als Levitationsfeld bezeichnet wird. Es tritt durch eine Deckplatte des Stators 3 hindurch nach oben. Die Deckplatte bildet gleichzeitig die Transportfläche 33, über der mit Magnetarrays bestückte Transportkörper 2 kontaktlos transportiert werden.

Ein Sensorsystem erfasst zyklisch mit hoher Frequenz und Genauigkeit die Position jedes Transportkörpers 2, genauer gesagt seines Gehäuses 21, in seinen sechs Bewegungsfreiheitsgraden über der Transportfläche 33. Wie bei jedem starren Körper sind dies drei Freiheitsgrade in Translation X, Y, Z und drei in Rotation rX, rY, rZ des Gehäuses 21. Ein Regler berechnet daraus die Positionsabweichung zu einer vorgegebenen Sollposition bzw. einer Soll-Trajektorie und steuert die Magnetwinkel so, dass die Regelabweichung minimal wird. Auf diese Weise wird das Gehäuse 21 des Transportkörpers 2 stabil und robust gegen äußere Kräfte auf der Soll-Trajektorie geführt.

Bei den Ausführungsbeispielen nach Figs. 1a und 1b hat der Transportkörper 2 eine Antriebseinheit 23 für das Gehäuse 21, das mindestens ein gehäusefestes Magnetarray 231 umfasst (vgl. Fig. 2). Während des Betriebs erfährt das Magnetarray 231 im Levitationsfeld Kräfte und Momente, die auf das starr gekoppelte Gehäuse 21 übertragen werden und dieses zu Bewegungen antreiben. Auf diese Weise wirkt das Magnetarray 231 als Antriebseinheit 23 für das Gehäuse 21.

Damit der Antrieb geregelt erfolgen kann, gehört zur Antriebseinheit 23 ein Mittel zur Positionserfassung des Gehäuses 21. Die Positionserfassung erfolgt in Bezug auf den Stator 3, indem an einem der beiden Bauteile ein Positionssensor angebracht wird und an dem anderen eine Codeanordnung 233, die von dem Positionssensor erfasst wird. Beispielsweise kann ein kamerabasiertes Verfahren zur Positionserfassung eingesetzt werden, indem ein am Gehäuse 21 befestigtes Kamera-Modul 32 eine Codeanordnung 233 auf dem Stator 3 erfasst. Gemäß den Figs. 1a und 1b erfasst ein im Stator 3 integriertes Kamera-Modul 32 (vgl. Fig.7) eine Codeanordnung 233 am Gehäuse 21.

Erfindungsgemäß führt der Transportkörper 2 einen beweglichen und steuerbaren Manipulator 22 für eine (in den Figs. 1 nicht gezeigte) Nutzlast mit sich, wobei der Manipulator 22 an dem Gehäuse 21 befestigt ist. Der Manipulator 22 umfasst eine Kinematik 221 mit einem Endeffektor 222, der je nach Aufgabe als Ablage, Greifer, Spannvorrichtung, Werkzeug oder Prüfmittel ausgeführt ist.

Vorzugsweise ist der Endeffektor 222 auf der Kinematik 221 als schnell wechselbare Komponente befestigt und/oder die Kinematik 221 als schnellwechselbare Komponente auf dem Gehäuse 21, so dass der Transportkörper 2 durch manuellen oder automatischen Wechsel des Manipulators 22 oder des Endeffektors 222 schnell für eine neue Aufgabe gerüstet werden kann. Sie umfasst Strukturbauteile und Gelenke, die dem Endeffektor 222 mindestens einen Bewegungsfreiheitsgrad in Bezug auf das Gehäuse 21 verleihen. Ein Gelenk ist beispielsweise ein Drehlager, eine Linearführung, eine Führung mit Festkörpergelenken oder eine Kombination derselben.

Zur gesteuerten oder geregelten Bewegung der Kinematik 221 in ihrem mindestens einen Freiheitsgrad ist der Manipulator 22 über eine Kupplung 26 mit einer Antriebseinheit 24 verbunden, die Bewegungsenergie an die Kinematik 221 überträgt und eine kontrollierte Positionierung ermöglicht. Um eine Kinematik 221 mit mehreren Freiheitsgraden zu steuern, kann eine Antriebseinheit 24 mit mehreren Freiheitsgraden vorhanden sein oder mehrere Antriebseinheiten, die insgesamt alle Freiheitsgrade der Kinematik 221 bedienen.

Fig. 1b zeigt einen rein mechanisch aufgebauten Transportkörper 2 mit einer mechanischen Antriebseinheit 24 für den Manipulator 22. Sie umfasst ein Magnetarray 241, welches über ein Lager 244 mit dem Gehäuse 21 des Transportkörpers 2 verbunden ist. Das Lager 244 ermöglicht dem Magnetarray 241 eine Bewegung in mindestens einem Freiheitsgrad in Bezug auf das Gehäuse 21. Die Magnetarrays 231 und 241 sind mit seitlichem Abstand auf der Unterseite des Transportkörpers 2 angeordnet, so dass beide im Wirkungsbereich des Levitationsfeldes liegen und die zwischen Ihnen wirkenden Kräfte und Momente klein sind im Verhältnis zu den Kräften und Momenten, die sie im Levitationsfeld erfahren.

Das Levitationsfeld des Stators 3 übt auf das bewegliche Magnetarray 241 eine vektorielle Kraft und ein vektorielles Moment aus. Der Kraftvektor und der Momentenvektor werden entlang der Führungsrichtung des Lagers 244 in zwei vektorielle Anteile aufgespalten, von denen der eine in Führungsrichtung des Lagers 244 wirkt und der andere orthogonal zur Führungsrichtung. Der Anteil in Führungsrichtung wird vom beweglichen Magnetarray 241 über einen Abtrieb 245, z.B. eine Welle oder eine Schubstange, und eine Kupplung 26 an die Kinematik 221 übertragen und kann diese in Bewegung setzen. Auch ein Getriebe kann vorgesehen sein, um die Umdrehungszahl des Abtriebes an die Umdrehungszahl der Kinematik 221 anzupassen. Der Anteil quer zur Führungsrichtung wird vom Magnetarray 241 über das Lager 244 an das Gehäuse 21 übertragen und beeinflusst dessen Bewegung, gemeinsam mit weiteren Magnetarrays.

Eine Codeanordnung 243 auf dem beweglichen Magnetarray 241 ermöglicht es, dessen Position in Bezug auf das Gehäuse 21 zu erfassen. Auf diese Weise kann die Position des Magnetarrays 241 geregelt werden. Mit einem mathematischen Modell des Manipulators 22 kann die Position des Magnetarrays 241 in die Position des Endeffektors 222 transformiert werden und umgekehrt, falls das Magnetarray 241 über die Kupplung 26 und die Kinematik 221 starr mit dem Endeffektor 222 gekoppelt ist. Durch Anwendung der Transformation kann auch die Position des Endeffektors 222 als Zielgröße für die Regelung vorgegeben werden.

Für den Einsatz unter besonderen Umgebungsbedingungen wie bei

- Reinigung des Transportkörpers 2 (Trennung außen nass / innen trocken),
- Einsatz unter Vakuum (Trennung außen Vakuum / innen Gasfüllung),
- Lebensmittel- oder Pharma-Bereich (Trennung außen aseptisch / innen nicht aseptisch),
- explosionsgeschützte Bereiche

ist ein abgedichtetes Gehäuse 21 für den Transportkörper 2 sinnvoll. Dann kann die Kupplung 26 zwischen dem Abtrieb des Transportkörpers 2 und dem Manipulator 22 auch als Magnetkupplung mit berührungsloser Drehmomentübertragung ausgeführt sein. Beispielsweise ist das Gehäuse 21 des Transportkörpers 2 in einer Anwendung unter Vakuum dicht verschlossen, um die Atmosphäre im Transportkörper 2 von dem umgebenden Vakuum zu trennen. Da eine mechanische Drehdurchführung in der

Gehäusewandung die Dichtheit zerstören würde, kann eine Magnetkupplung vorteilhaft eingesetzt werden.

In einer anderen Weiterbildung kann die Antriebseinheit 24 mit dem Manipulator 22 eine Baugruppe bilden. Beispielsweise kann das Magnetarray 241 und die Codeanordnung 243 in ein Gelenk der Kinematik 221 integriert sein, wobei das Lager 244 und die Kupplung 26 entfällt. Falls das Magnetarray 241 im Wirkungsbereich des Levitationsfeldes liegt, kann es über den Stator 3 mit Kräften und Momenten beaufschlagt werden, die dann direkt an die Kinematik 221 übertragen werden. Bei einem Austausch des Manipulators 22 wird zwangsläufig auch die Antriebseinheit 24 getauscht.

Der Manipulator 22 in Fig. 1a kann wahlweise elektrisch mit einem Elektromotor oder mechanisch mit der Antriebseinheit 24 angetrieben werden. Im erstgenannten Fall (elektrischer Antrieb) wird der Elektromotor über eine Elektronikeinheit 25 mit elektrischer Energie und mit Daten für die Sollposition versorgt. Im letzteren Fall (mechanischer Antrieb) kann auch eine Elektronikeinheit 25 im Gehäuse 21 vorgesehen sein um beispielsweise im Gehäuse 21 untergebrachte Positionssensoren mit Strom zu versorgen.

Die Elektronikeinheit 25 umfasst folgende elektrische bzw. elektronische Komponenten, die optional im Transportkörper 2 vorhanden sind: einen Energiespeicher 251, beispielsweise einen Akkumulator oder einen Kondensator, zur Bereitstellung der elektrischen Energie, sowie Verbraucher, beispielsweise

- eine drahtlose Kommunikationsschnittstelle 252 zur Kommunikation mit einer Basiseinheit im Stator 3,
- ein Sensorsystem zur Erfassung der Freiheitsgrade des Transportkörpers 2 und des Manipulators 22,
- eine elektrische Antriebseinheit 24 für den Manipulator 22,
- eine Anwenderschnittstelle 253, die dem Anwender Energie- und Datenversorgung für zusätzliche anwendungsspezifische Einheiten auf dem Transportkörper 2 bereitstellt.

In einer bevorzugten Variante gemäß Fig. 1b ist der Transportkörper 2 mit dem Manipulator 22 rein mechanisch bzw. passiv aufgebaut. Die Elektronikeinheit 25 entfällt. Das hat folgende Vorteile:

- Reduktion von Baugröße, Gewicht und Komplexität des Transportkörpers 2,
- Einsparung der zum Laden eines Energiespeichers 251 erforderlichen Zeit und Fläche,
- Ermöglichung bzw. Vereinfachung eines Einsatzes unter extremen Umgebungsbedingungen (beispielsweise hohe Temperatur, Vakuum, Hochdruck, Feuchtigkeit).

Fig. 1c zeigt eine Variante eines rein mechanischen Aufbaus eines Transportkörpers 2, bei der eine kombinierte Antriebseinheit 24 für das Gehäuse 21 und den Manipulator 22 verwendet wird. Im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen der Figs. 1a und 1b ist keines der Magnetarrays 241 fest mit dem Gehäuse 21 verbunden, jedes besitzt ein eigenes Lager 244 und eigene Bewegungsfreiheitsgrade.

Die Lager 244 sind in Bezug auf das Gehäuse 21 so ausgelegt und angeordnet, dass jederzeit eine kontrollierte Bewegung des Gehäuses 21 in allen sechs Freiheitsgraden möglich ist. Falls ein Magnetarray 241 einen Freiheitsgrad des Gehäuses 21 nicht ansteuern kann, ist mindestens ein weiteres Magnetarray 241 vorhanden, welches diesen Freiheitsgrad bedient. Durch geeignete Konstruktion des Gehäuses 21 und der Lager 244 werden singuläre Stellungen der Magnetarrays 241, bei denen das Gehäuse 21 nur in fünf oder weniger Freiheitsgraden steuerbar ist, ausgeschlossen.

Fig. 2 zeigt beispielhafte ringförmige Magnetarrays mit Permanentmagneten, die als gehäusefeste Magnetarrays 231 und als gegenüber dem Gehäuse 21 bewegliche Magnetarrays 241 eingesetzt werden können.

Fig. 3 zeigt beispielhaft fünf verschiedene Anordnungen von Magnetarrays 231, 241 mit und ohne Lager 244 in einem Gehäuse 21 eines Transportkörpers 2.

Fig. 3a: Das Gehäuse 21 trägt ein starr gekoppeltes Magnetarray 231 und ein in rZ drehbar gelagertes Magnetarray 241. Der Freiheitsgrad rZ kann als Antrieb für einen

Manipulator 22 verwendet werden, während die übrigen fünf Freiheitsgrade X, Y, Z, rX, rY des Magnetarrays 241 über das Lager und das Gehäuse 21 starr mit dem Magnetarray 231 gekoppelt sind. Sie stehen daher zusätzlich zum Antrieb des Gehäuses 21 zur Verfügung und erweitern den Arbeitsbereich der Kräfte und Momente, die auf das Gehäuse 21 ausgeübt werden können.

Fig. 3b: Wie Fig. 3a, jedoch mit konzentrischer Anordnung der beiden Magnetarrays 231 und 241. Um die magnetische Kopplung zwischen den Magnetarrays 231, 241 zu minimieren, wird deren Abstand maximiert, indem der Innendurchmesser des Magnetarrays 231 deutlich größer ausgelegt wird als der Außendurchmesser des Magnetarrays 2.4.1.

Fig. 3c: Ein Gehäuse 21 mit zwei jeweils in rZ drehbar gelagerten Magnetarrays 241 a und b. Auf dem Gehäuse 21 stehen somit zwei Freiheitsgrade zum Antrieb eines Manipulators 22 zur Verfügung. Entsprechend Fig. 1c ist keines der Magnetarrays 241 starr mit dem Gehäuse 12 verbunden. Dennoch ist das Gehäuse 21 in allen sechs Freiheitsgraden steuerbar. Insbesondere kann es in rZ durch eine Rotationsbewegung der beiden Magnetarrays 241 um ein gemeinsames Drehzentrum bewegt werden.

Fig. 3d: Diese Anordnung besitzt wie bei Fig. 3c zwei in rZ drehbar gelagerte Magnetarrays 241a und b, jedoch in konzentrischer Anordnung. Zusätzlich ist ein festes Magnetarray 231 vorhanden. Ohne das feste Magnetarray 231 wäre das Gehäuse 21 nicht in rZ steuerbar: da die Drehachsen von 241a und b zusammenfallen, kann kein Drehmoment Mz auf das Gehäuse 21 ausgeübt werden. Als Abtrieb für die konzentrisch angeordneten Magnetarrays 241a und b können beispielsweise zwei konzentrisch gelagerte Hohlwellen eingesetzt werden.

Fig. 3e: Gehäuse 21 zum Antrieb eines Manipulators 22 mit drei Freiheitsgraden. Aufbau analog zu Fig. 3c, jedoch mit drei in rZ drehbar gelagerten Magnetarrays 241.a, b und c.

Fig. 4 detailliert den Aufbau des Gehäuses 21 aus Fig. 3a durch eine Seitenansicht. Sie zeigt ein Drehlager 244, welches einen als Welle gebildeten Abtrieb 245 führt. Diese ist im Gehäuse 21 mit einem Magnetträger verbunden, der das

Magnetarray 241 trägt. Die Drehung des Magnetarrays 241 um die Z-Achse wird über den Abtrieb 245 auf dem Gehäuse 21 bereitgestellt bzw. an die Oberseite des Gehäuses 21 übertragen.

Die Welle kann über die Kupplung 26 mit dem Manipulator 22 verbunden werden. Daneben befindet sich das Magnetarray 231, das über den Magnetträger 232 fest mit dem Gehäuse 21 verbunden ist. Auf der Unterseite beider Magnetarrays 231, 241 ist jeweils eine Codeanordnung 233, 243 angebracht. Durch einen transparenten Gehäuseboden 212 hindurch können die Codeanordnungen 233, 243 von den Kamera-Modulen 32 im Stator 3 gelesen werden (vgl. Fig. 7).

Fig. 5 zeigt das Gehäuse 2 aus Fig.4 in Verbindung mit einem zweistufigen linearen Manipulator 22 mit einem Freiheitsgrad. Genauer gesagt zeigt Fig. 5a in einer Ansicht von oben den kontrahierten Zustand des linearen Manipulators 22 und Fig. 5b in einer Ansicht von oben den extrahierten Zustand des linearen Manipulators 22 und Fig. 5c in einer Seitenansicht den kontrahierten Zustand des linearen Manipulators 22 und Fig. 5d in einer Seitenansicht den extrahierten Zustand des linearen Manipulators 22.

Der lineare Manipulator 22 aus Figur 5 hat eine Linearführung als erste Stufe 2211 und eine darauf montierte Linearführung als zweite Stufe 2212. Auf der zweiten Stufe 2212 ist ein Endeffektor 222 zur Aufnahme einer Nutzlast 4 befestigt, hier dargestellt ein Wafer für die Halbleiterindustrie. Auf dem als Welle gebildeten Abtrieb 245 des Magnetarrays 241 ist eine Riemenscheibe 261 montiert, die über ein Transmissionsband 262 den zweistufigen linearen Manipulator 22 antreibt. Im kontrahierten Zustand hat der Transportkörper 2 mit Nutzlast 4 sehr kompakte Außenabmessungen, während der Manipulator 22 im expandierten Zustand ein weit neben dem Stator 3 liegendes Prozessnest in einer Prozessstation PM (vgl. Fig. 9 oder 10) erreichen kann, um es mit dem Wafer 4 zu beladen oder um einen Wafer 4 zu entnehmen.

Da der Manipulator 22 in seinem Freiheitsgrad frei positionierbar ist, kann der Endeffektor 222 auch Prozessnester an Zwischenpositionen zwischen den beiden Endlagen des Endeffektors 222 erreichen. Für Anwendungen mit höchsten

Sauberkeitsanforderungen, wie beispielsweise die Handhabung von Wafern 4 im Vakuum, werden bevorzugt Linearführungen oder Wälzlager eingesetzt, die zumindest teilweise aus Keramik bestehen, oder Festkörpergelenke.

Fig. 6 zeigt den Transportkörper 2 aus Fig. 4 in Verbindung mit einem Knickarm-Manipulator 22 mit einem Freiheitsgrad. Genauer gesagt zeigt Fig. 6a in einer Ansicht von oben den kontrahierten Zustand des Knickarm-Manipulators 22 und Fig. 6b in einer Ansicht von oben den extrahierten Zustand des Knickarm-Manipulators 22 und Fig. 6c in einer Seitenansicht den kontrahierten Zustand des Knickarm-Manipulators 22 und Fig. 6d in einer Seitenansicht den extrahierten Zustand des Knickarm-Manipulators 22.

Wie der Manipulator 22 in Fig. 5 führt der Knickarm-Manipulator 22 aus Fig. 6 die Nutzlast 4 auf einer linearen Bahn und nimmt im kontrahierten Zustand kompakte Außenabmessungen an. Auch dieser Manipulator 22 ist frei positionierbar und kann Prozessnester in unterschiedlichem Abstand vom Transportkörper 2 aus erreichen. Auch hier werden bevorzugt keramische Lager oder Festkörpergelenke eingesetzt, wenn höchste Sauberkeitsanforderungen zu erfüllen sind. Die Kinematik 221 ist über einen Montageflansch 223 mit dem Gehäuse 21 verbunden.

In Fig. 7 ist ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Beförderungsvorrichtung mit dem Transportkörper 2 aus Fig. 5 auf dem Stator 3 dargestellt. Der Stator 3 ist hier aus drei gleichartigen Stator-Modulen gebildet. Im Schnittbild ist die regelmäßige Anordnung der Stellmagnete 31 und Aktuatoren im Stator 3 zu sehen, außerdem die regelmäßige Anordnung der Kamera-Module 32, welche die auf den Magnetarrays 231, 241 angebrachten Codeanordnungen 233, 243 lesen. Die Codeanordnungen 233, 243 enthalten nicht nur die Positionsinformationen, sondern auch einen Identifikationscode, über den sie eindeutig einem Magnetarray 231, 241 in einem spezifischen Transportkörper 2 zugeordnet werden können. Je nach Konstellation wird eine Codeanordnung 233, 243 gleichzeitig von mehreren Kamera-Modulen 32 erfasst, so dass jedes Magnetarray 231, 241 mehrfach lokalisiert wird. Diese Redundanz kann genutzt werden, um die Genauigkeit der Positionserfassung der Codeanordnung 233, 243 durch Mittelung zu steigern. Die Kamera-Module 32 liefern die Positions- und Identifikationsdaten der erfassten Codeanordnungen 233, 243 an die

Anlagensteuerung, die daraus die Ist-Position des Transportkörpers 2 und des Manipulators 22 ermittelt.

Die Bewegungssteuerung des erfindungsgemäßen Transportkörpers 2 mit Manipulator 22 stellt bezüglich der Anzahl der Freiheitsgrade erhöhte Anforderungen an die Steuerung der Stellmagnete 31 im Stator 3. Während ein aus dem Stand der Technik bekannter Transportkörper 2 üblicherweise sechs Bewegungsfreiheitsgrade besitzt, hat der vorgeschlagene mechanische Transportkörper 2 mit Manipulator 22 mehr als sechs Freiheitsgrade. Die Anzahl ergibt sich aus der Summe der Freiheitsgrade des Gehäuses 21 und des Manipulators 22. Wenn beispielsweise der Manipulator 22 einen Freiheitsgrad besitzt, hat der Transportkörper 2 insgesamt 7 (= 6 + 1) Freiheitsgrade.

Fig. 8 zeigt ein Verfahren zur Steuerung der Bewegungsbahn eines Transportkörpers 2 mit Manipulator 22. Das Verfahren ist als Algorithmus in der Anlagensteuerung implementiert. Die folgenden Schritte a) – e) werden in einer Programmschleife zyklisch mit einer festen Frequenz im Bereich von etwa 100Hz – 10.000Hz ausgeführt:

a) Die Position des Transportkörpers 2 wird in allen Freiheitsgraden mittels verteilter Positionssensoren, insbesondere mit Kamera-Modulen 32, im Stator 3 oder im Transportkörper 2 erfasst. Diese beobachten Codeanordnungen 233, 243 auf einem Magnetarray 231, 241 oder auf anderen bewegten Teilen und leiten daraus die relative Position zwischen dem Positionssensor und der Codeanordnung 233, 243 ab. Alle Positionsinformationen werden an die Anlagensteuerung übertragen.

b) In der Anlagensteuerung ist ein kinematisches Modell der Beförderungsvorrichtung hinterlegt, in dem die Geometrie der Bauelemente sowie die Orte der Gelenke, Lager, Positionssensoren und der Codeanordnungen 233, 243 beschrieben sind. Mittels einer geometrischen Transformation wird aus dem Modell und den Daten der Positionssensoren die Ist-Position aller Magnetarrays 231, 241 im Stator-Koordinatensystem berechnet.

c) Die Positionsabweichung der Magnetarrays 231, 241 wird als Differenz der Ist-Position der Magnetarrays 231, 241 von einer vorgegebenen Soll-Position in allen Freiheitsgraden berechnet. Um den Transportkörper 2 mit Manipulator 22 dynamisch

auf einer Soll-Trajektorie zu führen, wird die Sollposition in jedem Schleifendurchlauf inkrementell entsprechend der Soll-Trajektorie verändert.

d) Ein Positionsregler überführt die Positionsabweichungen in eine vektorielle Soll-Kraft und ein vektorielles Soll-Moment für jedes Magnetarray 231, 241. Dies wird beispielsweise mit einem PID-Algorithmus erreicht, der für jeden der beteiligten Freiheitsgrade angewandt wird.

e) Die Kraft-/Momentensteuerung ermittelt die Soll-Position der Stellmagnete 31 im Stator 3 aus der vektoriellen Soll-Kraft und dem Soll-Moment aller Magnetarrays 231, 241 und der Ist-Position aller Magnetarrays 231, 241 und der Ist-Position aller Stellmagnete 31 im Stator 3 und einem geometrischen Modell aller Magnetarrays 231, 241 und einem physikalischen Modell der magnetischen Wechselwirkung. Die Sollposition wird so optimiert, dass bei Einstellung der Sollposition aller Stellmagnete 31 im Modell die vorhergesagten vektoriellen Kräfte und Momente, die auf alle Magnetarrays 231, 241 wirken, bestmöglich mit den Soll-Kräften und Soll–Momenten übereinstimmen. Dazu wird mit Hilfe einer Fehlerfunktion ein Maß berechnet, welches die Abweichung der modellierten Kräfte und -Momente von den Soll-Kräften und -Momenten als Zahlenwert ausdrückt. Diese Fehlerfunktion erstreckt sich auf alle beteiligten Magnetarrays 231, 241 und alle ihre Freiheitsgrade. Zur Minimierung der Fehlerfunktion wird beispielsweise ein Optimierungsalgorithmus oder ein Neuronales Netz verwendet.

f) Ausgabe der Sollwinkel an die Aktuatoren der Stellmagnete 31.

Fig. 9 zeigt schematisch eine Fertigungsanlage für die Halbleiterindustrie. Eine Vakuum-Transportraum VK ist mit einem Glasboden ausgerüstet, wobei die Module des Stators 3 außerhalb des Vakuum-Bereiches unter dem Transportraum VK montiert sind, so dass das Levitationsfeld durch den Glasboden in die Transportraum VK eindringt. In dem Transportraum VK schweben drei Transportkörper 2a, 2b und 2c im Levitationsfeld: die Transportkörper 2a und 2b befinden sich im kontrahierten Zustand, während sich Transportkörper 2c zur Beschickung eines kreisbogenförmigen Prozessnestes einer Prozessstation PM im expandierten Zustand befindet. Durch den gleichzeitigen Betrieb mehrerer Transportkörper 2 an unterschiedlichen Prozessstationen PM wird ein hoher Wafer-Durchsatz erreicht. Außerdem können Wafer 4 in individueller Reihenfolge durch die Prozessstationen PM befördert werden,

so dass in einer variantenreichen Produktion verschiedene Prozessabläufe in einer Fertigungsanlage realisiert werden können.

Fig. 10 zeigt in vier zeitlichen Schritten 1 bis 4 eine Methode zum schnellen Wechsel eines Wafers 4 in einem kreisbogenförmig dargestellten Prozessnest einer Prozessstation PM, so dass die Prozesspause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Prozessabläufen in der Prozessstation PM minimal wird. Dazu befinden sich zwei Transportkörper 2a und 2b nebeneinander vor der Prozessstation PM. Zwischen Schritt 2 und Schritt 3 entnimmt Transportkörper 2a den prozessierten Wafer 4a aus der der Prozessstation PM und befördert es durch Kontraktion seines Manipulators 22 über sein Gehäuse 21. Während der Kontraktionsbewegung von Transportkörper 2a führt Transportkörper 2b eine Expansionsbewegung aus, um den nächsten zu bearbeitenden Wafer 4b in die Prozessstation PM einzuführen.

Dabei können sich die Konturen der Wafer 4 in der X/Y-Ebene zeitweise überlappen. Zur Vermeidung von Kollisionen werden die Endeffektoren 222 der beiden Transportkörper 2a, 2b auf unterschiedlicher Höhe oder in unterschiedlicher Neigung geführt.

Fig. 11a zeigt eine Methode zur Übergabe eines Wafers 4 ohne Zwischenablage von einem Transportkörper 2a an einen anderen Transportkörper 2b.

In der Darstellung aus Fig. 11b wird gemäß einer ersten Variante der Methode aus Fig. 11a der Wafer 4 mit einem symmetrisch aufgebauten Endeffektor 222a transportiert, wobei das Wafer-Zentrum seitlich neben der Symmetrielinie des Endeffektors 222a liegt. Ein zweiter, gleichartiger Endeffektor 222b, ist um 180° gedreht, nähert sich von der Gegenseite her an und wird unter den Wafer 4 geführt. Die Fingerpaare der beiden Endeffektoren 222a, 222b sind seitlich versetzt, so dass sie nicht kollidieren. Bezüglich der Symmetrielinie des Endeffektors 222b ist das Wafer-Zentrum seitlich versetzt. Die Übergabe erfolgt durch eine Aufwärtsbewegung von Endeffektor 222b und eine Abwärtsbewegung von Endeffektor 222a.

In der Darstellung aus Fig. 11c sind gemäß einer zweiten Variante der Methode aus Fig. 11a die jeweiligen Finger an den Endeffektoren 222a, 222b leicht

asymmetrisch angebracht, so dass zwei 180° zueinander versetzte Endeffektoren 222a, 222b sich entlang einer gedachten Mittellinie kollisionsfrei aufeinander zu bewegen können.

Fig. 12 zeigt eine Methode zur Übergabe des Wafers 4, dessen Winkellage im vollen Bereich von 360° verändert werden kann. Dazu erfolgt eine Übergabe von einem ersten Transportkörper 2a mit Manipulator 22 an einen zweiten Transportkörper 2b, der als kreisförmige Scheibe ausgestaltet ist, oder dessen Gehäuse an seiner Oberseite eine kreisförmige Fläche hat. Der zweite Transportkörper 2b nimmt den Wafer 4 zentrisch auf (Schritt 2). Der zweite Transportkörper 2b dient als Zwischenablage für den Wafer 4. Dabei erfolgt die Drehung des Wafers 4 um einen vorgegebenen Winkel um die Z-Achse (Schritt 3). Danach übernimmt ein dritter Transportkörper 2c mit Manipulator 22 den Wafer 4 in neuer Ausrichtung (Schritt 4).

Eine weitere Variante zur Ausrichtung der Drehlage eines Wafers 4 mit nur einem Transportkörper 2 wird im Folgenden beschrieben. Auf einem Transportkörper 2 sind zwei Manipulatoren 22 installiert. Ein erster Manipulator 22 besitzt zwei Freiheitsgrade, einen zur Kontraktion/Expansion des Endeffektors 222 in radialer Richtung (wie zuvor beschrieben) und einen Weiteren zum Hub des Endeffektors 222 in Z-Richtung. Ein zweiter Manipulator 22 übernimmt die Ausrichtung der Drehlage des Wafers 4. Er besitzt einen Freiheitsgrad, die Drehung um die zur Transportebene senkrechte Z-Achse, und einen Endeffektor 222 zur zentrischen Aufnahme des Wafers 4. Damit kann ein auf dem Endeffektor 222 liegender Wafer 4 um seinen Mittelpunkt gedreht werden. Diese Anordnung ermöglicht es, mit nur einem Transportkörper 2 ein Wafer 4 aus einem Prozessnest zu entnehmen, zu transportieren, die Drehlage während des Transportes auszurichten und den Wafer 4 am Zielort in der vorgesehenen Drehlage abzulegen. Dazu ist folgender Bewegungsablauf vorgesehen:

a) Entnahme des Wafers 4 aus dem Prozessnest: Am Bereitstellungsort fährt der erste Manipulator 22 seinen Endeffektor 222 unter das im Prozessnest liegende Wafer 4. Nach einer Hubbewegung liegt der Wafer 4 auf dem Endeffektor 222.

b) Kontraktionsbewegung des ersten Manipulators 22. Anschließend befindet sich der Wafer 4 über dem Transportkörper 2, unter dem Wafer 4 liegt jetzt zentrisch der zweite Manipulator 22.

c) Übergabe des Wafers 4 vom ersten Manipulator 22 an den zweiten Manipulator 22 durch eine Abwärtsbewegung des ersten Manipulators 22.

d) Ausrichtung der Drehlage des Wafers 4 durch Drehung des zweiten Manipulators 22. Zur Ausrichtung in Bezug auf eine Kerbe im Rand des Wafers 4 (Notch) kann ein Sensor vorgesehen sein, der während der Drehbewegung die Lage der Kerbe überwacht.

e) Übergabe des Wafers 4 vom zweiten Manipulator 22 an den ersten Manipulator 22, durch eine Hubbewegung des ersten Manipulators 22. Der Wafer 4 liegt jetzt in der vorgesehenen Drehlage auf dem ersten Manipulator 22.

f) Ablage des Wafers 4 am Zielort mit dem ersten Manipulator 22.

Offenbart ist eine Beförderungsvorrichtung, die zum Befördern einer oder mehrerer Nutzlasten 4, insbesondere Wafer, mittels Transportkörper 2 ausgelegt ist. Die Transportkörper 2 sind schwebend über einer Transportfläche 33 eines Stators 3 bewegbar und positionierbar. Vorzugsweise erfolgt das Bewegen und das Positionieren bezüglich aller sechs Freiheitsgrade. Der Transportkörper 2 hat einen bewegbaren Ausleger oder einen bewegbaren Manipulator 22 oder einen bewegbaren Roboterarm. An dessen Endeffektor 222 kann die Nutzlast 4 abgelegt oder fixiert werden. Bei Weiterbildungen kann die Nutzlast 4 auch bearbeitet und/oder geprüft werden. Die Bearbeitung und/oder Prüfung kann auch von einem Endeffektor 222 eines weiteren Transportkörpers 2 derselben Beförderungsvorrichtung ausgeführt werden.

Bezugszeichenliste:

2	Transportkörper
21	Gehäuse
212	Gehäuseboden
22	Manipulator
221	Kinematik
2211	erste Stufe
2212	zweite Stufe
222	Endeffektor
223	Montageflansch
23	Antriebseinheit (für Gehäuse)
231	gehäusefestes Magnetarray
232	Magnetträger
233	Codeanordnung (für Gehäuse)
24	Antriebseinheit (für Manipulator)
241	Magnetarray (gegenüber Gehäuse beweglich)
243	Codeanordnung (für Manipulator)
244	Lager (für Magnetarray gegenüber Gehäuse)
245	Abtrieb
25	Elektronikeinheit
251	Energiespeicher
252	Kommunikationsschnittstelle
253	Anwenderschnittstelle
26	Kupplung
261	Riemenscheibe
262	Transmissionsband
3	Stator
31	Stellmagnet
32	Kamera-Modul
33	Transportfläche
4	Nutzlast / Wafer

LL	Load Lock
PM	Prozessstation
VK	Transportraum

Patentansprüche

1. Beförderungsvorrichtung zum Befördern mindestens einer Nutzlast (4), wobei jeder Nutzlast (4) mindestens ein Transportkörper (2, 2a, 2c) zugeordnet ist, der schwebend über einer Transportfläche (33) eines Stators (3) bewegbar und positionierbar ist, wobei sich zwischen einem Endeffektor (222) und einem Gehäuse (21) des Transportkörper (2) ein Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm erstreckt, wobei der Endeffektor (222) in Wirkverbindung mit der Nutzlast (4) bringbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm mindestens einen ersten Bewegungsfreiheitsgrad des Endeffektors (222) gegenüber dem Gehäuse (21) ermöglicht und steuert.

2. Beförderungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste Bewegungsfreiheitsgrad ein veränderlicher Abstand des Endeffektors (222) zum Gehäuse (21) entlang der oder parallel zur Transportfläche (33) ist.

3. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wirkverbindung ein Tragen und/oder eine Handhabung und/oder eine Positionierung und/oder eine Fixierung und/oder eine Bearbeitung und/oder eine Prüfung ist, die vom Endeffektor (222) an der Nutzlast (4) ausführbar ist.

4. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm eine Kinematik (221) mit zumindest zwei Stufen (2211, 2212) oder Abschnitten aufweist.

5. Beförderungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Stufen (2211, 2212) oder Abschnitte gegeneinander linearverschieblich oder schwenkbar sind.

6. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei seitlich benachbart zur Transportfläche (33) mehrere Prozessstationen (PM) zur Bearbeitung der Nutzlast (4) angeordnet sind.

7. Beförderungsvorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 6, wobei in den Prozessstationen (PM) Prozessnester angeordnet sind, die einen seitlichen Abstand zur Transportfläche (33) aufweisen, wobei der Abstand mit dem Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm in seinem extrahierten Zustand überbrückbar ist.

8. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einem kontrahierten Zustand des Auslegers oder Manipulators (22) oder Roboterarms ein Mittelpunkt der Nutzlast (4) oder die Nutzlast (4) abschnittsweise oder die Nutzlast (4) vollständig über dem Gehäuse (21) des Transportkörpers (2) angeordnet ist.

9. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Gehäuse (21) des Transportkörpers (2) mindestens ein Magnetarray (231) aufgenommen und befestigt ist, das in magnetische Wechselwirkung mit dem Stator (3) bringbar und von diesem bewegbar ist.

10. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Gehäuse (21) des Transportkörpers (2) mindestens ein Magnetarray (241) beweglich aufgenommen ist, das an den Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm mechanisch gekoppelt ist, und das in magnetische Wechselwirkung mit dem Stator (3) bringbar und von diesem bewegbar ist.

11. Beförderungsvorrichtung nach Anspruch 10, wobei das Magnetarray (241) rotierbar in einem Lager (244) gelagert ist, und wobei an dem Magnetarray (241) drehfest eine Riemenscheibe (261) befestigt oder gekoppelt ist, die über ein Transmissionsband (262) mechanisch an den Ausleger oder Manipulator (22) oder Roboterarm gekoppelt ist.

12. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit zwei Transportkörpern (2), deren - vorzugsweise symmetrische - Endeffektoren (222a, 222b) mit seitlichem Versatz aufeinander zu bewegbar sind.

13. Beförderungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit zwei Transportkörpern (2), deren Endeffektoren (222a, 222b) zwei asymmetrische Finger haben.

14. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem zusätzlichen Transportkörper (2b), dessen Gehäuse (21) eine drehbare Scheibe ist oder hat.

15. Beförderungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei über der Transportfläche (33) ein Transportraum (VK) gebildet ist, in dem ein Gas oder ein Gasgemisch oder eine Flüssigkeit, oder ein Vakuum oder ein Ultra-Hochvakuum oder ein aseptischer Bereich oder ein ABC geschützter Bereich vorgesehen ist, und wobei der mindestens eine Transportkörper (2) in dem Transportraum (VK) aufgenommen ist.

Fig. 1a

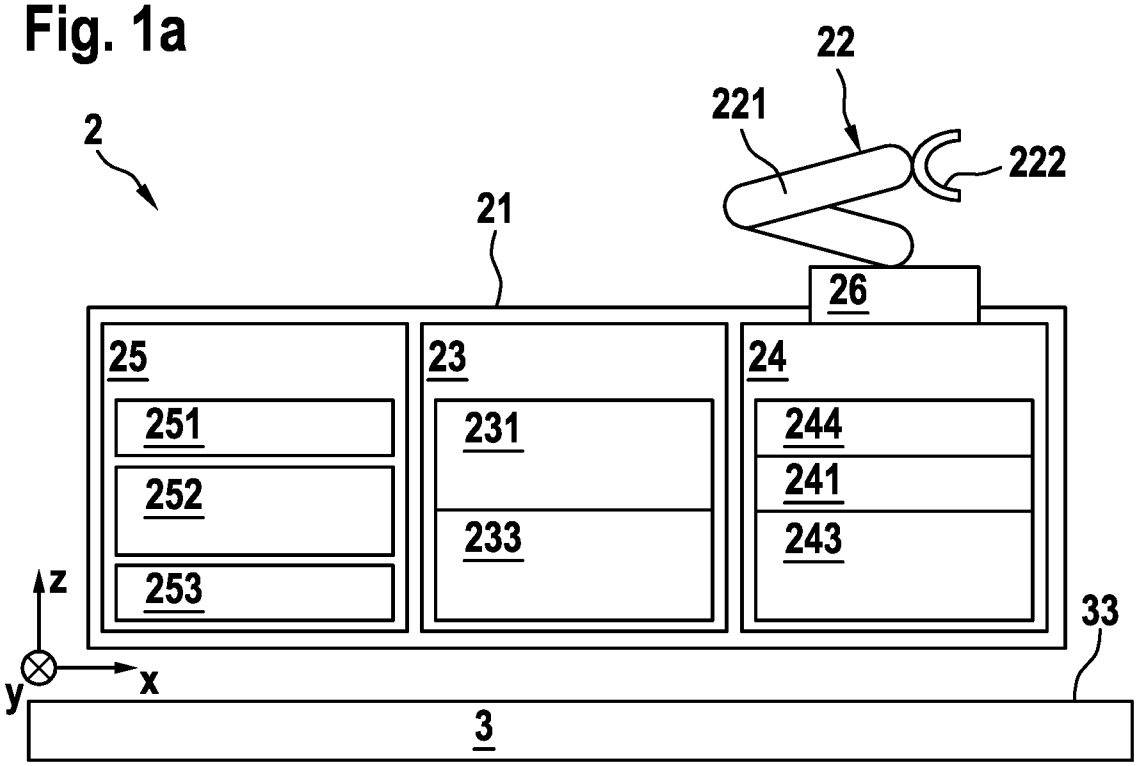

2
22
221
222
21
26
25
251
252
253
23
231
233
24
244
241
243
33
z
y
x
3

Fig. 1b

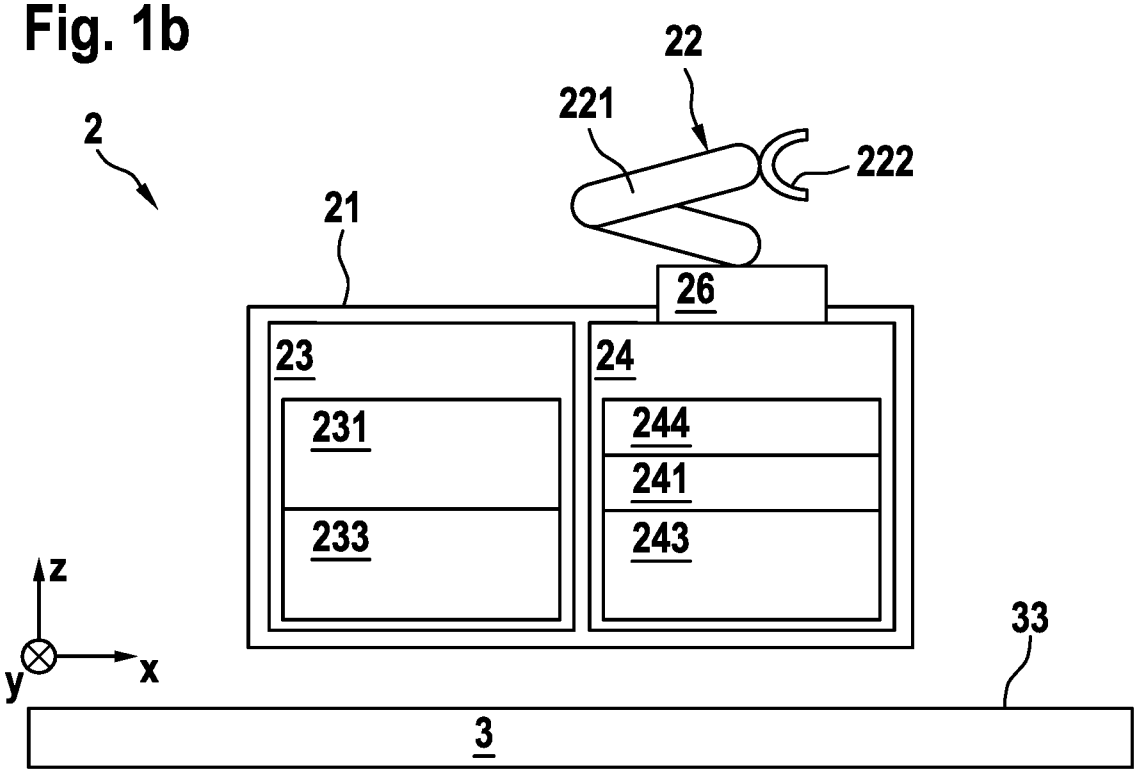

2
22
221
222
21
26
23
231
233
24
244
241
243
33
z
y
x
3

Fig. 1c

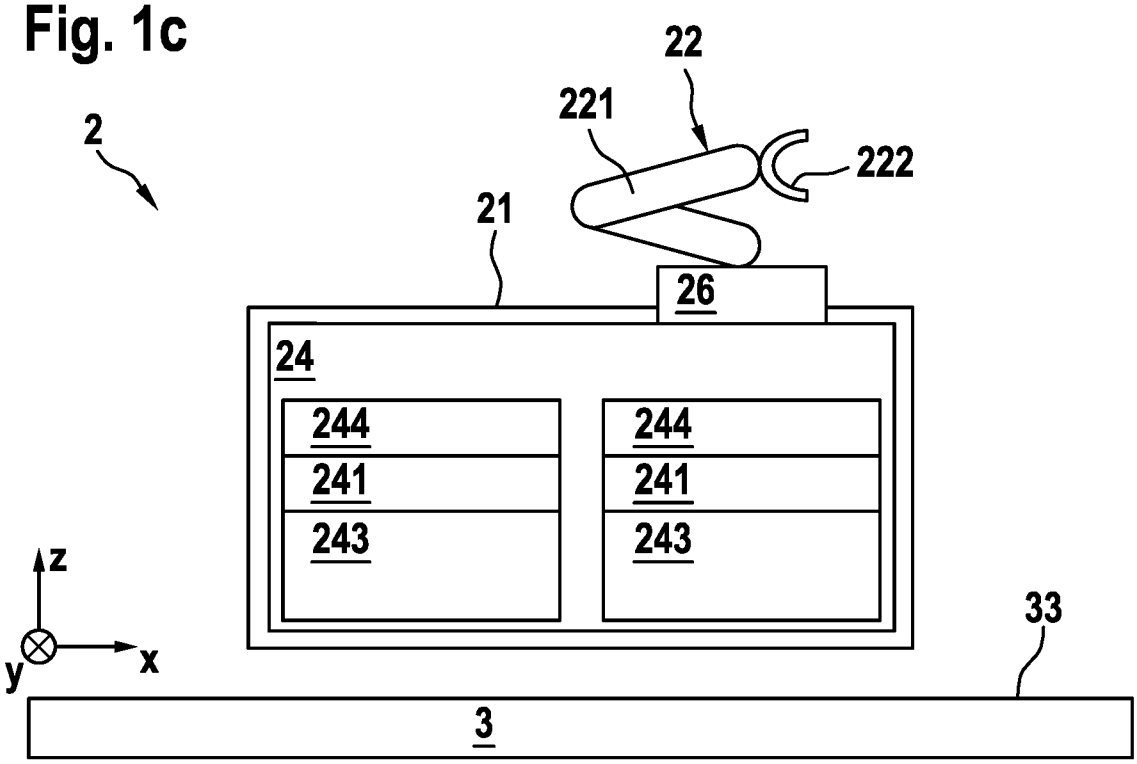


Fig. 2a

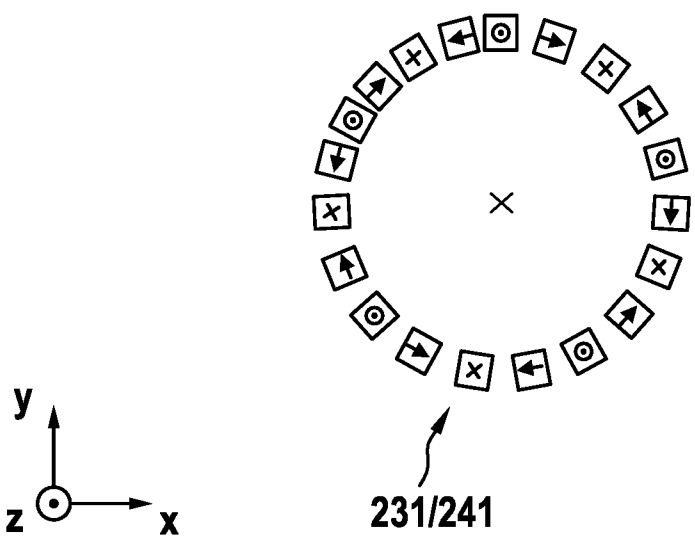


Fig. 2b

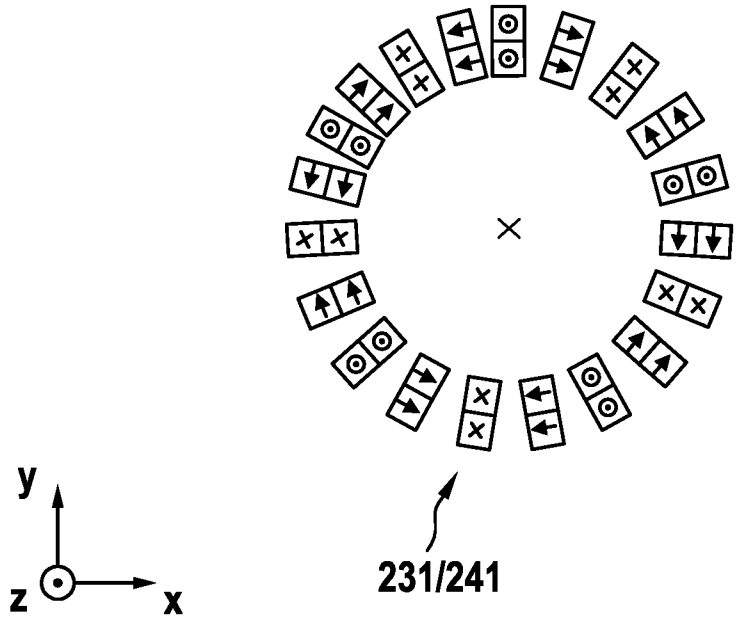


Fig. 2c

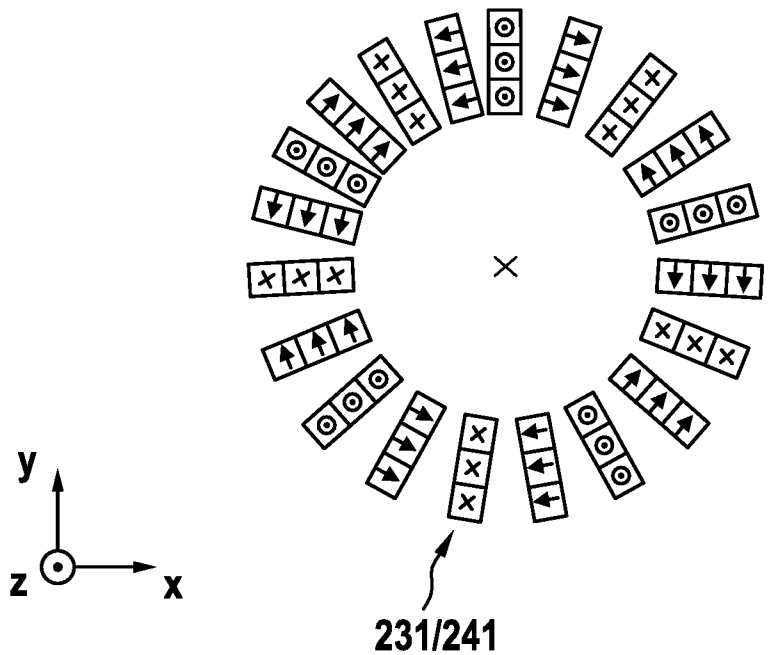


Fig. 3a

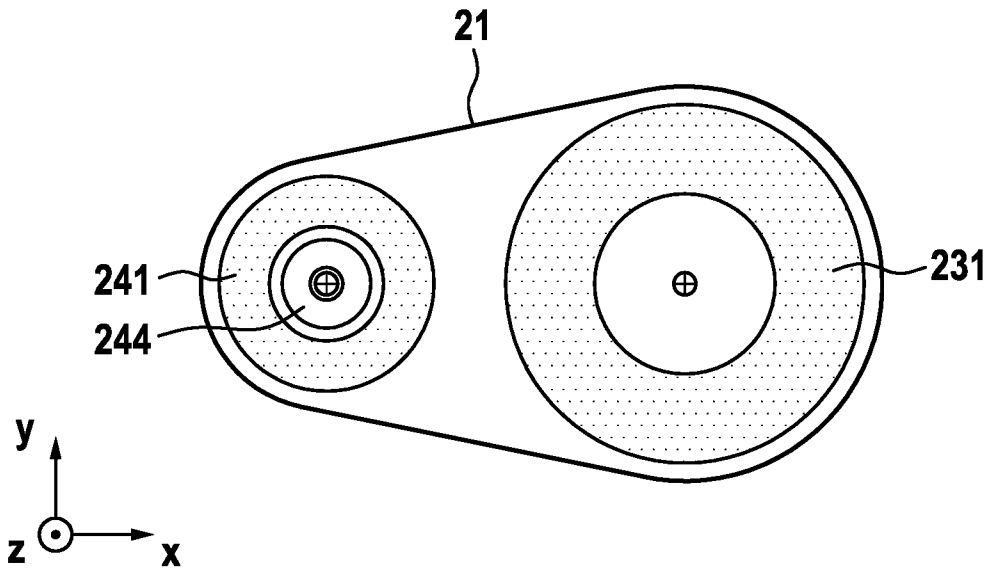


Fig. 3b

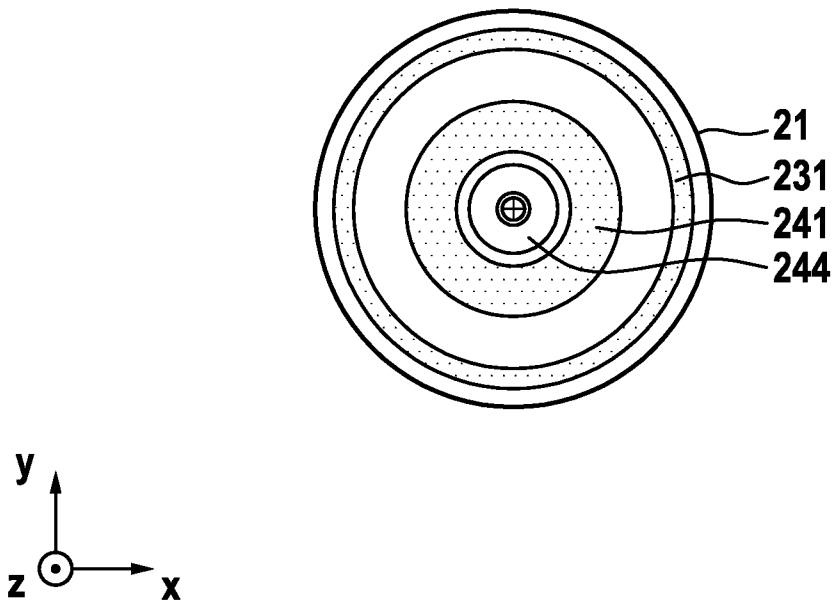


Fig. 3c

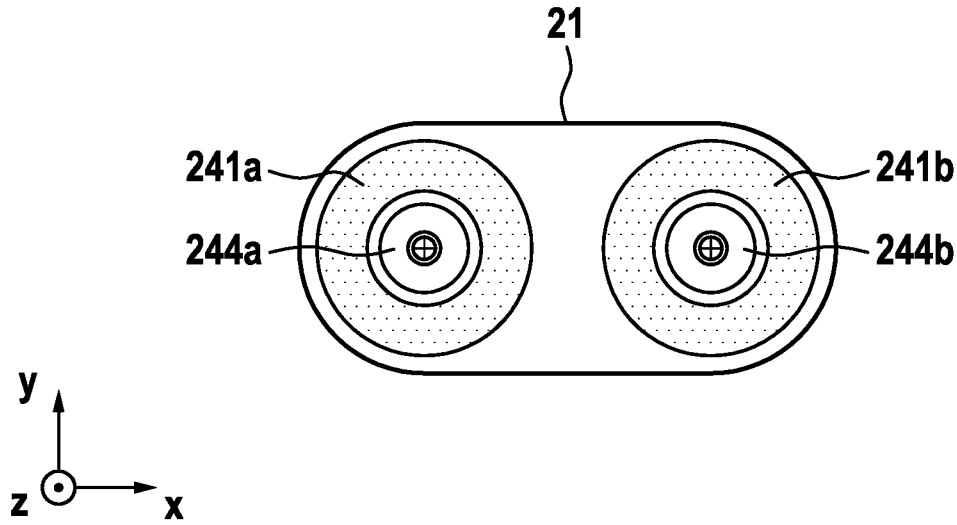


Fig. 3d

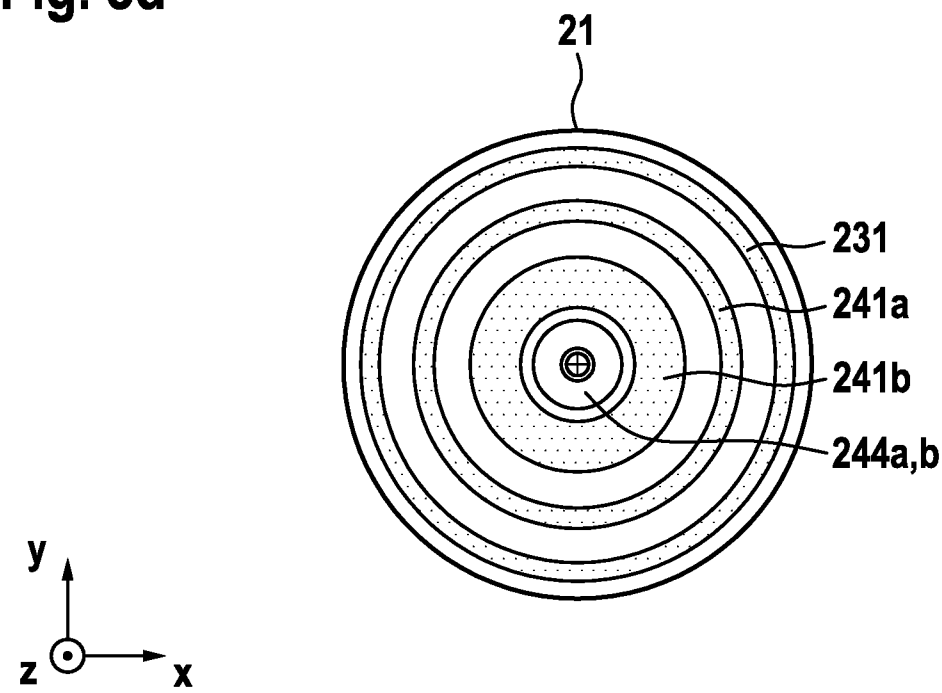


Fig. 3e

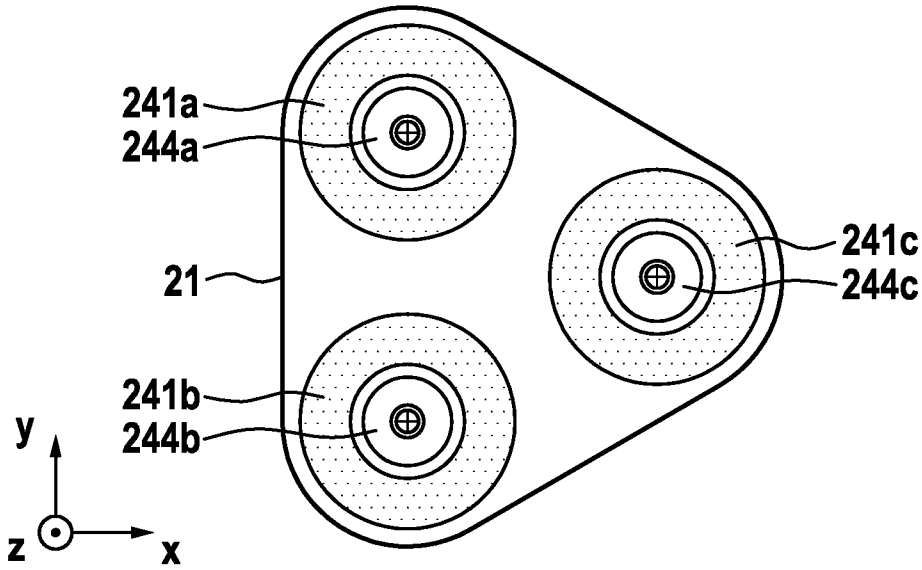

241a
244a
21
241b
244b
241c
244c
y
z
x

Fig. 4

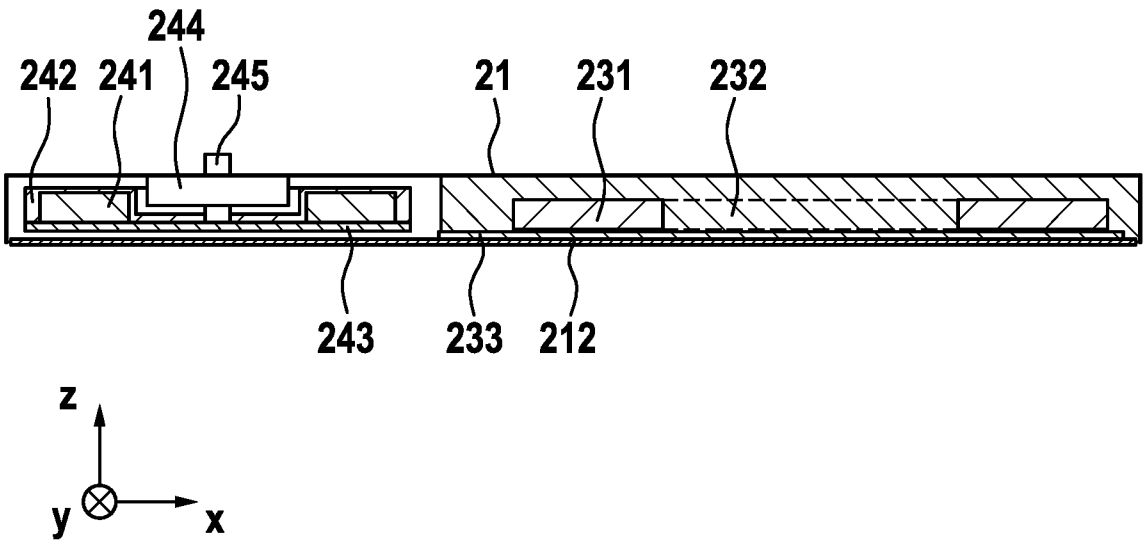

244
242
241
245
21
231
232
243
233
212
z
y
x

Fig. 5a

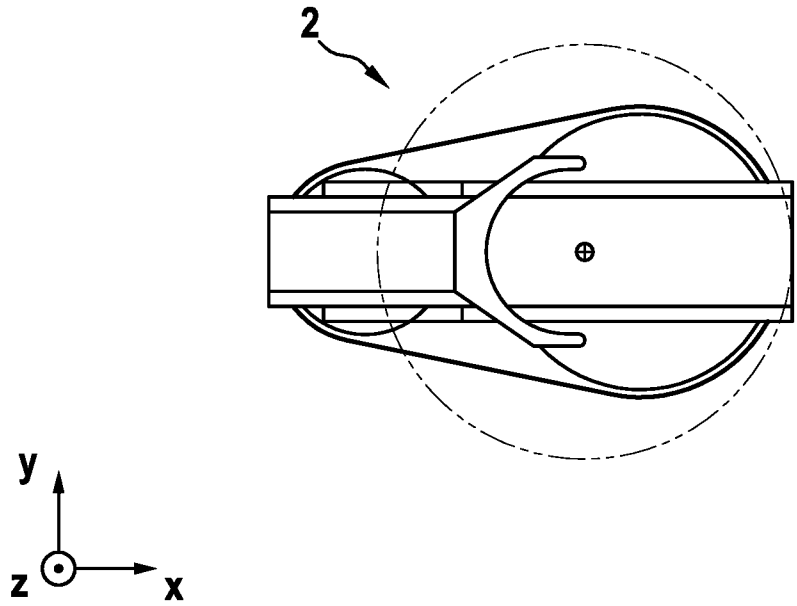


Fig. 5b

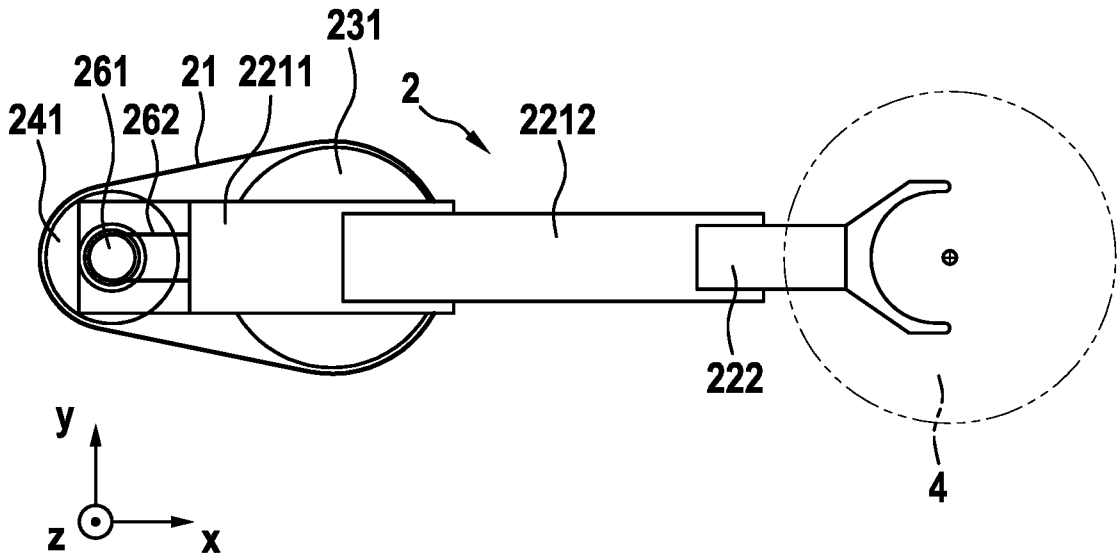


Fig. 5c

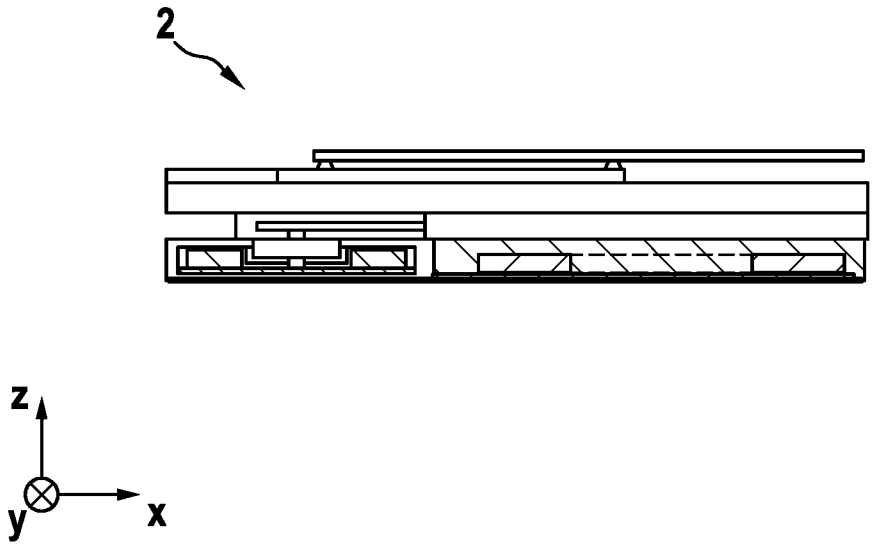


Fig. 5d

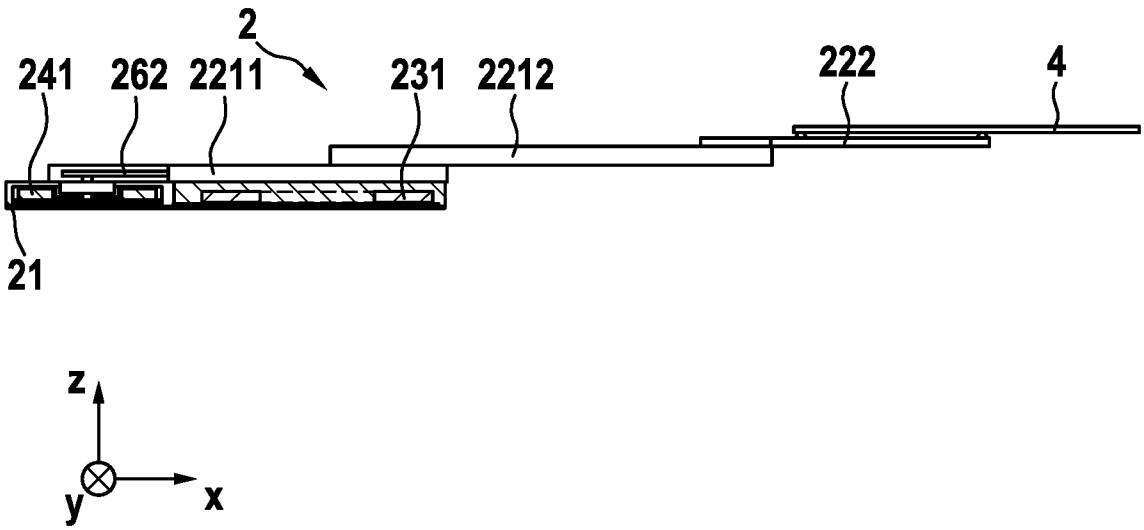


Fig. 6a

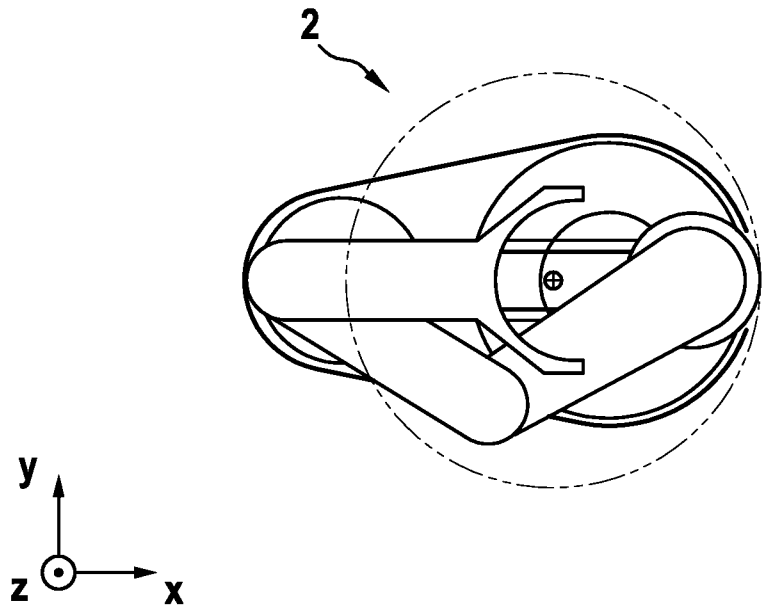


Fig. 6b

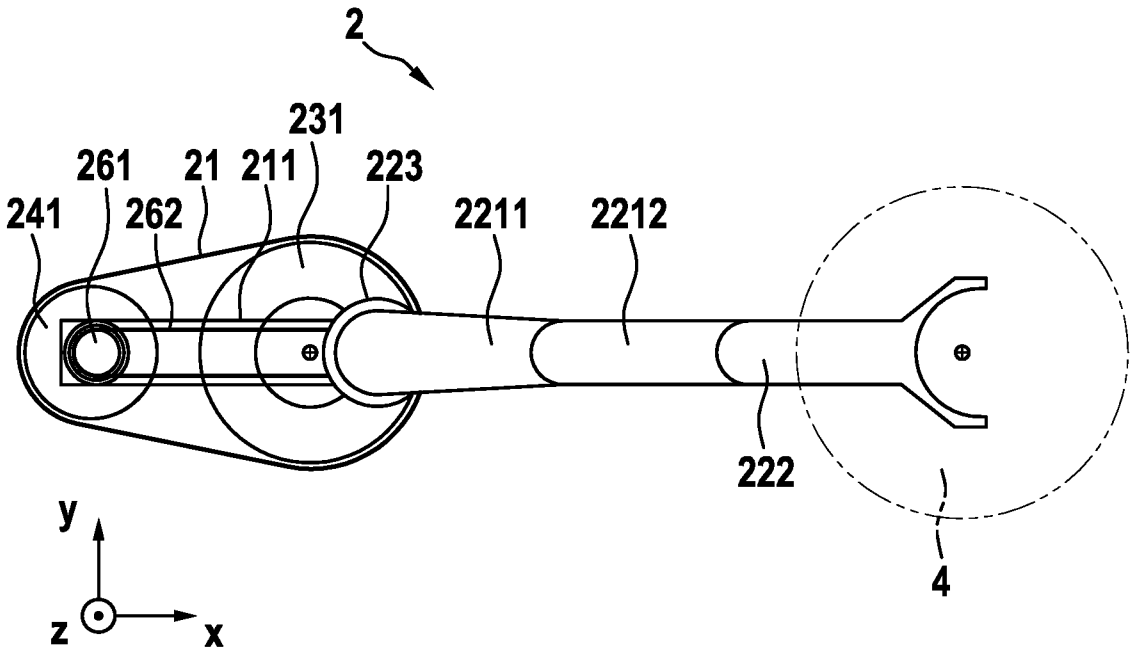


Fig. 6c

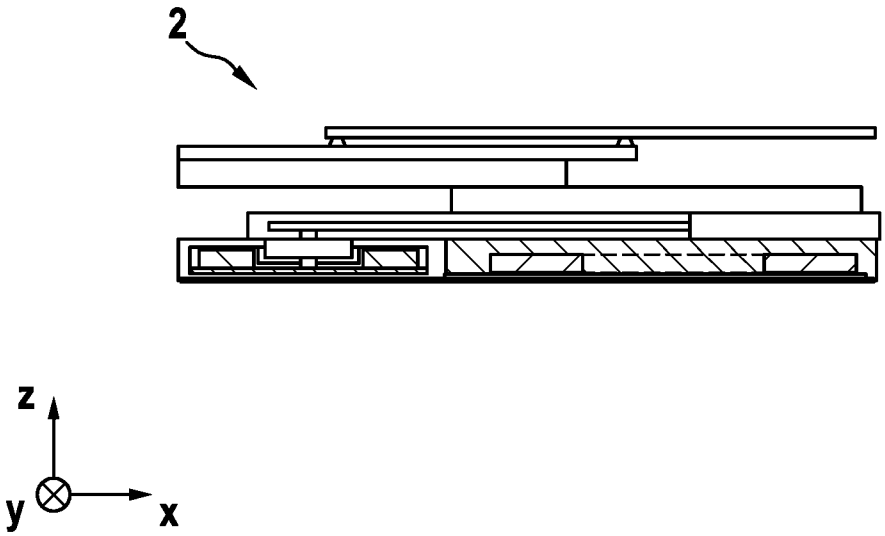
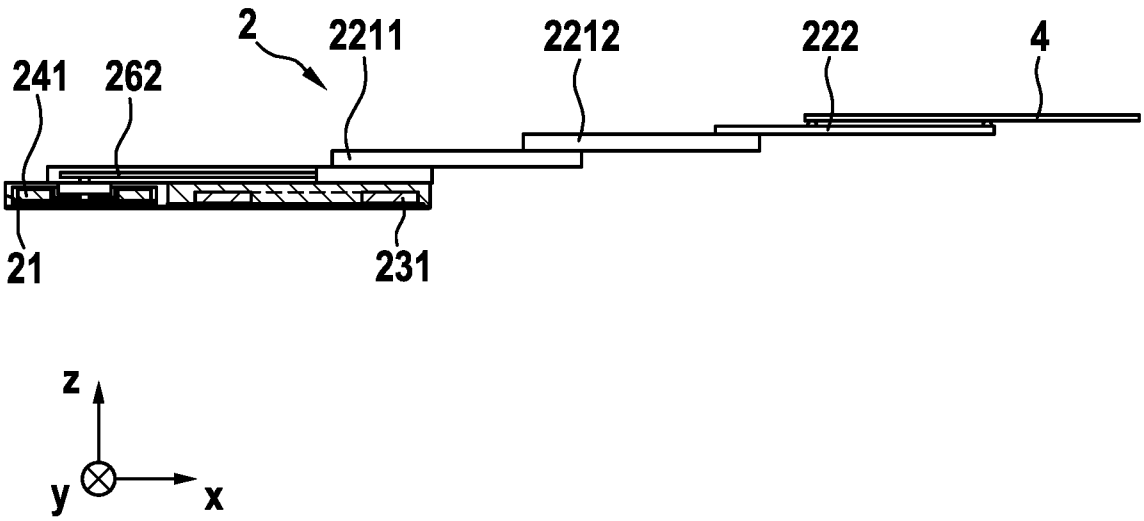


Fig. 6d



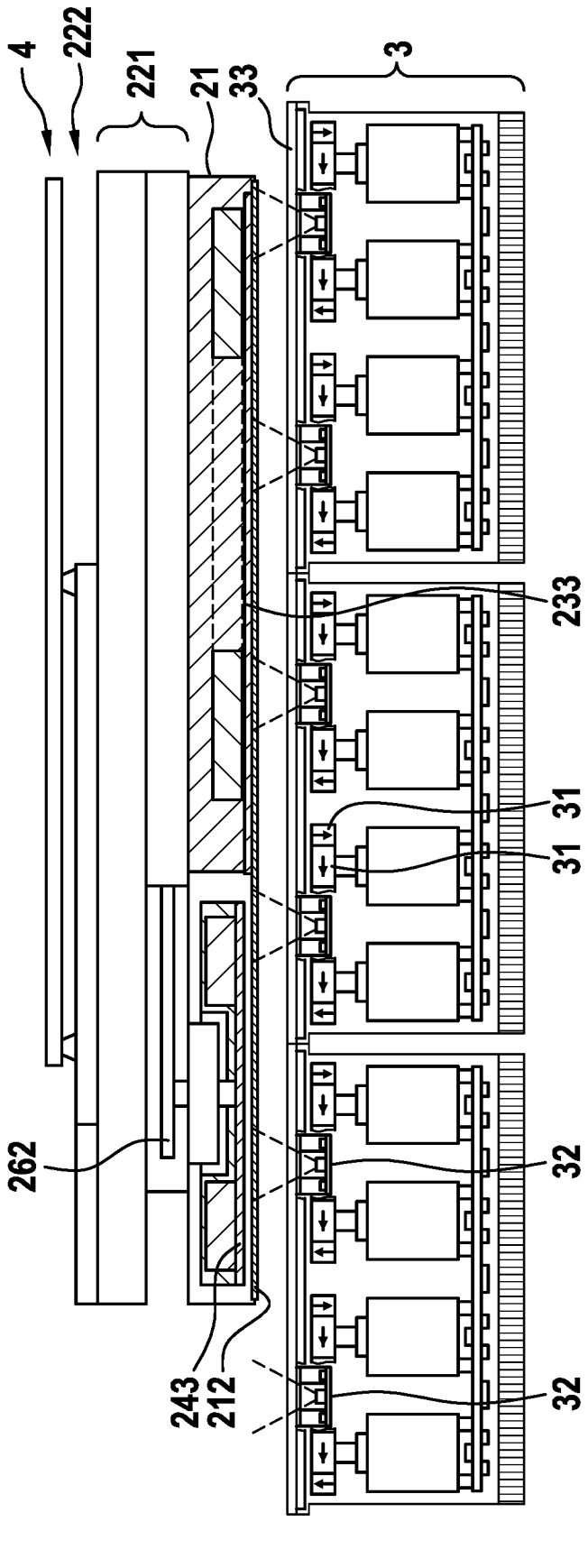


Fig. 7

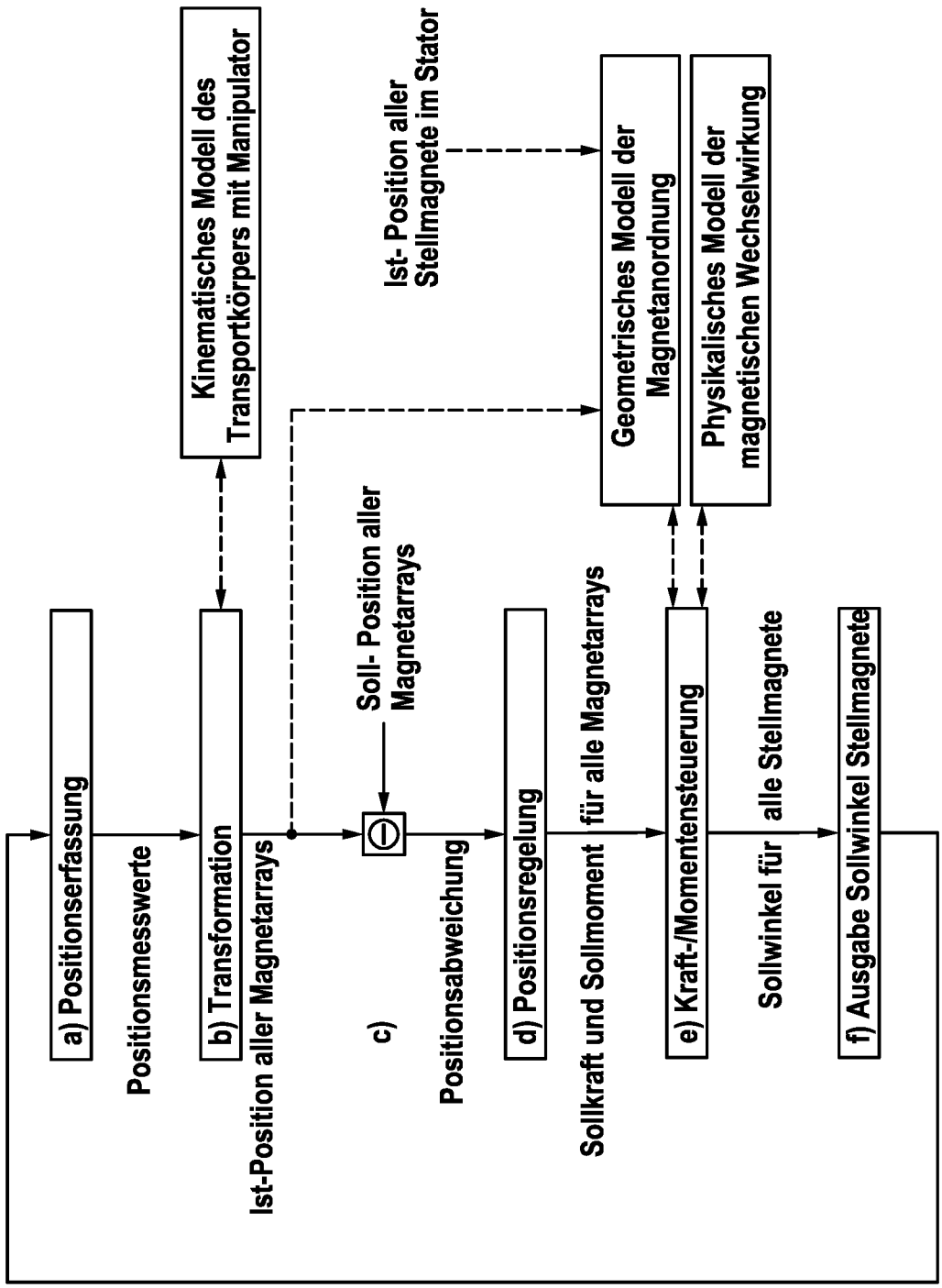

a) Positionserfassung
Positionsmesswerte
b) Transformation
Ist-Position aller Magnetarrays
Kinematisches Modell des Transportkörpers mit Manipulator
Ist- Position aller Stellmagnete im Stator
Geometrisches Modell der Magnetanordnung
Physikalisches Modell der magnetischen Wechselwirkung
Soll- Position aller Magnetarrays
c)
Positionsabweichung
d) Positionsregelung
Sollkraft und Sollmoment
für alle Magnetarrays
e) Kraft-/Momentensteuerung
Sollwinkel für
alle Stellmagnete
f) Ausgabe Sollwinkel Stellmagnete

Fig. 8

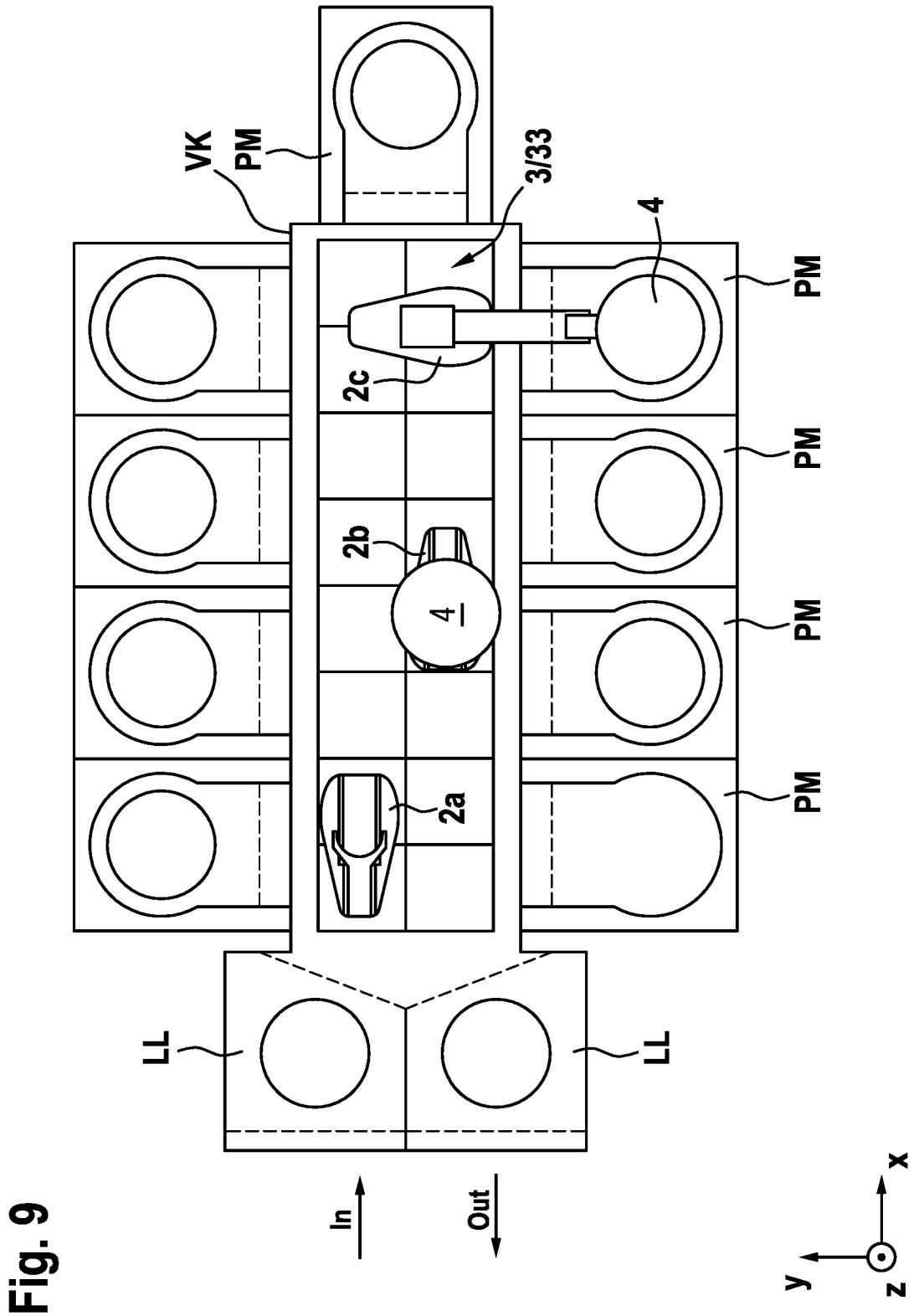


Fig. 9

Fig. 10a

Schritt 1

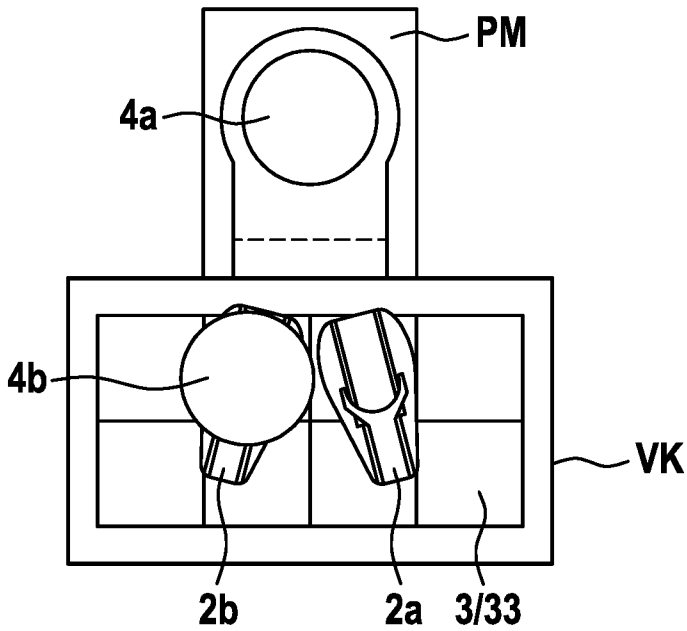


Fig. 10b

Schritt 2

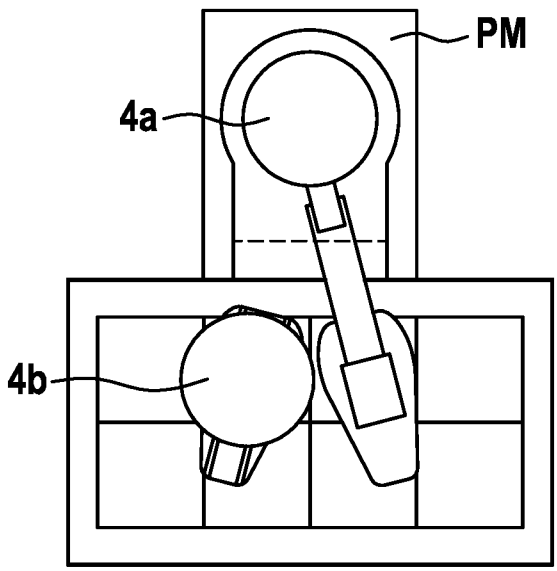


Fig. 10c

Schritt 3

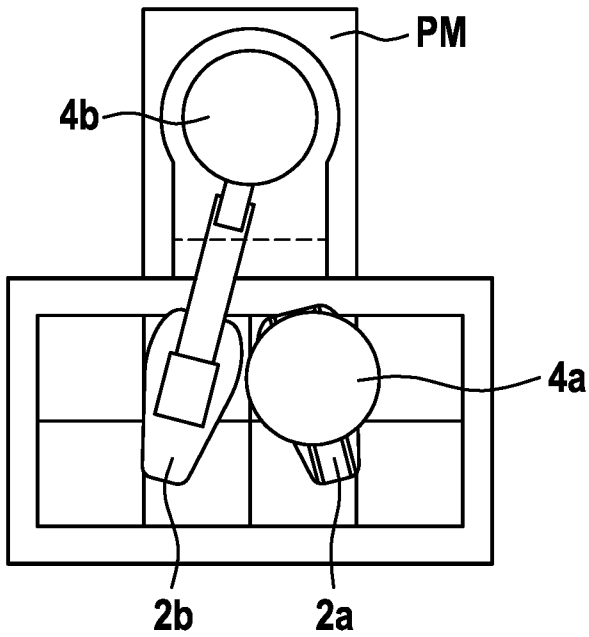


Fig. 10d

Schritt 4

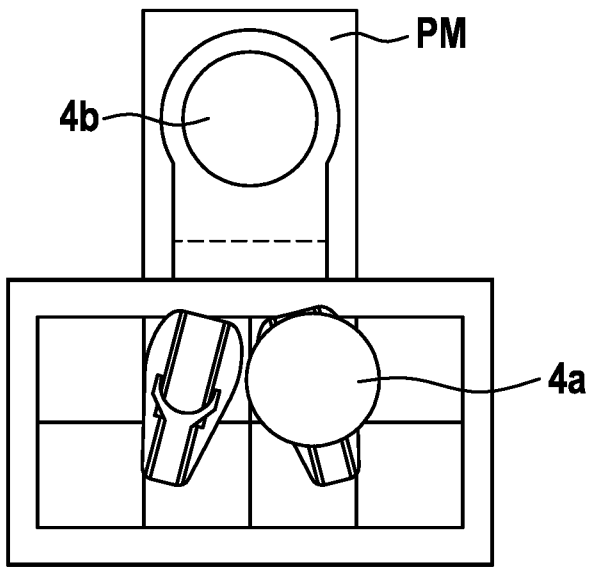


Fig. 11a

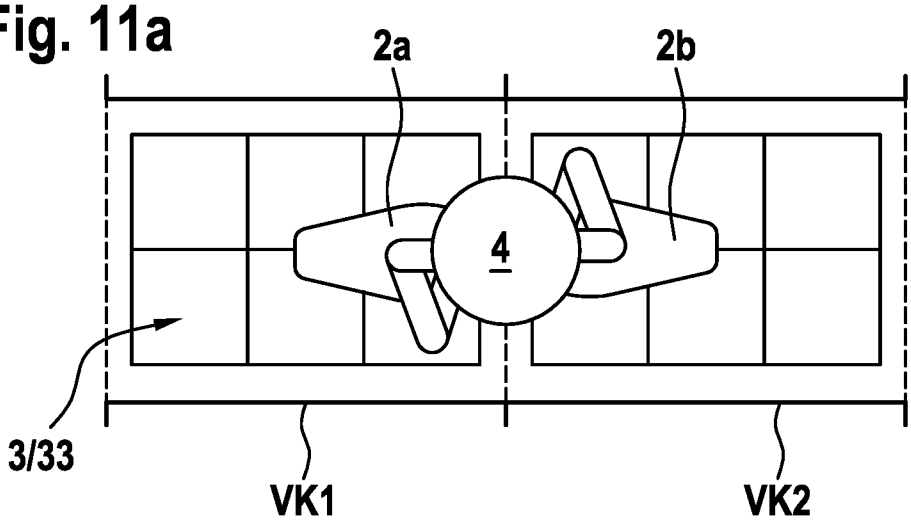


Fig. 11b

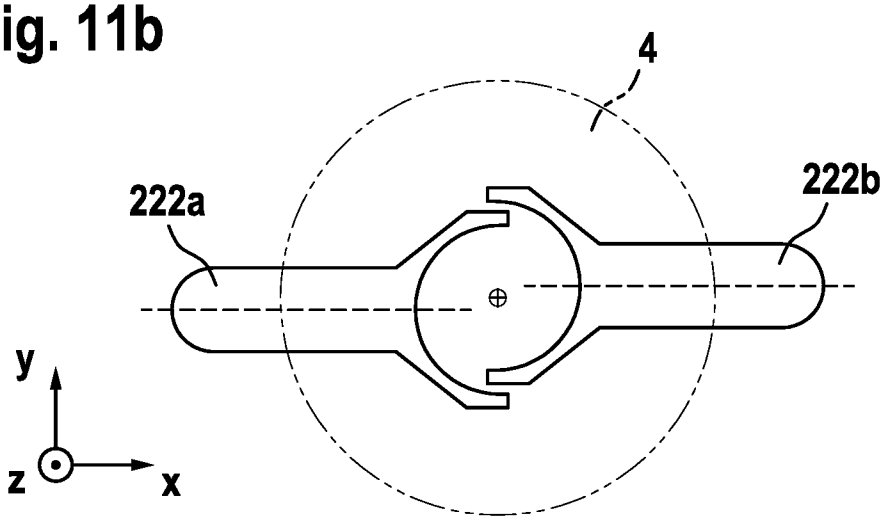


Fig. 11c

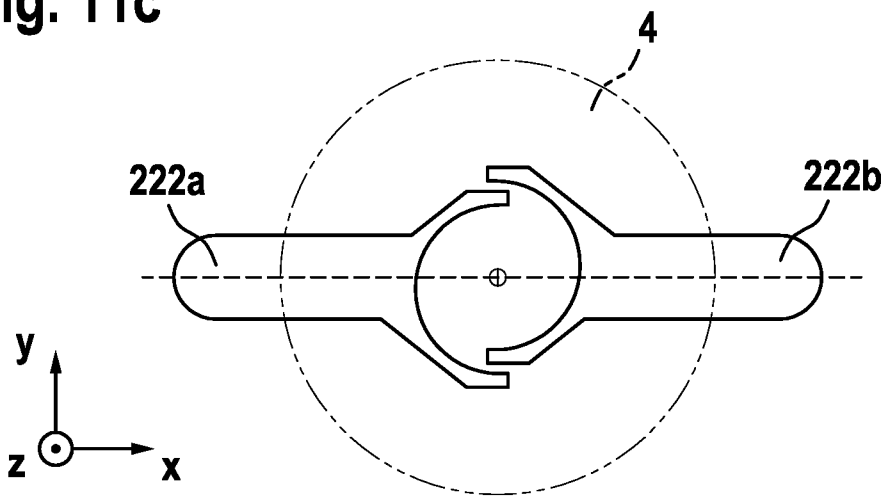


Fig. 12a

Schritt 1

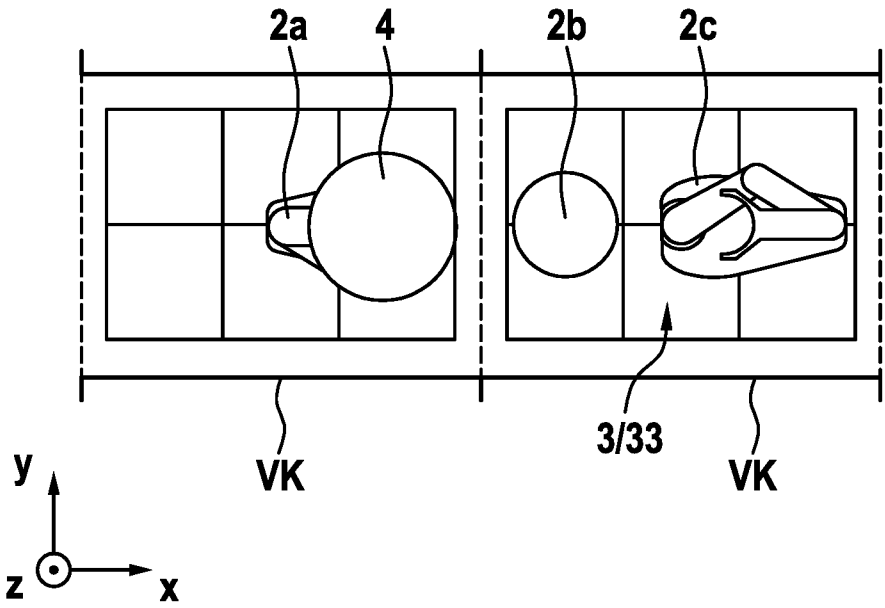


Fig. 12b

Schritt 2

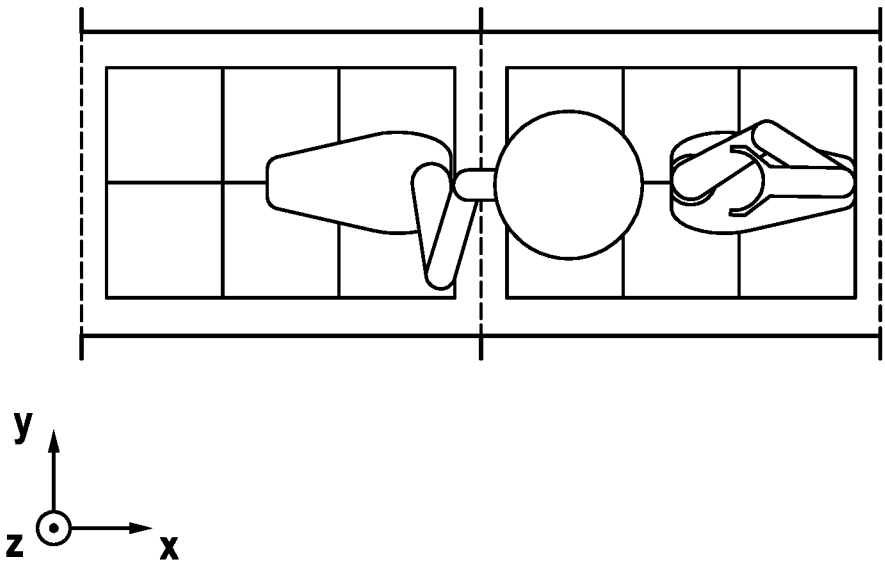


Fig. 12c

Schritt 3

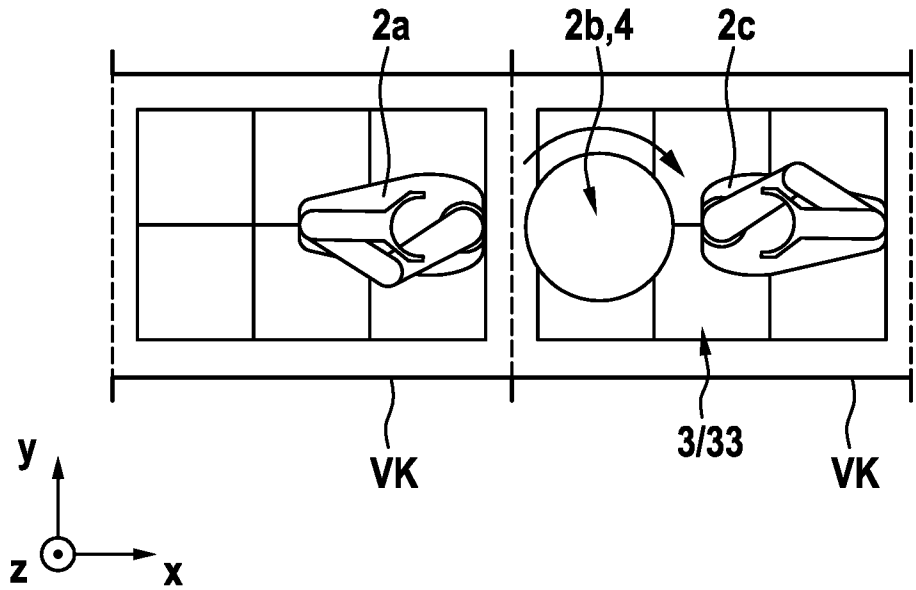
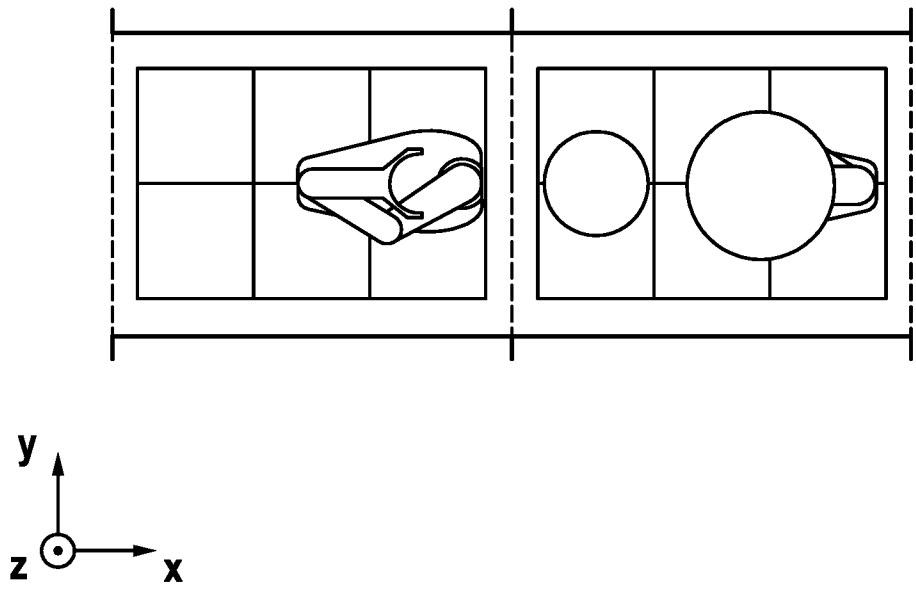


Fig. 12d

Schritt 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/056464

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/677(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)

H01L

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, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015214086 A1 (HOFMEISTER CHRISTOPHER [US] ET AL) 30 July 2015 (2015-07-30) abstract; figures 5, 6 paragraphs [0006], [0045], [0052], [0053]	1-6
X	US 2012213614 A1 (BONORA ANTHONY C [US] ET AL) 23 August 2012 (2012-08-23) abstract; figures 4, 8, 9 paragraphs [0030] - [0032], [0040] paragraphs [0070] - [0076], [0088]	1-6
A	US 2020262660 A1 (HOSEK MARTIN [US] ET AL) 20 August 2020 (2020-08-20) abstract; figures 1-5, 10, 10a paragraphs [0060], [0061]	1-15
A	US 2020111692 A1 (NEWMAN JACOB [US] ET AL) 09 April 2020 (2020-04-09) abstract; figure 4e paragraphs [0052] - [0056]	1-15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
03 June 2022	**14 June 2022**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Faderl, Ingo** Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/056464

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2015214086 A1	30 July 2015	CN 106415813 A	15 February 2017
		CN 109595259 A	09 April 2019
		KR 20160108549 A	19 September 2016
		KR 20180004315 A	10 January 2018
		KR 20220032127 A	15 March 2022
		US 2015214086 A1	30 July 2015
		US 2018108551 A1	19 April 2018
		US 2019115238 A1	18 April 2019
		US 2022059379 A1	24 February 2022
		WO 2015112538 A1	30 July 2015
US 2012213614 A1	23 August 2012	CN 1561535 A	05 January 2005
		CN 1996552 A	11 July 2007
		CN 1996553 A	11 July 2007
		JP 2005508085 A	24 March 2005
		KR 20050026371 A	15 March 2005
		TW I272665 B	01 February 2007
		US 2003129045 A1	10 July 2003
		US 2008101892 A1	01 May 2008
		US 2012213614 A1	23 August 2012
		WO 03038869 A2	08 May 2003
US 2020262660 A1	20 August 2020	CN 113939384 A	14 January 2022
		JP 2022520635 A	31 March 2022
		KR 20220010710 A	26 January 2022
		TW 202045424 A	16 December 2020
		US 2020262660 A1	20 August 2020
		WO 2020167939 A1	20 August 2020
US 2020111692 A1	09 April 2020	CN 112840447 A	25 May 2021
		JP 2022504069 A	13 January 2022
		KR 20210054588 A	13 May 2021
		TW 202022974 A	16 June 2020
		US 2020111692 A1	09 April 2020
		US 2022130700 A1	28 April 2022
		WO 2020072507 A1	09 April 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/056464

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/677
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

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, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/214086 A1 (HOFMEISTER CHRISTOPHER [US] ET AL) 30. Juli 2015 (2015-07-30) Zusammenfassung; Abbildungen 5, 6 Absätze [0006], [0045], [0052], [0053]	1-6
X	US 2012/213614 A1 (BONORA ANTHONY C [US] ET AL) 23. August 2012 (2012-08-23) Zusammenfassung; Abbildungen 4, 8, 9 Absätze [0030] - [0032], [0040] Absätze [0070] - [0076], [0088]	1-6
A	US 2020/262660 A1 (HOSEK MARTIN [US] ET AL) 20. August 2020 (2020-08-20) Zusammenfassung; Abbildungen 1-5, 10, 10a Absätze [0060], [0061]	1-15

-/--

[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
3. Juni 2022	14/06/2022

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	Faderl, Ingo

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/056464

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2020/111692 A1 (NEWMAN JACOB [US] ET AL) 9. April 2020 (2020-04-09) Zusammenfassung; Abbildung 4e Absätze [0052] - [0056] -----	1-15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/056464

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015214086 A1	30-07-2015	CN 106415813 A	15-02-2017
		CN 109595259 A	09-04-2019
		KR 20160108549 A	19-09-2016
		KR 20180004315 A	10-01-2018
		KR 20220032127 A	15-03-2022
		US 2015214086 A1	30-07-2015
		US 2018108551 A1	19-04-2018
		US 2019115238 A1	18-04-2019
		US 2022059379 A1	24-02-2022
		WO 2015112538 A1	30-07-2015
US 2012213614 A1	23-08-2012	CN 1561535 A	05-01-2005
		CN 1996552 A	11-07-2007
		CN 1996553 A	11-07-2007
		JP 2005508085 A	24-03-2005
		KR 20050026371 A	15-03-2005
		TW I272665 B	01-02-2007
		US 2003129045 A1	10-07-2003
		US 2008101892 A1	01-05-2008
		US 2012213614 A1	23-08-2012
		WO 03038869 A2	08-05-2003
US 2020262660 A1	20-08-2020	CN 113939384 A	14-01-2022
		JP 2022520635 A	31-03-2022
		KR 20220010710 A	26-01-2022
		TW 202045424 A	16-12-2020
		US 2020262660 A1	20-08-2020
		WO 2020167939 A1	20-08-2020
US 2020111692 A1	09-04-2020	CN 112840447 A	25-05-2021
		JP 2022504069 A	13-01-2022
		KR 20210054588 A	13-05-2021
		TW 202022974 A	16-06-2020
		US 2020111692 A1	09-04-2020
		US 2022130700 A1	28-04-2022
		WO 2020072507 A1	09-04-2020