

(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  
24. September 2015 (24.09.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/140155 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H01L 21/677* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/055533
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. März 2015 (17.03.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 003 882.3 19. März 2014 (19.03.2014) DE
- (71) Anmelder: MECATRONIX AG [DE/DE]; Röntgenstraße 43, 64291 Darmstadt (DE).
- (72) Erfinder: EHMANN, Christian Wolfgang; Moserstraße 4, 64285 Darmstadt (DE). KLESEN, Christof; Herrngartenstraße 5, 64397 Modautal-Ernsthofen (DE). AENIS, Martin; Dachsbergweg 21, 64287 Darmstadt (DE).
- (74) Anwalt: WEILNAU, Carsten; QUERMANN, Helmut, STURM, Christoph, Unter den Eichen 5, 65195 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TRANSPORTATION APPARATUS FOR MOVING AND/OR POSITIONING OBJECTS

(54) Bezeichnung : TRANSPORTVORRICHTUNG ZUM BEWEGEN UND/ODER POSITIONIEREN VON OBJEKTEN

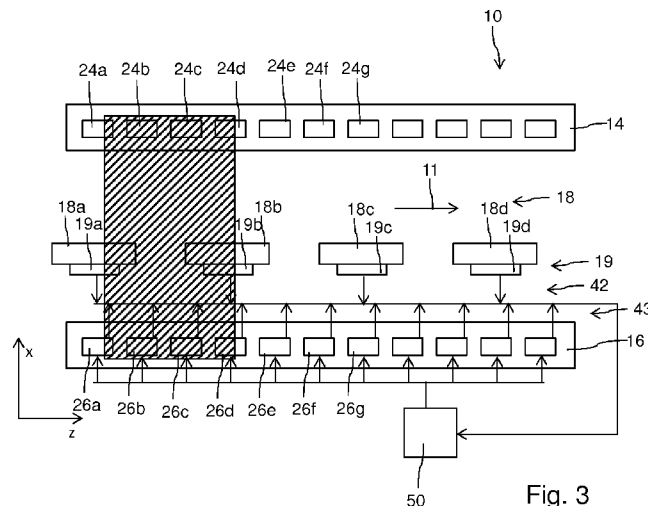


Fig. 3

(57) Abstract: The present invention relates to a transportation apparatus for moving and/or positioning objects, comprising: - a base (12) which extends along a transportation direction (z) and on which a plurality of actively controlled magnetic bearings (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) which are spaced apart from one another in the transportation direction (z) are arranged, - a support (30) which is mounted in a contact-free manner on the base (12) by means of at least some magnetic bearings (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) and can be moved relative to the base (12) in the transportation direction (z) by means of at least one drive (18) and on which at least one object (80) can be arranged, - at least one detection device (40, 42, 44, 46, 48) for determining a position of the support (30) in the transportation direction (z) relative to the magnetic bearings (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29), and - a controller (50, 51), which is coupled to the detection device (40, 42, 44, 46, 48, 49), for selectively driving at least one magnetic bearing (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29), which is magnetically operatively connected to the support (30) or forms an operative connection with the support (30) within a prespecified time interval, depending on the determined position of the support (30).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/140155 A1



---

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). — **Veröffentlicht:** *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten, mit: - einer sich entlang einer Transportrichtung (z) erstreckenden Basis (12), an welcher mehrere in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete aktiv geregelte Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) angeordnet sind, - einem an der Basis (12) mittels zumindest einiger Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) berührungslos gelagerten und mittels zumindest eines Antriebs (18) in Transportrichtung (z) relativ zur Basis (12) beweglichen Träger (30), an welchem zumindest ein Objekt (80) anordenbar ist, - zumindest einer Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48) zur Ermittlung einer Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) relativ zu den Magnetlagern (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) und - eine mit der Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48, 49) gekoppelten Steuerung (50, 51) zur selektiven Ansteuerung zumindest eines mit dem Träger (30) in magnetischen Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger (30) in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers (30).

-----  
Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten  
-----

### B e s c h r e i b u n g

-----

#### Technisches Gebiet

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten, typischerweise von Substraten entlang einer von einer Basis vorgegebenen Transportrichtung. Die Transportvorrichtung weist an der Basis mehrere in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete und jeweils aktiv geregelte Magnetlager zum berührungslosen Lagern  
10 eines entlang der Basis bewegbaren oder verschiebbaren Trägers auf.

- Daneben betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels der Transportvorrichtung sowie ein zugehöriges Computerprogramm zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mit Hilfe  
15 der genannten Transportvorrichtung.

#### Hintergrund

- Magnetisch gelagerte Transportvorrichtungen sind aus dem Stand der Technik, so zum Beispiel aus der WO 2006/015636 A1 oder aus der EP 2 543 749 A1  
20 grundsätzlich bekannt. Mittels der magnetischen Lagerung ist es möglich, einen Träger zur Aufnahme von Objekten, typischerweise von Substraten, berührungslos entlang einer längserstreckten Basis oder in einer von einer zweiseitigen

mensional ausgestalteten Basis gebildeten Ebene berührungslos zu lagern, zu bewegen und vorgegebenen Prozessanforderungen entsprechend, so etwa zur Behandlung des Substrats, zu positionieren.

- 5 Für die magnetische Lagerung sind entlang der Transportrichtung mehrere, jeweils mit zumindest einem schaltbaren Elektromagnet ausgestattete Magnetlager vorgesehen, die mit einem ferromagnetischen Gegenstück wechselwirken. Für diverse am zu bewegenden Objekt oder Substrat vorzunehmende Bearbeitungsprozesse sind Vakuumumgebungen zu realisieren. Die Anordnung einer magnetgelagerten Transportvorrichtung in einer Vakuumumgebung, etwa in 10 einer dementsprechenden Prozesskammer, erfordert die Anordnung der Elektromagnete an einer stationären Basis, damit die im Betrieb der Elektromagneten entstehende Abwärme kontrolliert, etwa mittels eines Kühlkreislaufs abgeführt werden kann. Der beweglich an der Basis mittels mehrerer Magnetlager 15 gehaltene Träger ist insoweit lediglich mit ferromagnetischen und/oder permanentmagnetischen Gegenständen auszustatten, die mit den in Transportrichtung etwa äquidistant, aber beabstandet voneinander angeordneten Magnetlagern zusammenwirkt.
- 20 Die einzelnen Magnetlager sind typischerweise aktiv geregelt. Jedes der Magnetlager ist typischerweise mit einem Abstandssensor ausgestattet, welcher den Abstand zwischen Träger und Basis in der Ebene (x, y) senkrecht zur Transportrichtung (z) permanent oder periodisch misst. Entsprechende Messsignale werden über eine Regelschleife, etwa mit einem Sollwert verglichen. 25 Entsprechend eines Soll-/Istwert-Vergleichs wird über einen Regler und einen Verstärker der Elektromagnet des betreffenden Magnetlagers derart angesteuert, dass ein vorgegebener Abstand zwischen dem an der Basis angeordneten Magnetlager und dem Träger eingehalten wird.
- 30 Zur schwebenden und berührungslosen Lagerung des Trägers an der Basis sind zur Positionskontrolle in Querrichtung (x) können z.B. zwei mit den gegenüberliegenden Seitenrändern des Trägers in Wirkverbindung tretende Magnet-

lager an gegenüberliegenden Seiten des Trägers vorgesehen sein. Es sind auch Implementierungen von sowohl Zug- als auch Druckkräfte erzeugender Magnetlager, etwa in Form von Lorenzaktoren denkbar, welche lediglich entlang eines Seitenrandes des Trägers vorzusehen sind. Zur Kompensation der Gewichtskraft des Trägers sind typischerweise oberhalb des Trägers zumindest  
5 zwei quer zur Transportrichtung voneinander beabstandete Magnetlager vorgesehen, die z.B. etwa im Bereich der Außenränder des Trägers an der Basis angeordnet sind. An der Basis sind dabei jeweils sowohl in Querrichtung als auch in Hochrichtung wirkende Magnetlager in Transportrichtung voneinander beab-  
10 standet und aufeinanderfolgend angeordnet.

Für die Bewegung in Transportrichtung sind in Transportrichtung eine entsprechende Anzahl von vertikal und horizontal wirkenden Magnetlagern an der Basis anzuordnen. Die basisseitige Anordnung der Elektromagnete der Magnetlager bildet diskrete Stütz- oder Lagerstellen für den Träger. Der Träger weist typischerweise eine Erstreckung in Transportrichtung auf, welche größer als der Abstand zumindest zweier in Transportrichtung aufeinanderfolgender Magnetlager ist. Für den Transport des Trägers selbst kann ein beliebiger Antrieb Verwendung finden. Typischerweise ist auch der Antrieb berührungslos ausgestal-  
15 tet und weist einen Linearantrieb auf, dessen elektrisch beaufschlagbare Komponenten ebenfalls an der Basis angeordnet sind.  
20

Aufgrund der diskreten und beabstandeten Anordnung mehrerer Magnetlager in Transportrichtung gelangt ein in Transportrichtung vorn liegender Abschnitt des Trägers etwa während einer Vorwärtsbewegung nacheinander in den Wirkungsbereich von in Transportrichtung beabstandeten Magnetlagern. Entsprechendes gilt für die in Transportrichtung hinten liegende Begrenzung des Trägers. Bei einer Translationsbewegung entlang der Basis können insbesondere bei der Übergabe des Trägers von einem Magnetlager an ein in Transportrichtung vorgelagertes Magnetlager unterschiedlichste Störungen auftreten, die eine präzise Lagerung und Abstandsregulierung in einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung beeinflussen und beeinträchtigen können.  
25  
30

Zum einen können Situationen auftreten, bei denen zum Beispiel die in Bewegungsrichtung hinten liegende Begrenzung des Trägers bereits außerhalb des Wirkungsbereichs eines Magnetlagers gelangt, bevor die vordere Begrenzung  
5 wieder in den Wirkungsbereich eines weiteren, in Transportrichtung vorgelagerten Magnetlagers gelangt. In derartigen Situationen ist der Träger zeitweise an einer verringerten Anzahl an Magnetlagern gehalten. Die Gewichtskraft des Trägers ist somit auf eine verringerte Anzahl an Magnetlagern zu verteilen. Obschon die aktive Abstandsregelung der einzelnen Magnetlager vergleichs-  
10 weise spontan hierauf reagieren kann, stellt die abwechselnde Lagerung des Trägers an einer unterschiedlichen Anzahl von Lagerstellen eine Störung dar, die die Präzision und Genauigkeit der gesamten Transportvorrichtung beeinträchtigen kann.

15 Eine weitere Störung kann sich dadurch ergeben, dass der Träger beim Hineinfahren in einen Wirkungsbereich eines Magnetlagers oder beim Herausfahren aus dem Wirkungsbereich eines Magnetlagers für die magnetlagerinterne Regelschleife eine instantane Störung darstellt, und dass das betreffende Magnetlager bei einem in seinem Wirkungsbereich hinein gelangenden Träger initial  
20 eine betragsmäßig unangepasste Lager- oder Haltekraft erzeugt, die erst nach einigen Iterationen der magnetlagerinternen Regelschleife auf einen korrekten Sollwert "einschwingt". Solche Störungen können sich dadurch ergeben, dass der Wirkungsbereich des Magnetlagers und der Messbereich eines Sensors der Regelschleife etwa aus baulichen Gründen geringfügig voneinander abweichen.  
25 Ein weiteres Szenario kann auftreten, wenn der Träger beispielsweise mit seiner in Transportrichtung hinten liegenden Begrenzung zwar keine Wechselwirkung mehr mit dem Magnetlager zugeordneten Abstandssensor hat, wohl aber noch mit dem betreffenden Magnetlager in magnetischer Wirkverbindung steht. Bei einem Verlust des Abstandssignals oder bei einem starken Anstieg des Ab-  
30 standes infolge eines "Ausfahrens" aus dem Bereich des betreffenden Magnetlagers, stellt die Regelschleife des betreffenden Magnetlagers eine vergleichs-

weise große Haltekraft ein, die letzten Endes zu einer ungewollten Schwingung oder zu einer vergleichbaren Störung der Trägerbewegung führen kann.

Demgegenüber liegt der vorliegenden Erfindung nun die Aufgabe zugrunde,  
5 eine verbesserte Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten, ein dementsprechendes Verfahren sowie ein zugehöriges Computerprogramm bereitzustellen, welches ein möglichst präzises, gut kontrollierbares und weitgehend störungsfreies Bewegen des Trägers entlang der Basis der Transportvorrichtung ermöglicht. Die Verbesserung soll mit nur möglichst  
10 geringfügigen Eingriffen in bestehende Transportvorrichtungskonzepte realisierbar sein, um insbesondere ein Nachrüsten und Verbessern bestehender Transportvorrichtungen zu ermöglichen.

Erfindung und vorteilhafte Ausgestaltungen

15

Diese Aufgabe wird mit einer Transportvorrichtung gemäß Patentanspruch 1, mit einem Verfahren zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels einer solchen Transportvorrichtung gemäß Anspruch 14 sowie mit einem zugehörigen Computerprogramm gemäß Patentanspruch 18 gelöst. Vorteilhafte  
20 Ausgestaltungen sind dabei jeweils Gegenstand abhängiger Patentansprüche.

Demgemäß ist eine Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten, insbesondere von zu behandelnden Substraten vorgesehen. Die Transportvorrichtung weist eine sich zumindest entlang einer Transportrichtung  
25 (z) erstreckende Basis auf, an welcher mehrere in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete und jeweils aktiv geregelte Magnetlager angeordnet sind. Die jeweils mit Elektromagneten bestückten Magnetlager sind somit stationär und unbeweglich an der Basis angeordnet. Die Transportvorrichtung weist ferner einen an der Basis zumindest einiger Magnetlager berührungslos gelagerten  
30 ten und mittels zumindest eines Antriebs in Transportrichtung (z) relativ zur Basis beweglichen Träger auf. An dem Träger ist das zumindest eine zu bewegendende oder zu positionierende Objekt anordenbar. Der Träger kann insbeson-

dere als Substrathalter, beispielsweise als elektrostatisch oder mechanisch wirkende Substrathalteeinrichtung ausgestaltet sein.

Die Transportvorrichtung weist ferner eine Erfassungseinrichtung zur Ermittlung  
5 einer Position des Trägers in Transportrichtung auf. Die Erfassungseinrichtung  
ist insbesondere dazu ausgelegt, die Position des Trägers, bezogen auf die  
Transportrichtung, relativ zu den Magnetlagern zu ermitteln. Die Erfassungsein-  
richtung dient hierbei der Informationsgewinnung, welche der in Transportrich-  
tung in vorgegebenem Abstand aneinandergereihten Magnetlager derzeit mit  
10 dem Träger in magnetischer Wirkverbindung stehen, welche der Magnetlager,  
etwa entsprechend der Trägergeschwindigkeit in Transportrichtung (z), mit ei-  
nem bestimmten Magnetlager demnächst in Wirkverbindung treten werden  
und/oder um zu ermitteln, welches der derzeit noch mit dem Träger in Wirkver-  
bindung stehenden Magnetlager demnächst aufgrund der Fortbewegung des  
15 Trägers außerhalb des Wirkungsbereichs des Trägers gelangt.

Weiterhin weist die Transportvorrichtung eine mit der Erfassungseinrichtung  
gekoppelte Steuerung auf. Diese dient der selektiven Ansteuerung zumindest  
eines mit dem Träger in magnetischer Wirkverbindung stehenden und/oder zur  
20 selektiven Ansteuerung innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls demnächst  
mit dem Träger in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers. Die selektive An-  
steuerung auswählbarer und einzelner oder mehrerer Magnetlager erfolgt hier-  
bei in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers bezüglich der Trans-  
portrichtung.

25 Mittels der Erfassungseinrichtung und deren Kopplung mit der Steuerung kön-  
nen insbesondere die im Zuge der Fortbewegung des Trägers mit einer vorde-  
ren Trägerbegrenzung in Wirkverbindung tretenden Magnetlager zwecks einer  
zunächst sanften Kraftereinwirkung auf das Magnetlager gezielt angesteuert wer-  
30 den. Selbiges kann hierbei auch für ein in einem ersten Moment noch mit einer  
hinteren Begrenzung in Wirkverbindung stehenden Magnetlagers der Fall sein,  
wobei der Träger in einem nachfolgenden oder späteren Moment außerhalb

des Wirkungsbereichs des betreffenden Magnetlagers gelangt. Die Ansteuerung und magnetische Wechselwirkung eines etwa mit einer hinteren Begrenzung des Trägers noch in Wirkverbindung stehenden Magnetlagers kann auf diese Art und Weise quasi vorausschauend angepasst werden, damit etwaige  
5 Störungen auf den bewegten Träger möglichst beseitigt oder minimiert werden können.

Hierbei ist nicht nur denkbar, dass jeweils nur mit vorderer und hinterer Begrenzung des Trägers in Eingriff oder außer Eingriff gelangende Magnetlager selektiv in Abhängigkeit der ermittelten Trägerposition ansteuerbar sind. Es ist vielmehr auch denkbar, dass durch die selektive Ansteuerung einzelner Magnetlager in Abhängigkeit der ermittelten Trägerposition in Transportrichtung auch solche Magnetlager gezielt ansteuerbar sind, die etwa in einem Zwischenbereich zwischen vorderer und hinterer Begrenzung des Trägers zu liegen kommen. Eine ungleichmäßige Gewichtsverteilung oder eine außermittige Schwerpunktlage des Trägers kann auf diese Art und Weise unmittelbar kompensiert werden. Über die Erfassungseinrichtung und/oder über die Steuerung kann beispielsweise die räumliche Gewichtsverteilung des Trägers berücksichtigt und für eine möglichst präzise und störungsfreie Bewegung des Trägers entlang der  
15 Basis verwendet werden.

Mittels der Erfassungseinrichtung und der Steuerung können einzelne Magnetlager, die in einen gewissen Bereich des Trägers gelangen, bereits vorab und vorausschauend präzise angesteuert werden, um nicht erst auf tatsächlich stattfindende Wechselwirkungen zwischen Träger und betreffenden Magnetlagern  
25 nur reagieren zu müssen.

Durch die mittels der Erfassungseinrichtung und der Steuerung erzielbare vorausschauende Ansteuerung einzelner Magnetlager kann die Präzision und Genauigkeit für die Lagerung und für die Bewegung des Trägers an der Basis  
30 gesteigert und verbessert werden.

Nach einer Weiterbildung hiervon ist vorgesehen, dass die Steuerung dazu ausgebildet ist, zumindest ein Magnetlager einer vorgegebenen zeitlichen Funktion oder eine Ortsfunktion folgend zwischen einem aktivierten Zustand (A) und einem deaktivierten Zustand (D) selektiv anzusteuern. Für ein In-Eingriff-Gelangen beispielsweise einer vorderen Begrenzung des Trägers mit einem betreffenden Magnetlager kann zum Beispiel ein sanftes, eine gewisse Zeitperiode in Anspruch nehmendes kontinuierliches Einschalten und Aktivieren des betreffenden Magnetlagers mittels der Steuerung implementierbar sein. In ähnlicher Art und Weise kann anstelle eines Zeitintervalls oder Zeitpunkts auch die tatsächliche momentane Verfahrstrecke oder Position der Trägers relativ zum betreffenden Magnetlager als Stellgröße fungieren. In Kenntnis einer konstanten und/oder momentanen Geschwindigkeit des Trägers in Transportrichtung ist eine Zeitfunktion in eine entsprechende Ortsfunktion und umgekehrt übertragbar bzw. umrechenbar.

15

Die Zeit- und/oder Ortsfunktion stellt eine Zuordnung eines den Elektromagneten des Magnetlagers besauschlagenden Steuersignals mit einer momentanen Position des Trägers bereit. Die Ist-Position des Trägers relativ zum Magnetlager ist in Kenntnis der Trägergeschwindigkeit in Transportrichtung und infolge Ermittlung des Vorbeifahrens des Trägers an einem bekannten Referenzpunkt ermittelbar. Das Steuersignal für den Elektromagnet des betreffenden Magnetlagers kann dabei auch über eine Zeitfunktion bereitgestellt werden.

Auf diese Art und Weise kann vermieden werden, dass das betreffende Magnetlager unmittelbar mit Erkennung des Trägers eine zu große Halte- oder Lagerkraft aufbringt, die die Gleichgewichtslage des Trägers, welcher von weiteren Magnetlagern gehalten wird, beeinträchtigen könnte. Gleichermaßen kann für das Außer-Eingriff-Gelangen beispielsweise der in Bewegungsrichtung hinten liegenden Begrenzung des Trägers mit einem betreffenden Magnetlager vorgesehen sein, bereits vor Erreichen einer Außer-Eingriff-Stellung von Träger und Magnetlager das betreffende Magnetlager kontrolliert und/oder kontinuierlich von einem aktivierten Zustand in einen deaktivierten Zustand zu überführen. Reißt dann im Zuge der weiteren Fortbewegung des Trägers, etwa ein Ab-

30

standssensorsignal ab, so hat dies keinerlei Auswirkungen mehr auf die Ansteuerung des Magnetlagers bzw. seines Elektromagneten, da sich das Magnetlager dann bereits in einem deaktivierten Zustand befindet. Folglich geht in solchen Situationen vom außer Eingriff gelangten Magnetlager keinerlei oder  
5 nur noch eine geringe Wechselwirkung mit dem Träger aus.

Es ist natürlich auch denkbar, dass das selektierte Magnetlager auf jeden denkbaren Zwischenwert zwischen dem aktivierten Zustand und dem deaktivierten Zustand einstellbar ist. Es ist insbesondere denkbar, den Übergang vom  
10 aktivierten zum deaktivierten Zustand als auch vom deaktivierten zum aktivierten Zustand geschwindigkeitsabhängig zu regeln. Es ist insbesondere denkbar, dass die Steuerung den aktivierten Zustand dann einstellt, wenn sich das betreffende Magnetlager innerhalb eines vorgegebenen Abstands zur vorderen oder hinteren Begrenzung des Trägers befindet. Ein deaktivierter Zustand sollte  
15 bevorzugt dann erreicht sein, wenn die in Transportrichtung liegende vordere oder hintere Begrenzung des Trägers vollständig außerhalb des Wirkungsbereichs des betreffenden Magnetlagers gelangt ist.

Die zeitliche Funktion kann beispielsweise einen Strom zur Beaufschlagung des  
20 Elektromagneten des Magnetlagers über die Zeit darstellen. Die Funktion selbst kann etwa nach Art einer geradlinigen Rampe, einer Parabel, einer Hyperbel oder aber auch beliebige Verlaufsformen aufweisen. Es ist ferner denkbar, dass die Funktion auch gewisse un stetige bzw. Sprungstellen aufweist, wenn dies der Einhaltung eines geforderten Abstandes zwischen Träger und Basis dient.

25 Die Steigung der Funktion bzw. das vorgegebene Zeitintervall, innerhalb welchem der aktivierte Zustand der Funktion folgend in den deaktivierten Zustand und umgekehrt übergeht, kann mit der Geschwindigkeit der Bewegung des Trägers in Transportrichtung korrelieren. Bei hohen Geschwindigkeiten findet  
30 der Übergang vom aktivierten Zustand in den deaktivierten Zustand oder umgekehrt vom deaktivierten Zustand in den aktivierten Zustand innerhalb eines vergleichsweise kurzen Zeitintervalls statt. Bei vergleichsweise geringen Trans-

portgeschwindigkeiten kann die zeitliche Funktion dementsprechend zeitlich gestreckt sein.

Es ist ferner denkbar, dass auch der Verlauf der zeitlichen Funktion geschwindigkeitsabhängig variiert. Derartige Variationen können beispielsweise vom Trägheitsverhalten des Trägers als auch seiner Wechselwirkung mit den einzelnen Magnetlagern herrühren.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist die Steuerung dazu ausgebildet, zumindest ein Magnetlager über ein vorgegebenes Zeitintervall von einem deaktivierten Zustand (D) kontinuierlich in einen aktivierten Zustand (A) zu überführen und/oder umgekehrt, von einem aktivierten Zustand (A) kontinuierlich in einen deaktivierten Zustand (D) zu überführen. Mittels eines kontinuierlichen Übergangs zwischen deaktiviertem und aktiviertem Zustand kann die Steuerung eines sanftes Aktivieren und/oder Deaktivieren einzelner Magnetlager bewirken.

Dies kann sich insbesondere beim In-Eingriff- oder Außer-Eingriff-Gelangen zwischen einzelnen Magnetlagern und Träger als vorteilhaft erweisen. Entsprechend einer kontinuierlichen Bewegung des Trägers gegenüber der Basis kann mittels einer kontinuierlich oder stetig ausgestalteten zeitlichen Funktion eine vergleichsweise sanfte und störungsarme bzw. störungsfreie Übergabe des Trägers von einem Magnetlager an ein in Transportrichtung folgendes Magnetlager stattfinden.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist die Erfassungseinrichtung von einer Datenübertragungseinrichtung, etwa von einem Datenbus gespeist. Über die Datenübertragungseinrichtung kann die Position des Trägers in Transportrichtung und/oder die Geschwindigkeit der momentanen Bewegung des Trägers in Transportrichtung bereitgestellt werden. Die Datenübertragungseinrichtung kann insbesondere mit dem sich typischerweise entlang der Transportrichtung erstreckenden Antrieb gekoppelt sein. Dieser kann zum Beispiel eine in Trans-

portrichtung verlaufende räumliche Codierung aufweisen, die eine Ermittlung der Position des Trägers in Transportrichtung ermöglicht.

Beispielsweise kann der Antrieb durch seine Kopplung mit der Erfassungseinrichtung Positions- und/oder Geschwindigkeitsparameter des Trägers bereitstellen. Es ist aber auch denkbar, dass eine globale Steuerung der Transportvorrichtung oder eine Prozesseinrichtung, welche zur Durchführung eines Behandlungsprozesses des Objekts oder des Substrats ausgebildet ist, derartige Steuer-, Positions- und Geschwindigkeitsbefehle erzeugt und ausgibt, die vom Antrieb der Transportvorrichtung umsetzbar sind. Insoweit könnte die Erfassungseinrichtung lediglich durch Kopplung mit der Prozesssteuerung entsprechende Positions- und/oder Geschwindigkeitsparameter des Trägers erhalten und der Steuerung der Transportvorrichtung zur selektiven Ansteuerung einzelner Magnetlager bereitstellen.

15

Das Bereitstellen von Positions- und/oder Geschwindigkeitsparametern über eine Datenübertragungseinrichtung ist für das Nachrüsten bestehender Transportvorrichtungen besonders vorteilhaft, da hierbei für die Ermittlung der Trägerposition in Transportrichtung und/oder für die Geschwindigkeitsermittlung keinerlei zusätzliche Komponenten vorgehalten und installiert werden müssen. Die Trägerposition und/oder Trägergeschwindigkeit wäre in einer etwa busbasierten Datenübertragungseinrichtung, welche beispielsweise auch sämtliche Magnetlager miteinander vernetzen kann, ohnehin vorhanden.

20

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist die Erfassungseinrichtung zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Trägers ausgebildet. Die Steuerung ist dabei ferner dazu ausgebildet und vorgesehen, zumindest ein Magnetlager in Abhängigkeit der ermittelten Trägergeschwindigkeit anzusteuern. Die Trägergeschwindigkeit in Transportrichtung kann entweder von einer oder von mehreren Erfassungseinrichtungen direkt gemessen werden oder aber, so etwa bei einer Ausgestaltung in Form einer Datenübertragungseinrichtung, beispielsweise über den An-

25  
30

trieb oder über eine globale Steuerung der Transportvorrichtung bereitgestellt werden.

Die Erfassungseinrichtung kann zum selbstständigen Bestimmen und Messen  
5 sowohl der Trägerposition als auch Trägergeschwindigkeit ausgestaltet sein. Sie kann hierfür zumindest einen, bevorzugt mehrere entlang der Transportrichtung angeordnete Sensoren aufweisen, die beispielsweise ein Vorbeigleiten des Trägers detektieren. Aufgrund der bekannten Position einzelner Sensoren und deren Abstand in Transportrichtung können somit Positions- als auch Ge-  
10 schwindigkeitsparameter des Trägers ermittelt und der Steuerung zur Verfügung gestellt werden. Es ist ferner denkbar, dass die Erfassungseinrichtung beispielsweise ein visuelles Detektionssystem, etwa ein Kamerasystem aufweist, um die Position und/oder Geschwindigkeit des Trägers zu ermitteln.

15 Für die selektive Ansteuerung einzelner Magnetlager während eines Transports des Trägers entlang der Basis ist vor allem die aktuelle Position des Trägers relativ zur Basis zu bestimmen. Dies kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Zum einen kann über den Antrieb eine momentane Absolutposition des Trägers ermittelt und über eine datentechnische Kopplung zwischen An-  
20 trieb und Steuerung an die Steuerung übermittelt werden. Weiterhin ist denkbar, in Kenntnis einer konstanten Geschwindigkeit des Trägers in Transportrichtung lediglich das Vorbeifahren etwa einer vorderen Begrenzung an einem Magnetlager etwa mittels eines Positionensors zu detektieren. In Kenntnis der Position des Trägers zu einem Zeitpunkt und in Kenntnis der vorherrschenden Ge-  
25 schwindigkeit ist die momentane Position des Trägers zu jedem Zeitpunkt bestimmbar bzw. vorherbestimmbar. Die Geschwindigkeit kann z.B. über eine Datenübertragungseinrichtung bereitgestellt werden.

Ferner ist denkbar, die Position des Trägers in Transportrichtung mittels eines  
30 oder mehrerer Positions- und/oder Abstandssensoren zu messen. Es können hierfür etwa ein oder mehrere in Transportrichtung berührungslos messende Sensoren vorgesehen sein. Mittels in Transportrichtung messenden und in ein

oder mehrere Magnetlager integrierten Sensoren ist eine Anbindung an eine Datenübertragungseinrichtung nicht erforderlich, bzw. der Datentransfer in einem Bussystem kann in vorteilhafter Weise reduziert werden.

- 5 Die Steuerung kann nach einer weiteren Ausgestaltung entweder als globale Steuerung ausgestaltet sein, welche beispielsweise mit sämtlichen Magnetlagern der Transportvorrichtung gekoppelt ist. Auf diese Art und Weise können mittels einer einzigen Steuerung einzelne Magnetlager gezielt angesteuert und dementsprechend aktiviert oder deaktiviert werden. Alternativ hierzu ist aber  
10 auch denkbar, dass mehrere dezentrale Steuerungen vorgesehen sind, welche jeweils mit einer gesonderten Erfassungseinrichtung gekoppelt sind.

Positions- und Geschwindigkeitsparameter können auf diese Art und Weise lokal bzw. dezentral ermittelt und dementsprechend unmittelbar zur Ansteuerung  
15 betroffener Magnetlager verwendet werden. Eine derartige Lösung verringert den Datenverkehr etwa einer Datenübertragungseinrichtung, wie etwa eines sämtliche Komponenten der Transportvorrichtung datentechnisch miteinander koppelndes Bussystem.

- 20 Nach einer weiteren Ausgestaltung weisen eine Anzahl der Magnetlager jeweils einen Elektromagnet und einen Abstandssensor umfassende Regelschleife zum berührungslosen Lagern des Trägers an der Basis auf. Die Regelschleife des Magnetlagers umfasst neben dem Abstandssensor typischerweise einen mit dem Abstandssensor gekoppelten Sollwertgeber, einen Regler sowie einen  
25 Verstärker. Über den Sollwertgeber kann dem Regler ein Istwert für den Abstand zwischen Basis und Träger bereitgestellt werden.

Der jeweils vorherrschende Abstand kann mittels des Abstandssensors erfasst und quantitativ gemessen werden. Ein entsprechendes Messsignal kann dann  
30 als Istwert mit dem Sollwert verglichen werden, damit der Elektromagnet zur Einhaltung eines vorgegebenen Abstandes mit entsprechenden elektrischen Signalen beaufschlagbar ist. Die Regelschleife kann bei einer digitalen Imple-

mentierung einer vorgegebenen Taktung, typischerweise im Bereich einiger Kilohertz unterliegen. Es sind aber auch analoge Implementierungen der Regelschleife denkbar, sodass die Regelschleife auf etwaige Abstandsänderungen jeweils weitreichend verzögerungsfrei reagieren kann. Mittels der aus Sensor, Sollwertgeber, Regler, Verstärker und Elektromagnet gebildete Regelschleife kann das Magnetlager als aktiv geregeltes Magnetlager ausgestaltet sein.

Insbesondere, wenn jedes der an der Basis angeordneten Magnetlager eine eigene Regelschleife aufweist, kann der Datentransfer zwischen etwa einer zentralen Steuerung und/oder einem sämtliche Magnetlager miteinander verbindenden Bussystem in vorteilhafter Weise reduziert werden.

Mittels der Regelschleife kann jedes der Magnetlager quasi autark, vergleichbar einer Aufhängungsfeder agieren und auf Abstandsveränderungen zwischen Träger und Basis reagieren. Die Abstandssensoren sind zur qualitativen und quantitativen Detektion und Bestimmung von Abständen in einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung, das heißt in einer x-y-Ebene ausgebildet. Für die seitliche Lagerung, das heißt für die Positionskontrolle des Trägers in Querrichtung (x) können an den gegenüberliegenden Außenseiten des Trägers zwei Elektromagnete an der Basis vorgesehen sein. Bei bidirektional wirkenden Magnetlagern, die z.B. einen zug- und druckkrafterzeugenden Lorenzaktor aufweisen können genügt auch eine einseitige Anordnung. Zur Kompensation der Gewichtskraft ist grundsätzlich das Bereitstellen einer Reihe von Elektromagneten, etwa oberhalb des Trägers vorzusehen. Typischerweise sind zur Kompensation der Gewichtskraft und zum schwebenden und berührungslosen Lagern des Trägers in einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung (z) jeweils zwei in Querrichtung (x) voneinander beabstandete, etwa am linken und rechten Außenrands des Trägers vorgesehene Magnetlager oberhalb des Trägers an der Basis angeordnet.

30

Nach einer weiteren Ausgestaltung weist Erfassungseinrichtung zumindest einen an einem der Magnetlager angeordneten Positionssensor oder Abstands-

sensor auf. Es ist dabei von Vorteil ferner vorgesehen, dass die Erfassungseinrichtung datentechnisch mit einer Datenübertragungseinrichtung, etwa mit einem Datenbussystem gekoppelt oder von einem derartigen System gebildet ist. Es ist dabei von Vorteil wenn der Erfassungseinrichtung mittels einer datentechnischen Kopplung, etwa mit dem Antrieb, die tatsächliche Geschwindigkeit des Trägers in Transportrichtung z.B. kontinuierlich bereitgestellt wird. Zur Positionsbestimmung des Träger genügt es dann, wenn lediglich ein erstes oder eines der ersten in Transportrichtung liegenden Magnetlager mit einem Positions- oder Abstandssensor versehen ist, mittels welchem das Passieren des Trägers am betreffenden Magnetlager detektierbar ist.

Nach einer weiteren Ausgestaltung weist die Erfassungseinrichtung mehrere berührungslose Positionssensoren auf, von denen jeweils zumindest einer an den Magnetlagern angeordnet sind, und welche zur Ermittlung einer Position des Trägers in Transportrichtung (z) relativ zu einem jeweiligen Magnetlager ausgebildet sind. Die Positionssensoren können im Vergleich zu den Abstandssensoren der Regelschleife der jeweiligen Magnetlager vergleichsweise simpel und kostengünstig ausgebildet sein. Während der Abstandssensor möglichst präzise einen Abstand in Wirkungsrichtung des Magnetlagers zu bestimmen hat, genügt es, wenn die Positionssensoren lediglich ein binäres Signal bereitstellen, welches Aufschluss darüber gibt, ob sich der Träger innerhalb oder außerhalb des vom Positionssensor erfassbaren Bereichs befindet. Der Positionssensor kann ähnlich einer Lichtschranke implementiert sein, sodass er lediglich der Bestimmung dient, ob sich der Träger zu einem vorgegebenen Zeitpunkt im Bereich des Magnetlagers befindet.

Die Positionssensoren können auf vielfältigste Weise implementiert sein. Denkbar sind optische Sensoren, kapazitive Sensoren als auch magnetische Sensoren, die beispielsweise den Hall-Effekt ausnutzen. Indem die Erfassungseinrichtung in Form beispielsweise eines an jedem Magnetlager angeordneten Positionssensors ausgebildet ist, wird ein Positionssensor-Array in Transportrichtung bereitgestellt, mittels welchem, insbesondere durch Vernetzung mehrerer Posi-

tionssensoren nicht nur die aktuelle Position des Trägers, sondern auch seine Geschwindigkeit ermittelbar ist. Die Anordnung der Positionssensoren unmittelbar an den Magnetlagern ist insoweit von Vorteil, als dass mit vergleichsweise einfach implementierten und kostengünstig realisierbaren Positionssensoren  
5 beispielsweise das Einfahren oder Ausfahren einer vorderen oder hinteren Begrenzung im oder aus dem Wirkungsbereich eines Magnetlagers präzise ermittelbar ist.

Nach einer weiteren Ausgestaltung sind an zumindest einem der Magnetlager,  
10 typischerweise an sämtlichen Magnetlagern ein Abstandssensor und zumindest ein Positionssensor angeordnet. Der Positionssensor kann dabei, bezogen auf die Transportrichtung, versetzt zum Abstandssensor angeordnet. Bezogen auf die Transportrichtung kann der Positionssensor dem Abstandssensor vorgelagert oder aber auch nachgelagert sein. Der betreffende Positionssensor kann  
15 auf diese Art und Weise eine vordere oder hintere Begrenzung des Trägers ermitteln, bevor diese entweder in den Wirkungsbereich des Magnetlagers oder außerhalb des Wirkungsbereichs des Magnetlagers gelangt. Auf diese Art und Weise kann die Position vorderer und/oder hinterer Begrenzungen des Trägers vorausschauend, das heißt vor Auftreten einer entsprechenden magnetischen  
20 Wechselwirkung mit dem betreffenden Magnetlager ermittelt werden.

Nach einer weiteren Ausgestaltung sind an zumindest einem der Magnetlager, typischerweise an sämtlichen Magnetlagern zwei Positionssensoren in Transportrichtung (z) beabstandet zueinander angeordnet. Der Abstandssensors des  
25 Magnetlagers befindet sich hierbei, bezogen auf die Transportrichtung zwischen den zwei Positionssensoren. Ein Positionssensor ist somit, bezogen auf die Transportrichtung, dem Abstandssensor vorgelagert, während der andere Positionssensor dem Abstandssensor nachgelagert ist.

30 Auf diese Art und Weise können vorwärts und rückwärts gerichtete Bewegungen in Transportrichtung des Trägers gleichermaßen, sozusagen spiegelsymmetrisch ermittelt werden. Das Bereitstellen zweier Positionssensoren ist insbe-

sondere dann von Vorteil, wenn die Transportvorrichtung für Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen des Trägers gegenüber der Basis ausgelegt ist. Dann nämlich wechseln vordere und hintere Begrenzungen des Trägers in Bezug auf die jeweilige Transportrichtung.

5

Nach einer weiteren Ausgestaltung kann aber auch der Abstandssensor eines Magnetlagers, welcher typischerweise in die Regelschleife des Magnetlagers eingebunden ist, als Erfassungseinheit fungieren und dementsprechend sowohl zur Detektion einer in Transportrichtung (z) vorn und/oder hinten liegenden geometrischen Begrenzung des Trägers als auch zur Bestimmung eines Abstandes (d) zwischen Träger und Basis in einer Ebene senkrecht zur Transportrichtung des Trägers, typischerweise in der x-y-Ebene, ausgebildet sein.

10

Der Abstandssensor, welcher typischerweise als magnetischer Sensor ausgebildet und auf der Ausnutzung des Hall-Effekts beruhen kann, ist grundsätzlich auch in der Lage, die Position des Trägers in Transportrichtung zu bestimmen, insbesondere das Vorbeifahren einer vorderen und/oder hinteren Begrenzung des Trägers am betreffenden Magnetlager zu detektieren.

15

Eine derartige Ausgestaltung erfordert unter Umständen zwei unterschiedliche Betriebsmodi des Abstandssensors. In einem ersten oder Grundmodus kann der Abstandssensor zur Positionsdetektion des Trägers ausgestaltet sein. Hat der Abstandssensor beispielsweise einen mit seiner vorderen Begrenzung in den Wirkungsbereich des Sensors bzw. des Magnetlagers einfahrenden Träger detektiert, kann er dies an die zentrale oder lokale Steuerung übermitteln, so dass diese das betreffende Magnetlager in vorgesehener Art und Weise ansteuert.

20

25

Mit oder vor einem Erreichen eines vollständig aktivierten Zustands kann der Abstandssensor dann in einen zweiten oder Abstandsmodus geschaltet werden, in welchem er den Abstand in Wirkrichtung des Magnetlagers quantitativ und präzise für die aktive Regelung des Magnetlagers bestimmt.

30

Nach einer Weiterbildung hiervon kann ferner vorgesehen sein, dass der Träger in einem unmittelbar angrenzend an eine vorn und/oder hinten liegende Begrenzung einen im Zuge des Transports des Trägers in den Wirkungsbereich des Magnetlagers gelangenden nicht unmagnetischen, d.h. nicht ferromagnetischen und nicht permanentmagnetischen, Abschnitt aufweist. Der Abschnitt ist insbesondere weitgehend wechselwirkungsfrei mit dem Magnetlager. Da die vordere und/oder hintere geometrische Begrenzung des Trägers vom Abstandssensor ermittelbar ist, kann eine derartige Positionserkennung des Anschaltens und/oder Abschaltens des betreffenden Magnetlagers triggern oder initiieren.

Wird das Magnetlager beispielsweise durch Detektion der vorderen Begrenzung beim Hineinfahren des Trägers in den Wirkungsbereich des Magnetlagers aktiviert, so hat jene Aktivierung zunächst keinen oder nur einen geringfügigen Einfluss auf den Träger, da lediglich der vorn liegende unmagnetische Abschnitt des Trägers in den Wirkungsbereich des Magnetlagers gelangt. Erst mit Fortschreiten der Vorwärtsbewegung des Trägers gelangt ein sich an den vorderen unmagnetischer Abschnitt angrenzender ferromagnetischer und/oder permanentmagnetischer Abschnitt sukzessive in den Wirkungsbereich des bereits vollständig aktivierten Magnetlagers, wodurch eine Halte-, Stütz- oder Lagerkraft für den Träger kontinuierlich und sukzessive aufbaubar ist.

Bei jener Ausgestaltung, bei welcher ein mit den Magnetlagern in Wirkverbindung tretender ferromagnetischer Bereich des Trägers nur einen Teilbereich der geometrischen Außenabmessung des Trägers in Transportrichtung ausfüllt, kann die selektive Ansteuerung einzelner Magnetlager auch instantan erfolgen, wobei die zeitlich Funktion zur Ansteuerung der Magnetlager beispielsweise eine Sprung- oder Deltafunktion darstellen kann.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist ferner denkbar, dass an zumindest einem der Magnetlager zumindest zwei in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete Abstandssensoren angeordnet sind, von denen zumindest einer als

Erfassungseinheit fungiert. Es ist hierbei denkbar, dass einer der Abstandssensoren permanent als Positionssensor fungiert, während der andere Abstandssensor zur quantitativen Messung des Abstandes zwischen Träger und Basis des Magnetlagers fungiert. Anstelle einer statischen Funktionszuweisung der beiden Abstandssensoren ist aber auch eine dynamische Zuweisung, insbesondere ein Funktionswechsel der zwei Abstandssensoren denkbar. Dies insbesondere dann, wenn das betreffende Magnetlager mit einem mittleren Bereich des Trägers wechselwirkt, welcher, bezogen auf die Transportrichtung zwischen, etwa mittig zwischen der vorderen und der hinteren Begrenzung des Trägers liegt.

Nach einem weiteren nebengeordneten Aspekt betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels einer zuvor beschriebenen Transportvorrichtung. Das Verfahren weist dabei die folgenden Schritte auf:

- Bewegen des Trägers in Transportrichtung entlang der Basis mittels des Antriebs
- Ermitteln einer Position des Trägers in Transportrichtung relativ zu den Magnetlagern mittels einer Erfassungseinrichtung sowie
- selektives Ansteuern zumindest eines mit dem Träger in magnetischer Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls erst zukünftig mit dem Träger in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers, jeweils in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers.

Das betreffende Verfahren ist mittels der zuvor beschriebenen Transportvorrichtung durchführbar. Insoweit gelten sämtliche zur Transportvorrichtung beschriebenen Merkmale und Vorteil auch in gleicher Art und Weise für das Verfahren; und umgekehrt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung hiervon wird das mit dem Träger in Wirkverbindung stehende oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger in Wirkverbindung tretende Magnetlager einer vorgegebenen zeitlichen Funktion folgend, zwischen einem aktivierten und deaktivierten Zustand angesteuert. Insoweit können durch die Positionsermittlung des Trägers in Transportrichtung die demnächst mit dem Träger in Wirkverbindung tretenden Magnetlager vorausschauend und bereits vorab einer vorgegebenen zeitlichen Funktion, etwa rampenartig und dementsprechend sanft angesteuert bzw. angeschaltet oder aktiviert werden. Eine Übergabe des Trägers an das dementsprechend sanft aktivierbare Magnetlager kann auf diese Art und Weise besonders präzise und weitreichend störungsfrei erfolgen.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird zumindest eines der Magnetlager zur Kompensation von während des Bewegens des Trägers in Transportrichtung entstehenden Abstandsschwankungen zwischen Träger und Basis selektiv angesteuert. Die Art der konkreten Ansteuerung kann empirisch, beispielsweise durch Kalibrieren ermittelt werden. Geeignete zeitliche Funktionen zur Ansteuerung zum Deaktivieren oder Aktivieren einzelner Magnetlager können beispielsweise in Form von Lock-up-Tables in der Steuerung hinterlegt sein.

Anstelle einer zeitlichen Funktion kann auch eine Ortsfunktion hinterlegt sein, sodass die Ansteuerung und dementsprechend die Aktivierung oder Deaktivierung des Magnetlager quantitativ in Abhängigkeit der jeweils vorherrschenden Position des Trägers in Transportrichtung erfolgt. In Kenntnis der Geschwindigkeit des Trägers kann ein etwa im Speicher der Steuerung hinterlegte zeitliche Funktion auch jederzeit in eine Ortsfunktion und umgekehrt transferiert werden. Ferner ist denkbar, dass die Aktivierung oder Deaktivierung einzelner Magnetlager transportgeschwindigkeitsabhängig erfolgt.

Nach einer weiteren Ausgestaltung ist ferner vorgesehen, dass während der Bewegung des Trägers entlang der Basis jeweils zumindest eines der Magnet-

- lager selektiv angesteuert wird. Das angesteuerte Magnetlager tritt dabei, bezogen auf die Transportrichtung, mit einer vorderen Begrenzung und/oder mit einer hinteren Begrenzung des Trägers in Wirkverbindung oder tritt innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls erst zukünftig mit der entsprechenden Begrenzung des Trägers in Wirkverbindung. Auf diese Art und Weise kann eine vorausschauende Aktivierung oder Deaktivierung eines oder mehrerer Magnetlager herbeigeführt werden, die ein weitreichend störungsfreies translatorisches Bewegen des Trägers entlang der Basis ermöglichen.
- 5
- 10 Es versteht sich hierbei von selbst, dass bei vorsehen von z.B. zwei in Quer- richtung (x) voneinander beabstandeten Magnetlagern jeweils zwei, etwa mit einer linken und einer rechten Seite des Trägers wechselwirkende Magnetlager synchron aktivierbar oder deaktivierbar sind.
- 15 In einem weiteren Aspekt ist schließlich ein Computerprogramm zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels einer zuvor beschriebenen Trans- portvorrichtung vorgesehen. Das Computerprogramm weist dabei Programm- mittel zum Bewegen des Trägers in Transportrichtung entlang der Basis, Pro- grammittel zum Ermitteln einer Position des Trägers in Transportrichtung rela- tiv zu den Magnetlagern und Programmittel zum selektiven Ansteuern zumin- dest eines mit dem Träger in magnetischer Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers auf.
- 20
- 25 Das Computerprogramm ist insbesondere in der Steuerung implementierbar, welche mit der Erfassungseinrichtung zur Positionsermittlung des Trägers in Transportrichtung gekoppelt ist. Die Steuerung kann dabei global, aber auch mehrfach und dezentral an der Transportvorrichtung oder an jedem der Mag- netlager angeordnet sein. Das Computerprogramm dient insbesondere der computergestützten Umsetzung des beschriebenen Verfahrens zum Bewegen und/oder Positionen von Objekten sowie dem Betrieb der zuvor beschriebenen
- 30

Transportvorrichtung. Sämtliche in Bezug auf die vorbeschriebene Transportvorrichtung und das Verfahren zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten genannten Merkmale, Vorteile und Eigenschaften gelten gleichermaßen auch für das genannte Computerprogramm; und umgekehrt.

5

Kurzbeschreibung der Figuren

Weitere Ziele, Merkmale sowie vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen erläutert.

10  
Hierbei zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch eine Transportvorrichtung in der Ebene senkrecht zur Transportrichtung;

15  
Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Magnetlagers mit einem Regelkreis,

Fig. 3 eine schematische Draufsicht auf die Transportvorrichtung von oben betrachtet,

20

Fig. 4 eine vereinfachte schematische Darstellung des Trägers von oben betrachtet,

Fig. 5 eine weitere Ausgestaltung des Trägers von oben betrachtet,

25

Fig. 6a bis 6f eine schematische Darstellung mehrerer in Transportrichtung voneinander beabstandeter Magnetlager in einer zeitlichen Sequenz mit in Transportrichtung bewegten Träger,

30  
Fig. 7a bis 7f eine alternative Ausgestaltung einzelner Magnetlager in einer der Fig. 6 vergleichbaren Darstellung,

Fig. 8a bis 8e eine weitere Ausgestaltung einzelner Magnetlager in einer Darstellung gemäß der Fig. 6 und 7,

5 Fig. 9a bis 9e eine weitere Ausgestaltung eines Magnetlagers sowie eine modifizierte Trägerausgestaltung in einer sequenzartigen Darstellung zur Illustration der Trägerbewegung in Transportrichtung,

10 Fig. 10 ein schematisches Flussdiagramm des Verfahrens zum Bewegen und Positionieren des Trägers entlang der Basis und

Fig. 11 eine vereinfachte schematische Darstellung einer zeitlichen Funktion zur Ansteuerung eines ausgewählten Magnetlagers.

#### 15 Detaillierte Beschreibung

Die in den Fig. 1 und 3 schematisch dargestellte Transportvorrichtung 10 weist eine stationäre Basis 12 auf, an der mehrere, entlang einer Transportrichtung 11 (z) verteilt und beabstandet zueinander angeordnete Magnetlager 24, 26, 28, 29 angeordnet sind. Die Magnetlager 24, 26, 28, 29 weisen jeweils einen 20 Elektromagnet 62 und einen Kern 63 auf, wie dies in der vergrößerten schematischen Darstellung gemäß Fig. 2 am Beispiel des Magnetlagers 24 gezeigt ist. Die Elektromagnete 62 sind jeweils an der stationären Basis 12 angeordnet, damit die im Betrieb der einzelnen Magnetlager 24, 26, 28, 29 entstehende Abwärme auch unter Vakuumbedingungen kontrolliert abgeführt werden kann.

25 An der Basis 12 ist ein Träger 30 mittels der Magnetlager 24, 26, 28, 29 berührungslos gelagert. Der Träger 30 dient der Aufnahme und Befestigung eines Objekts 80, welches, wie in Fig. 1 dargestellt, als Substrat ausgestaltet sein kann. Der Träger 30 kann insoweit als Substratträger ausgebildet sein oder einen Substratträger, beispielsweise einen elektrostatischen Substratträger aufnehmen oder halten.

30

In der Ausgestaltung gemäß Fig. 1 ist eine Substratbehandlung von unten vorgesehen. Es ist aber auch gleichermaßen denkbar, zu behandelnde Objekte 80 an der Oberseite des Trägers 30 anzuordnen. Die Magnetlager 24, 26 wären dann in die in der Darstellung der Fig. 1 links und rechts liegenden Randbereiche des Trägers 30 zu verlagern und die Basis 12 würde zwischen den Magnetlagern 24, 26 einen entsprechenden Freiraum bereitstellen.

Zum Bewegen und zum Transportieren des Trägers 30 in Transportrichtung 11 ist an der Basis ein Antrieb 18 angeordnet. Der Antrieb 18 kann insbesondere als Linearmotor ausgestaltet sein, wobei auch hier die Spulen des Linearmotors 18 an der Basis 12 angeordnet sind. Der Linearmotor 18 kann ferner mit einer räumlichen Codierung 19 in Transportrichtung 11 versehen sein, sodass über die Wechselwirkung des Linearmotors 18 mit einem entsprechenden Gegenstück, etwa in Form einer am Träger 30 angeordneten Magnetschiene 20 Positionsinformationen in Transportrichtung (z) mittels des Antriebs 18 bestimmbar sind.

Den jeweiligen Magnetlagern 24, 26, 28, 29 zugeordnet, befinden sich am Träger 30 entsprechende, sich in Transportrichtung (z) erstreckende ferromagnetische Lagerabschnitte 34, 36, 38, 39. Mittels der ferromagnetischen Lagerabschnitte, die beispielsweise als ferromagnetische Schiene ausgestaltet sein können, tritt der Träger 30 mit den einzelnen Magnetlagern 24, 26, 28, 29 in magnetische Wirkverbindung. Wie bereits erwähnt sind für die seitliche Lagerung des Trägers 30 auch denkbar, lediglich an einer Seite eine Reihe bidirektional wirkender Lorenzaktoren vorzusehen, sodass lediglich an der in Fig. 1 linken oder rechten Außenseite des Trägers 30 eine Reihe von in Transportrichtung voneinander beabstandeter Magnetlager 28 oder 29 vorzusehen sind.

Jedes der Magnetlager 24, 26, 28, 29 weist eine in Fig. 2 separat am Beispiel des Magnetlagers 24 dargestellte Regelschleife 60 auf. Die Regelschleife 60 umfasst einen Elektromagnet 62 mit einer mit einem Kern 63 versehenen elektrisch betätigbare Spule 64. Insbesondere für die Lagerung in Querrichtung

(x) können auch kernfreie Spulen, d.h. Spulen ohne ferromagnetischen kern vorgesehen werden. Durch Beaufschlagung der Spule 64 mit elektrischem Strom ist ein mit dem ferromagnetischen Lagerabschnitt 34 des Trägers 30 in Wechselwirkung tretendes Magnetfeld erzeugbar. Die Regelschleife 60 weist  
5 ferner einen Abstandssensor 61 auf, welcher zum berührungslosen Messen eines Abstandes zum ferromagnetischen Lagerabschnitt 34 ausgebildet ist.

Mit anderen Worten ist mittels des Abstandssensors 61 der Abstand  $d$  zwischen der Basis 12 und dem Träger 30 in Wirkrichtung des betreffenden Magnetlagers  
10 24 ermittelbar. Der Abstandssensor 61 kann beispielsweise als Magnetsensor ausgestaltet sein und eine präzise und quantitative Abstandsermittlung unter Ausnutzung des Hall-Effekts bereitstellen. Das vom Abstandssensor 61 ermittelbare Signal wird einem Sollwertgeber 68 und einem Regler 67 zugeführt. Der Sollwertgeber 68 kann einen Abstandssollwert vorgeben. Im Regler 67 kann  
15 jeder Sollwert mit dem über den Abstandssensor 61 ermittelten Istwert verglichen werden.

Der Regler 67 bestimmt aus dem Vergleich von Sollwert und Istwert ein Steuersignal, welches über einen Verstärker 66 der Spule 64 zuführbar ist. Die typischerweise digital oder analog implementierte Regelschleife 60 ermöglicht so-  
20 mit ein schwebendes Halten bzw. ein schwebendes und berührungsloses Aufhängen des Trägers 30 an der Basis 12.

Die gegenüberliegenden, etwa links und rechts, in x- oder Querrichtung voneinander beabstandeten Magnetlager 28, 29 sind gleichermaßen wie auch die  
25 oberhalb des Trägers 30 angeordneten Magnetlager 24, 26 im Sinne der Erfindung selektiv ansteuerbar. Der Einfachheit halber wird zu Illustrationszwecken nachfolgend lediglich auf die die Gewichtskraft des Trägers 30 kompensierenden Magnetlager 24, 26 Bezug genommen.

30

In der Darstellung gemäß der Fig. 3 ist die Basis 12 symbolisch durch zwei Führungsabschnitte 14, 16 dargestellt, an denen mehrere, in Transportrichtung 11

voneinander regelmäßig, bzw. äquidistant beabstandete Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g sowie an dem Führungsabschnitt 16 entsprechende Magnetlager 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f, 26g angeordnet sind. Eine ähnliche Konfiguration und Anordnung mehrerer Magnetlager ist auch für die seitlichen  
5 Magnetlager 28, 29 vorgesehen. Diese können in entsprechender Art und Weise, wie auch die Magnetlager 24, 26 ansteuerbar sein.

In der Darstellung gemäß der Fig. 3 ist eine Erfassungseinrichtung 42 vorgesehen, mittels derer die aktuelle Position des Trägers 30 in Bezug auf die Transportrichtung 11 (z) und in Relation zu den einzelnen Magnetlagern 24a, 24b,  
10 24c, 24d, 24e, 24f, 24g sowie 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f, 26g bestimmbar ist. Des Weiteren weist die in Fig. 3 dargestellte Transportvorrichtung 10 eine zentrale Steuerung 50 auf, die mit sämtlichen Magnetlagern 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f, 26g des in Transportrichtung 11 betrachteten rechts liegenden Führungsabschnitts 16 als auch mit sämtlichen Magnetlagern 24a, 24b, 24c, 24d,  
15 24e, 24f, 24g des in Transportrichtung 11 betrachtet links liegenden Führungsabschnitts 14 gekoppelt ist.

Die zentrale Steuerung 50 kann einzelne Magnetlager, vorliegend zum Beispiel  
20 die Magnetlager 24a, 24d sowie die Magnetlager 26a, 26d selektiv ansteuern, um einen Einfahr- oder Ausfahrvorgang des Trägers 30 bezüglich der genannten Magnetlager 24a, 24d, 26a, 26d möglichst störungsfrei zu gestalten. Sämtliche Magnetlager 24, 26 können über eine Datenübertragungseinrichtung 43, welche beispielsweise als Kommunikationsbus oder Datenbus ausgestaltet sein  
25 kann, miteinander vernetzt sein. Die Datenübertragungseinrichtung 43 kann ferner mit den einzelnen Antriebseinheiten 18a, 18b, 18c, 18d sowie mit den dort jeweils vorgesehenen räumlichen Codierabschnitte 19a, 19b, 19c, 19d gekoppelt sein.

30 Auf diese Art und Weise kann über die Datenübertragungseinrichtung 43 und durch die Kopplung mit den Antriebseinheiten 18a, 18b, 18c, 18d bzw. durch Kopplung mit dem von den einzelnen Antriebseinheiten gebildeten Antrieb 18

eine Positionsinformation des Trägers 30 in Transportrichtung 11 bestimmt werden. Durch die Kopplung mit dem Antrieb 18 kann ferner eine Transportgeschwindigkeit des Trägers 30 ermittelt werden, welche zum selektiven Ansteuern, insbesondere zum selektiven Aktivieren und Deaktivieren einzelner Magnetlager 24a, 24d, 26a, 26d verwendbar ist.

Anstelle oder ergänzend zur zentralen Steuerung 50, welche beispielsweise durch Kopplung mit dem Sollwertgeber 68 die Regelschleife 60 beliebig kontrollieren kann, können auch mehrere dezentrale Steuerungen 51 vorgesehen sein, die entweder in gleicher Art und Weise mit dem Sollwertgeber 68 zusammenwirken oder die beispielsweise in den Regler 67 eingreifen oder, wie in Fig. 1 angedeutet, das Ausgangssignal des Reglers 67 zum kompletten Aktivieren oder Deaktivieren bzw. zum Abschwächen der vom Elektromagnet ausgehenden Kraft 62 ausgebildet sind. In gleicher Art und Weise kann auch die zentrale Steuerung 50 Einfluss auf die Ausgangssignale des Reglers 67 nehmen.

Bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 3 ist das Bereitstellen gesonderter Erfassungseinrichtungen an den einzelnen Magnetlagern 24, 26, 28, 29 nicht grundsätzlich erforderlich. Die für die selektive Aktivierung oder Deaktivierung einzelner Magnetlager erforderlichen Informationen, insbesondere die Position des Trägers 30 in Transportrichtung (z) sowie die Geschwindigkeit des Trägers 30 in Transportrichtung (z) können sämtlichst durch die datentechnische Kopplung mit der Datenübertragungseinrichtung 43, typischerweise mit einem Datenbus ermittelt und entweder der zentralen Steuerung 50 oder mehreren dezentralen Steuerungen 51 zur Verfügung gestellt werden.

In den Fig. 6 bis 8 sind verschiedene Ausgestaltungen der Erfassungseinrichtung 40, 44, 46, 48 dargestellt, wobei jedes der Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f mit zumindest zwei Sensoren bestückt ist. Am Beispiel der Fig. 6a ist exemplarisch für sämtliche Fig. 6a bis 8e der Elektromagnet 62, der zuvor beschriebene Abstandssensor 61 und ein ergänzender Positionssensor 71 gezeigt. Beim Magnetlager 24a, welches, wie sämtliche übrigen Magnetlager 24b,

24c, 24d, 24e, 24f, 24g mit einer eigenen Steuerung 51 versehen, die einerseits mit der Regelschleife 60 und andererseits mit dem zusätzlichen Positionssensor 71 gekoppelt ist. Die Erfassungseinrichtung 40 zur Bestimmung der Position des Trägers 30 in der nach rechts weisenden Transportrichtung z ist von einem  
5 einzelnen oder von mehreren Positionssensoren 71 der Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g gebildet.

Eine in schwarz oder vollständig ausgefüllt dargestellte Komponente, Elektromagnet 62, Positionssensor 71 und Abstandssensor 61 des Magnetlagers 24b  
10 in Fig. 6a symbolisiert, dass die betreffende Komponente vollständig aktiviert ist, während eine nicht ausgefüllte Komponenten ein deaktiviertes Magnetlager oder einen Sensor darstellt, welcher in der momentanen Situation kein Signal erzeugt. Eine schraffiert dargestellte Komponente befindet sich zwischen dem aktivierten und deaktivierten Zustand, folglich in einem Zwischenzustand. Aus  
15 der Abfolge der Fig. 6a bis 6f ist erkennbar, dass der Träger 30 kontinuierlich von links nach rechts in Transportrichtung (z) bewegt wird.

Der Positionssensor 71, welcher vorliegend als Kanten- oder geometrischer Begrenzungsdetektor des Trägers ausgestaltet ist, kann in einfachster Ausge-  
20 staltung lediglich erkennen, ob sich unterhalb des betreffenden Magnetlagers 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g gerade ein Träger 30 befindet. In der Ausgestaltung der Erfassungseinrichtung 40 gemäß der Fig. 6a bis 6f sind sämtliche Positionssensoren 71 entgegen der Transportrichtung (z) vom jeweiligen Abstandssensor 61 des betreffenden Magnetlagers 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f,  
25 24g beabstandet angeordnet.

Auf diese Art und Weise kann, wie in Fig. 6a verdeutlicht, der Positionssensor 71 des Magnetlagers 24f eine vordere Begrenzung 31 des Trägers 30 bereits dann detektieren, bevor sich der Träger 30 überhaupt im Wirkungsbereich des  
30 Magnetlagers 24f befindet. Gelangt der Träger 30, wie in Fig. 6c gezeigt, nun in den Wirkungsbereich des Magnetlagers 24f, so kann dieses selektiv mittels der Steuerung 50 oder 51 aktiviert werden. Ein teilaktivierter Zustand des Elektro-

magneten 62 des Magnetlagers 24f ist in Fig. 6c durch eine Schraffur verdeutlicht.

Das betreffende Magnetlager 24f wird hinsichtlich seiner magnetischen Wirkungsweise und entsprechend der Dynamik und der Bewegung des Trägers 30 in Transportrichtung (z) vergleichsweise langsam und kontinuierlich hinzugeschaltet. Auf diese Art und Weise kann eine schlagartige Wechselwirkung zwischen Träger 30 und vorgelagertem Magnetlager 24f vermieden oder zumindest weitgehend unterdrückt werden. Ein ähnliches Szenario ergibt sich nachfolgend in Fig. 6d, wenn nämlich die in Transportrichtung (z) hinten liegende Begrenzung 32 am Positionssensor 71 des Magnetlagers 24b vorbeifährt.

Obwohl sich jener hintere Bereich des Trägers 30 noch im vollen Wirkungsbereich des Magnetlagers 24b befindet, erweist es sich zur Vermeidung von Störungen als vorteilhaft, das betreffende Magnetlager 24b frühzeitig vom aktivierten Zustand (A) in den deaktivierten Zustand (B), wie in Fig. 6e gezeigt, zu überführen. In Fig. 6d ist wiederum ein Zwischenzustand des betreffenden Elektromagneten 62 dargestellt. Die Fig. 6f entspricht der Fig. 6a, wobei sich das gesamte Prozedere mit den benachbart in Bewegungsrichtung (z) liegenden Magnetlagern 24g und 24c wiederholt.

In der in den Fig. 7a bis f gezeigten Ausgestaltung sind an jedem der Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 24g jeweils zwei Positionssensoren 71 angeordnet, die in zwei entgegengesetzten Bewegungsrichtungen jeweils vom Abstandssensor 61 beabstandet sind. Vorliegend befindet sich der Abstandssensor 61, bezogen auf die Bewegungsrichtung (z) in etwa mittig zwischen den beiden randseitig in Bewegungsrichtung an dem Magnetlager 24 vorgesehenen Positionssensoren 71.

Die Wirkungsweise ist hierbei quasi identisch zu der unter Bezugnahme auf die Fig. 6a bis 6f geschilderten Ausgestaltung. Der in Bewegungsrichtung jeweils vorn liegende Positionssensor 71 der Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f,

24g ist hierbei nur von untergeordneter Bedeutung für das selektive Ansteuern einzelner Magnetlager 24. Die beidseitige Anordnung zweier Positionssensoren 71 ermöglicht jedoch die Implementierung einer gleichartigen Steuerung in beiden Bewegungsrichtungen, von links nach rechts als auch von rechts nach  
5 links.

Des Weiteren kann durch Verwendung mehrerer Positionssensoren 71 pro Magnetlager 24 auch an jedem Magnetlager 24 separat die Geschwindigkeit des Trägers 30 ermittelt werden.

10

Das Ausführungsbeispiel einer Erfassungseinrichtung 46 gemäß der Fig. 8a bis 8e sieht vor, dass jedes der Magnetlager 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f zwei Abstandssensoren 61 aufweist, die jeweils dazu in der Lage sind, den Abstand, bezogen auf die Wirkrichtung des jeweiligen Elektromagneten 62 zwischen  
15 Träger 30 und Magnetlager 24 bzw. Basis 12 zu ermitteln.

20

Bei der in der Sequenz der Fig. 8a bis 8e dargestellten Sequenz fungiert der in Transportrichtung (z) hinten liegende oder der Transportrichtung (z) entgegengesetzt am Magnetlager 24f in Fig. 8a angeordnete Abstandssensor 61 sozusagen als Positionssensor zur bloßen Detektion der Position des Trägers 30 in Bezug auf die Transportrichtung (z), während der andere, das heißt der in Transportrichtung vorgelagerte er vorn liegende Abstandssensor 61, welcher in Fig. 8a am Magnetlager 24f noch nicht aktiv ist, als eigentlicher Abstandssensor für die Regelschleife 60 fungiert. In regelungstechnischer Hinsicht kann der zu-  
25 mindest eine Abstandssensors in der Wirkmitte oder möglichst nahe der Wirkmitte des Elektromagneten 62 des jeweiligen Magnetlagers 24, 26, 28, 29, angeordnet sein, wodurch ein hoher Grad an Kolokation der Sensors mit dem jeweiligen Elektromagnet erreicht werden kann.

30

Ähnlich wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 6c erläutert, kann nach einer Detektion des Trägers 30 mittels des in Fig. 8b bereits aktiven Abstandssensors 61 des Magnetlagers 24f der betreffende Elektromagnet 62 des Magnetlagers

24f der vorgegebenen zeitlichen Funktion folgend, aktiviert werden, bevor er in Fig. 8c vollständig aktiviert ist. Mit vollständiger Aktivierung ist dann auch der für die Abstandsregelung zuständige und in Transportrichtung 11 vorn liegende weitere Abstandssensor 61, wie in Fig. 8c gezeigt, aktiv, sodass eine Abstandsregelung mittels der Regelschleife 60 durchführbar ist.

Bei jenem Ausführungsbeispiel kann etwa zur Richtungsänderung des Transports des Trägers 30 die Funktion der beiden Abstandssensoren 61 eines jeden Magnetlagers 24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f vertauscht werden.

In der Ausgestaltung gemäß Fig. 9 ist lediglich ein einziger Abstandssensor 61 vorgesehen, der jedoch gleichermaßen als Erfassungseinrichtung 48 fungiert. Der Abstandssensor 61 der dort dargestellten Magnetlager 24 ist hierbei sowohl zur Positionsbestimmung des Trägers 30 in Transportrichtung (z) als auch zur Abstandsbestimmung und Abstandsregelung mittels der Regelschleife 60 universell verwendbar.

Während für die in den Fig. 6a bis 8e gezeigten Ausführungsformen ein in Fig. 4 schematisch dargestellter Träger 30 mit zwei ferromagnetischen und/oder permanentmagnetischen Lagerabschnitten 34, 36 vorgesehen ist, die sich, bezogen auf die Transportrichtung (z) über die gesamte geometrische Ausdehnung des Trägers 30 in Transportrichtung (z) erstrecken, ist für die Implementierung des Ausführungsbeispiels gemäß der Fig. 9a bis 9e ein modifizierter Träger 30 vorgesehen, der zwar ebenfalls ferromagnetische oder permanentmagnetische Lagerabschnitte 34, 36 aufweist. Jene Lagerabschnitte 34, 36 ragen jedoch nicht an die vordere oder hintere Begrenzung 31, 32 des Trägers 30 heran. Angrenzend an die vordere und/oder hintere Begrenzung 31, 32 des Trägers 30 ist jeweils ein paramagnetischer bzw. nicht ferromagnetischer und nicht permanentmagnetischer Abschnitt 37 vorgesehen. Die in Transportrichtung (z) gegenüberliegenden Begrenzungen 35 des ferromagnetischen oder permanentmagnetischen Lagerabschnitts 34, 36 sind um die Ausdehnung der

nicht ferromagnetischen und nicht permanentmagnetischen Abschnitte 37 versetzt zu den geometrischen Begrenzungen 31, 32 des Trägers.

Der Abstandssensor 61 kann jedoch zur Detektion der Geometrie, mithin der  
5 Detektion der vorderen und hinteren Begrenzung 31, 32 des Trägers ausgestal-  
tet sein, wie dies in der Konfiguration gemäß Fig. 9b anhand des Magnetlagers  
24f verdeutlicht ist. Die über den Abstandssensor 61 ermittelte Position des  
Trägers 30 kann hierbei instantan zur vollständigen Aktivierung des betreffen-  
den Magnetlagers 24f verwendet werden. Die vollständige Aktivierung des  
10 Magnetlagers 24f hat jedoch aufgrund der ferromagnetischen bzw. permanent-  
magnetisch verkürzt ausgestalteten Lagerabschnitte 34, 36 des Trägers 30  
noch keinerlei oder nur geringfügige Auswirkung auf den Träger 30.

Erst mit fortschreitender Bewegung des Trägers 30 in Transportrichtung (z) ge-  
15 langt der ferromagnetische Lagerabschnitt 34 mit dem Magnetlager 24f sukzes-  
sive in Wirkverbindung. Durch die nur bereichsweise räumliche Überdeckung  
und das sukzessive Hineingleiten des ferromagnetischen Lagerabschnitts 34 in  
den Wirkungsbereich des bereits aktivierten Magnetlagers 24f und gleicherma-  
ßen auch des ferromagnetischen Lagerabschnitts 36 in den Wirkungsbereich  
20 des dementsprechend aktivieren Magnetlagers 26f nimmt die auf den Träger 30  
einwirkende und vom Magnetlager 24f, 26f ausgehende Kraft, etwa vergleich-  
bar der zeitlichen Funktion F zu.

Ein entsprechendes Szenario ergibt sich auch beim Ausfahren und Außer-  
25 Eingriff-Gelangen etwa der hinteren Begrenzung 35 des ferromagnetischen La-  
gerabschnitts 34 aus dem Wirkungsbereich des Magnetlagers 24b, wie dies in  
den Fig. 9c und 9d dargestellt ist. Durch Vorsehen eines nicht ferromagneti-  
schen oder nicht permanentmagnetischen Materials im ansonsten geometrisch,  
aber identisch zu den ferromagnetischen Lagerabschnitten 34, 36 ausgestalte-  
30 ten Abschnitt 37 wird dem Abstandssensor 61 des Magnetlagers 24b in Fig. 9d  
nach wie vor suggeriert, dass sich der Träger 30 im Wirkungsbereich des be-  
treffenden Magnetlagers 24 befindet.

Tatsächlich aber hat das Magnetlager 24b in der Konfiguration gemäß Fig. 9b nur noch einen geringen oder gar keinen Einfluss mehr auf den Träger 30. Bei Verlust des Abstandssignals, wie in Fig. 9e dargestellt, hat ein entsprechend  
5 gegensteuerndes Regeln des Elektromagneten 62 des Magnetlagers 24b keinerlei störenden Einfluss mehr auf die Bewegung des Trägers 30.

Mittels einer in Fig. 9 dargestellten Ausführungsform der Transportvorrichtung ist ferner eine weitere Ausgestaltung der Erfassungseinrichtung 49 implemen-  
10 tierbar. Die Erfassungseinrichtung 49 ist von Vorteil mit einer in Fig. 3 angedeuteten Datenübertragungseinrichtung 43 gekoppelt, über welche die Geschwindigkeit des Trägers 30 in Transportrichtung 11 z.B. kontinuierlich bereitstellbar ist. Aus der Detektion z.B. eines Abstandssensors 61 zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  und in Kenntnis der Geschwindigkeit kann die Erfassungseinrichtung 49  
15 stets die momentane Position des Trägers 30 relativ zu den einzelnen Magnetlagern 24a, 24b, 24c, 24d, 24 e, 24f, 24g berechnen. Die Erfassungseinrichtung 49 kann z.B. in die zentrale Steuerung 50 integriert sein.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass eine Positionsdetektion in Transportrichtung 11 und/oder eine Abstandsmessung in einer Ebene (x, y) senkrecht zur  
20 Transportrichtung 11 ausschließlich oder ergänzend zu den Abstandssensoren 61 oder Positionssensoren 71 auch mittels einer Leistungsaufnahme, bzw. aus den Strom- und Spannungssignalen eines oder mehrerer Elektromagnete 62 eines oder mehrerer Magnetlager 24, 26, 28, 29 bereitstellbar ist.

In Fig. 10 ist lediglich schematisch ein Blockschaltbild zur Durchführung des Verfahrens zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten 80 mittels der Transportvorrichtung 10 dargestellt. In einem ersten Schritt 100 wird der Träger 30 mittels des Antriebs 18 entlang der vorgegebenen Transportrichtung (z) be-  
30 wegt. Währenddessen wird die Position des Trägers 30 im Schritt 102 permanent mittels einer oder mehreren Erfassungseinrichtungen 40, 42, 44, 46, 48 ermittelt. Die ermittelte Position des Trägers in Bezug auf die Transportrichtung

(z), ggf. gepaart mit einer ebenfalls ermittelten Geschwindigkeit des Trägers 30 kann alsdann in einem nachfolgenden Schritt 104 zum selektiven Ansteuern ausgewählter Magnetlager verwendet werden. Die Regelschleife der Schritte 102 und 104 wird alsdann erneut durchlaufen.

5

Das selektive Ansteuern, insbesondere ein Aktivieren oder Deaktivieren eines ausgewählten Magnetlagers 24, 26, 28, 29 kann beispielsweise mittels einer zeitlichen Funktion  $F_t$ , wie schematisch in Fig. 11 dargestellt, erfolgen. Das Diagramm gemäß Fig. 11 zeigt eine lineare Funktion  $F$  zwischen einer elektrischen Leistungsaufnahme  $P$  des betreffenden Elektromagneten 62 eines Magnetlagers 24, 26, 28, 29 in Abhängigkeit von der Zeit ( $t$ ) oder von der aktuellen Position des Trägers 30 in Transportrichtung ( $z$ ). Die Steigung der Zeitfunktion  $F_t$  kann in Abhängigkeit der ermittelten oder bereitgestellten Geschwindigkeit des Trägers 30 variieren. Es ist dabei insbesondere vorgesehen, bei z.B. bekannter Geschwindigkeit des Trägers das Magnetlager 24, 26, 28, 29 entsprechend der Zeitfunktion  $F_t$  anzusteuern sobald mittels eines Positionssensors 71 ermittelt wurde, dass der Träger 30 in den Wirkungsbereich des betreffenden Magnetlagers 24, 26, 28, 29 gelangt oder demnächst in den Wirkungsbereich gelangt.

10  
15  
20

Alternativ zur Zeitfunktion ist denkbar, die betreffenden Magnetlager 24, 26, 28, 29 entsprechen einer Ortsfunktion  $F_z$  anzusteuern. Die Ortsfunktion  $F_z$  stellt eine Zuordnung zwischen Steuersignal für den jeweiligen Elektromagnet 62 in Abhängigkeit von der ermittelten Ist-Position des Trägers 30 relativ zum betreffenden Magnetlager 24, 26, 28, 29 bereit.

25

In einem deaktivierten Zustand (D) kann die Leistungsaufnahme des Elektromagneten 62 nahe null sein. Wird beispielsweise das Einfahren eines Trägers 30 in das Magnetlager 24, 26, 28, 29 im Voraus detektiert, kann der Elektromagnet 62 der in Fig. 11 etwa linear ansteigenden Funktion folgend, langsam über die Zeit in den aktivierten Zustand (A) überführt werden. Eine entsprechende entgegengesetzte Ansteuerung des Elektromagneten 62 ist beim Aus-

30

fahren des Trägers 30 aus dem Wirkungsbereich des betreffenden Magnetlagers 24, 26, 28, 29 umsetzbar. Hierbei ist es insbesondere von Vorteil, wenn der deaktivierte Zustand (D) vor einem Verlust des vom Abstandssensor 61 bereitgestellten Abstandssignals erreicht wird.

## Bezugszeichenliste

-----

	10	Transportvorrichtung
5	11	Transportrichtung
	12	Basis
	14	Führungsabschnitt
	16	Führungsabschnitt
	18	Antrieb
10	18a, b, c, d	Antriebseinheit
	19	Codierung
	19a, b, c, d	Codierabschnitte
	20	Magnetschiene
	24	Magnetlager
15	26	Magnetlager
	28	Magnetlager
	29	Magnetlager
	30	Träger
	31	Begrenzung
20	32	Begrenzung
	34	Lagerabschnitt
	35	Begrenzung
	36	Lagerabschnitt
	37	Abschnitt
25	38	Lagerabschnitt
	39	Lagerabschnitt
	40	Erfassungseinrichtung
	42	Erfassungseinrichtung
	43	Datenübertragungseinrichtung
30	44	Erfassungseinrichtung
	46	Erfassungseinrichtung
	48	Erfassungseinrichtung

	49	Erfassungseinrichtung
	50	Steuerung
	51	Steuerung
	60	Regelschleife
5	61	Abstandssensor
	62	Elektromagnet
	63	Kern
	64	Spule
	66	Verstärker
10	67	Regler
	68	Sollwertgeber
	71	Positionssensor
	80	Objekts

## P a t e n t a n s p r ü c h e

-----

1. Transportvorrichtung zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten, mit:
- 5
- einer sich entlang einer Transportrichtung (z) erstreckenden Basis (12), an welcher mehrere in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete aktiv geregelte Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 10 29) angeordnet sind,
  - einem an der Basis (12) mittels zumindest einiger Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) berührungslos gelagerten und mittels zumindest eines Antriebs (18) in Transportrichtung (z) relativ zur 15 Basis (12) beweglichen Träger (30), an welchem zumindest ein Objekt (80) anordenbar ist,
  - zumindest einer Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48, 49) zur Ermittlung einer Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) 20 relativ zu den Magnetlagern (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) und
  - eine mit der Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48, 49) gekoppelten Steuerung (50, 51) zur selektiven Ansteuerung zumindest 25 eines mit dem Träger (30) in magnetischen Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger (30) in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers (30).
- 30 2. Transportvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (50, 51) dazu ausgebildet ist, zumindest ein Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) einer vorgegebenen zeitlichen Funktion (Ft) oder Ortsfunktion (Fz)

folgend zwischen einem aktivierten Zustand (A) und einem deaktivierten Zustand (D) selektiv anzusteuern.

3. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
5 die Steuerung (50, 51) dazu ausgebildet ist, zumindest ein Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) über ein vorgegebenes Zeitintervall von einem deaktivierten Zustand (D) kontinuierlich in einen aktivierten Zustand (A) zu überführen und/oder umgekehrt, von einem aktivierten Zustand (A) kontinuierlich in einen deaktivierten Zustand (D) zu überführen.
- 10 4. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erfassungseinrichtung (42, 49) von einer Datenübertragungseinrichtung (43) gespeist ist, welche die Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) und/oder die Geschwindigkeit der Bewegung des Trägers  
15 (30) in Transportrichtung (z) bereitstellt.
5. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48, 49) zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Trägers (30) ausgebildet ist und die Steuerung (50, 51)  
20 dazu ausgebildet ist, zumindest ein Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) in Abhängigkeit der Trägergeschwindigkeit anzusteuern.
6. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Anzahl der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) jeweils einen  
25 Elektromagnet (62) und eine einen Abstandssensor (40) umfassende Regelschleife (60) zum berührungslosen Lagern des Trägers (30) an der Basis (12) aufweist.
7. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
30 die Erfassungseinrichtung (49) zumindest einen an einem der Magnetlager (24, 26, 28, 29) angeordneten Positionssensor (71) oder Abstandssensor (61) aufweist.

8. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erfassungseinrichtung (40, 44, 46, 49) mehrere berührungslose Positionssensoren (71) aufweist, die an den Magnetlagern (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) angeordnet sind, und welche zur Ermittlung einer Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) relativ zu einem jeweiligen Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) ausgebildet sind.
9. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 8, wobei an zumindest einem der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) ein Abstandssensor (61) und zumindest ein Positionssensor (71) angeordnet ist.
10. Transportvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei an zumindest einem der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) zwei Positionssensoren (71) in Transportrichtung (z) beabstandet zueinander angeordnet sind und wobei der Abstandssensor (61) bezogen auf die Transportrichtung (z) zwischen den zwei Positionssensoren (71) angeordnet ist.
11. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 10, wobei der Abstandssensor (61) eines Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) als Erfassungseinheit (48) fungiert und sowohl zur Detektion einer in Transportrichtung (z) vorn und/oder hinten liegenden geometrischen Begrenzung (31, 32) des Trägers (30) als auch zur Bestimmung eines Abstandes (d) zwischen Träger (30) und Basis (12) in einer Ebene (x, y) senkrecht zur Transportrichtung (z) des Trägers (30) ausgebildet ist.
12. Transportvorrichtung nach Anspruch 11, wobei der Träger (30) in einem unmittelbar angrenzend an eine vorn und/oder hinten liegende Begrenzung (31, 32) einen im Zuge des Transports des Trägers (30) in den

Wirkbereich des Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) gelangenden unmagnetischen Abschnitt (37) aufweist.

- 5 13. Transportvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 11, wobei an zumindest einem der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) zumindest zwei in Transportrichtung (z) voneinander beabstandete Abstandssensoren (61) angeordnet sind, von denen zumindest einer als Erfassungseinheit (46) fungiert.
- 10 14. Verfahren zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels einer Transportvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit den Schritten:
- 15 - Bewegen des Trägers (30) in Transportrichtung (z) entlang der Basis (12) mittels des Antriebs (18),
- Ermitteln einer Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) relativ zu den Magnetlagern (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) mittels einer Erfassungseinrichtung (40, 42, 44, 46, 48),
- 20 - selektives Ansteuern zumindest eines mit dem Träger (30) in magnetischer Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger (30) in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) in Ab-
- 25 hängigkeit der ermittelten Position des Trägers (30).
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das mit dem Träger (30) in Wirkverbindung stehende oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger (30) in Wirkverbindung tretende Magnetlager (24a, 24b, 26a,
- 30 26b, 28, 29) einer vorgegebenen zeitlichen Funktion (F) folgend zwischen einem aktivierten und deaktivierten Zustand angesteuert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15 ,wobei zumindest eines der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) zur Kompensation von während des Bewegens des Trägers (30) in Transportrichtung (z) entstehenden Abstandsschwankungen zwischen Träger und Basis selektiv angesteuert wird.
- 5
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 16, wobei während der Bewegung des Trägers (30) entlang der Basis (12) jeweils zumindest eines der Magnetlager (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) selektiv angesteuert wird, welches bezogen auf die Transportrichtung (z) mit einer vorderen Begrenzung (31) und/oder oder mit einer hinteren Begrenzung (32) des Trägers (30) in Wirkverbindung ist oder innerhalb eines vorgegeben Zeitintervalls in Wirkverbindung tritt.
- 10
18. Computerprogramm zum Bewegen und/oder Positionieren von Objekten mittels einer Transportvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13 mit:
- 15
- Programmmitteln zum Bewegen des Trägers (30) in Transportrichtung (z) entlang der Basis (12),
  - Programmmitteln zum Ermitteln einer Position des Trägers (30) in Transportrichtung (z) relativ zu den Magnetlagern (24a, 24b, 24c, 24d, 24e, 24f, 26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f), und mit
  - Programmmitteln zum selektiven Ansteuern zumindest eines mit dem Träger (30) in magnetischen Wirkverbindung stehenden oder innerhalb eines vorgegebenen Zeitintervalls mit dem Träger (30) in Wirkverbindung tretenden Magnetlagers (24a, 24b, 26a, 26b, 28, 29) in Abhängigkeit der ermittelten Position des Trägers (30).
- 20
- 25
- 30

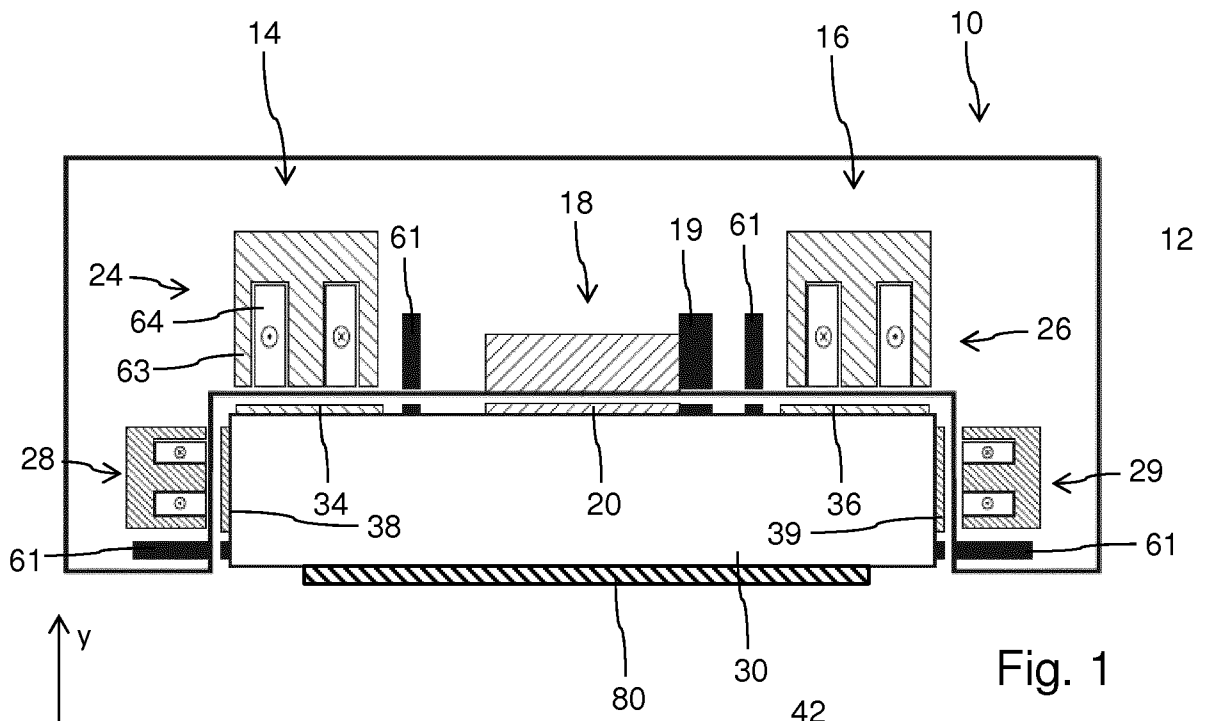


Fig. 1

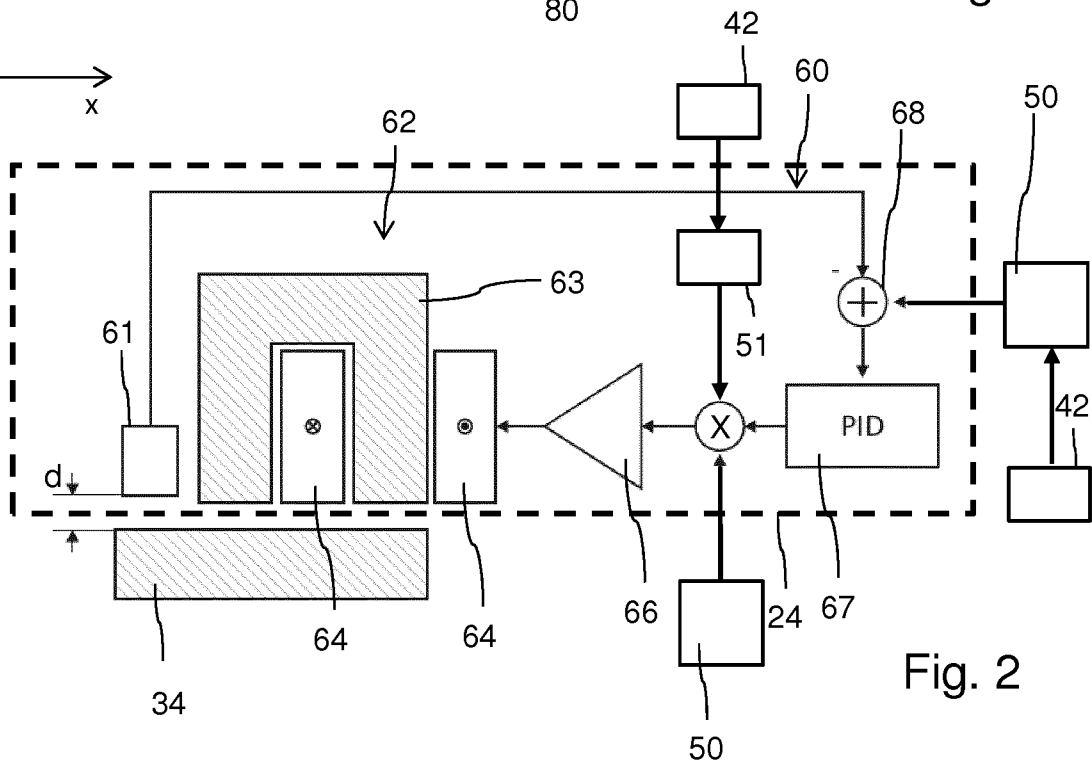


Fig. 2

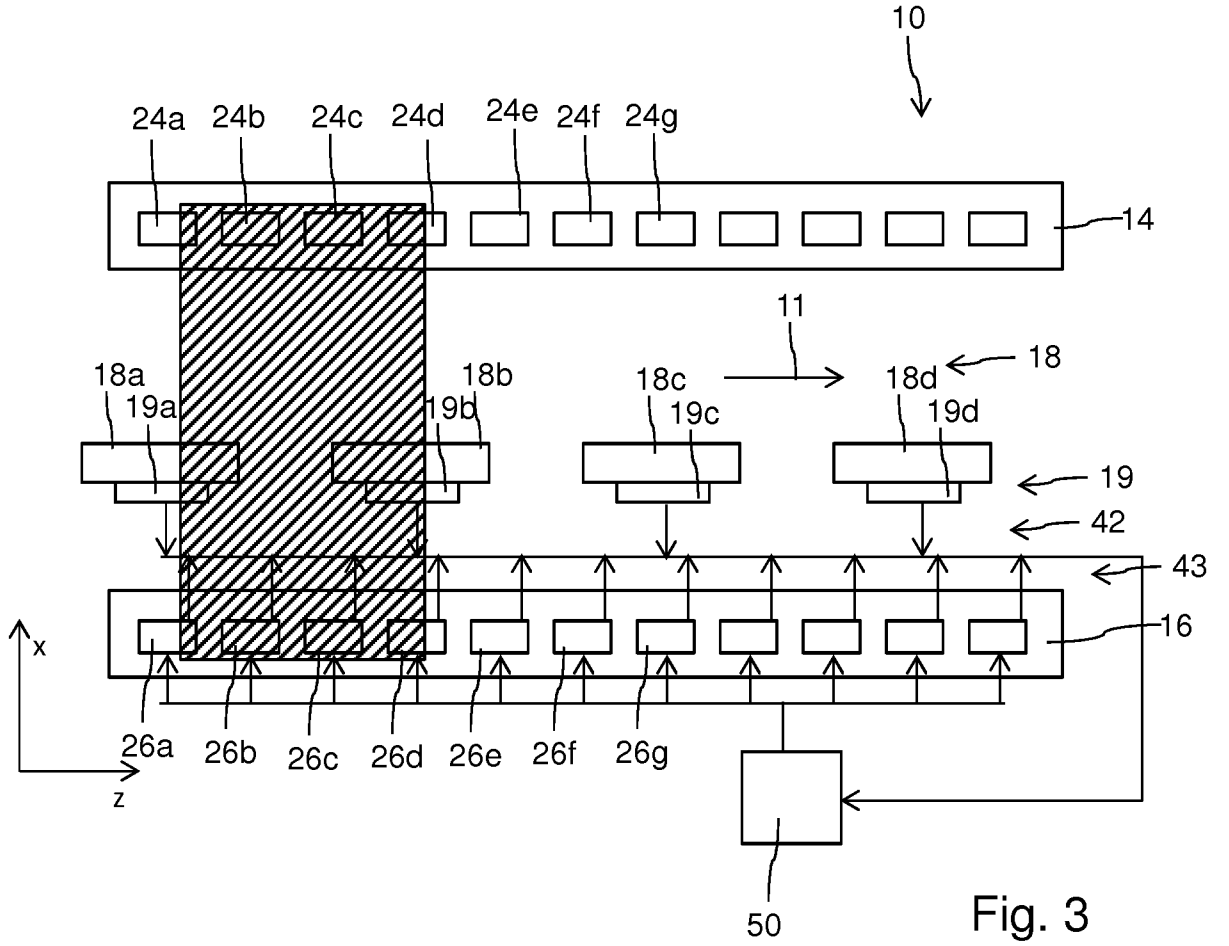


Fig. 3

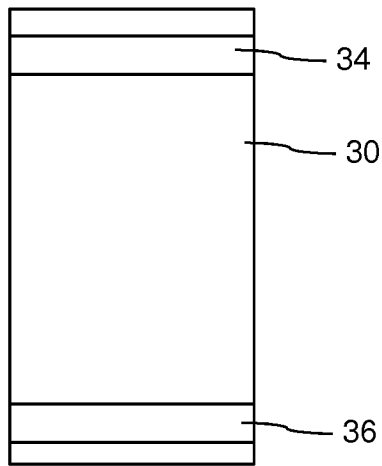


Fig. 4

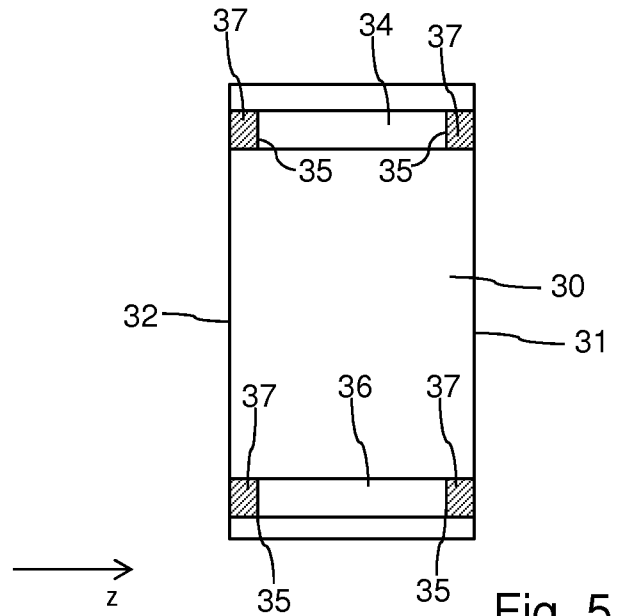


Fig. 5

3/7

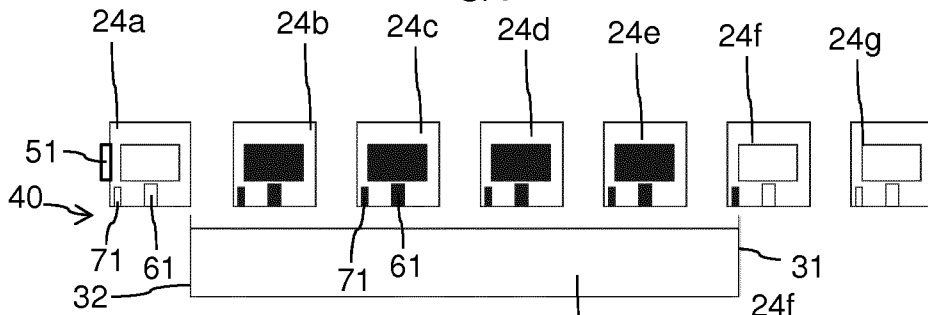


Fig. 6a

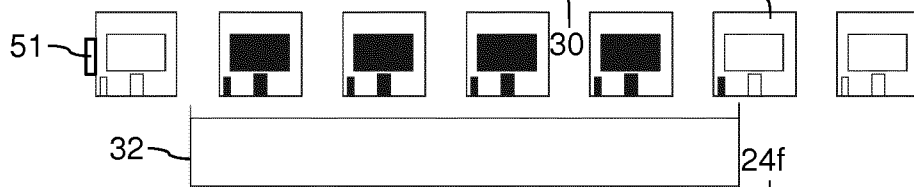


Fig. 6b

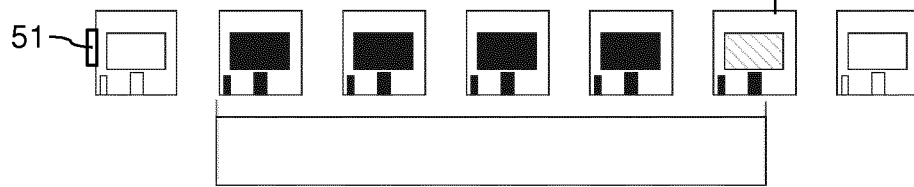


Fig. 6c

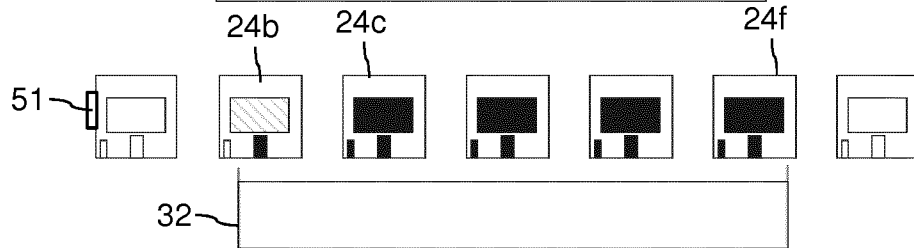


Fig. 6d

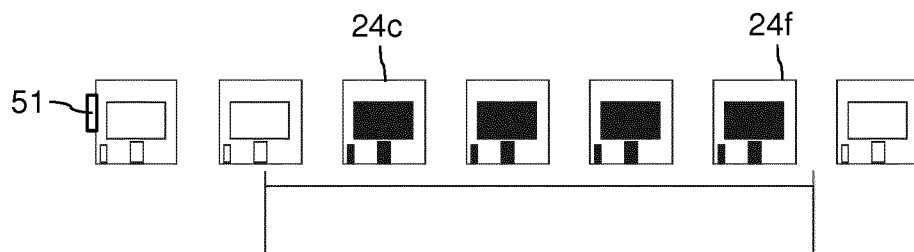


Fig. 6e

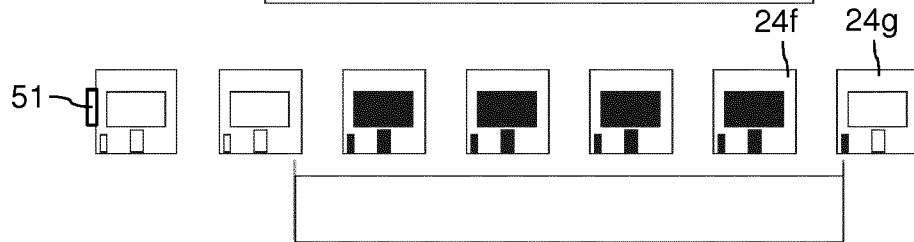
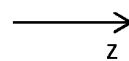


Fig. 6f



4/7

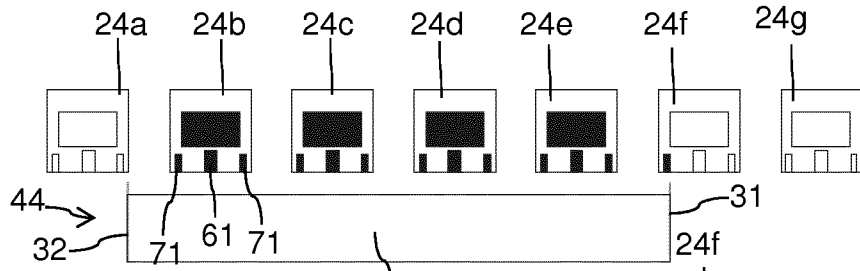


Fig. 7a

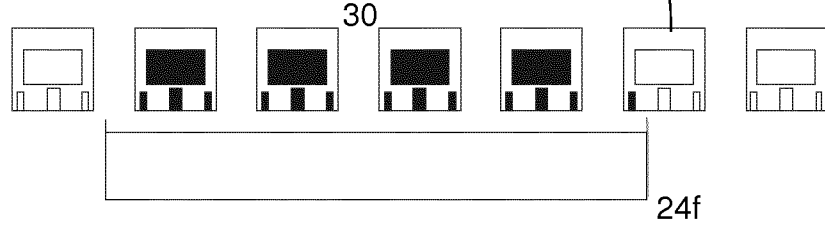


Fig. 7b

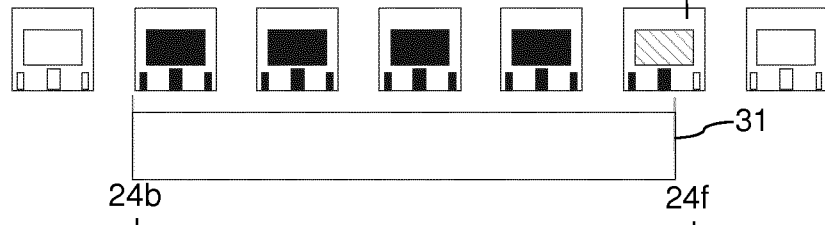


Fig. 7c

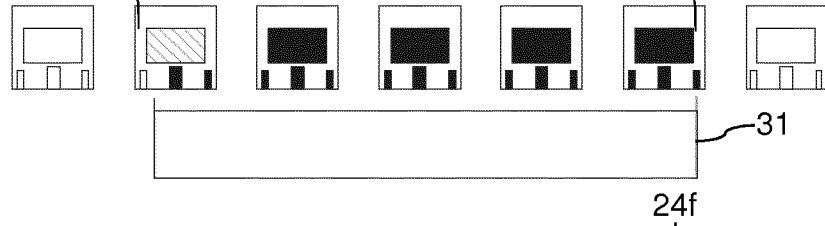


Fig. 7d

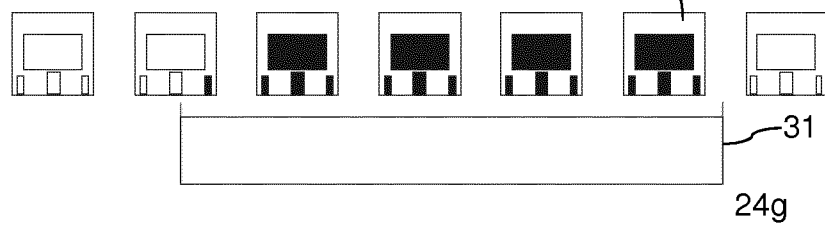


Fig. 7e

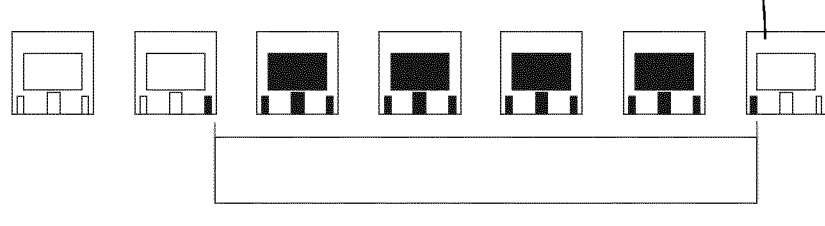


Fig. 7f

5/7

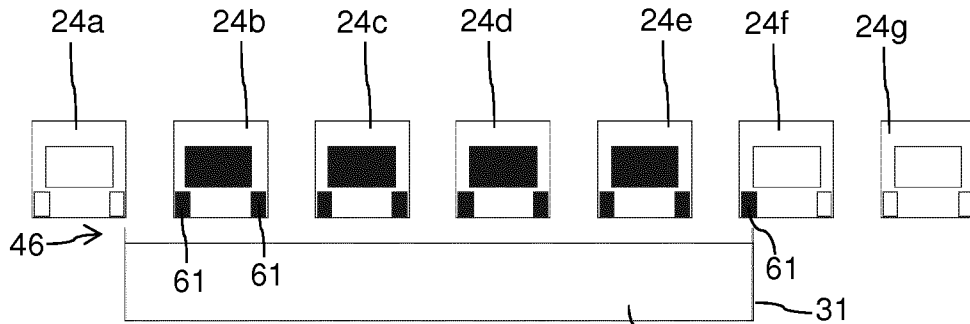


Fig. 8a

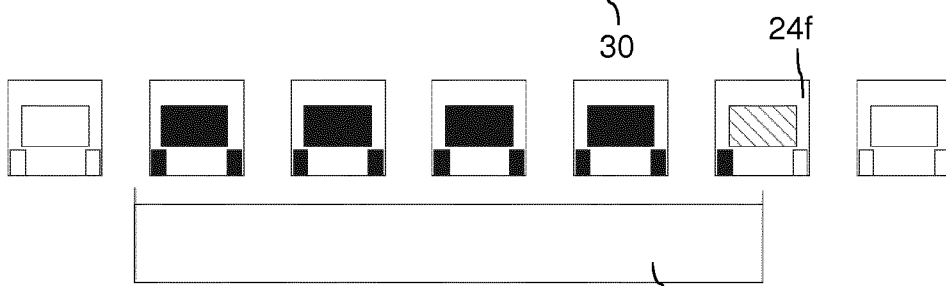


Fig. 8b

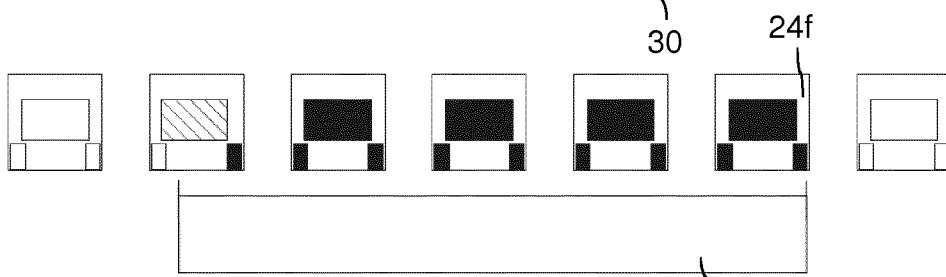


Fig. 8c

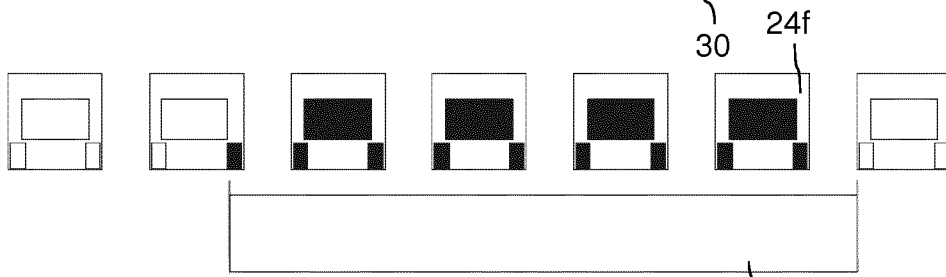


Fig. 8d

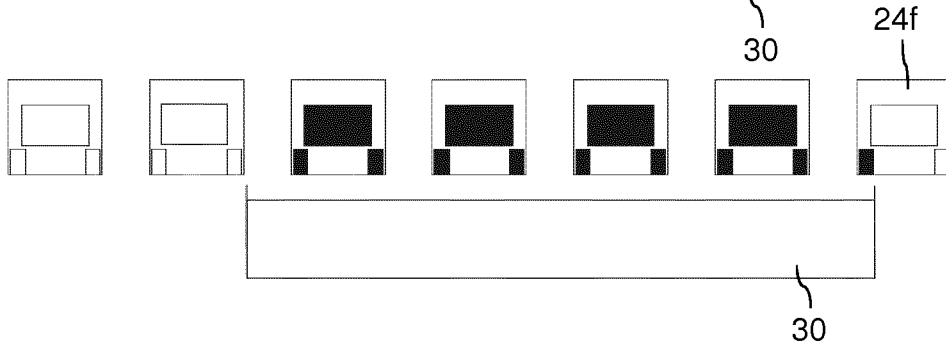
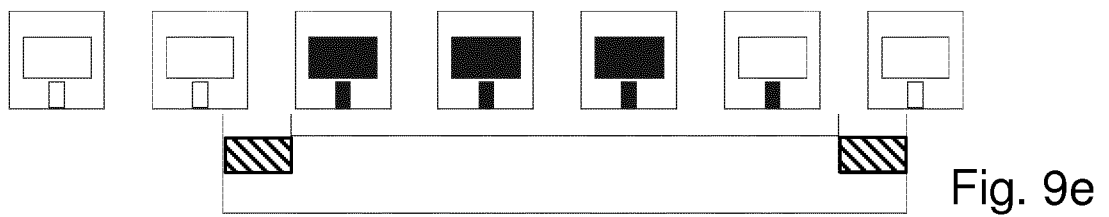
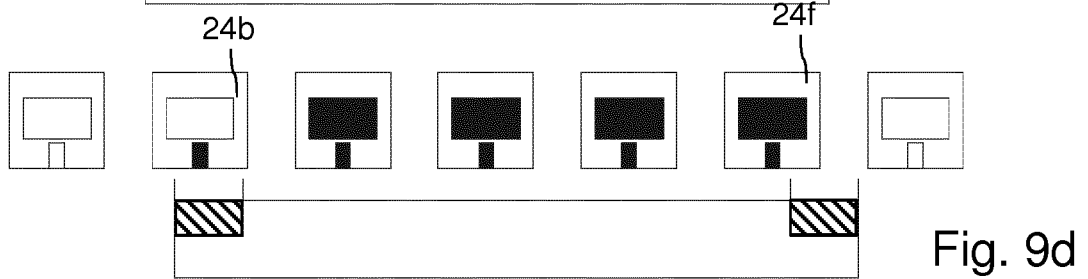
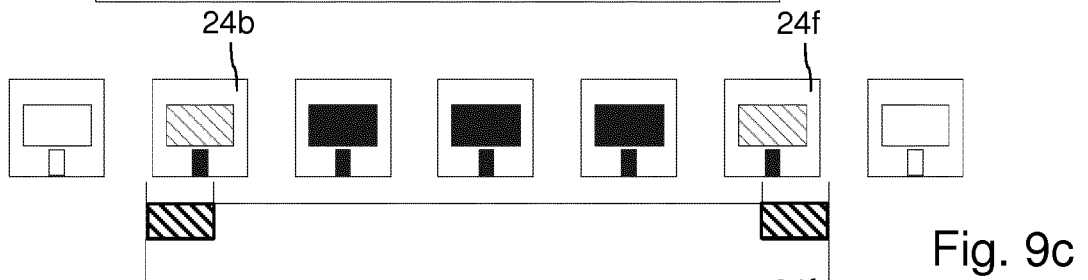
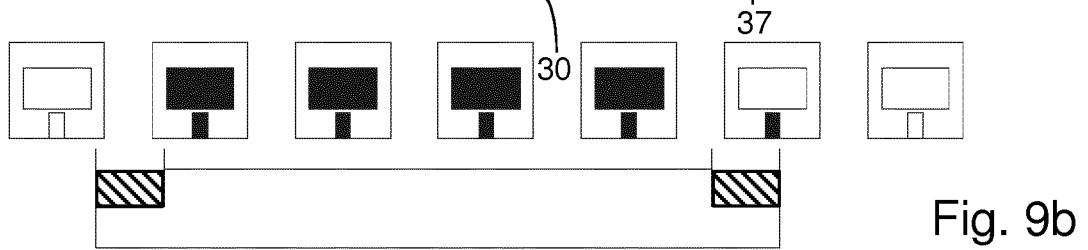
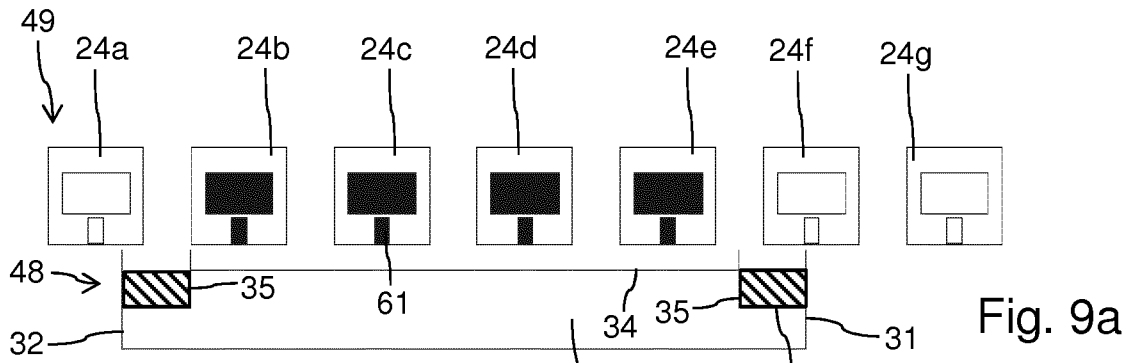


Fig. 8e



7/7

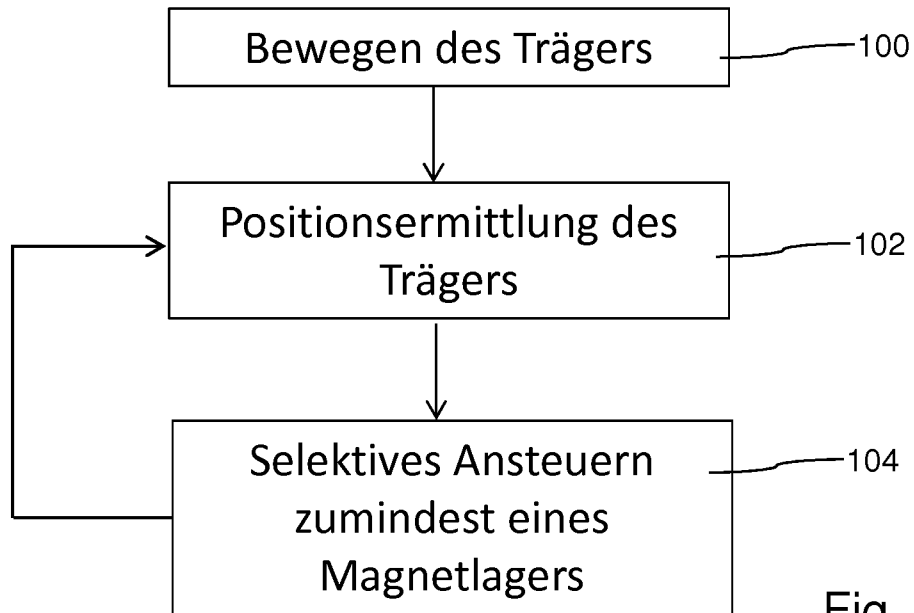


Fig. 10

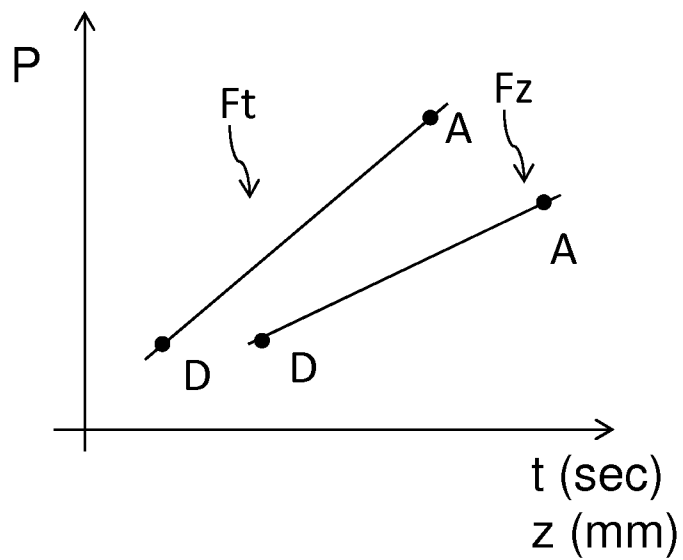


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/055533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L21/677  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
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, 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	DE 10 2004 027905 A1 (LEYBOLD OPTICS GMBH [DE]) 29 December 2005 (2005-12-29)	1,4, 6-10,14, 16,18
A	paragraphs [0005] - [0010], [0015] paragraph [0022] - paragraph [0028] figure 1	2,3,5, 11-13, 15,17
X	EP 0 169 983 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 5 February 1986 (1986-02-05)	1,4, 6-10,14, 16,18
A	page 3, line 24 - page 5, line 25 page 5, line 26 - page 7, line 1 page 7, line 17 - page 8, line 15 page 8, line 16 - page 10, line 37 page 11, line 1 - page 12, line 4 figures 1-7	2,3,5, 11-13, 15,17
	----- -/--	

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  8 June 2015	Date of mailing of the international search report  15/06/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Keller, Jan

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2015/055533

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	YANN ALBERT WANG ET AL: "A NEW REPULSIVE MAGNETIC LEVITATION APPROACH USING PERMANENT MAGNETS AND AIR-CORE ELECTROMAGNETS", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 30, no. 4, PART 01, 1 July 1994 (1994-07-01), pages 1422-1432, XP000517265, ISSN: 0018-9464, DOI: 10.1109/20.305542	1,14,18
A	abstract Abschnitt "I. Introduction"; page 1422 - page 1423 Abschnitt "IV. The Demonstration System"; page 1427 - page 1430 -----	2-13, 15-17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/055533

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102004027905 A1	29-12-2005	NONE	
-----			
EP 0169983	A2	05-02-1986	
		DE 3585708 D1	30-04-1992
		EP 0169983 A2	05-02-1986
		JP H0423508 B2	22-04-1992
		JP S6115557 A	23-01-1986
		US 4690066 A	01-09-1987
-----			

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2004 027905 A1 (LEYBOLD OPTICS GMBH [DE]) 29. Dezember 2005 (2005-12-29)	1,4, 6-10,14, 16,18
A	Absätze [0005] - [0010], [0015] Absatz [0022] - Absatz [0028] Abbildung 1	2,3,5, 11-13, 15,17
X	EP 0 169 983 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 5. Februar 1986 (1986-02-05)	1,4, 6-10,14, 16,18
A	Seite 3, Zeile 24 - Seite 5, Zeile 25 Seite 5, Zeile 26 - Seite 7, Zeile 1 Seite 7, Zeile 17 - Seite 8, Zeile 15 Seite 8, Zeile 16 - Seite 10, Zeile 37 Seite 11, Zeile 1 - Seite 12, Zeile 4 Abbildungen 1-7	2,3,5, 11-13, 15,17
	----- -/--	

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

8. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/06/2015

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

Keller, Jan



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/055533

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004027905 A1	29-12-2005	KEINE	
-----			
EP 0169983	A2	05-02-1986	
		DE 3585708 D1	30-04-1992
		EP 0169983 A2	05-02-1986
		JP H0423508 B2	22-04-1992
		JP S6115557 A	23-01-1986
		US 4690066 A	01-09-1987
-----			