

5 Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes in einem Vakuum

Beschreibung

10 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes in einem Vakuum, umfassend eine Basis, einen Endeffektor mit Substrathalter, einen über einen Schlitten mit dem Endeffektor gekoppelten Linearantrieb, einen an der Basis angreifenden Vertikal- oder Hubantrieb sowie eine Magnetlagerung für den Schlitten gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

15 Beispielsweise bei der Bearbeitung von Substraten zur Fertigung von Halbleiterbauelementen kommen großflächige Substrate zum Einsatz, die diversen Oberflächenbehandlungsprozeduren unterzogen werden müssen.

Beispielsweise muss hier eine Beschichtung vorgenommen werden, es sind Belichtungs- und Ätzschritte oder Diffusionsprozesse erforderlich.

20 Ein Großteil der Oberflächenbehandlungsprozesse sind unter Reinraumbedingungen oder unter Vakuum durchzuführen.

Aus Substraten für moderne Halbleiterbauelemente sind Strukturen bis in den Nanometerbereich auszubilden, was eine äußerst präzise Zuführung und Positionierung dieser Substrate erfordert.

25 Weiterhin stellt die notwendige Partikelfreiheit der Substratumgebung hohe Anforderungen an entsprechend notwendige Manipulatoren.

Aus diesem Grunde ist eine berührungsfreie Lagerung des Substrates und die Ausbildung eines entsprechenden Halte-, Bewegungs- oder Verfahrenantriebes notwendig.

Bekannt sind hier Luftlager für hochreine Fertigungsumgebungen, wobei diese durch Luftströmungen in der Nähe des Substrates ein Problem für auszuführende Behandlungsschritte darstellen.

- 5 Bekannt sind auch magnetische Halte- oder Positioniervorrichtungen mit einer Basis und einem Objekt tragenden Träger.

Zur berührungslosen Lagerung des Trägers an der Basis sind in vielen Fällen mehrere Magnetlager mit jeweils einem Abstandsensor und einem Regelkreis vorgesehen, die den Träger in einem vorgegebenen Abstand zur Basis in einem Schwebezustand halten.

- 10 Ebenfalls bekannte Lösungen für eine berührungslose Lagerung eines ent-lang einer stationären Basis zu bewegendem Trägers zur Aufnahme eines Substrates können mehrere in einer Transportrichtung voneinander beab-standete einzelne bzw. diskrete Magnetlager aufweisen.

- 15 Für die Bewegung des Trägers entlang einer Reihe von Magnetlagern ist es notwendig, dass in der Folge der Transportbewegung des Trägers die statio-när an der Basis angeordneten Magnetlager je nach momentaner Position des Trägers mit dem Träger mechanisch wechselwirken.

- 20 Für die berührungslose Lagerung und für den berührungslosen Transport eines Trägers entlang einer von der Basis vorgegebenen Verfahrstrecke sind auch seitliche oder transversale Führungsmittel vorzusehen. Diese können mittels entsprechend konfigurierter Magnetlager realisiert sein.

Für den berührungslosen Transport und für eine dementsprechende Bewe-gung des Trägers entlang der Basis sind als Antrieb Linearmotoren oder Linearaktoren bekannt.

- 25 Ein solcher Linearantrieb ist Gegenstand der DE 10 2010 045 437 A1. Der Linearantrieb besteht aus einem Gehäuse mit einer Endplatte und einer Stirnplatte und einem im Inneren des Gehäuses beweglich angeordneten und mit einer Kolbenstange geführten Kolben. Die mit dem Gehäuse fest ver-bundene Endplatte weist eine zentrale Führung für ein erstes Medium auf, welches in das

Innere des Gehäuses hineinreicht. Die Endplatte oder das Gehäuse weisen ein Mittel zur Abführung für das erste fluide Medium und Mittel zur Zu- und Abführung für ein zweites fluides Medium auf.

Die EP 2 346 148 A1 offenbart einen Linearantrieb für einen Dreh-Hub-Motor. Ein
5 derartiger Antrieb umfasst ein Wicklungssystem mit mehreren gewickelten
Spulen, die coaxial zueinander und in axialer Richtung aufeinander folgend
angeordnet sind. In axialer Richtung relativ zum Wicklungssystem ist ein
bewegliches Magnetsystem mit mehreren axial aufeinander folgenden
Permanentmagneten ausgebildet. Das Wicklungssystem wird von einem
10 geregelten Umrichter gespeist.

Die DE 10 2016 121 674 A1 setzt sich mit dem Problem auseinander, dass bei
innerhalb von Prozesskammern verlaufenden Leitungen unter Vakuum
Ausgasungen auftreten können. Hierdurch kommt es zu einer Fremdmateri-
alkontamination und/oder zu einer Partikelkontamination des Vakuums und somit
15 zu einer Verschlechterung der Vakuumqualität, was sich auf Bearbei-
tungsergebnisse eines entsprechenden Bauteiles auswirken kann. Zur Ver-
meidung von Problemen der geschilderten Art ist dort vorgeschlagen, eine erste
Transaktion-Permanentmagneteinrichtung, die an einem Rahmen angebracht ist
mit einer Rotation-Permanentmagneteinrichtung, die an einem Drehgestell
20 vorgesehen ist, zu kombinieren. Weiterhin sind Längsführungsmittel vorhanden.

Eine gattungsbildende Vorrichtung zum Halten, Positionieren und Bewegen eines
Objektes mittels Magnetlager und Linearmotor ist in der DE 10 2015 004 582 A1
geschildert. Der dortige Antrieb besteht aus einem Linearmotor mit zumindestens
einem Stator und einem Läufer, die an einer dortigen Basis und an einem Träger
25 angeordnet sind. Der Linearmotor zum Bewegen des Trägers entlang der Basis
erzeugt nicht nur eine Verschiebekraft in Bewegungsrichtung oder
Transportrichtung, sondern zusätzlich auch noch eine Gegenkraft, welche eine
dort vorhandene Magnetlage entgegenwirkt. Das Magnetlager ist als vertikales
Magnetlager zur Gewichtskompensation und zum schwebenden berührungslosen
30 Halten des Trägers ausgestaltet, sodass eine verbesserte Querstabilisierung für
den Träger erreichbar ist.

Den bekannten Lösungen ist gemeinsam, dass dort nach wie vor Berührungs- und Kontaktpunkte von beweglichen Verbindungslagern und Maschinenelementen oder entsprechenden Gelenken vorhanden sind. Damit führen sämtliche Vakuum berührende Oberflächen zu einer nicht zu vermeidenden Partikelbelastung sowie zu Ausgasungseffekten.

Aus dem Vorgenannten ist es daher Aufgabe der Erfindung, eine weiterentwickelte Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes in einem Prozessvakuum anzugeben, welche auf der Vakuumseite eine Partikelgeneration vermeidet bzw. minimiert.

10 Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt gemäß der Vorrichtung in der Merkmalskombination nach Patentanspruch 1, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen darstellen.

Es wird demnach von einer Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes, z.B. eines Halbleitersubstrates in einem Prozessvakuum ausgegangen.

Die Vorrichtung umfasst eine Basis, einen Endeffektor mit Substrathalter und einen über einen Schlitten mit dem Endeffektor gekoppelten Linearantrieb.

Weiterhin ist an der Basis ein dort angreifender Vertikal- oder Hubantrieb vorhanden. Darüber hinaus wird eine Magnetlagerung für den vorerwähnten Schlitten eingesetzt.

Erfindungsgemäß ist der Linearantrieb als ein mit einem Fluid, insbesondere einem Gas beaufschlagbarer, ansonsten geschlossener Zylinder mit einem im Zylinder beweglich angeordneten, doppeltwirkenden Kolben ausgebildet.

Der Kolben ist mit einer Magnetanordnung versehen.

25 Weiterhin weist der Schlitten einen mit dem Zylinder, mindestens absatzweise, außen umgreifenden magnetischen Ring auf, welcher den Zylinder berührungslos umgibt.

Der Schlitten ist gegenüber der Basis berührungslos translatorisch bewegbar und gegen rotatorische Verkipfung gesichert ebenfalls magnetisch geführt.

Ausgestaltend steht die Basis mit Linearantrieb und Endeffektor mit einem Hub-Antrieb in Verbindung. Hierfür ist eine mit der Basis verbundene Welle mit
5 Lagerung vorgesehen.

Die Welle ist mittels magnetischer Rotationskupplung um ihre Achse drehbar und bezogen auf den Dreh- oder Verschwenkwinkel feststellbar.

Die vorerwähnte Welle ist bevorzugt als Hohlwelle ausgeführt. Über entsprechende Kanäle in der Welle ist eine Zu- und Abführung des Fluides zur
10 Bewegung des Kolbens im Zylinder des Linearantriebes realisierbar.

Mindestens die Basis mit Endeffektor und Substrathalter, Linearantrieb und Magnetführung befinden sich im Prozessvakuum, wobei eine Partikelgenerierung unter einer Oberflächenreinheitsklasse von 10.000, eine akkumulierte molekulare Kontamination von schweren Kohlenwasserstoffen von kleiner $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ sowie
15 eine Ausgasrate von kleiner $2\text{E-}9 \text{ mbar} \cdot \text{l} / (\text{s} \cdot \text{cm}^2)$ eingehalten ist.

Der Schlitten und der magnetische Ring können monolithisch oder einstückig ausgebildet werden. Zusätzlich ist gegen rotatorische Verkipfung eine lineare Magnetzwangsführung vorhanden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist am, dem Substrathalter gegenüber-
20 liegenden Ende, ein Ausgleichsgewichtskörper angeordnet.

Der Hub-Antrieb befindet sich auf der dem Prozessvakuum abgewandten, atmosphärischen Seite.

Der magnetische Ring kann als Ringzylinder mit mehreren magnetischen Abschnitten ausgebildet werden.

25 Der Kolben ist gegenüber dem Zylinderinneren bzw. Zylinderinnenwandung mittels in Ringnuten befindlichen elastischen Elementen abgedichtet.

Insbesondere durch die kolbenstangenlose Zylinderausbildung nebst Kolben, welcher Fluid beaufschlagt wird und dem erwähnten Magnetschlitten ist eine unerwünschte Partikelgenerierung auf ein Mindestmaß reduziert. Durch den Magnetschlitten ist die gewünschte translatorische Verschiebung des Sub-

5 strathalters möglich, wobei eine rotatorische Verkipfung durch eine zusätzli-che lineare Magnetzwangsführung vermieden wird.

Im Vergleich zum Stand der Technik liegt einer der Grundgedanken der vorliegenden Erfindung darin, einen, mit einem Fluid angetriebenen doppelt-

10 wirkenden Kolben in einem allseitig geschlossenen und mittels des Fluides beaufschlagten Zylinder zu bewegen, wobei dessen Bewegung über eine magnetische Kraftkopplung auf einen, den Zylinder äußerlich berührungslos umgebenden Ring zum Zweck des Erzeugens der linearen Bewegung übertra-gen wird.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispielles sowie unter

15 Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

Hierbei zeigen:

Figur 1 eine seitliche Schnittdarstellung durch die erfindungsgemäße Vorrich-tung mit Substrathalter bzw. Endeffektor, den pneumatischen Zylin-der nebst Kolben und Magnet sowie erkennbarer magnetischer Füh-rung und der Hubvorrichtung

20 zum Erzeugen einer vertikalen Bewe-gung;

Figur 2 eine perspektivische Darstellung (Teil weggeschnitten) der erfin-dungsgemäßen Vorrichtung analog Figur 1 mit Details im Hinblick auf die magnetische Führung des Linearantriebes und der magnetischen Rotationskupplung (rechter Bildteil gemäß Figur 2) und

25 Figur 3 eine Schnittdarstellung durch den Zylinder und Kolben des Linearan-triebes mit den Elementen der magnetischen Führung.

Die Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes z.B. eines Substrates, in einem Prozessvakuum geht von einer Basis 4 aus, die in ihrem Inneren mittels der magnetischen Führung 40 aufweist.

Ein Endeffektor 10 mit einem Substrathalter 1 an einem seiner Enden ist translatorisch und rotatorisch bewegbar und in der Basis 4 geführt.

An dem Objektträger oder Substrathalter 1 gegenüberliegenden Ende ist ein Gegengewichtskörper 5 vorhanden.

- 5 Der eigentliche Linearantrieb umfasst einen pneumatischen Zylinder 2 innerhalb der Basis 4 mit magnetischer Führung 40.

Der pneumatische Zylinder 2 weist in seinem Inneren einen doppelt wirkenden, beweglichen Kolben 3 auf, welcher Magneten 30 im Kolben 3 umfasst.

- 10 Wie insbesondere in der Figur 3 ersichtlich, ist außenseitig des Zylinders 2 ein Schlitten, ausgebildet als Magnetschlitten 11 vorhanden.

Der Schlitten ist mit dem Endeffektor und damit mit dem Substrathalter 1 gekoppelt.

- 15 Über die Wechselwirkung der Magneten 30 im Kolben mit den Magneten des Schlittens 11 wird die Bewegung des Kolbens 3 auf den Schlitten 11 berührungslos übertragen.

Die weitere Führung und die Sicherung gegen ein rotatorisches Verkippen wird über die Magnetanordnung 40 an der Basis und 41 im Bereich des Schlittens erreicht.

- 20 Zum Erzeugen einer vertikalen Bewegung der Basis mitsamt des Linearantriebes ist eine Hubvorrichtung 6 vorhanden, die sich außerhalb des Prozessvakuum auf der atmosphärischen Seite befindet.

Ein Teil einer Vakuumkammer ist mit dem Bezugszeichen 9 angedeutet.

Die Verbindung zwischen Linearantrieb und Hubvorrichtung 6 erfolgt über eine Welle 12.

Die Welle 12 ist, wie aus den Figuren 1 und 2 sowie der Detaildarstellung gemäß Figur 2 als Hohlwelle ausgebildet und besitzt Kanäle zur Zu- und Abführung des Fluides zur Bewegung des Kolbens über einen Gasein- bzw. Gasauslass.

- 5 Eine Rotationskupplung (siehe Figur 2/Detaildarstellung) ermöglicht eine Drehung bzw. ein Verschwenken gemäß der diesbezüglichen Pfeildarstellung in Figur 2.

Ein Balg 7, welcher in seiner Länge veränderbar ist, umschließt die Welle 12 außenseitig.

Endseitig ist die Welle geführt und es ist eine Abdichtung 13 ausgebildet.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Halten, Positionieren und/oder Bewegen eines Objektes in einem Vakuum, umfassend eine Basis (4) mit einem Endeffektor (10) mit
5 Substrathalter (1), einen über einen Schlitten (11) mit dem Endeffektor (10) gekoppelten Linearantrieb sowie eine Magnetlagerung für den Schlitten (11),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Linearantrieb als ein mit einem Fluid beaufschlagbarer, ansonsten
10 geschlossener Zylinder (2) mit einem doppelt wirkendem Kolben (3) ausgebildet ist, wobei der Kolben (3) mit einer Magnetanordnung (30) versehen ist, weiterhin der Schlitten (11) einen den Zylinder (2),
mindestens abschnittsweise außen umgreifenden magnetischen Ring (14) aufweist, welcher den Zylinder (2) berührungslos umgibt und der Schlitten
15 (11) gegenüber der Basis (4) berührungslos translatorisch bewegbar und gegen rotatorische Verkipfung gesichert und magnetisch (40; 41) geführt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 die Basis (4) mit Linearantrieb und Endeffektor (10) mit einem Vertikal- oder Hubantrieb, insbesondere einem Hub-Antrieb (6) in Verbindung steht und hierfür eine, mit der Basis (4) verbundene Welle (12) mit Dichtung (13) ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
die Basis (4) über die Welle (12) mittels magnetischer Rotationskupplung (8) um die Achse der Welle (12) drehbar und feststellbar ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Welle (12) als Hohlwelle ausgeführt ist und über Kanäle zur Zu- und Abführung des Fluides zur Bewegung des Kolbens (3) im Zylinder (2) des Linearantriebes verfügt.

5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich mindestens die Basis (4) mit Endeffektor (10) und Substrathalter (1),
Linearantrieb und Magnetführung im Prozessvakuum befinden, wobei eine
5 Partikelgenerierung unter einer Oberflächenreinheitsklasse von 10.000 ,
eine akkumulierte molekulare Kontamination von schweren
Kohlenwasserstoffen von kleiner 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ sowie eine Ausgasrate von
kleiner $2\text{E-}9 \text{ mbar} \cdot \text{l} / (\text{s} \cdot \text{cm}^2)$ eingehalten ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
der Schlitten (11) und der magnetische Ring (14) einstückig ausgebildet
und zusätzlich gegen eine rotatorische Verkipfung mittels linearer
Magnetzwangsführung gesichert sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
am, dem Substrathalter (1) gegenüberliegenden Ende ein
Ausgleichsgewichtskörper (5) angeordenbar ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 der Hubantrieb (6) wahlweise auf der dem Vakuum abgewandten
atmosphärischen Seite befindlich ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der magnetische Ring (14) als Ringzylinder mit mehreren magnetischen
25 Abschnitten ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kolben (3) gegenüber der Zylinderinnenwandung mittels in Ringnuten
befindlichen elastischen Elementen abgedichtet ist.