(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
25. Juni 2020 (25.06.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/126901 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/687 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/085063

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Dezember 2019 (13.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 009 871.1
19. Dezember 2018 (19.12.2018) DE

(71) Anmelder: **VAT HOLDING AG** [CH/CH]; Seelistrasse, 9469 Haag (CH).

(72) Erfinder: **ESCHENMOSER, Adrian**; Rietstrasse 14, 9472 Grabs (CH). **DÜR, Michael**; Leutenhofen 4a, 6914 Hohenweiler (AT). **HOFER, Andreas**; Alte Unterdorfstrasse 7, 9443 Widnau (CH).

(74) Anwalt: **KAMINSKI HARMANN PATENTANWÄLTE AG**; Landstrasse 124, 9490 Vaduz (LI).

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

(54) Title: PIN-LIFTING DEVICE HAVING STATE MONITORING

(54) Bezeichnung: STIFTHUBVORRICHTUNG MIT ZUSTANDSÜBERWACHUNG

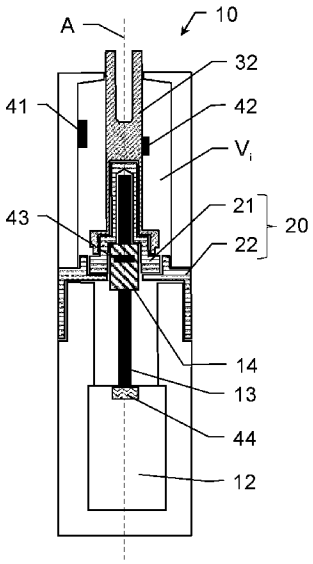

Fig. 2a

(57) **Abstract:** The invention relates to a pin-lifting device (10), in particular a pin lifter, which is designed to move and position a substrate to be processed, in particular a wafer, in a process atmosphere region that can be provided by a process chamber. The pin lifting device (10) has a coupling (32), which is designed to receive a support pin configured to contact and support the substrate and has a drive unit (12), which is formed and cooperates with the coupling (32) in such a way that the coupling (32) can be displaced linearly along a displacement axis (A) from a lowered normal position into an extended support position and back. The pin lifting device (10) has at least one sensor unit (41-44), which is formed and arranged in such a way that force-dependent and/or acceleration-dependent state information with reference to a least one part of the pin lifting device (10) can be generated by means of the sensor unit (41-44).

(57) **Zusammenfassung:** Stifthubvorrichtung (10), insbesondere Pin-Lifter, die zur Bewegung und Positionierung eines zu bearbeitenden Substrats, insbesondere eines Wafers, in einem durch eine Vakuumprozesskammer bereitstellbaren Prozessatmosphärenbereich ausgebildet ist. Die Stifthubvorrichtung (10) weist eine Kupplung (32) auf, die zur Aufnahme eines zum Kontaktieren und Tragen des Substrats ausgestalteten Tragstifts ausgebildet ist, und weist eine Antriebseinheit (12) auf, die derart ausgebildet ist und mit der Kupplung (32) zusammenwirkt, dass die Kupplung (32) linear entlang einer Verstellachse (A) von einer abgesenkten Normalposition in eine ausgefahrene Trageposition und zurück verstellbar ist. Die Stifthubvorrichtung (10) weist mindestens eine Sensoreinheit (41-44) auf, die derart ausgebildet und angeordnet ist, dass mittels der Sensoreinheit (41-44) eine kraftabhängige und/oder beschleunigungsabhängige Zustandsinformation mit Bezug zu zumindest einem Teil der Stifthubvorrichtung (10) erzeugbar ist.

WO 2020/126901 A1

Stifthubvorrichtung mit Zustandsüberwachung

Die Erfindung betrifft eine Stifthubvorrichtung zur Bewegung und Positionierung eines Substrats in einer Prozesskammer, wobei die Stifthubvorrichtung einen Sensor zur Erfassung eines Betriebszustands aufweist.

Stifthubvorrichtungen, auch Pin-Lifter genannt, sind typischerweise zur Aufnahme und definierten Positionierung eines in einer Prozesskammer zu bearbeitenden Substrats konzipiert und vorgesehen. Diese kommen insbesondere bei Vakuumkammersystemen im Bereich der IC-, Halbleiter-, Flat Panel- oder Substratfertigung, die in einer geschützten Atmosphäre möglichst ohne das Vorhandensein verunreinigender Partikel stattfinden muss, zum Einsatz.

Derartige Vakuumkammersysteme umfassen insbesondere mindestens eine zur Aufnahme von zu bearbeitenden oder herzustellenden Halbleiterelementen oder Substraten vorgesehene, evakuierbare Vakuumkammer, die mindestens eine Vakuumkammeröffnung besitzt, durch welche die Halbleiterelemente oder anderen Substrate in die und aus der Vakuumkammer führbar sind. Beispielsweise durchlaufen in einer Fertigungsanlage für Halbleiter-Wafer oder Flüssigkristall-Substrate die hochsensiblen Halbleiter- oder Flüssigkristall-Elemente sequentiell mehrere Prozess-Vakuumkammern, in denen die innerhalb der Prozess-Vakuumkammern befindlichen Teile mittels jeweils einer Bearbeitungsvorrichtung bearbeitet werden.

Solche Prozesskammern verfügen häufig über zumindest ein Transferventil, dessen Querschnitt dem Substrat und Roboter angepasst ist und durch welches das Substrat in die

Vakuumkammer eingebracht und ggf. nach der vorgesehenen Bearbeitung entnommen werden kann. Alternativ kann z.B. ein zweites Transferventil vorgesehen sein, durch das das bearbeitete Substrat aus der Kammer gebracht wird.

Das Führen des Substrats, z.B. eines Wafers, erfolgt beispielsweise mit einem entsprechend ausgebildeten und gesteuerten Roboterarm, der durch die mit dem Transferventil bereitstellbare Öffnung der Prozesskammer durchführbar ist. Das Bestücken der Prozesskammer erfolgt dann mittels Greifen des Substrats mit dem Roboterarm, Bringen des Substrats in die Prozesskammer und definiertes Ablegen des Substrats in der Kammer. Das Leeren der Prozesskammer erfolgt in entsprechender Weise.

Für das Ablegen des Substrats und für die genaue Positionierung des Substrats in der Kammer muss eine verhältnismässig hohe Genauigkeit und Beweglichkeit des Substrats gewährleistet sein. Hierfür werden Stifthubsysteme eingesetzt, die eine Mehrzahl von Auflagepunkten für das Substrat und damit eine Lastverteilung (aufgrund des Eigengewichts des Substrats) über das gesamte Substrat bereitstellen.

Die Stifte befinden sich vorzugsweise in einer Aufnahmeposition und der Roboter legt das Substrat auf die sich in dieser Position befindlichen Stifte ab. Alternativ kann das Substrat beispielsweise mittels des Roboters über den Tragstiften der Hubvorrichtung in Position gebracht und durch die Stifte angehoben werden. Nachdem der Roboter weggefahren ist, wird das Substrat durch ein Absenken der Stifte auf einem Träger, z.B. einer Potentialplatte, abgelegt und der Roboterarm, der typischerweise das Substrat trägt, wird aus der Kammer gefahren, z.B.

gleichzeitig mit dem Ablegen des Substrats. Die Stifte können nach dem Ablegen des Substrats weiter abgesenkt werden und liegen dann von diesem separiert vor, d.h. es besteht kein Kontakt zwischen den Stiften und dem Substrat. Nach Entfernen des Roboterarms und Schliessen (und Einbringen von Prozessgas bzw. Evakuieren) der Kammer wird der Bearbeitungsschritt durchgeführt.

Eine geringe Krafteinwirkung auf das Substrat ist insbesondere auch nach der Durchführung des Prozessschrittes in der Kammer und bei einem nachfolgenden Anheben des Substrats von hoher Bedeutung, da das Substrat beispielsweise am Träger anhaften kann. Wird nun das Substrat zu schnell von dem Träger weggedrückt, kann es hierbei zu einem Bruch des Substrats kommen, da die Haftkräfte zumindest an gewissen Auflagepunkten nicht überwunden oder aufgelöst werden können. Zudem kann auch bei einem Zustandekommen des Kontakts zwischen den Tragstiften und dem Substrat ein dabei auftretendes Anstossen an dem Substrat zu einer unerwünschten Beanspruchung (oder Bruch) führen.

Gleichzeitig soll neben einer möglichst sanften und schonenden Behandlung der zu bearbeitenden Substrate eine ebenso möglichst kurze Bearbeitungszeit ermöglicht werden. Dies bedeutet, dass das Substrat möglichst schnell in die definierten Zustände – Be- und Entladeposition und Bearbeitungsposition - in der Kammer gebracht werden kann.

Zur Vermeidung von unerwünschten Stössen bei z.B. der Bearbeitung von Halbleiterwafern schlägt die US 6,481,723 B1 die Verwendung einer speziellen Stoppvorrichtung anstelle von harten Bewegungsanschlägen in einem Pin-Lifter vor. Allfällige Hartplastikanschläge

sollen hier durch eine Kombination eines weicher ausgestalteten Anschlagteils und eines Hartanschlags ersetzt werden, wobei für die Bewegungsbegrenzung zunächst der Kontakt mit dem weichen Anschlagteil hergestellt wird und nachfolgend und entsprechend abgedämpft der harte Anschlag in Kontakt gebracht wird.

Die US 6,646,857 B2 schlägt eine Regelung der Hebebewegung mittels einer erfassten auftretenden Kraft vor. Die Tragstifte können hier in Abhängigkeit des erhaltenen Kraftsignals bewegt werden, so dass die Hebekraft an den Tragstiften stets entsprechende dosiert und kontrolliert auf den Wafer wirkt.

Mit jedem Bearbeitungszyklus werden die Tragstifte (Pins) in einen Kontakt mit dem aufzunehmenden Substrat gebracht und von diesem gelöst. Hierbei treten naturgemäss entsprechende mechanische Beanspruchungen (z.B. Stösse) der Pins und des Antriebs auf. Die Bearbeitungszyklen sind oft vergleichsweise eng getaktet und beanspruchen eine relativ kurze Prozesszeit. Eine Vielzahl von Widerholungen in vergleichsweise kurzer Zeit kann das Ergebnis dieser Prozessumsetzung sein. Typischerweise werden die Tragstifte daher als Verschleissmaterial betrachtet und bedürfen einer regelmässigen Erneuerung, d.h. sie sind gewöhnlich nach einer gewissen Anzahl Zyklen oder einer bestimmten Betriebszeit auszutauschen.

Entsprechend wird ein Motor eines mechatronisch ausgebildeten Pin-Lifters, also eines Pin-Lifter mit einem elektrischen Motor zur Verstellung des Pins, vermehrt beansprucht.

Naturgemäss ist ein Teil einer solchen Stifthubvorrichtung mit einem Prozessvolumen (Prozesskammer) verbunden, z.B. ist die Stifthubvorrichtung an die Prozesskammer angeflanscht. Typischerweise beeinflussen durch eine derartige Verbindung die verschiedenen Zustände der Kammer (z.B. Temperatur, Potential) entsprechend den Zustand der Stifthubvorrichtung.

Die oben genannten externen Einflüsse auf eine Stifthubvorrichtung können zu einer Beeinträchtigung des Betriebes bis hin zum Ausfall der Vorrichtung führen. Um dies zu vermeiden, werden die Stifthubvorrichtungen in regelmässigen zeitlichen Abständen oder nach einer bestimmten Anzahl von Betriebszyklen oder nach einer bestimmten Betriebsdauer vorsorglich gewartet oder ausgetauscht.

Ein dennoch verbleibender Nachteil ist jedoch, dass selbst bei einem turnusgemässen Austausch oder einer entsprechenden Wartung der Pin-Lifter während einer gewissen Dauer vor der Wartung eine Abweichung von seiner Normalfunktionalität aufweist und damit zu fehlerhaften Produktionszyklen führen kann. Weiterhin kann durch den bisherigen Wartungsansatz kein optimaler, sondern nur ein regelmässiger Wartungszeitpunkt festgelegt werden, wodurch z.B. ein Austausch des Pin-Lifters früher erfolgt, als dies technisch erforderlich wäre. Die Wartung oder Erneuerung solcher Elemente erfordert in aller Regel einen Stillstand oder Unterbruch von Produktionsabläufen und einen mehr oder minder massiven Eingriff in das Gesamtsystem. Dies führt nicht selten zu vergleichsweise langen Stillstandzeiten.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Stifthubvorrichtung bereitzustellen, bei der obige Nachteile reduziert oder vermieden werden.

Im Speziellen ist es Aufgabe der Erfindung eine verbesserte Stifthubvorrichtung bereitzustellen, die eine optimierte, d.h. insbesondere prädiktive und punktgenaue, Wartung der Vorrichtung ermöglicht.

Es ist eine weitere spezielle Aufgabe der Erfindung eine Stifthubvorrichtung bereitzustellen, die eine Überwachung der eigenen Funktionsfähigkeit und/oder einer übergeordneten Prozessfunktionalität ermöglicht.

Diese Aufgaben werden durch die Verwirklichung der kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Merkmale, die die Erfindung in alternativer oder vorteilhafter Weise weiterbilden, sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung betrifft eine Stifthubvorrichtung, insbesondere einen Pin-Lifter, die zur Bewegung und Positionierung eines zu bearbeitenden Substrats, insbesondere eines (Halbleiter-)Wafers, in einem durch eine Vakuumprozesskammer bereitstellbaren Prozessatmosphärenbereich ausgebildet ist. Die Stifthubvorrichtung weist eine Kupplung auf, die zur Aufnahme eines zum Kontaktieren und Tragen des Substrats ausgestalteten Tragstifts ausgebildet ist, und weist zudem eine Antriebseinheit auf, die derart ausgebildet ist und mit der Kupplung zusammenwirkt, dass die Kupplung linear entlang einer Verstellachse verstellbar ist. Die Verstellbarkeit der Kupplung kann von einer abgesenkten Normalposition, welche insbesondere zur Bereitstellung des

Tragstifts in einem bezüglich dessen bestimmungsgemässen Effekt (z.B. Bewegen, Tragen und Positionieren eines Werkstücks bzw. Substrats) im Wesentlichen wirkungsfreien Zustand (kein Kontakt zum Substrat) definiert ist, in eine ausgefahrene Trageposition, welche insbesondere zur Bereitstellung eines bestimmungsgemässen Effekts des Aufnehmens und/oder Bereitstellens des Substrats durch den Tragstift eingerichtet ist, und zurück verstellt werden.

Der bestimmungsgemässe Effekt des Tragstifts versteht sich im Wesentlichen zu einem Aufnehmen, Kontaktieren, Bewegen, Tragen und/oder Positionieren etc. eines Werkstücks bzw. Substrats. Ein wirkungsfreier Zustand des Tragstifts ist in diesem Kontext zu verstehen als ein Zustand, in dem der Stift kontaktlos (noch nicht oder nicht mehr in Kontakt stehend) mit einem bestimmungsgemäss zu kontaktierenden Substrat vorliegt und insbesondere den bestimmungsgemässen Zweck vorübergehend nicht bereitstellt, sich also z.B. in einer abgesenkten Warteposition befindet. Dies ist insbesondere der Fall, während ein Bearbeitungsprozess an dem Substrat durchgeführt wird. Die Bereitstellung des bestimmungsgemässen Effekts jedoch bedeutet nicht ausschliesslich, dass ein Kontakt zwischen Tragstift und Substrat besteht, vielmehr kann der Stift in diesem Zustand in einem ausgefahrenen Zustand vorliegen und für die Aufnahme eines Wafers (Ablage des Wafers auf dem Stift) bereitgehalten werden. Auch die in der Folge bei Kontakt erfolgenden Prozesse oder Bewegungen (Transport des Wafers) sind als das Bereitstellen des bestimmungsgemässen Effekts zu verstehen.

Ein unbestückter Aufnahmezustand repräsentiert einen Zustand, in dem ein aufzunehmender Tragstift sich nicht in einer gehaltenen Sollposition relativ zur Kupplung (in der

Kupplung) befindet. Ein bestückter Zustand ist als ein Zustand zu verstehen, in dem der Tragstift von der Kupplung in einer aufgenommenen Sollposition gehalten wird. Es versteht sich, dass die Erfindung sich auch auf die Stifthubvorrichtung ohne einen angekoppelten Tragstift erstreckt.

Die Stifthubvorrichtung weist zudem mindestens eine Sensoreinheit auf, die derart ausgebildet und angeordnet ist, dass mittels der Sensoreinheit eine kraftabhängige und/oder beschleunigungsabhängige Zustandsinformation mit Bezug zu zumindest einem Teil der Stifthubvorrichtung erzeugbar ist.

Mittels der Sensoreinheit können somit Trägheitseffekte, Beschleunigungen von Teilen oder der gesamten Stifthubvorrichtung und/oder externe Einflüsse, wie eine auf die Kupplung wirkende (Gewichts-)Kraft, erfasst werden. Derartige Effekte können durch den Betrieb der Vorrichtung selbst entstehen, z.B. Vibrationen oder (Eigen-) Schwingungen durch die Antriebseinheit, oder können externer Natur sein, z.B. mechanische Einwirkungen (Stösse, dynamische Effekte von Peripheriekomponenten etc.) beispielsweise von einem verbundenen Bauteil oder Gerät wie z.B. der Prozesskammer.

In einer Ausführungsform weist die Stifthubvorrichtung eine Trenneinrichtung zur Trennung des Prozessatmosphärenbereichs von einem Aussenatmosphärenbereich auf, wobei die Antriebseinheit zumindest teilweise, insbesondere vollständig, dem Aussenatmosphärenbereich und die Kupplung insbesondere zumindest teilweise dem Prozessatmosphärenbereich zugeordnet ist. Die Trenneinrichtung ist insbesondere als

Balg ausgebildet, der im Innenvolumen eines die Kupplung im abgesenkten Zustand zumindest teilweise umfassenden Kupplungsteils angeordnet ist. Die Trenneinrichtung der Stifthubvorrichtung kann auch durch ein Gehäuse der Antriebseinheit gebildet sein.

Die Antriebseinheit kann als Elektromotor, insbesondere Schrittmotor, ausgebildet sein, wodurch eine mechatronische Stifthubvorrichtung bereitgestellt ist.

Die Antriebseinheit kann alternativ als pneumatischer Antriebszylinder ausgebildet sein.

In einer Ausführungsform kann die Sensoreinheit mindestens einen der nachfolgend genannten Inertialsensoren zur Erzeugung der beschleunigungsabhängigen Zustandsinformation umfassen bzw. als solcher ausgebildet sein:

- einen Beschleunigungssensor, welcher Beschleunigungen entlang mindestens einer definiert ausgerichteten Achse, insbesondere mehrachsig, detektiert,

- einen Drehratensensor, welcher Rotationsgeschwindigkeiten oder Rotationsbeschleunigungen um mindestens eine definiert ausgerichtete Achse, insbesondere mehrachsig, detektiert

- ein Vibrometer, und/oder

- einen auf MEMS Technologie (mikroelektromechanisches System) basierenden Sensor.

Inertialsensoren, insbesondere Beschleunigungssensoren, ermöglichen das Erfassen nicht nur von linear gerichteten und/oder niederfrequenten Beschleunigungsereignissen, sondern zudem auch die Detektion von hochfrequenten

Beschleunigungen wie Vibrationen und dynamischen Eigenschwingungen von Systemkomponenten. Aus derartigen Messdaten können weitere Informationen bezüglich eines Zustands einer Stifthubvorrichtung oder eines Verhaltens dieser Vorrichtung im Betrieb gewonnen werden. Hieraus lassen sich wiederum Erkenntnisse bezüglich einer gewünschten Prozesssicherheit oder allgemein eine Aussage ableiten, ob ein Prozess im Rahmen vorgegebener Bedingungen abläuft.

In einer bestimmten Ausführungsform kann die Sensoreinheit mindestens einen der nachfolgend genannten Kraftsensoren zur Erzeugung der kraftabhängigen Zustandsinformation umfassen bzw. als solcher ausgebildet sein:

- einen Drucksensor,
- ein verformungsempfindliches Element, insbesondere Dehnmessstreifen,
- einen Piezo-Kraftaufnehmer mit einem Piezokeramik-Element,
- einen elektrodynamischen Kraftaufnehmer,
- einen resistiven Kraftaufnehmer,
- einen Schwingungs-Kraftaufnehmer und/oder
- einen Federkörper-Kraftaufnehmer.

Ein Kraftsensor stellt die Erfassung von entsprechenden Einflüssen, z.B. ein durch das Ablegen eines Wafers entstehender Druck, auf die Stifthubvorrichtung bereit. Eine Kraftmessung und insbesondere Regelung der Stiftbewegung anhand eines aktuell erfassten Kraftsignals kann beispielsweise zur Vermeidung zu grosser Kräfte auf den Wafer implementiert sein. Z.B. kann hierdurch eine kontinuierliche Kraftzunahme gesteuert werden.

Gemäss einer weiteren Ausführung der erfindungsgemässen Stifthubvorrichtung kann die Sensoreinheit angeordnet sein

- an der Kupplung, insbesondere an einer Aufnahme für den Tragstift,
- an der Antriebseinheit, insbesondere an einer Spindel oder einem Motor der Antriebseinheit,
- an einem Kopplungselement, das das Zusammenwirken der Antriebseinheit mit der Kupplung bereitstellt, insbesondere einer Gewindestange,
- an dem Tragstift und/oder
- an einem Gehäuse der Stifthubvorrichtung, insbesondere an einer Unterseite oder an einer Innenwand des Gehäuses.

Die Erfindung betrifft zudem ein System aus einer Stifthubvorrichtung von oben bzw. wie mit den Figuren 2a-3b beschrieben und einer Verarbeitungs- und Steuerungseinheit. Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit ist zum Erhalt und/oder zur Verarbeitung der Zustandsinformation der Sensoreinheit und zur Erzeugung und/oder Ausgabe einer zustandsinformationsabhängigen Ausgabe angeordnet und ausgebildet.

Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit stellt damit eine Verarbeitungs- und Analysefunktionalität für Messdaten bereit, die mit der Sensoreinheit erfasst werden können. Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit kann hierfür mit der Stifthubvorrichtung zum Datenaustausch drahtgebunden oder drahtlos verbunden sein.

Des Weiteren kann mittels der Verarbeitungs- und Steuerungseinheit eine closed-loop Steuerung (Regelung) der

Stifthubbewegung anhand von erfassten, verarbeiteten und/oder analysierten Messdaten erfolgen. Beispielsweise kann das kontinuierliche Anliegen einer konstanten Kraft über eine bestimmte Bewegungsstrecke hinweg eingeregelt werden.

In einer Ausführungsform kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet sein, mittels einer Verarbeitung der Zustandsinformation die Ausgabe bezüglich eines aktuellen Zustands oder bezüglich einer aktuellen Normalzustandsabweichung der Antriebseinheit und/oder der Kupplung bereitzustellen, insbesondere visuell oder akustisch. Die Ausgabe kann insbesondere mittels eines Ist-Soll-Vergleichs für die erfasste Zustandsinformation erzeugt werden.

Die Ausgabe kann für die Erzeugung einer Information an einen Benutzer z.B. einer Produktionsanlage vorgesehen und konfiguriert sein. Sie kann alternativ oder zusätzlich auch eine Inputgrösse für einen Regelkreis (Regler) bereitstellen. Zudem kann die Ausgabe auch als Steuergrösse dienen und eine direkte Ansteuerung der Antriebseinheit, in Abhängigkeit eines aktuellen Zustands, bereitstellen.

Die Ausgabe kann insbesondere als Ausgabesignal erzeugt sein.

Die Ausgabe stellt insbesondere eine verarbeitete Zustandsinformation bereit. Als Zustandsinformation können insbesondere reine Messdaten verstanden werden, die von einem Sensor erzeugt werden können. Diese Messdaten repräsentieren also einen Zustand der Vorrichtung zum Zeitpunkt der Messung. Wird diese Information beispielsweise mit einem Referenzwert in Bezug gesetzt,

kann durch diesen Vergleich eine relative Veränderung identifiziert und quantifiziert werden.

Die Ausgabe kann bezüglich einer mechanischen und/oder strukturellen Integrität der Antriebseinheit und/oder der Kupplung bereitgestellt werden. Anhand der Zustandsinformation (z.B. durch Vergleich mit einem Schwellwert oder einem Zustandsverlauf) kann eine eventuelle Beeinträchtigung des Systems festgestellt werden und entsprechend die Ausgabe mit Bezug zur Systemintegrität bzw. Systemfunktion erzeugt werden.

Die Ausgabe kann insbesondere eines oder beides von Folgenden umfassen:

- einer Warnung über erhöhten Verschleiss einer Komponente der Stifthubvorrichtung, und/oder
- einer Vorhersage über die Haltbarkeit einer Komponente der Stifthubvorrichtung.

Insbesondere kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet sein, basierend auf der Zustandsinformation ein Frequenzspektrum (als die Ausgabe) bereitzustellen. Insbesondere bei der Erfassung von Beschleunigungsinformation kann eine derartige Auswertung der Messdaten eine geeignete Basis zur Weiterverarbeitung oder Weiterverwendung der Daten sein. Bestimmte Frequenzen oder Frequenzbereiche können sich bestimmten Beschleunigungsereignissen oder damit verbundenen Systemkomponenten zuordnen lassen.

So kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit in einer Ausführungsform dazu ausgebildet sein, basierend auf einer Analyse der Zustandsinformation hinsichtlich einer oder

mehrerer Messwertfrequenzen die Ausgabe bezüglich einer Lokalisierung einer die jeweilige Messwertfrequenz verursachenden Schwingung bereitzustellen.

Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit kann dazu ausgebildet sein, basierend auf einem Abgleich der Zustandsinformation mit einem vordefinierten Referenzwert die Ausgabe bezüglich einer Bewertung eines mit der Stifthubvorrichtung durchgeführten Prozesses bereitzustellen. Anhand der Auswertung der mit der Sensoreinheit erfassten Information kann somit ein Produktionsschritt (z.B. Beschichtungsprozess) überwacht werden. Weicht eine gemessene Beschleunigungs- oder Kraftinformation von einem Sollwert (insbesondere inkl. Toleranz) ab, kann dies z.B. ein Indiz für ein fehlerhaftes Anheben eines Wafers von einer Auflage (De-Chucking) unter zu grosser Krafteinwirkung sein und eine Beschädigung des Wafers verursachen.

Nach einer bestimmten Ausführungsform kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet sein, basierend auf einer mehrfachen Erfassung der Zustandsinformation einen Zustandstrend (insbesondere als die Ausgabe), insbesondere Langzeittrend, für einen Systemzustand und/oder eine Änderung des Systemzustands abzuleiten, insbesondere wobei die Zustandsinformation während eines bestimmten Zeitabschnitts periodisch, insbesondere fortlaufend, erfasst wird und ein Frequenzspektrum und/oder ein Kraft-Weg-Verhältnis abgeleitet wird.

Durch eine derartige Auswertung von Sensordaten kann also eine Veränderung in der Funktion der Stifthubvorrichtung überwacht und erkannt werden. Die Langzeitbetrachtung

ermöglicht somit nicht allein die Erfassung von Momentaufnahmen des Systems, sondern zudem die Ableitung von Trends und die Voraussage weiterer Zustandsveränderungen.

In einer Ausführungsform kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet sein, basierend auf einem Vergleich einer aktuell erfassten Zustandsinformation mit einer weiteren sensoreinheitsunabhängigen Zustandsinformation, insbesondere Motorstrom der Antriebseinheit, eine Kalibrierung der Sensoreinheit und/oder eine Überwachung der sensoreinheitsunabhängigen Zustandsinformation bereitzustellen.

Durch die Erzeugung von Zustandsinformationen für ein bestimmtes Messereignis aus zwei unterschiedlichen Messquellen, d.h. mittels der Sensoreinheit und mittels einer weiteren Quellen, kann ein Vergleich dieser Informationen durchgeführt werden und die Messsysteme können gegenseitig kalibriert oder überwacht werden.

Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit kann insbesondere dazu ausgebildet sein, mittels der Sensoreinheit während einer Ausfahrbewegung der mit einem Tragstift bestückten Kupplung in die Trageposition eine Zustandsänderung, insbesondere Kraftzunahme aufgrund eines Kontaktierens des Substrats und/oder Beschleunigungsverlauf an dem Tragstift, zu erfassen und insbesondere mit einer Ausfahrposition zu verknüpfen.

So kann beispielsweise ein Kraft-Weg-Diagramm erfasst und für einen bestimmten Prozess hinterlegt werden. Abweichungen können hier mit Bezug zu einer zurückgelegten Strecke und/oder einer gemessenen Kraft festgestellt

werden. Alternativ oder zusätzlich kann anhand eines Kraft- bzw. Beschleunigungsverlaufs ein Kontaktpunkt abgeleitet werden, d.h. eine Ausfahrposition für den Stift, bei welcher ein Kontakt mit einem Substrat entsteht.

Die Sensoreinheit kann insbesondere derart ausgebildet und angeordnet sein, dass als Zustandsinformation eine Beschleunigung erfassbar ist, die in der Antriebseinheit entsteht und/oder von aussen auf die Stifthubvorrichtung einwirkt. Für eine Erfassung mit jeweiligem Ortsbezug ist die Sensoreinheit vorzugsweise an einer dafür entsprechend geeigneten Position der Stifthubvorrichtung angeordnet, so z.B. am Gehäuse oder der Antriebseinheit.

In einer bestimmten Ausführungsform kann die Sensoreinheit derart ausgebildet und angeordnet sein, dass als Zustandsinformation eine Beschleunigung erfassbar ist, die durch Reibschwingung an zumindest einem der nachfolgend genannten Orte entsteht:

- zwischen zumindest einem Teil der Kupplung und einer Führung und/oder einem Lager für die Kupplung,
- zwischen zumindest einem Teil der Kupplung und zumindest einem Teil der Antriebseinheit, und/oder
- zwischen zumindest einem Teil der Antriebseinheit und einer Führung und/oder einem Lager für die Antriebseinheit.

Durch die Detektion von Vibrationen, die aufgrund von Reibung erzeugt werden, können Zustände wie z.B. Verschleiss von Lagern oder Schmierung zwischen zwei relativ zueinander beweglichen Elementen erfasst werden. Mittels einer Signalanalyse lässt sich zudem eine

Differenzierung möglicher Vibrationsquellen und damit eine Lokalisierung erreichen.

Die Zustandsinformation kann insbesondere mindestens eine der nachfolgend genannten Informationen umfassen:

- einen auf die Kupplung und/oder den Tragstift wirkende Kraft, insbesondere erzeugt durch die Gewichtskraft eines auf dem Tragstift aufliegenden Substrats,
- eine auf die Antriebseinheit, insbesondere auf eine Antriebswelle oder einen Motor der Antriebseinheit, wirkende Kraft,
- eine an der Kupplung und/oder dem Tragstift erzeugte Beschleunigung,
- eine an der Antriebseinheit erzeugte Beschleunigung, und/oder
- einen Beschleunigungszustand oder eine Beschleunigungsänderung der Stifthubvorrichtung.

In einer Ausführungsform kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit zur Erzeugung und Ausgabe eines Steuerungssignals basierend auf der Zustandsinformation ausgebildet sein. Die Antriebseinheit kann dabei weiter zum Erhalt des Steuerungssignals und zur Verstellung der Kupplung zwischen der Normalposition und der Trageposition in Abhängigkeit des Steuerungssignals angeordnet und ausgebildet sein. In anderen Worten kann das System derart eingerichtet sein, dass die Steuerung des Antriebs auf erfassten Messwerten basiert (open-loop oder closed-loop).

Insbesondere kann die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit derart eingerichtet sein, dass das Steuerungssignal in

Abhängigkeit von einer aktuellen Zustandsinformation automatisch einstellbar ist. Durch ein fortlaufendes Anpassen des Steuerungssignals kann eine Regelung des Stifthubbetriebs eingerichtet werden und beispielsweise eine Verstellgeschwindigkeit in Abhängigkeit von einer jeweils gemessenen Anpresskraft eingestellt werden.

Eine solche Konfiguration ermöglicht eine Steuerung und/oder Regelung des Pin-Lifters anhand einer aktuell erfassten Kraft- oder Beschleunigungsinformation. Hierdurch kann die Steuerung der Antriebseinheit derart, insbesondere fortlaufend oder in Echtzeit, angepasst werden, dass Effekte, wie z.B. ein starkes Vibrieren, die Einfluss auf einen Bearbeitungsprozess haben können, kompensiert werden können. Eine solche Kompensation kann somit ohne strukturellen Eingriff in das System nur mittels Anpassung der Steuerung umgesetzt werden.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel kann wie folgt ausgestaltet sein. Wird beispielsweise eine signifikante, periodische oder punktuelle Überschreitung einer vordefinierten Sollamplitude für eine dynamische Schwingung in der Antriebseinheit festgestellt, kann dies eine Notwendigkeit für eine baldige Wartung des Antriebs anzeigen. Diese Information kann einerseits dazu genutzt werden die Steuerung der Stifthubvorrichtung so anzupassen, dass diese mit geringerer Last (und ggf. langsamer) betrieben wird und andererseits dazu, dass eine entsprechende Information zur Wartung ausgegeben wird.

Die erfindungsgemässen Vorrichtungen werden nachfolgend anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten konkreten Ausführungsbeispielen rein beispielhaft näher

beschrieben, wobei auch auf weitere Vorteile der Erfindung eingegangen wird. Im Einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Vakuumbearbeitungsvorrichtung für einen Wafer mit einer erfindungsgemässen Hubvorrichtung;

Fig. 2a-b eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Stifthubvorrichtung; und

Fig. 3a-b eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Stifthubvorrichtung.

Figur 1 zeigt schematisch einen Prozessaufbau für eine Bearbeitung eines Halbleiterwafers 1 unter Vakuumbedingungen. Der Wafer 1 wird mittels eines ersten Roboterarms 2 durch ein erstes Vakuumtransferventil 5a in eine Vakuumkammer 4 (Prozessatmosphärenbereich P) eingebracht und über Tragestiften 7 von erfindungsgemässen Stifthubvorrichtungen (hier: drei Stifte gezeigt) in Position gebracht. Der Wafer 1 wird dann mittels der Stifte 7 aufgenommen bzw. darauf abgelegt und der Roboterarm 2 wird weggefahren. Der Wafer 1 liegt typischerweise auf dem Roboterarm oder einer an dem Roboterarm 2,3 vorgesehenen Tragvorrichtung auf oder wird anhand einer spezifischen Tragevorrichtung gehalten. Nach dem Aufnehmen des Wafers 1 durch die Stifte 7 werden der Roboterarm aus der Kammer 4 geführt, das Transferventil 5a verschlossen und die Stifte 7 abgesenkt. Dies erfolgt mittels der Antriebe 6 der Stifthubvorrichtungen die mit den jeweiligen Stiften 7 gekoppelt sind. Der Wafer 1 wird hierdurch auf den gezeigten vier Trageelementen 8 abgelegt. Alternativ wird der Wafer 1 auf einer elektrostatischen

Klemmvorrichtung (nicht gezeigt), einem sogenannten elektrostatischen Chuck, abgelegt und durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den Chuck-Elektroden festgehalten und ggf. durch die hierdurch wirkenden Kräfte eingeebnet. Elektrostatische Chucks werden heute typischerweise für die Produktion von z.B. Halbleiterwafern unter Vakuumbedingungen eingesetzt.

In diesem festgehaltenen Zustand erfolgt eine geplante Bearbeitung (z.B. Beschichtung) des Wafers 7 unter Vakuumbedingungen und insbesondere in definierter Atmosphäre (d.h. mit einem bestimmten Prozessgas und unter definiertem Druck). Die Kammer 4 ist hierfür mit einer Prozessgasquelle, einer Vakuumpumpe und vorzugsweise mit einem Vakuumregelventil zur Regelung des Kammerdrucks gekoppelt (nicht gezeigt).

Nach der Bearbeitung erfolgt ein Anheben des Wafers 1 in eine Entnahmestellung wiederum mittels der Stifthubvorrichtungen. Mit dem zweiten Roboterarm 3 wird in der Folge der Wafer 1 durch das zweite Transferventil 5b entnommen. Alternativ kann der Prozess mit nur einem Roboterarm konzipiert sein, wobei Bestückung und Entnahme dann durch ein einzelnes Transferventil erfolgen können.

Eine Pin-Lifter Anordnung kann alternativ (nicht gezeigt) als Ring-Lifter ausgebildet sein, also ringförmig angeordnet der ausgebildet.

Figur 2a zeigt eine Ausführungsform einer Stifthubvorrichtung 10 gemäss der Erfindung. Die Stifthubvorrichtung 10 weist eine als Elektromotor ausgebildete Antriebseinheit 12 auf, die einem unteren Antriebsteil der Vorrichtung 10 zugeordnet ist. Der

Motor 12 ist mit einer Gewindespindel 13 gekoppelt. Die Gewindestange 13 kann durch entsprechende Ansteuerung des Motors 12 rotiert werden.

Zudem ist eine Verstellelement 14 vorgesehen, das in der gezeigten Ausführung als Schieber 14 ausgebildet ist, der mit der Gewindestange 13 zusammenwirkt und mittels Rotation der Stange 13 linear entlang einer zentralen Verstellachse A bewegbar ist. Der Schieber 14 weist ein Innengewinde auf, das mit dem Gewinde der Gewindestange 13 korrespondiert. Ferner ist der Schieber 14 derart gelagert, dass dieser relativ zur Stifthubvorrichtung 10 selbst nicht drehbar ist, sondern nur in die Bewegungsrichtungen parallel zur Verstellachse A bewegt werden kann.

In der gezeigten Ausführung weist die Stifthubvorrichtung 10 eine Isolierkomponente 20 auf, es versteht sich jedoch, dass die vorliegende Erfindung sich nicht auf Stifthubvorrichtungen mit einer solchen Isolierkomponente 20 beschränkt, sondern vielmehr Stifthubvorrichtungen ohne eine derartige Isolierung mitumfasst. Der Schieber 14 ist hier mit einem ersten, relativ zur Antriebseinheit 12 beweglichen Teil 21 der Isolierkomponente 20 gekoppelt. Es versteht sich analog zu oben, dass der Schieber 14 alternativ (nicht gezeigt) direkt mit der Kupplung 32 gekoppelt sein kann und auf das Kopplungselement 21 verzichtet wird. Das Kopplungselement 21 kann hier entsprechend durch den Schieber linear bewegt und positioniert werden. Die Isolierkomponente 20 weist zudem noch ein zweites, fix mit dem Antriebsteil 11 verbundenes Teil 22, ein Fixierelement 22, auf. Auch dieses ist optional und kann in alternativen Ausführungen fehlen. Sowohl das Kopplungselement 21 als auch das Fixierelement 22 sind

derart gefertigt, dass diese keine elektrische Leitfähigkeit bereitzustellen vermögen. Insbesondere ist das Kopplungselement 21 und/oder das Fixierelement 22 aus einem elektrisch nichtleitenden Material, z.B. Kunststoff (z.B. PEEK), gefertigt oder mit einem nichtleitenden Material beschichtet.

Das Fixierelement 22 ist wiederum fest mit einem Gehäuse eines oberen Kupplungsteils der Stifthubvorrichtung 10 verbunden. Durch das Gehäuse ist ein Innenvolumen V_i des Kupplungsteils definiert. Der Kupplungsteil weist eine bewegliche Kupplung 32 auf, die an einem ersten Ende zur Aufnahme eines Tragstiftes (Tragstift nicht gezeigt) ausgebildet ist. Die Kupplung erstreckt sich im gezeigten Beispiel im Wesentlichen entlang der Achse A. Die Kupplung 32 ist (an deren unterem, dem ersten Ende gegenüberliegenden Teil) mit dem Kopplungselement 21 der Isolierkomponente 20 verbunden. Hierzu weist die Kupplung 32 in diesem Beispiel eine innere Ausnehmung auf, in welcher das Kopplungselement 21 aufgenommen und fixiert ist, z.B. mittels einer Verklebung oder Verschraubung.

Durch die Verbindungen zwischen dem Schieber 14, dem Kopplungselement 21 und der Kupplung 32 kann damit eine durch den Motor 12 steuerbare Bewegbarkeit der Kupplung 32 und damit eines in der Kupplung 32 aufgenommenen Tragstifts bereitgestellt werden. Aufgrund des Kopplungselements 21 der Isolierkomponente 20 ist zudem eine thermische und galvanische Trennung zwischen Tragstift und Antrieb 12 bereitgestellt.

Die Figur 2a zeigt die Kupplung 32 der Stifthubvorrichtung 10 in einer abgesenkten Normalposition, in welcher ein optional vorgesehener Tragstift bezüglich

dessen bestimmungsgemässen Effekt in einem im Wesentlichen wirkungsfreien Zustand vorläge. Der Tragstift hat bei einer Vorsehung des Pin-Lifters 10 in einem Vakuumbearbeitungsprozess dabei typischerweise keinen Kontakt mit einem zu bearbeitenden Substrat.

Die Figur 2b zeigt die Kupplung 32 der Stifthubvorrichtung 10 in einer ausgefahrenen Trageposition, in welcher ein angekoppelter Tragstift dessen bestimmungsgemässen Effekt des Aufnehmens, Bewegens und/oder Bereitstellens des Substrats bereitstellt.

Zum Erreichen der ausgefahrenen Trageposition kann der Motor 12 entsprechend angesteuert werden. Hierzu kann z.B. eine Laufzeit des Motors oder eine Anzahl auszuführender Rotationen für die Gewindestange 13 hinterlegt sein, um eine gewünschte Position für den Schieber 14 einzustellen. Insbesondere ist ein Encoder mit der Antriebseinheit 12 gekoppelt, um die Bewegungen der Motorachse überwachbar und regelbar zu machen.

Die linear beweglichen Teile des Pin-Lifters 10, d.h. der Schieber 14, das Kopplungselement 21 und die Kupplung 32, werden hierzu vorwiegend im Bereich des oberen Kupplungsteils bewegt. Der Schieber 14 und das Kopplungselement 21 bewegen sich zumindest im Wesentlichen innerhalb des Innenvolumens V_i. Das Kopplungselement 21 ist in der gezeigten Ausführung hülsenförmig ausgebildet und stellt eine durch die Form des Elements 21 definierte Ausnehmung 21' bereit. Diese Ausnehmung 21' ermöglicht eine variable Erstreckung der Gewindestange 13 in das Kopplungselement 21 und damit eine translatorische Beweglichkeit des Kopplungselements 21 relativ zur Gewindestange 13.

Die beiden Elemente 21,22 der Isolierkomponente 20 stellen damit einerseits eine thermische Trennung zwischen Antriebsteil 11 mit Antriebseinheit 12 und dem in fester Positionsrelation dazu angeordneten Gehäuse des Kupplungsteils bereit. Zum zweiten ist eine permanente thermische Trennung auch der bewegten Teile von unterem Antriebsteil und oberen Kupplungsteil, d.h. zwischen der Kupplung 32 und dem Schieber 14, bereitgestellt.

Auch kann ein elektrisch leitender Kontakt zwischen einzelnen Komponenten des Antriebsteils und jeweiligen Komponenten des Kupplungsteils mittels der Isolierkomponente 20 unabhängig von einem Zustand des Pin-Lifters verhindert werden.

In der abgesenkten Normalposition stehen das Kopplungselements 21 und das Fixierelement 22 vorzugsweise in Kontakt.

Die Stifthubvorrichtung 10 weist in der gezeigten Ausführungsform vier Sensoreinheiten 41-44 auf. Es versteht sich jedoch, dass die Erfindung nicht auf eine Ausführung mit vier Sensoreinheiten beschränkt ist, sondern vielmehr Ausführungsformen mit mindestens einer derartigen Sensoreinheit ebenso von der Erfindung umfasst sind.

Die Sensoreinheiten 41-44 sind jeweils zur Erfassung einer Beschleunigungsinformation als Zustandsinformation ausgebildet. Mindestens eine der Sensoreinheiten 41-44 ist vorzugsweise als mehrachsiger Beschleunigungssensor ausgebildet. In einer alternativen Ausführungsform kann einer oder können mehrere der Sensoreinheiten 41-44 als Kraftsensor ausgebildet sein. Insbesondere lassen sich die im Folgenden beschriebenen Messmöglichkeiten und

Auswerteansätze teilweise auf die Verwendung eines Kraftsensors übertragen.

Die Sensoreinheiten 41-44 stehen in Kommunikationsverbindung, z.B. drahtlos mittels WLAN oder Bluetooth, mit einer Verarbeitungs- und Steuerungseinheit (nicht gezeigt), d.h. Messdaten, die mit den Sensoren 41-44 erfasst werden, werden an diese Verarbeitungs- und Steuerungseinheit übermittelt und bedarfsgemäss weiterverarbeitet. Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit bildet zusammen mit der Stifthubvorrichtung ein entsprechendes System. Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit kann insbesondere als strukturell separierte Einheit ausgestaltet oder in integrierter Form mit der Stifthubvorrichtung verbaut sein.

Eine erste der Sensoreinheiten 41 ist im Innenvolumen V_i an der Innenwand eines Gehäuses des oberen Kupplungsteils angeordnet und stellt hierdurch z.B. die Erfassung von Beschleunigungsereignissen bereit, die extern auf die Stifthubvorrichtung 10 wirken. Somit können insbesondere mechanische Stösse auf den Pin-Lifter 10 registriert werden. Ferner kann durch eine Überwachung einer damit verbundenen Signalamplitude eine Stärke des Stosses festgestellt werden und die Wahrscheinlichkeit einer hierdurch verursachten Beschädigung des Pin-Lifters 10 bewertet werden. Mit einem derartigen Ansatz ist beispielsweise auch eine Transportüberwachung durchführbar. Neben externen Einflüssen vermag der Sensor 41 zudem Vibrationen des Pin-Lifters 10 zu erfassen, die z.B. durch eine Bewegung der Kupplung 32 verursacht sind, und für die weitere Auswertung verfügbar zu machen.

Eine zweite Sensoreinheit 42 ist an der Kupplung 32 angeordnet und ermöglicht so die direkte Erfassung von Beschleunigungen der Kupplung 32, d.h. einerseits eine gewünschte Bewegung der Kupplung 32 entlang der Achse A und/oder andererseits eine an der Kupplung 32 auftretende Vibration. Eine derartige Vibration kann insbesondere durch eine Anregung von einzelnen oder mehreren Systemkomponenten gemäss deren Eigenfrequenzspektren verursacht sein. Die Anregung bzw. Übertragung einer Schwingung kann ursächlich von einem Betrieb des Motors 12 ausgehen.

Alternativ oder zusätzlich kann eine Vibration der Kupplung 32 durch eine auftretende Reibung zwischen der Kupplung 32 und z.B. dem Gehäuse oder einer Führung (Lager) für die Kupplung 32 bei Bewegung der Kupplung entstehen.

Die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit kann derart konfiguriert sein, dass ein jeweiliges Frequenzspektrum aus den erfassten Beschleunigungsdaten ableitbar ist. Anhand eines solchen Spektrums kann zudem eine Unterscheidung einzelner Beschleunigungsereignisse durchführbar sein. Ein Frequenzspektrum, das einer Reibung zuzuordnen ist, unterscheidet sich von einem Spektrum, das z.B. durch eine alternative Anregung erzeug ist. So kann mittels algorithmischer Auswertung festgestellt werden, ob eine erfasste Schwingung durch eine Reibung zwischen zwei Komponenten oder durch eine anderweitige aktive Anregung verursacht ist. Hierdurch wird eine zielgerichtete Wartung der Stifthubvorrichtung ermöglicht, d.h. es kann eine betroffene Komponente identifiziert und ausgetaucht werden. Beispielhaft kann hierdurch die Funktionsfähigkeit eines in der Stifthubvorrichtung 10 vorzugsweise vorgesehenen Balgs (nicht gezeigt), der eine atmosphärische Trennung zwischen der Prozessatmosphäre P (Vakuum) und einer

Umgebungsatmosphäre (z.B. Raumluft) bereitstellt, überwacht werden. Auch kann anhand auftretender Schwingungen und Vibrationen durch Vergleich mit einem vorbekannten Referenzvibrationsprofil erkannt werden, ob im Inneren des Balgs ein Vakuum vorliegt (= Sollzustand) oder nicht.

Weiter kann die Qualität, d.h. insbesondere die Stärke, der auftretenden Beschleunigung eingeordnet und in Verbindung mit der bestimmten Art der Beschleunigung deren Auswirkung auf den Zustand der Stifthubvorrichtung beurteilt werden.

In Abhängigkeit der möglichen Auswirkung auf die Stifthubvorrichtung kann ferner eine Ausgabe an einen Benutzer erfolgen. Alternativ kann die Ausgabe bzw. ein Ausgabesignal an die Antriebseinheit übermittelt werden und dadurch eine Anpassung der Antriebssteuerung erfolgen. Durch eine entsprechende Gegensteuerung lassen sich auftretende Vibrationen dämpfen oder, z.B. durch Erzeugen eines passenden Gegensignals, das die Anregung einer Eigenfrequenz verhindert, weitgehend vermeiden.

Die Sensoreinheit 42 vermag zudem etwaige Relativbewegungen eines auf dem Tragstift aufliegenden Substrats (Wafer) zu detektieren. Sollte der Wafer in lateraler Richtung quer zur Verstellachse A bewegt werden, so könnten z.B. durch eine dabei auftretende Reibung verursachte Beschleunigungen in dieser Richtung mit dem Sensor 42 (oder auch mit einem der anderen Sensoren 41,43,44) gemessen werden. Bei Auftreten einer solchen ungewollten Bewegung kann eine Entstehung von Partikeln, z.B. durch Abrieb, eine Folge sein. Partikelbildung ist bei Beschichtungsprozessen im Vakuumbereich stets kritisch und kann zu einer Kontamination des Prozessvolumens und damit zu einer stark negativen Beeinträchtigung eines Produktionsprozesses

führen. Die erfindungsgemässe Vorsehung eines Beschleunigungssensors kann – wie beschrieben - ein Überwachungssystem für derartige Fälle bereitstellen und damit z.B. ein Warnsignal bei einem derartigen Ereignis ausgeben.

Eine weitere Sensoreinheit 43 ist am Schieber 43 angeordnet und stellt insbesondere eine direkte Zustandsinformation bei einer Bewegung der Kupplung 32 entlang der Verstellachse A bereit. Vibrationen die bei einer Rotation der Spindel 13 und der dadurch verursachten Bewegung des Schiebers 43 können direkt abgegriffen werden. Die Charakteristik der so erfassbaren Vibration vermag den Funktionszustand des Antriebssystems auswertbar zu machen. Beispielsweise lässt sich anhand der erfassten Vibration ein Rückschluss auf die Gleitfähigkeit bzw. auf den Zustand der Schmierung zwischen Gewindestange 13 und Schieber 43 ziehen. Dieser Rückschluss kann z.B. mittels eines Vergleichs eines Referenzfrequenzspektrums, welches die Soll-Bewegungseigenschaften des Schiebers repräsentiert, und eines aktuell erfassten Frequenzspektrums erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann eine relativ zu einem Referenzwert erhöhte Amplitude eine mangelhafte Schmierung des Getriebes anzeigen.

Ein vierter Sensor 44 ist an dem Motor 12 angeordnet. Hierdurch können Schwingung und Vibrationen des Motors 12 selbst erfasst werden. So lassen sich beispielsweise die Laufeigenschaften des Motors 12 überwachen und eine mögliche Fehlfunktion oder ein Defekt des Motors erkennen. Nehmen die an dem Motor detektierbaren Vibrationen zu, kann dies ein Indiz für einen zunehmenden Verschleiss des Motors 12 und für einen baldigen Ausfall des Motors 12 sein.

Anhand der mit den einzelnen Sensoren 41-44, insbesondere mit den Sensoren 42-44, erfassbaren Informationen kann ebenso eine Langzeitüberwachung des Pin-Lifters 10 oder von zumindest Teilen davon durchgeführt werden. Hierzu können die Beschleunigungsinformationen, insbesondere Frequenzspektren und/oder Beschleunigungsamplituden, über einen bestimmten Zeitraum erfasst und ausgewertet werden. Durch eine gesamthafte (algorithmisch basierte) Betrachtung der erfassten Informationen können so Veränderungen einer bestimmten Beschleunigungscharakteristik erkannt werden und aus den Veränderungen ein Langzeittrend oder eine Tendenz für eine bestimmte Veränderung im System abgeleitet werden.

Mit Hilfe einer obigen Langzeitbetrachtung des Systems kann eine Wartung der Stifthubvorrichtung 10 abhängig von einer individuellen Beanspruchung vorausgeplant werden. Beispielsweise lässt sich durch die Langzeitüberwachung der Zustandsinformation, insbesondere unter Berücksichtigung vorbekannter Systemeigenschaften, ein Zeitpunkt für einen möglichen Funktionsausfall anhand einer Zunahme einer Abweichung des Beschleunigungsverhaltens von einem Sollzustand abschätzen. Ein Wartungszeitpunkt kann entsprechend ökonomisch optimiert festgelegt werden, d.h. die Wartung erfolgt nicht später als erforderlich, also vor einem möglichen Funktionsausfall, und nicht früher als zur Sicherstellung der verlässlichen Stifthubfunktion erforderlich.

Die Sensoreinheiten 41-44, insbesondere die Einheiten 42 und 43, können einzeln oder gemeinsam ebenso zur Überwachung eines De-Chucking Prozesses eingesetzt werden. Als De-Chucking wird hier ein Vorgang verstanden, bei dem ein auf einer elektrostatischen Klemmvorrichtung (Chuck) aufliegendes Substrat mittels einer oder mehrerer

Stifthubvorrichtungen angehoben werden soll. Die für das Festhalten des Wafers sorgende Spannung zwischen den Chuck-Elektroden wird hierzu abgestellt und die Stifte durch Ausfahren in Kontakt mit dem Wafer gebracht.

In einem nachfolgenden Anhebeschritt nimmt der von den Stiften auf den Wafer ausgeübte Druck zum Anheben des Wafers solange zu, bis der Wafer von dem Chuck gelöst ist und nur von den Stiften getragen wird, d.h. die Kupplung 32 der Stifthubvorrichtung 10 wird zusammen mit dem eingesetzten Stift durch Ausfahren in die Trageposition verstellt. Anhand eines hierbei erfassbaren Beschleunigungsprofils kann eine Bewertung bzw. Überwachung des De-Chucking Prozesses bereitgestellt werden. Zu erwarten ist ein Abbremsen der Ausfahrbewegung bei Herstellen eines Kontakts mit dem Wafer und eine nachfolgende Zunahme der Beschleunigungswerte bei einem Ablösen des Wafers vom Chuck. Ein messbares Ausmass der Beschleunigung (z.B. ein Amplitudenausschlag oder Dauer der Abbremswirkung) dient hierbei als Indikator dafür, ob das De-Chucking im Rahmen vorgegebener Bedingungen abgelaufen ist. Weicht das gemessene Beschleunigungsprofil von einem Referenzprofil über eine festgelegte Toleranz hinweg ab, deutet dies auf ein fehlerhaftes Ablösen oder gar eine Beschädigung des Wafers hin.

Eine entsprechende Überwachung kann für das Ablegen des Wafers auf den Tragstiften implementiert sein. Durch das Ablegen wird eine Beschleunigung am Taststift messbar. Diese kann mit einer vorbekannten Referenz verglichen und daraus eine Information bezüglich einer gegebenen Prozesssicherheit abgeleitet werden.

In einer bestimmten Ausführungsform können die Informationen der Sensoren 41-44 in einer Zusammenschau ausgewertet werden bzw. gemeinsam verarbeitet werden. Hierbei kann z.B. eine Ausbreitung von Vibrationen und Eigenschwingungen zwischen dem unteren Antriebsteil und den oberen Kupplungsteil bestimmt werden.

Mit einer derartigen Auswertung kann anhand von Vibrationsunterschieden zwischen den beiden Teilen eine strukturelle Integrität eines entsprechenden Isolierelements 21,22 und damit eine Isolierwirkung zwischen den Teilen überwacht werden.

Die Figuren 3a und 3b zeigen einer weitere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Stifthubvorrichtung 50. Figur 3a zeigt diese Stifthubvorrichtung 50 im Querschnitt, Figur 3b eine Aussenansicht.

Ein Tragstift 59 ist in einer Kupplung 58 arretiert. Der Tragstift 59 weist vorzugsweise einen metallischen, polymerbasierten oder keramischen Werkstoff auf, insbesondere ist der Stift 59 vollständig aus einem solchen Werkstoff gefertigt. Die Arretierung in der Kupplung 58 kann beispielsweise magnetisch oder durch eine Klemmung verwirklicht sein.

Die Kupplung 58 kann mittels eines Schiebers 54 in z-Richtung bewegt werden. Der Schieber 54 ist hierfür mit einer Gewindespindel 53 gekoppelt, die wiederum durch den Motor 12 antreibbar ist.

Eine optionale thermische und elektrische Isolierung zwischen dem oberen Kupplungsteil und dem unteren Antriebsteil ist in einer Variante durch ein erstes Isolierelement 52, das einen oberen Gehäuseteil von einem

unteren Gehäuseteil thermisch und elektrisch trennt, realisiert. Vorzugsweise kann ein zweites Isolierelement, das durch den Schieber 54 verkörpert sein kann, vorgesehen sein. Bei dieser Variante der Stifthubvorrichtung 50 ist die Gewindespindel 53 derart präzise und starr ausgeführt und gelagert, dass kein (elektrisch oder thermisch leitender) Kontakt zwischen der Spindel 53 und der Kupplung 58 – auch bei einer Relativbewegung – auftritt. Alternativ ist die Spindel 53 aus einem nichtleitenden oder thermisch isolierenden Material gefertigt oder damit beschichtet. Somit ist eine vollständige galvanische und thermische Trennung zwischen Ober- und Unterteil in jedem Zustand der Vorrichtung 50 bereitgestellt.

In einer weiteren Variante können sowohl die Gewindespindel 53 als auch der auf der Spindel 53 sitzende Schieber 54 leitend (z.B. metallisch) gefertigt sein. Eine Isolierung kann dann insbesondere mittels z.B. einer Zwischenhülse zwischen Spindel/Schieber und Kupplung realisiert sein.

Der Pin-Lifter 50 weist ferner einen Balg 55 im Inneren des Kupplungsteils auf. Der Balg 55 ist derart angeordnet und ausgeformt, dass eine atmosphärische Trennung eines Prozessatmosphärenbereichs, in dem der Tragstift 59 (Pin) vorliegt und üblicherweise ein Bearbeitungsprozess stattfindet, und eines Aussenatmosphärenbereichs, in dem z.B. der Antrieb 12 und weitere Peripherkomponenten vorliegen können, bereitgestellt ist. Der Balg 55 wird bei einem Ausfahren des Stiftes 59 komprimiert, wobei die atmosphärische Trennung erhalten bleibt.

Die Stifthubvorrichtung 50 weist zwei Sensoreinheiten 45 und 46 auf, wobei diese Einheiten jeweils als Kraftsensor ausgebildet sind.

Einer der beiden Sensoren 45 ist an dem Pin 59 angeordnet, im gezeigten Beispiel an dessen unterem, zur Ankopplung des Pins vorgesehenem Ende. Alternativ kann der Sensor 45 an einer anderen Komponente der Stifthubvorrichtung 50 angebracht sein, z.B. am Balg 55, an der Kupplung 58 bzw. zwischen der Kupplung 28 und dem Pin 59 oder dem Schieber 54, oder an einem anderen beweglichen und/oder im Betrieb einer externen Kraft ausgesetzten Element. Der Sensor 45 kann alternativ auch an dem gegenüberliegenden Ende des Pins 59 angeordnet sein. Durch die Anordnung am Pin 59 kann eine durch ein zu hebendes Substrat auf den Pin 59 und die Stifthubvorrichtung 50 bei einem Anheben, einem Absenken oder einem Halten wirkende Kraft unmittelbar gemessen werden. Eine derartige unmittelbare Kraftmessung lässt sich ebenso mit einem Sensor zwischen Pin 59 und Kupplung 58 realisieren, welcher vorzugsweise der Kupplung 58 zugeordnet ist und von einem Austausch des Pins 59 nicht betroffen ist.

Vorteil eines am Pin 59 vorgesehen Sensors 45 ist, dass dieser sehr einfach und ohne Eingriff in die Stifthubvorrichtung 50 ausgetauscht werden kann. Eine elektrische Versorgung des Sensors kann z.B. mittel der Kupplung und entsprechender Kontakte in der Kupplung 58 bereitgestellt sein oder durch einen Energiespeicher (z.B. Batterie oder AKKU) im Pin 59. Messdaten des Sensors können per Funk oder ebenfalls mittels entsprechender elektrischer Kontakte übertragen werden.

Ein Vorteil eines an der Kupplung 58 vorgesehenen Sensors kann die vergleichsweise einfache Kontaktierung des Sensors sowohl zur Energie- als auch zur Datenübertragung sein.

Durch die beschriebene Anordnung des Sensors 45 am Pin und/oder an der Kupplung 58 können Einflüsse auf die Kraftmessung durch andere Komponenten der Stifthubvorrichtung vermieden werden, so wird hierdurch z.B. eine durch den Balg 55 oder Schieber 54 ausgeübte Kraft nicht mitgemessen und dadurch eine Messgenauigkeit bezüglich einer Kraft, die zwischen Pin 59 und Substrat wirkt, vergrössert. Würde der Balg 55 beispielsweise Verschleisserscheinungen aufweisen, könnten diese einen erheblichen Einfluss auf eine Kraftmessung haben und zu einer fehlerhaften Prozessbewertung führen.

Der weitere Kraftsensor 46 ist am Übergang vom Motor 12 zur Gewindestange 53 angeordnet und kann somit sämtliche auf den Motor 12 entlang der Gewindestange 53 einwirkenden Kräfte erfassen. Hierdurch lässt sich also eine Beanspruchung oder erforderliche Leistungsaufnahme des Motors 12 bestimmen.

Die Kraftsensoren 45,46 erlauben eine punktuelle Erfassung einer anliegenden Kraft sowie die Erfassung eines Kraftverlaufs über einen bestimmten Zeitraum hinweg.

Durch einen (fortlaufenden) Vergleich eines anliegenden Kraftniveaus mit einem hinterlegten Referenzwert (z.B. zulässige Kraftmaximum) kann eine Prozessüberwachung und eine Erfassung eines Zustands der Stifthubvorrichtung 50 erfolgen. Wird die zulässige Maximalkraft überschritten, kann ein entsprechendes Signal erzeugt und ausgegeben werden, wodurch eine unzulässige Systembeanspruchung

angezeigt und ggf. eine Überprüfung des Systems empfohlen werden kann.

Die zulässige Maximalkraft kann ebenso für ein Anheben eines Substrats von einer elektrostatischen Klemmvorrichtung definiert sein, wobei durch dessen Überschreitung eine eventuelle Beschädigung des Substrats angezeigt werden kann.

Anhand eines Kraftverlaufs kann sowohl eine Verschleisserscheinung für eine oder mehrere Komponenten der Stifthubvorrichtung als auch eine Prozessqualität bestimmt werden. Die Bewertungsansätze für die Verwendung eines Beschleunigungssensors (siehe oben) können auf die Verwendung eines Kraftsensors hierfür entsprechend übertragen werden.

Bei einer gemessenen Abweichung des Kraftverlaufs von einer dafür definierten Referenz kann ein Warnsignal ausgegeben werden. Eine Art der Abweichung kann ausgewertet und hinsichtlich einer möglichen Ursache analysiert werden. Beispielsweise lassen bestimmte Muster einer Abweichung Rückschlüsse auf die Quelle für die Abweichung und/oder die Auswirkung auf das System bzw. die Stifthubvorrichtung 50 zu. Mittels einer Langzeitbetrachtung eines Kraftverlaufs bei wiederholten, gleichartigen Prozessschritten (Prozesszyklen) kann zudem ein Trend einer Veränderung im Prozess erkannt werden. Eine Trendüberwachung erlaubt zudem eine Prognose über einen zukünftigen Systemzustand und eine entsprechend optimierte Planung von Wartungszyklen.

Die Messdaten des Kraftsensors 45 oder 46 erlauben zudem einen Abgleich mit einer Messung des Motorstroms, d.h. einen Vergleich eines durch den Motor 12 bereitgestellten

Drehmoments mit einer anliegenden Kraft. Hierdurch wird eine gegenseitige Kalibrierung und Überwachung beider Messprinzipien bereitgestellt.

Figur 3b zeigt eine Aussenansicht des Pin-Lifters 50. Der Tragstift 59 ragt an der Oberseite aus den Gehäuse das Lifters 50 heraus. Ein Fixierelement 52 der Isolierkomponente trennt den unteren Antriebsteil galvanisch, thermisch und/oder zur Vermeidung einer Übertragung von angeregten Vibrationen und Schwingungen von dem oberen Kupplungsteil bzw. deren jeweilige Gehäuseteile und translatorisch unbeweglichen Teile.

Der Pin-Lifter 50 weist zwei weitere Beschleunigungssensoren 47,48 an dessen äusserer Gehäuseseite auf. Ein Sensor 47 ist am oberen Kupplungsteil, der andere Sensor 48 am unteren Antriebsteil angeordnet. So kann z.B. eine Übertragung von Schwingungen und Vibrationen zwischen den beiden Gehäuseteilen sowie eine allfällige Übertragung vom Antrieb des Pin-Lifters 50 auf eine verbundene Prozesskammer erfasst werden.

Mit einer solchen Anordnung kann neben oben beschriebenen Funktionen beispielsweise auch eine Überwachung der gewünschten Isolierwirkung z.B. des Isolierelements 52 erfolgen.

Es versteht sich, dass die dargestellten Figuren nur mögliche Ausführungsbeispiele schematisch darstellen. Die verschiedenen Ansätze können erfindungsgemäss ebenso miteinander sowie mit Vorrichtungen zur Substratbewegung in Vakuumprozesskammern, insbesondere Pin-Liftern, des Stands der Technik kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Stifthubvorrichtung (10,50), insbesondere Pin-Lifter, die zur Bewegung und Positionierung eines zu bearbeitenden Substrats (1), insbesondere eines Wafers, in einem durch eine Vakuumprozesskammer (4) bereitstellbaren Prozessatmosphärenbereich (P) ausgebildet ist, mit

   - einer Kupplung (32,58), die zur Aufnahme eines zum Kontaktieren und Tragen des Substrats (1) ausgestalteten Tragstifts (7,59) ausgebildet ist, und
   - einer Antriebseinheit (6,12), die derart ausgebildet ist und mit der Kupplung (32,58) zusammenwirkt, dass die Kupplung (32,58) linear entlang einer Verstellachse (A) von
     - einer abgesenkten Normalposition, insbesondere zur Bereitstellung des Tragstifts (7,59) in einem bezüglich dessen bestimmungsgemässen Effekt im Wesentlichen wirkungsfreien Zustand, in
     - eine ausgefahrene Trageposition, insbesondere zur Bereitstellung des bestimmungsgemässen Effekts des Aufnehmens und/oder Bereitstellens des Substrats (1) durch den Tragstift (7,59),

     und zurück verstellbar ist,

   dadurch gekennzeichnet, dass

   die Stifthubvorrichtung (10,50) mindestens eine Sensoreinheit (41-48) aufweist, die derart ausgebildet und angeordnet ist, dass mittels der Sensoreinheit (41-48) eine kraftabhängige und/oder beschleunigungsabhängige Zustandsinformation mit Bezug zu zumindest einem Teil der Stifthubvorrichtung (10,50) erzeugbar ist.

2. Stifthubvorrichtung (10,50) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinheit (41-48) mindestens einen der nachfolgend genannten Inertialsensoren zur Erzeugung der beschleunigungsabhängigen Zustandsinformation umfasst:

- ein Beschleunigungssensor (41-44,47,48), welcher Beschleunigungen entlang mindestens einer definiert ausgerichteten Achse detektiert, und/oder
- ein Drehratensensor, welcher Rotationsgeschwindigkeiten oder Rotationsbeschleunigungen um mindestens eine definiert ausgerichtete Achse detektiert.

3. Stifthubvorrichtung (10,50) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinheit (41-48) mindestens einen der nachfolgend genannten Kraftsensoren (45,46) zur Erzeugung der kraftabhängigen Zustandsinformation umfasst:

- ein Drucksensor,
- ein verformungsempfindliches Element, insbesondere Dehnmessstreifen,
- ein Piezo-Kraftaufnehmer mit einem Piezokeramik-Element,
- ein elektrodynamischer Kraftaufnehmer,
- ein resistiver Kraftaufnehmer,
- ein Schwingungs-Kraftaufnehmer und/oder
- ein Federkörper-Kraftaufnehmer.

4. Stifthubvorrichtung (10,50) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Sensoreinheit (41-48) angeordnet ist an

- der Kupplung (32,58), insbesondere an einer Aufnahme für den Tragstift,
- der Antriebseinheit (6,12), insbesondere an einer Spindel oder einem Motor der Antriebseinheit,
- einem Kopplungselement, das das Zusammenwirken der Antriebseinheit mit der Kupplung bereitstellt, insbesondere einer Gewindestange (13,53),
- dem Tragstift (7,59) und/oder
- einem Gehäuse der Stifthubvorrichtung (10,50), insbesondere an einer Unterseite oder an einer Innenwand des Gehäuses.

5. System aus einer Stifthubvorrichtung (10,50) gemäss einem der vorangehenden Ansprüche und einer Verarbeitungs- und Steuerungseinheit, wobei die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit

- zum Erhalt und/oder zur Verarbeitung der Zustandsinformation der Sensoreinheit (41-48) und
- zur Erzeugung einer zustandsinformationsabhängigen Ausgabe,

angeordnet und ausgebildet ist.

6. System nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, mittels Verarbeitung der Zustandsinformation die Ausgabe bezüglich eines aktuellen Zustands oder einer aktuellen

Normalzustandsabweichung der Antriebseinheit (6,12) und/oder der Kupplung (32,58) bereitzustellen, insbesondere visuell oder akustisch, insbesondere wobei die Ausgabe mittels eines Ist-Soll-Vergleichs für die erfasste Zustandsinformation erzeugt ist.

7. System nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Ausgabe bezüglich einer mechanischen und/oder strukturellen Integrität der Antriebseinheit (6,12) und/oder der Kupplung (32,58) bereitgestellt wird, insbesondere wobei die Ausgabe eines oder beide von:

- einer Warnung über erhöhten Verschleiss einer Komponente der Stifthubvorrichtung (10,50), und
- einer Vorhersage über die Haltbarkeit einer Komponente der Stifthubvorrichtung (10,50),

umfasst.

8. System nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, basierend auf der Zustandsinformation ein Frequenzspektrum bereitzustellen.

9. System nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, basierend auf einer Analyse der Zustandsinformation hinsichtlich einer oder mehrerer Messwertfrequenzen die Ausgabe bezüglich einer Lokalisierung einer die jeweilige Messwertfrequenz verursachenden Schwingung bereitzustellen.

10. System nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, basierend auf einem Abgleich der Zustandsinformation mit einem vordefinierten Referenzwert das Signal bezüglich einer Bewertung eines mit der Stifthubvorrichtung durchgeführten Prozesses bereitzustellen.

11. System nach einem der Ansprüche 5 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, basierend auf einer mehrfachen Erfassung der Zustandsinformation einen Zustandstrend, insbesondere Langzeittrend, für einen Systemzustand und/oder eine Änderung des Systemzustands abzuleiten, insbesondere wobei die Zustandsinformation während eines bestimmten Zeitabschnitts periodisch, insbesondere fortlaufend, erfasst wird und ein Frequenzspektrum und/oder ein Kraft-Weg-Verhältnis abgeleitet wird.

12. System nach einem der Ansprüche 5 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, basierend auf einem Vergleich einer aktuell erfassten Zustandsinformation mit einer weiteren sensoreinheitsunabhängigen Zustandsinformation, insbesondere Motorstrom der Antriebseinheit, eine Kalibrierung der Sensoreinheit und/oder eine Überwachung der sensoreinheitsunabhängigen Zustandsinformation bereitzustellen.

13. System nach einem der Ansprüche 5 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit dazu ausgebildet ist, mittels der Sensoreinheit während einer Ausfahrbewegung der mit einem Tragstift (7,59) bestückten Kupplung (32,58) in die Trageposition eine Zustandsänderung, insbesondere Kraftzunahme aufgrund eines Kontaktierens des Substrats und/oder Beschleunigungsverlauf an dem Tragstift (7,59), zu erfassen und insbesondere mit einer Ausfahrposition zu verknüpfen.

14. System nach einem der Ansprüche 5 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Sensoreinheit (41-48) derart ausgebildet und angeordnet ist, dass als Zustandsinformation eine Beschleunigung erfassbar ist, die in der Antriebseinheit (6,12) entsteht und/oder von aussen auf die Stifthubvorrichtung (10,50) einwirkt.

15. System nach einem der Ansprüche 5 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Sensoreinheit (41-48) derart ausgebildet und angeordnet ist, dass als Zustandsinformation eine Beschleunigung erfassbar ist, die durch Reibschwingung an zumindest einem der nachfolgend genannten Orte entsteht:

- zwischen zumindest einem Teil der Kupplung (32,58) und einer Führung und/oder einem Lager für die Kupplung (32,58),

- zwischen zumindest einem Teil der Kupplung (32,58) und zumindest einem Teil der Antriebseinheit (6,12), und
- zwischen zumindest einem Teil der Antriebseinheit (6,12) und einer Führung und/oder einem Lager für die Antriebseinheit (6,12).

16. System nach einem der Ansprüche 5 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Zustandsinformation mindestens eine der nachfolgend genannten Informationen umfasst:
- einen auf die Kupplung (32,58) und/oder den Tragstift (7,59) wirkende Kraft, insbesondere erzeugt durch die Gewichtskraft eines auf dem Tragstift (7,59) aufliegenden Substrats (1),
- eine auf die Antriebseinheit (6,12), insbesondere auf eine Antriebswelle oder einen Motor der Antriebseinheit, wirkende Kraft,
- eine an der Kupplung (32,58) und/oder dem Tragstift (7,59) erzeugte Beschleunigung,
- eine an der Antriebseinheit (6,12) erzeugte Beschleunigung,
- einen Beschleunigungszustand oder eine Beschleunigungsänderung der Stifthubvorrichtung.

17. System nach einem der Ansprüche 5 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit zur Erzeugung eines Steuerungssignals als Ausgabe basierend auf der Zustandsinformation ausgebildet ist und
- die Antriebseinheit (6,12)

- zum Erhalt des Steuerungssignals und
- zur Verstellung der Kupplung (32,58) zwischen der Normalposition und der Trageposition in Abhängigkeit des Steuerungssignals

angeordnet und ausgebildet ist.

18. System nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verarbeitungs- und Steuerungseinheit derart eingerichtet ist, dass das Steuerungssignal in Abhängigkeit von einer aktuellen Zustandsinformation automatisch einstellbar ist.

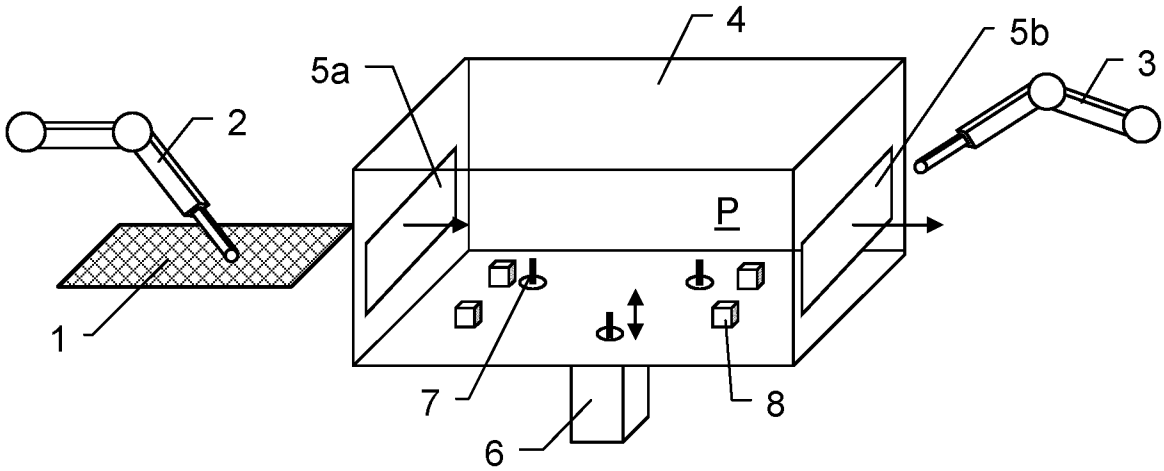

Fig. 1

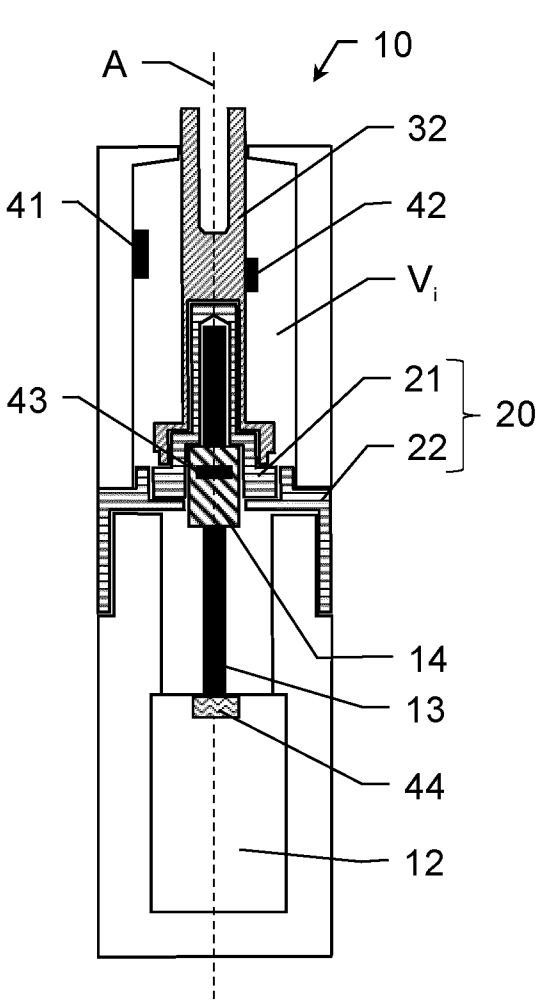

Fig. 2a

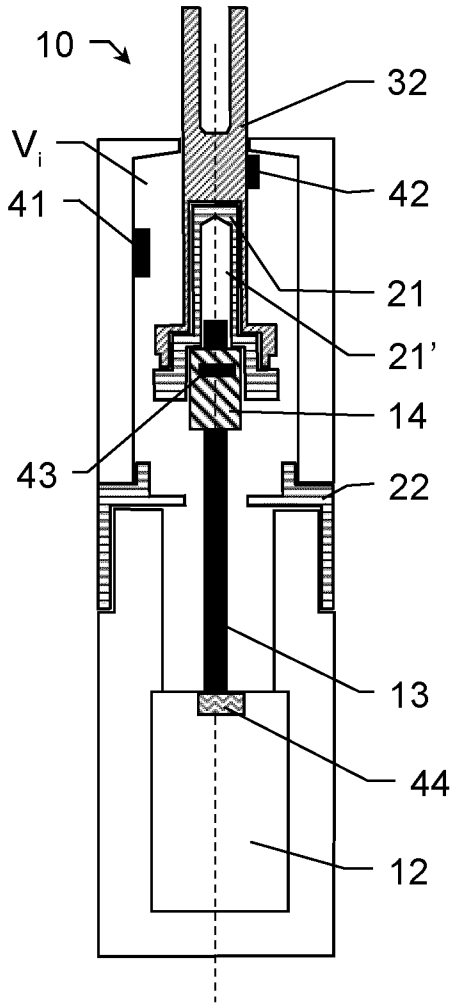

Fig. 2b

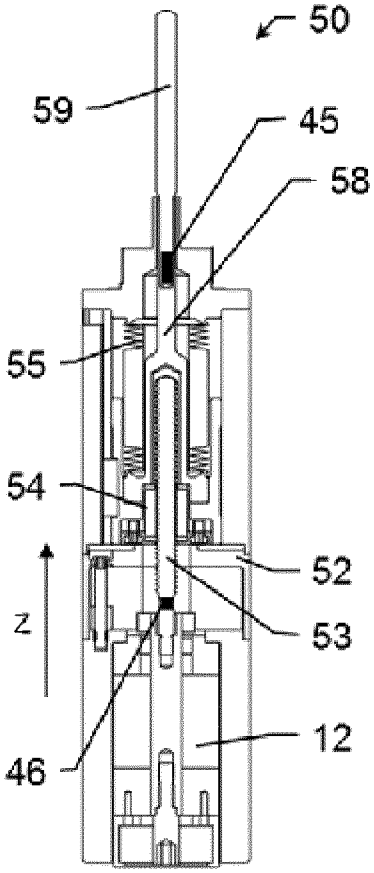

Fig. 3a

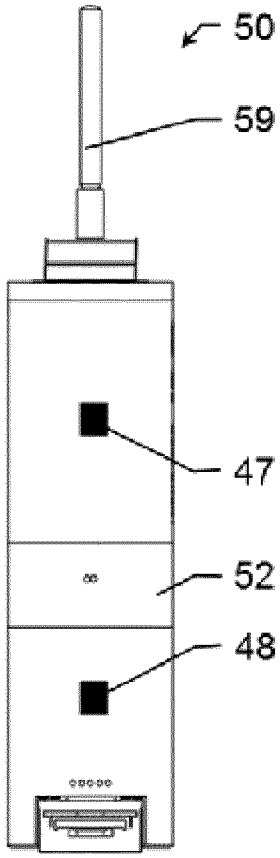

Fig. 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/085063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/687(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010013626 A1 (PARK CHUNG-HEE [KR] ET AL) 21 January 2010 (2010-01-21) abstract; figures 2-5 paragraphs [0031], [0032] paragraphs [0036] - [0038]	1,3,4
X	US 2006238953 A1 (HANAWA HIROJI [US] ET AL) 26 October 2006 (2006-10-26) abstract; figures 1, 2	1,3,4
A	US 2008148857 A1 (FURUKAWAHARA KAZUNORI [JP] ET AL) 26 June 2008 (2008-06-26) abstract; figures 1, 2	1-18
A	KR 20060125072 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 06 December 2006 (2006-12-06) abstract; figures 1-3	1-18
A	US 2011111601 A1 (OKITA SHOGO [JP] ET AL) 12 May 2011 (2011-05-12) abstract; figures 2, 3, 17	1-18
A	US 6205870 B1 (HOSOKAWA AKIHIRO [US] ET AL) 27 March 2001 (2001-03-27) abstract; figures 4, 5	1-18

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 March 2020	**30 March 2020**

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4382739 A (MACK ALFRED ET AL) 10 May 1983 (1983-05-10) abstract; figures 1, 2	1-18
A	US 2014324221 A1 (CHISHOLM RICHARD V [US] ET AL) 30 October 2014 (2014-10-30) abstract; claims 1, 3; figure 5 paragraph [0028]	1-18
A	JP H05129421 A (FUJITSU LTD) 25 May 1993 (1993-05-25) abstract; figures 1, 2	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/085063

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2010013626 A1	21 January 2010	TW 201021151 A	01 June 2010
		US 2010013626 A1	21 January 2010
		WO 2010009050 A2	21 January 2010
US 2006238953 A1	26 October 2006	CN 101189772 A	28 May 2008
		JP 5027114 B2	19 September 2012
		JP 2008539598 A	13 November 2008
		KR 20070122481 A	31 December 2007
		US 2006238953 A1	26 October 2006
		WO 2006116577 A2	02 November 2006
US 2008148857 A1	26 June 2008	KR 20080059059 A	26 June 2008
		US 2008148857 A1	26 June 2008
KR 20060125072 A	06 December 2006	NONE	
US 2011111601 A1	12 May 2011	JP 4769335 B2	07 September 2011
		JP WO2009144938 A1	06 October 2011
		TW 201005825 A	01 February 2010
		US 2011111601 A1	12 May 2011
		WO 2009144938 A1	03 December 2009
US 6205870 B1	27 March 2001	EP 1023645 A1	02 August 2000
		JP 4469492 B2	26 May 2010
		JP 2003526894 A	09 September 2003
		JP 2009152575 A	09 July 2009
		KR 20010031055 A	16 April 2001
		US 6205870 B1	27 March 2001
		US 6257045 B1	10 July 2001
		WO 9919777 A1	22 April 1999
US 4382739 A	10 May 1983	DE 3169064 D1	28 March 1985
		EP 0054624 A1	30 June 1982
		JP H0322049 B2	26 March 1991
		JP S57114233 A	16 July 1982
		US 4382739 A	10 May 1983
US 2014324221 A1	30 October 2014	CN 105340072 A	17 February 2016
		JP 6496710 B2	03 April 2019
		JP 2016520254 A	11 July 2016
		KR 20160003144 A	08 January 2016
		TW 201501891 A	16 January 2015
		US 2014324221 A1	30 October 2014
		WO 2014179077 A1	06 November 2014
JP H05129421 A	25 May 1993	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/085063

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/687
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/013626 A1 (PARK CHUNG-HEE [KR] ET AL) 21. Januar 2010 (2010-01-21) Zusammenfassung; Abbildungen 2-5 Absätze [0031], [0032] Absätze [0036] - [0038] -----	1,3,4
X	US 2006/238953 A1 (HANAWA HIROJI [US] ET AL) 26. Oktober 2006 (2006-10-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1,3,4
A	US 2008/148857 A1 (FURUKAWAHARA KAZUNORI [JP] ET AL) 26. Juni 2008 (2008-06-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2 -----	1-18
A	KR 2006 0125072 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 6. Dezember 2006 (2006-12-06) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 -----	1-18

-/--

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

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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. März 2020	30/03/2020

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

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/085063

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/111601 A1 (OKITA SHOGO [JP] ET AL) 12. Mai 2011 (2011-05-12) Zusammenfassung; Abbildungen 2, 3, 17	1-18
A	US 6 205 870 B1 (HOSOKAWA AKIHIRO [US] ET AL) 27. März 2001 (2001-03-27) Zusammenfassung; Abbildungen 4, 5	1-18
A	US 4 382 739 A (MACK ALFRED ET AL) 10. Mai 1983 (1983-05-10) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2	1-18
A	US 2014/324221 A1 (CHISHOLM RICHARD V [US] ET AL) 30. Oktober 2014 (2014-10-30) Zusammenfassung; Ansprüche 1, 3; Abbildung 5 Absatz [0028]	1-18
A	JP H05 129421 A (FUJITSU LTD) 25. Mai 1993 (1993-05-25) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 2	1-18

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/085063

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010013626 A1	21-01-2010	TW 201021151 A	01-06-2010
		US 2010013626 A1	21-01-2010
		WO 2010009050 A2	21-01-2010
US 2006238953 A1	26-10-2006	CN 101189772 A	28-05-2008
		JP 5027114 B2	19-09-2012
		JP 2008539598 A	13-11-2008
		KR 20070122481 A	31-12-2007
		US 2006238953 A1	26-10-2006
		WO 2006116577 A2	02-11-2006
US 2008148857 A1	26-06-2008	KR 20080059059 A	26-06-2008
		US 2008148857 A1	26-06-2008
KR 20060125072 A	06-12-2006	KEINE	
US 2011111601 A1	12-05-2011	JP 4769335 B2	07-09-2011
		JP WO2009144938 A1	06-10-2011
		TW 201005825 A	01-02-2010
		US 2011111601 A1	12-05-2011
		WO 2009144938 A1	03-12-2009
US 6205870 B1	27-03-2001	EP 1023645 A1	02-08-2000
		JP 4469492 B2	26-05-2010
		JP 2003526894 A	09-09-2003
		JP 2009152575 A	09-07-2009
		KR 20010031055 A	16-04-2001
		US 6205870 B1	27-03-2001
		US 6257045 B1	10-07-2001
		WO 9919777 A1	22-04-1999
US 4382739 A	10-05-1983	DE 3169064 D1	28-03-1985
		EP 0054624 A1	30-06-1982
		JP H0322049 B2	26-03-1991
		JP S57114233 A	16-07-1982
		US 4382739 A	10-05-1983
US 2014324221 A1	30-10-2014	CN 105340072 A	17-02-2016
		JP 6496710 B2	03-04-2019
		JP 2016520254 A	11-07-2016
		KR 20160003144 A	08-01-2016
		TW 201501891 A	16-01-2015
		US 2014324221 A1	30-10-2014
		WO 2014179077 A1	06-11-2014
JP H05129421 A	25-05-1993	KEINE	