

Vorrichtung und Verfahren zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken.

Die Herstellung von hochintegrierten elektronischen Schaltungen und anderen empfindlichen Halbleiterbauelementen erfolgt
10 heutzutage in Fabriken, in denen sogenannte Halbleiterwafer eine Vielzahl von Bearbeitungsschritten durchlaufen. Ein großer Teil dieser Bearbeitungsschritte erfolgt in Reinräumen, welche mit hohem Aufwand frei von Verunreinigungen, insbesondere
15 frei von Partikeln, gehalten werden. Eine solch aufwendige Bearbeitung ist erforderlich, da insbesondere Partikel, die mit dem Halbleitermaterial der Halbleiterwafer in Berührung kommen, die Materialeigenschaften der Halbleiterwafer so beeinflussen können, dass eine gesamte Produktionscharge fehlerhaft und unbrauchbar wird und ausgesondert werden muss.
20

Da die Reinhaltung mit zunehmender Integrationsdichte der Halbleiterschaltungen immer wichtiger und der Aufwand zur Reinhaltung mit zunehmender Größe der Reinräume exponentiell
25 ansteigt, werden die Halbleiterwafer nicht "offen" von einer Bearbeitungsstation zur nächsten transportiert. Stattdessen verwendet man spezielle Transportbehälter (sogenannte FOUPs, Front Opening Unified Pods). Hierunter versteht man kastenförmige Transportbehälter, in die eine Vielzahl von Halbleiterwafern eingesteckt wird. Verschlossen werden die FOUPs üblicherweise mit einem abnehmbaren Deckel. Ohne den Deckel haben die FOUPs eine topfförmige Grundform mit einer rechteckigen Grundfläche. Wenn die FOUPs mit ihrem Deckel verschlossen
30

sind, können die eingesteckten Halbleiterwafer vor der Umwelt geschützt von einem Reinraum zu einem anderen Reinraum transportiert werden. Wenn die FOUPs eine Bearbeitungsstation erreicht haben, werden diese geöffnet, die Halbleiterwafer entnommen und entsprechend bearbeitet. Nach erfolgter Bearbeitung werden die Halbleiterwafer zurück in die FOUPs transportiert und dann zur nächsten Bearbeitungsstation befördert.

Aufgrund der hohen Produktionsausfälle bei Verunreinigungen der Halbleiterwafer ist es erforderlich, die FOUPs von Zeit zu Zeit zu reinigen. Die FOUPs werden insbesondere vom Abrieb der Halbleiterwafer beim Einbringen in die und beim Entnehmen aus den FOUPs verunreinigt.

Sinngemäß gilt dasselbe für Transportbehälter für EUV-Lithografie-Masken („extreme ultra-violet radiation“, extrem ultraviolette Strahlung). Die EUV-Lithografie-Masken werden eingesetzt, um sehr kleine integrierte Schaltungen herzustellen. Auch die EUV-Lithografie-Masken müssen, wie die Halbleiter, transportiert werden, wobei sich eine ähnliche Situation einstellt. Wenn im Folgenden von FOUPs gesprochen wird, gelten die diesbezüglichen Aussagen gleichermaßen für Transportbehälter für EUV-Lithographie-Masken.

Vorrichtungen zum Reinigen von FOUPs sind beispielsweise aus der WO 2006/136224 A1, der WO 2005/001888 A2 und der DE 10 2020 129 469 A1 bekannt. Bei derartigen Vorrichtungen können die FOUPs sowohl auf ihrer Innenfläche als auch auf ihrer Außenfläche gereinigt werden. Wie erwähnt, sind die FOUPs mit einem Deckel verschlossen, der nur dann entfernt wird, wenn die Halbleiterwafer in die FOUPs eingebracht oder aus diesen entnommen werden. Üblicherweise sind die FOUPs auf ihrer Außenfläche deutlich stärker verunreinigt als auf ihrer Innen-

fläche. Eine besondere Rolle nimmt dabei die Deckelauflagefläche ein. Beispielsweise bei den in der DE 10 2020 129 469 A1 dargestellten FOUPs befindet sich die Deckelauflagefläche zwischen der Innenfläche und der Außenfläche. Bei moderneren
5 FOUPs wird jedoch die Deckelauflagefläche von einem Absatz der Innenfläche gebildet, so dass der Deckel von der Innenfläche positioniert wird, wenn der Deckel auf die Deckelauflagefläche aufgelegt ist. Aufgrund des Kontakts mit dem Deckel sammeln sich auf der Deckelauflagefläche Verunreinigungen an, die vom
10 Deckel stammen. Infolgedessen ist die Deckelauflagefläche stärker verschmutzt als die übrige Innenfläche. Verunreinigungen, die auf der Innenfläche angeordnet sind, können sich aber direkt auf den Halbleiterwafern ablagern und die oben beschriebenen Wirkungen entfalten.

15 Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Reinigen eines topfförmigen Hohlkörpers anzugeben, mit welchem es mit einfachen und kostengünstigen Mitteln möglich ist, eine Abhilfe für die oben genannten
20 Nachteile zu schaffen und insbesondere die Anzahl der fehlerhaften und unbrauchbaren Produktionschargen von Halbleiterwafern zu verringern. Des Weiteren liegt einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem eine derartige Vorrichtung betrieben
25 werden kann.

Diese Aufgabe wird mit den in den Ansprüchen 1 und 11 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

30 Eine Ausführungsform der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von

Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken, wobei der Hohlkörper

- eine Bodenwand und eine oder mehrere Seitenwände, die eine Hohlkörperinnenfläche bilden,
- 5 - eine der Bodenwand gegenüberliegende Öffnung, die von der Seitenwand umschlossen wird, und
- und eine von der Seitenwand gebildete Deckelauflagefläche umfasst, auf welche ein Deckel zum Verschließen des Hohlkörpers aufgelegt werden kann,
- 10 wobei die Vorrichtung
- eine Auflagewand, auf welche der Hohlkörper aufgelegt werden kann,
- zumindest eine von der Auflagewand gebildete Durchgangsöffnung, und
- 15 - eine Reinigungseinrichtung aufweist, mit welcher ein Reinigungsfluid zum Reinigen der Deckelauflagefläche abgegeben werden kann, wenn der Hohlkörper auf der Auflagewand (20) aufgelegt ist, wobei
- die Reinigungseinrichtung einen Reinigungskopf aufweist,
- 20 der
 - o über die Durchgangsöffnung hervorsteht, wenn der Hohlkörper auf der Auflagewand aufgelegt ist, und
 - o eine Anzahl von Reinigungsdüsen aufweist, durch welche das Reinigungsfluid auf die Deckelauflagefläche
 - 25 aufgebracht werden kann.

Der Hohlkörper wird mit einer Auflagefläche auf die Auflagewand gelegt und gegebenenfalls verriegelt, so dass der Hohlkörper in seiner Position in Bezug auf die Auflagewand fixiert

30 ist. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass die Auflagewand nicht der Deckelauflagefläche entspricht. Vielmehr wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Deckelauflagefläche ein

Teil der Hohlkörperinnenfläche ist und von der Seitenwand des Hohlkörpers gebildet wird.

Aufgrund der Tatsache, dass der Reinigungskopf mit Reinigungs-
5 düsen ausgestattet ist, die speziell für die Reinigung der Deckelauf-
lageflächen ausgelegt sind, ist es möglich, die Deckel-
auflageflächen sehr gründlich zu reinigen, so dass Verunreinigungen,
die sich auf den Halbleiterwafern ablagern können, weitreichend beseitigt werden. Infolgedessen lässt sich die
10 Anzahl von fehlerhaften und unbrauchbaren Produktionschargen
von Halbleiterwafern im Vergleich zu Vorrichtungen aus dem Stand der Technik deutlich verringern.

Nach Maßgabe einer weiteren Ausführungsform kann der Reinigungskopf eine Anzahl von Trocknungsdüsen aufweisen, mit welcher ein Trocknungsgas auf die Deckelauf-
15 lagefläche aufgegeben werden kann. In dieser Ausführungsform kann die vorschlags-
gemäße Vorrichtung nicht nur zum Reinigen, sondern auch zum anschließenden Trocknen des Hohlkörpers verwendet werden. Zum
20 Abschließen des Reinigungsvorgangs wird die Zufuhr des Reinigungsfluids gestoppt und stattdessen ein Trocknungsgas, beispielsweise Luft oder Stickstoff, zu den Trocknungsdüsen hin
gefördert, mit welchem die Deckelauf-
lagefläche getrocknet wird. Die noch auf der Deckelauf-
25 lagefläche verbliebenen Reste
des Reinigungsfluids werden mit dem Trocknungsgas beseitigt.

In einer weitergebildeten Ausführungsform kann der Reinigungskopf rotatorisch und/oder translatorisch bewegbar sein. Aufgrund der Bewegbarkeit des Reinigungskopfs kann auf geometri-
30 sche Besonderheiten der Deckelauf-
lagefläche reagiert werden. Insbesondere ist es möglich, das erste Reinigungsfluid zumindest annäherungsweise senkrecht auf die Deckelauf-
lagefläche aufzubringen, wodurch die kinetische Energie des Reinigungs-

fluids besonders effektiv zum Reinigen der Deckelauflagefläche genutzt werden kann.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform kann das Reini-
5 gungsfluid und/oder das Trocknungsgas unter einem Sprühwinkel
abgebbar sein, wobei der Reinigungskopf eine mit den Reini-
gungsdüsen und/oder mit den Trocknungsdüsen zusammenwirkende
Einstelleinrichtung aufweist, mit welcher der Sprühwinkel ein-
stellbar ist. Der Sprühwinkel, unter welchem das erste Reini-
10 gungsfluid abgegeben wird, bestimmt auch den Winkel, mit wel-
chem das Reinigungsfluid auf die Deckelauflagefläche auf-
trifft. Ideal ist ein Winkel von 90° oder in etwa 90° . Auf-
grund der Tatsache, dass der Sprühwinkel einstellbar ist, kann
die Geometrie der Hohlkörperinnenfläche dahingehend nachgebil-
15 det werden, dass das erste Reinigungsfluid mit einem Winkel
von 90° oder annähernd 90° nahezu auf die Deckelauflagefläche
und angrenzende Bereiche der Hohlkörperinnenfläche aufgebracht
werden kann. Die Hohlkörperinnenfläche weist üblicherweise
verwinkelte Stellen auf, so dass es bei nicht einstellbaren
20 Reinigungsdüsen zu Abschattungen kommen kann, in welchen kein
oder nur eine begrenzte Menge des Reinigungsfluids mit einer
ausreichenden kinetischen Energie auf die Hohlkörperinnenflä-
che und insbesondere auf die Deckelauflagefläche und auf an-
grenzende Bereiche aufgebracht werden kann. Derartige Abschat-
25 tungen können in dieser Ausführungsform vermieden werden, so
dass das Reinigungsergebnis insgesamt verbessert wird.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann der Reinigungskopf ei-
ne Anzahl von Infrarot-Dioden aufweisen, mit welcher die De-
30 ckelauflagefläche erwärmt werden kann. Mit den Infrarot-Dioden
können die Deckelauflageflächen erwärmt werden, wodurch der
Trocknungsprozess, der unter Verwendung des Trocknungsgases
durchgeführt wird, unterstützt wird. Die noch auf der Deckel-

auflagefläche verbliebenen Reste des Reinigungsfluids werden infolge der Erwärmung beseitigt.

Eine weitergebildete Ausführungsform kann sich dadurch aus-
zeichnen, dass der Reinigungskopf eine äußere Form aufweist,
welche dem Verlauf der Hohlkörperinnenfläche zumindest annä-
hernd folgt, so dass der Abstand zwischen der Hohlkörperinnen-
fläche und dem Reinigungskopf konstant oder nahezu konstant
ist. Es hat sich herausgestellt, dass ein Abstand zwischen 1
mm und 50 mm und insbesondere zwischen 10 mm und 30 mm für ein
gutes Reinigungsergebnis ideal sind. Ein geringer Abstand
trägt dazu bei, eine starke, gerichtete Strömung in dem Zwi-
schenraum zwischen der Hohlkörperinnenfläche und dem Reini-
gungskopf zu erzeugen, was eine besonders gute Reinigungs- und
Trocknungswirkung zur Folge hat. Dabei muss der Abstand nicht
im gesamten Zwischenraum gleich sein muss, sondern auch vari-
ieren kann, was beispielsweise von Vorteil ist, wenn die Sei-
tenwand der Vorsprünge, Vertiefungen und/oder Hinterschneidun-
gen bildet. Hier kann es bevorzugt sein, wenn der Reinigungs-
kopf nur weitgehend komplementär zum Verlauf der Hohlkörperin-
nenfläche ausgebildet ist, so dass seine äußere Form einzelnen
Vorsprüngen und/oder Vertiefungen der Seitenwand nicht folgt.
Der Reinigungskopf kann in diesen Fällen einfacher und schnel-
ler in den Innenraum eingefahren werden, ohne dass die Reini-
gungs- und/oder Trocknungswirkung negativ beeinträchtigt wird.

Nach Maßgabe einer weiteren Ausführungsform kann die Vorrich-
tung zumindest eine Einkopplungseinheit zum Einkoppeln von
Schallwellen in das Reinigungsfluid aufweisen. Dabei können
die Schallwellen insbesondere als Ultraschallwellen oder als
Megashallwellen ausgebildet sein. Während Ultraschallwellen
je nach Definition einen Frequenzbereich von ca. 20 kHz bis
500 kHz aufweisen, weisen Megashallwellen einen Frequenzbe-

reich von ca. 500 kHz bis 3 MHz auf. Dabei bietet es sich an, die Hohlkörperinnenoberfläche komplett mit dem Reinigungsfluid zu benetzen oder den Zwischenraum zwischen dem Reinigungskopf und der Hohlkörperinnenfläche zu fluten und die Schallwellen in das Reinigungsfluid einzukoppeln. Das Reinigungsfluid dient dann als ein Überträger der Schallwellen. Aufgrund der Tatsache, dass hierdurch eine bestimmte Menge an Energie in das Reinigungsfluid eingetragen wird, erhöht sich die Reinigungswirkung, da an der Deckelauflagefläche haftende Partikel hierdurch besonders gut gelöst werden können. Der Energieeintrag steigt mit der Frequenz des eingekoppelten Schalls. Bei der Verwendung von Megaschall ergibt sich der Vorteil, dass die Energie sehr zielgerichtet an die zu reinigende Deckelauflagefläche gebracht werden kann, so dass sich gute Reinigungsergebnisse erzielen lassen.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann es sich anbieten, dass zumindest einige der Einkopplungseinheiten in zumindest einige der Reinigungsdüsen integriert sind oder mit diesen zusammenwirken. In diesem Fall können die Reinigungsdüsen als sogenannte „Megasonic Nozzles“ ausgestaltet sein, die es ermöglichen, die Schallwellen in das von den ersten Reinigungsdüsen abgegebene erste Reinigungsfluid einzukoppeln. Es ist dann nicht notwendig, die gesamte Hohlkörperinnenoberfläche mit dem ersten Reinigungsfluid zu benetzen, wodurch die Menge des benötigten ersten Reinigungsfluids gering gehalten werden kann.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform kann die Vorrichtung einen Abführkanal mit einem ersten Ende umfassen, wobei der erste Abführkanal mit dem ersten Ende ausschließlich mit der Durchgangsöffnung in Fluidkommunikation steht und mit welchem das von der Reinigungseinrichtung abgegebene Reinigungsfluid abgeführt werden kann. In dieser Ausführungsform kommt

das Reinigungsfluid ausschließlich mit der Hohlkörperinnenfläche in Kontakt. Üblicherweise ist die Hohlkörperaußenfläche stärker verunreinigt als die Hohlkörperinnenfläche, allerdings ist der Einfluss der Verunreinigungen auf der Hohlkörperinnenfläche auf die Anzahl von fehlerhaften und unbrauchbaren Produktionschargen von Halbleiterwafern unter anderem aufgrund der geringen räumlichen Distanz zwischen den Verunreinigungen auf der Hohlkörperinnenfläche und den Halbleiterwafern größer im Vergleich zu Verunreinigungen auf der Hohlkörperaußenfläche. Da das Reinigungsfluid in dieser Ausführungsform nur mit der Hohlkörperinnenfläche in Kontakt treten kann, wird es von Verunreinigungen der Hohlkörperaußenfläche nicht kontaminiert. Insofern wird die Reinigungswirkung des Reinigungsfluids hiervon nicht herabgesetzt.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann im Abführkanal eine Partikelmesseinrichtung zum Bestimmen der im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel angeordnet sein. Wie erwähnt, kommt das Reinigungsfluid nur in Kontakt mit der Hohlkörperinnenfläche und folglich auch mit der Deckelauflagefläche. Da die Reinigungsdüsen dazu ausgebildet sind, die Deckelauflagefläche zu reinigen, kann davon ausgegangen werden, dass die Partikel, die von der Partikelmesseinrichtung registriert werden, nur oder zum größten Teil von der Deckelauflagefläche stammen. Die Partikelmesseinrichtung kann beispielsweise die Anzahl der Partikel zählen. Unterschreitet die Anzahl einen bestimmten Schwellenwert, so kann dies als ein Kriterium angesehen werden, dass der Hohlkörper in einem ausreichenden Umfang gereinigt worden ist. Der Reinigungsprozess kann dann abgebrochen werden. Hierdurch können Zeit und Reinigungsfluid eingespart werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Reinigungskopf eine Anzahl von weiteren Reinigungsdüsen zum Reinigen der Hohlkörperinnenfläche aufweisen. Die weiteren Reinigungsdüsen können identisch zu den Reinigungsdüsen aufgebaut sein, mit
5 denen die Deckelauflagefläche gereinigt wird. Allerdings sind diese so auf dem Reinigungskopf angeordnet, dass das von ihnen abgegebene Reinigungsfluid nicht auf die Deckelauflagefläche auftrifft. Mit den weiteren Reinigungsdüsen kann die übrige Hohlkörperinnenfläche gereinigt und die Anzahl von fehlerhaf-
10 ten und unbrauchbaren Produktionschargen von Halbleiterwafern weiter verringert werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform kann der Reinigungskopf eine flexible Hülle umfassen, welche mit dem Reinigungsfluid
15 und/oder vom Trocknungsgas von einem kontrahierten Zustand und einem expandierten Zustand und zurück überführbar ist. Die Reinigungsdüsen, die Trocknungsdüsen und/oder die weiteren Reinigungsdüsen können dabei als einfache Löcher oder Perforierungen der flexiblen Hülle ausgebildet sein. Alternativ
20 kann die Hülle als eine Membran ausgebildet sein. Somit ist gewährleistet, dass das in die Hülle eingebrachte Reinigungsfluid und/oder das Trocknungsgas aus dem Reinigungskopf austreten und auf die Deckelauflagefläche und/oder die Hohlkörperinnenfläche kann. Die flexible Hülle ist dabei so ausgestal-
25 tet, dass beim Einbringen des Reinigungsfluids und/oder des Trocknungsgases in die flexible Hülle ein gewisser Strömungswiderstand entsteht, der erst überwunden werden muss, damit das Reinigungsfluid und/oder das Trocknungsgas die Hülle durch die Löcher oder Perforierungen wieder verlassen kann. Dieser
30 Strömungswiderstand führt zu einer Akkumulation des Reinigungsfluids oder des Trocknungsgases in der Hülle, infolgedessen die Hülle vom kontrahierten Zustand in den expandierten Zustand überführt wird. Mit dem Druck, mit welchem das das

Reinigungsfluid und/oder das Trocknungsgas in die Hülle einge-
bracht wird, kann die Dimension der Hülle im expandierten Zu-
stand in gewissen Grenzen verändert werden. Insofern kann der
Abstand zwischen der Hohlkörperinnenfläche und dem Reinigungs-
kopf eingestellt und an unterschiedlich geformte Hohlkörper
5 angepasst werden.

Eine Ausbildung der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rei-
nigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von Trans-
portbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-
Masken mit einer Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprü-
che, umfassend folgende Schritte:

- Auflegen des Hohlkörpers auf die Auflagewand,
- Abgeben eines Reinigungsfluids zum Reinigen der Deckelauf-
lagefläche mittels einer Anzahl von auf dem Reinigungs-
kopf der Reinigungseinrichtung angeordneten Reinigungsdü-
sen derart, dass das Reinigungsfluid auf die Deckelauf-
lagefläche aufgebracht wird, und
- Abführen des Reinigungsfluids mittels des Abführkanals.

Die technischen Effekte und Vorteile, die sich mit dem vor-
schlagsgemäßen Verfahren erreichen lassen, entsprechen denje-
nigen, die für die vorliegende Vorrichtung erörtert worden
sind. Zusammenfassend sei darauf hingewiesen, dass sich die
Deckelauflagefläche gezielt reinigen lässt. Wie erwähnt, hat
die Deckelauflagefläche einen erheblichen Einfluss auf die An-
zahl von fehlerhaften und unbrauchbaren Produktionschargen von
Halbleiterwafern. Aufgrund der gezielten Reinigung der Deckel-
auflagefläche lässt sich die Anzahl im Vergleich zu aus dem
Stand der Technik bekannten Verfahren deutlich verringern.

Bei einer weiteren Ausbildung kann vorgesehen sein, dass das
Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Bestimmen der im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel mittels der im Abführkanal angeordneten Partikelmesseinrichtung, und
- 5 - Beenden des Abgebens des Reinigungsfluids, wenn ein auf die Partikel bezogener Schwellenwert unter- oder überschritten wird.

Die Partikelmesseinrichtung kann beispielsweise die Anzahl
10 und/oder einen Partikeldurchmesser bestimmen. Zudem kann ein hierauf bezogener Schwellenwert definiert werden, dessen Unter- oder Überschreiten ein Indiz dafür sein kann, dass der Hohlkörper ausreichend gereinigt worden ist und der Reinigungsvorgang beendet werden kann. Einerseits kann dokumentiert
15 werden, dass ein bestimmter Hohlkörper tatsächlich in ausreichendem Umfang gereinigt worden ist und andererseits der Reinigungsvorgang dann beendet werden, wenn der Hohlkörper ausreichend sauber ist.

20 Eine fortentwickelte Ausbildung kann vorgeben, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Vollständiges Fluten des Zwischenraums zwischen dem Reinigungskopf und der Hohlkörperinnenfläche mit dem Reinigungsfluid, und
- 25 - Einkoppeln von Schallwellen in das Reinigungsfluid mittels einer Einkopplungseinheit.

Die Schallwellen können beispielsweise in Form von Ultraschall oder Megaschall eingekoppelt werden. Das Reinigungsergebnis wird hierdurch verbessert, da hierdurch Energie in
30 das erste Reinigungsfluid eingebracht wird, die zum Lösen der Partikel auf der Hohlkörperinnenfläche dient.

Eine weitere Ausbildung kann vorgeben, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- 5 - Reinigen der Deckelauflagefläche unter Verwendung der Reinigungsdüsen, und
- zeitversetztes Reinigen der Hohlkörperinnenfläche unter Verwendung der weiteren Reinigungsdüsen.

10 Wie erwähnt, können die im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel beim Durchströmen des Abführkanals mittels der Partikelmesseinrichtung bestimmt und beispielsweise gezählt werden. Man kann davon ausgehen, dass Partikel, die beim Reinigen der Deckelauflagefläche unter Verwendung der Reinigungsdüsen zu-

15 mindest zum größten Teil von der Deckelauflagefläche stammen. Entsprechendes gilt für die Reinigung der Hohlkörperinnenfläche. Auch innerhalb der weiteren Reinigungsdüsen können einige zeitversetzt zu den anderen weiteren Reinigungsdüsen aktiviert werden. Es lässt sich hiermit eine Aussage darüber treffen, ob

20 bestimmte Bereiche der Hohlkörperinnenfläche stärker als andere Bereiche und insbesondere als die Deckelauflagefläche verunreinigt sind oder nicht. Hieraus kann auf Fehler im Produktionsablauf der Halbleiterwafer geschlossen werden.

25 Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine prinzipielle Schnittdarstellung durch eine Vor-

30 richtung nach dem Stand der Technik zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken,

Figur 2 eine nicht maßstäblich vergrößerte Darstellung des in Figur 1 definierten Ausschnitts A, und

- 5 Figur 3 eine prinzipielle Schnittdarstellung durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern, insbesondere von Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken,

10

In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 10 nach dem beispielsweise in der DE 10 2020 129 469 A1 beschriebenen Stand der Technik zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern 12 anhand einer prinzipiellen Schnittdarstellung gezeigt.

15 Die Vorrichtung 10 weist ein Gehäuse 14 auf, welches eine Gehäuseöffnung 16 bildet, die mit einer vom Gehäuse 14 entfernbaren Abdeckung 18 verschließbar ist. Darüber hinaus ist im Gehäuse 14 eine Auflagewand 20 angeordnet, so dass im Gehäuse 14 ein geschlossener Prozessraum 22 geschaffen wird. Der Prozessraum 22 wird von der Auflagewand 20, vom Gehäuse 14 selbst sowie von der Abdeckung 18 begrenzt. Die Auflagewand 20 bildet eine Durchgangsöffnung 24, wobei radial außerhalb der Durchgangsöffnung 24 eine Verriegelungseinrichtung 26 angeordnet ist. Radial außerhalb der Verriegelungseinrichtung 26 sind im

20 gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Durchgangsbohrungen 28 in der Auflagewand 20 vorgesehen.

Bei entfernter Abdeckung 18 kann ein Hohlkörper 12, insbesondere ein Transportbehälter 30 für Halbleiterwafer, auch als

30 FOUPs bezeichnet, oder ein Transportbehälter 30 für EUV-Lithografie-Masken, in den Prozessraum 22 eingebracht werden. Der Hohlkörper 12 weist eine Bodenwand 32 und in diesem Fall vier Seitenwände 34 auf, so dass der topfförmige Hohlkörper 12

im Wesentlichen quaderförmig ausgebildet ist. Es ist aber
durchaus möglich, den topfförmigen Hohlkörper 12 mit einer an-
deren, beispielsweise zylinderförmigen Geometrie zu versehen.
Die Bodenwand 32 und die vier Seitenwände 34 bilden eine Hohl-
5 körperinnenfläche 33 und eine Hohlkörperaußenfläche 35.

Der Hohlkörper 12 weist eine Öffnung 36 auf, die der Bodenwand
32 gegenüber liegend angeordnet ist und die von einer Randflä-
che 38 umschlossen wird, welche von den Seitenwänden gebildet
10 wird. Im Bereich der Randfläche 38 ist der Hohlkörper 12 im
dargestellten Ausführungsbeispiel flanschartig ausgeführt. Mit
dieser Randfläche 38 kann der Hohlkörper 12 auf die Auflage-
wand 20 aufgelegt werden. Die Durchgangsöffnung 24 der Aufla-
gewand 20 und die Öffnung 36 des Hohlkörpers 12 sind im darge-
15 stellten Ausführungsbeispiel zumindest annäherungsweise von
gleicher Größe und von gleicher geometrischer Form.

Ferner ist die Verriegelungseinrichtung 26 so ausgebildet,
dass die Durchgangsöffnung 24 zumindest annähernd mit dem sich
20 der Durchgangsöffnung 24 anschließenden Abschnitt der Hohlkör-
perinnenfläche 33 fluchtet.

In Figur 2 ist der in Figur 1 gekennzeichnete Bereich A nicht
maßstäblich vergrößert dargestellt, wobei keine exakte Über-
25 einstimmung vorliegt. Aus Darstellungsgründen ist die Verrie-
gelungseinrichtung 26 nicht dargestellt. Aus Figur 2 ist er-
kennbar, dass die Auflagewand 20 einen Auflagewandabschnitt 37
umfasst, der eine Kontaktfläche 39 bildet, die in Kontakt mit
der Randfläche 38 des Transportbehälters 30 steht. Dabei wird
30 die Kontaktfläche 39 des Auflagewandabschnitts 37 vollständig
von der Randfläche 38 überdeckt. Im Auflagewandabschnitt 37
ist ein erster Kanal 41 angeordnet, der in die Kontaktfläche

39 mündet und mit welchem ein Spülungsfluid, beispielsweise Luft oder Stickstoff, zur Randfläche 38 geführt werden kann.

Darüber hinaus ist die Vorrichtung 10 mit einer Reinigungseinrichtung 40 ausgestattet, die über einen ersten Reinigungskopf 42 verfügt, welcher über die Durchgangsöffnung 24 hervorsteht und somit innerhalb des Prozessraums 22 angeordnet ist. Wenn der Hohlkörper 12 mit der Auflagewand 20 verbunden ist, ist der erste Reinigungskopf 42 vom Hohlkörper 12 umschlossen.

Das Gehäuse 14 umfasst weiterhin einen Wandungsabschnitt 44, in welchem eine Reinigungsöffnung 46 angeordnet ist. Der Wandungsabschnitt 44 befindet sich auf der von der Verriegelungseinrichtung 26 abgewandten Seite der Auflagewand 20. Die Reinigungsöffnung 46 ist mit einem Verschlusskörper 48 zumindest teilweise verschließbar, der mit einer nicht dargestellten Antriebseinheit um eine erste Drehachse D1 drehbar am Wandungsabschnitt 44 befestigt ist. Der Verschlusskörper 48 kann zwischen einer Offenstellung, in welcher der Verschlusskörper 48 die Reinigungsöffnung 46 freigibt, und einer Verschlussstellung, in welcher der Verschlusskörper 48 die Reinigungsöffnung 46 zumindest teilweise verschließt, bewegt werden. In Figur 1 befindet sich der Verschlusskörper 48 in der Verschlussstellung.

Der Verschlusskörper 48 weist eine Aufnahmeeinheit 50 auf, mit welcher ein Deckel 52, mit welchem der Hohlkörper 12 verschließbar ist, lösbar am Verschlusskörper 48 befestigt werden kann. Der Deckel 52 bildet eine Deckelinnenfläche 54 und eine Deckelaußenfläche 56. Die Deckelinnenfläche 54 ist dabei die Seite des Deckels 52, die sich der Hohlkörperinnenfläche 33 unmittelbar anschließt, wenn der Hohlkörper 12 mit dem Deckel 52 verschlossen ist. Mit anderen Worten zeigt die Deckelinnen-

fläche 54 in diesem Fall zur Bodenwand 32 des Hohlkörpers 12 hin.

Die Aufnahmeeinheit 50 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel so ausgeführt, dass sie nur mittels der Deckelaußenfläche 56 mit dem Deckel 52 zusammenwirkt.

Die Reinigungseinrichtung 40 ist zudem mit einem weiteren ersten Reinigungskopf 58 ausgestattet, der in der Nähe des Verschlusskörpers 48 angeordnet ist, wenn sich dieser in der Verschlussstellung befindet.

Die Reinigungseinrichtung 40 umfasst zudem einen zweiten Reinigungskopf 64, der im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und zumindest teilweise im Prozessraum 22 angeordnet ist. Im Gegensatz zum ersten Reinigungskopf 42 ist jedoch der zweite Reinigungskopf 64 außerhalb des Hohlkörpers 12 angeordnet, wenn der Hohlkörper 12 wie in Figur 1 gezeigt mit der Auflagewand 20 verbunden ist. Der zweite Reinigungskopf 64 ist um eine zweite Drehachse D2 drehbar, wobei die hierzu verwendete Antriebseinrichtung nicht dargestellt ist. Nicht dargestellt ist ferner ein Ausführungsbeispiel, bei welcher der zweite Reinigungskopf 64 nicht nur rotatorisch, sondern auch translatorisch oder nur translatorisch bewegbar ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der erste Reinigungskopf 42 nicht bewegbar, allerdings kann dieser auch rotatorisch und/oder translatorisch bewegbar ausgeführt sein.

Die Vorrichtung 10 ist ferner mit einer Fluidführungseinheit 66 versehen, mit welcher ein erstes Reinigungsfluid zum ersten Reinigungskopf 42 und zum weiteren ersten Reinigungskopf 58 sowie ein zweites Reinigungsfluid zum zweiten Reinigungskopf 64 geführt werden kann. Die Fluidführungseinheit 66 weist ei-

nen ersten Zuführkanal 68 auf, mit dem das erste Reinigungsfluid zum ersten Reinigungskopf 42 geführt werden kann.

Aus Darstellungsgründen ist auf eine detaillierte Darstellung
5 eines zweiten Zuführkanals zum Zuführen des zweiten Reinigungsfluids zum zweiten Reinigungskopf 64 verzichtet wurden, dessen Gestaltung sich aber dem Fachmann ohne weiteres erschließen dürfte.

10 Weiterhin umfasst die Fluidführungseinheit 66 einen ersten Abführkanal 70, mit welchem das vom ersten Reinigungskopf 42 und von weiteren ersten Reinigungskopf 58 abgegebene erste Reinigungsfluid wieder aus dem Prozessraum 22 abgeführt werden
15 kann. Der erste Abführkanal 70 weist ein erstes Ende 72 auf, das mit der Durchgangsöffnung 24 in Fluidkommunikation steht. Wie aus der Figur 1 ersichtlich, erweitert sich der erste Abführkanal 70 zum ersten Ende 72 hin trichterförmig und ist
20 derart mit der Auflagewand 20 verbunden, dass das erste Ende 72 des Abführkanals bündig mit der Durchgangsöffnung 24 abschließt.

Darüber hinaus weist die Fluidführungseinheit 66 einen zweiten Abführkanal 76 auf, der im Wesentlichen genauso aufgebaut ist wie der erste Abführkanal 70, allerdings mit den beiden Durchgangsbohrungen 28 in Fluidkommunikation steht. Dabei bildet
25 der erste Abführkanal 70 die radial innere Wandung des zweiten Abführkanals 76, so dass die Fluidführungseinheit 66 sehr kompakt ausgebildet werden kann. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Fluidführungseinheit 66 in Figur 1 nur
30 prinzipiell dargestellt ist. Aufgrund der Vielzahl von verschachtelt und in unterschiedlichen Ebenen angeordneten Kanälen erhebt die Darstellung der Fluidführungseinheit 66 gemäß Figur 1 keinen Anspruch auf Korrektheit. Gleichzeitig wird ein

Spülungsfluid durch den ersten Kanal 41 zur Randfläche 38 und/oder durch den zweiten Kanal 57 zum Deckel 52 geführt. Es kann sich hierbei um dasselbe Spülungsfluid handeln, es ist aber auch möglich, durch den ersten Kanal 41 ein erstes Spülungsfluid und durch den zweiten Kanal 57 ein sich vom ersten Spülungsfluid unterscheidendes zweites Spülungsfluid zu führen. Das Spülungsfluid, welches durch den ersten Kanal 41 zur Randfläche 38 geführt wird, sorgt dafür, dass weder das erste Reinigungsfluid noch das zweite Reinigungsfluid die Randfläche überqueren können. Das Spülungsfluid bewirkt daher eine fluidische Dichtung zwischen dem ersten Reinigungsfluid und dem zweiten Reinigungsfluid. Folglich wird sichergestellt, dass sich das erste Reinigungsfluid und das zweite Reinigungsfluid nicht mischen können. Eine Kontamination des ersten Reinigungsfluids mit dem zweiten Reinigungsfluid und umgekehrt wird verhindert. Allerdings soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass das Spülungsfluid keine oder nur eine sehr begrenzte Reinigungswirkung auf die Randfläche 38 aufweist.

Das erste Reinigungsfluid, welches vom ersten Reinigungskopf 42 abgegeben und auf die Hohlkörperinnenfläche 33 aufgebracht worden ist, wird über den ersten Abführkanal 70 abgeführt. Selbiges gilt auch für das erste Reinigungsfluid, welches vom weiteren ersten Reinigungskopf 58 abgegeben und auf die Deckelinnenfläche 54 appliziert worden ist. Zum Abführen des ersten Reinigungsfluids, welches zum Reinigen der Deckelinnenfläche 54 verwendet wird, weist der erste Abführkanal 70 einen Nebkanal 84 auf, der in den ersten Abführkanal 70 mündet.

Das Spülungsfluid, welches zum Deckel 52 geführt wird, strömt durch den Spalt 60 zurück in den Nebkanal 84. Die Gehäusedichtung 51 verhindert, dass das Spülungsfluid in die Umgebung gelangen kann. Mit dem Spülungsfluid wird verhindert, dass das

erste Reinigungsfluid, welches vom weiteren ersten Reinigungskopf 58 abgegeben und auf die Deckelinnenfläche 54 appliziert worden ist, an die Deckeldichtung 53 gelangen kann, an welcher sich im ersten Reinigungsfluid befindliche Partikel anhaften
5 könnten.

Das Spülungsfluid, welches zur Randfläche 38 und/oder zum Deckel 52 geführt wird, kann unter einen ausreichend großen Druck gesetzt werden.

10

Mit dem ersten Reinigungsfluid werden Partikel, welche sich auf der Hohlkörperinnenfläche 33 und der Deckelinnenfläche 54 befunden haben, abgeführt. Das zweite Reinigungsfluid, welches vom zweiten Reinigungskopf 64 abgegeben worden und auf die
15 Hohlkörperaußenfläche 35 aufgebracht worden ist, wird über den zweiten Abführkanal 76 abgeführt. Folglich werden das erste Reinigungsfluid und das zweite Reinigungsfluid getrennt voneinander abgeführt, infolgedessen Partikel, welche von der Hohlkörperaußenfläche 35 stammen, nicht in das erste Reinigungs-
20 fluid und somit auf die Hohlkörperinnenfläche 33 oder die Deckelinnenfläche 54 gelangen können.

Wenn die Hohlkörperinnenfläche 33 und die Deckelinnenfläche 54 im gewünschten Maße gereinigt worden sind, kann der Reinigungsvorgang unabhängig vom Maß, mit welcher die Hohlkörperaußenfläche 35 bereit worden ist, abgebrochen werden.
25

Nun können ein erstes Trocknungsgas und ein zweites Trocknungsgas, beispielsweise Luft oder Stickstoff, über den ersten Zuführkanal 68 bzw. einen hier nicht dargestellten zweiten Zuführkanal auf weitgehend derselben Weise wie das erste und das
30 zweite Reinigungsfluid zum ersten Reinigungskopf 42, zum weiteren ersten Reinigungskopf 58 sowie zum zweiten Reinigungs-

kopf 64 geführt werden. Der erste Reinigungskopf 42 weist erste Trocknungsdüsen 86, der weitere erste Reinigungskopf 58 weitere erste Trocknungsdüsen 88 und der zweite Reinigungskopf zweite Trocknungsdüsen 90 auf, mit denen das erste Trocknungsgas bzw. das zweite Trocknungsgas abgegeben und auf die Hohlkörperinnenfläche 33, die Deckelinnenfläche 54 und die Hohlkörperaußenfläche 35 aufgebracht werden können. Das erste Trocknungsgas und das zweite Trocknungsgas verdrängen das erste Reinigungsfluid und das zweite Reinigungsfluid aus der Vorrichtung 10. Reste des ersten und des zweiten Reinigungsfluids können zudem weggeblasen werden.

Nach Abschluss des Trocknungsvorgangs werden die Abdeckung 18 geöffnet und der Verschlusskörper 48 in die Offenstellung bewegt. Der gereinigte Hohlkörper 12 wird aus dem Prozessraum entnommen. Die Aufnahmeeinheit 50 wird deaktiviert, infolgedessen der Deckel 52 vom Verschlusskörper 48 entnommen und dem Hohlkörper 12 zum Verschließen desselben zugeführt werden kann. Nun kann ein weiterer, zu reinigender Hohlkörper 12 auf die beschriebene Weise in der Vorrichtung 10 behandelt werden.

In Figur 3 ist ein vorschlagsgemäßes erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 92₁ zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern 94 anhand einer prinzipiellen Schnittdarstellung gezeigt. Der wesentliche Aufbau und die Art und Weise, wie die vorschlagsgemäße Vorrichtung 92₁ betrieben werden kann, entsprechen dabei im Wesentlichen denjenigen, die für die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Vorrichtung 10 nach dem Stand der Technik beschrieben worden sind. Daher sind in Figur 3 nur die erfindungswesentlichen Merkmale gezeigt.

Vergleicht man den Hohlkörper 12, der mit der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Vorrichtung 10 gereinigt werden kann, mit

dem Hohlkörper 94, der mit der vorschlagsgemäßen Vorrichtung 92₁ gereinigt werden soll, so stellt man fest, dass der letztgenannte Hohlkörper 94 neben der Randfläche 38 eine Deckelauf-
lagefläche 96 aufweist, welche ein Teil der Hohlkörperinnen-
5 fläche 33 ist und welche mittels eines Absatzes der Seitenwand 34 gebildet wird.

Die Reinigungseinrichtung 40 weist einen Reinigungskopf 98 auf, der mit einer Anzahl von Reinigungsdüsen 100 ausgestattet
10 ist, durch welche das Reinigungsfluid auf die Deckelauf-
lagefläche 96 aufgebracht werden kann. Weiterhin ist der Reini-
gungskopf 98 mit Trocknungsdüsen 102 ausgerüstet, durch die
ein Trocknungsgas auf die Deckelauf-
lagefläche 96 aufgebracht werden kann. Die Reinigungsdüsen 100 und die Trocknungsdüsen
15 102 können baugleich ausgeführt sein, so dass in Figur 3
zeichnerisch hierzwischen nicht unterschieden worden ist. Die
Reinigungsdüsen 100 können auch so ausgebildet sein, dass mit
ihnen sowohl das Reinigungsfluid als auch das Trocknungsgas
auf die Deckelauf-
lagefläche 96 aufgebracht werden kann.

20 Die Reinigungsdüsen 100 und/oder die Trocknungsdüsen 102 wir-
ken mit einer Einstelleinrichtung 104 zusammen, mit welcher
ein Sprühwinkel α , unter welchem das Reinigungsfluid und/oder
das Trocknungsgas abgegeben werden, einstellbar ist. Hierzu
25 können die Reinigungsdüsen 100 und die Trocknungsdüsen 102 ku-
gelkopfförmig gelagert sein. Alternativ oder kumulativ können
insbesondere die Reinigungsdüsen 100 auf einem um eine dritte
Drehachse D3 rotierbaren Rohrkörper 83 angeordnet sein, womit
sich der Sprühwinkel α einstellen lässt. Hierdurch kann er-
30 reicht werden, dass das Reinigungsfluid und/oder das Trock-
nungsgas senkrecht oder nahezu senkrecht auf die Deckelauf-
lagefläche 96 auftreffen.

Ferner weist die Vorrichtung 92₁ zumindest eine Einkopplungseinheit 106 zum Einkoppeln von Schallwellen in das Reinigungsfluid auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind einige der Einkopplungseinheiten 106 in zumindest einige der Reinigungs-
5 düsen 100 integriert und als sogenannte „Megasonic Nozzles“ ausgestaltet. Es kann ein Megaschall in das von den Reinigungsdüsen 100 abgegebene Reinigungsfluid eingekoppelt werden.

10 Zudem sind auf dem Reinigungskopf 98 weitere Reinigungsdüsen 108 angeordnet, mit welchen das Reinigungsfluid auf die Hohlkörperinnenfläche 33 aufgebracht werden kann. Die weiteren Reinigungsdüsen 108 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel
15 baugleich zu den Reinigungsdüsen 100 ausgebildet, mit denen die Deckelauflagefläche 96 gereinigt werden kann. Insbesondere können auch sie mit der Einstelleinrichtung 104 zusammenwirken, mit welcher der Sprühwinkel α einstellbar ist (nicht dargestellt). Zudem können weitere Trocknungsdüsen 110 am Reinigungskopf 98 vorgesehen sein.

20 Die Reinigungsdüsen 100 und die weiteren Reinigungsdüsen 100 können unabhängig voneinander geöffnet und geschlossen werden. Folglich ist es möglich, verschiedene Abschnitte der Hohlkörperinnenfläche 33 zuerst und andere Abschnitte später zu rei-
25 nigen. Beispielsweise können Abschnitte, die erfahrungsgemäß weniger stark verschmutzt sind, zuerst und anschließend erfahrungsgemäß stärker verschmutzte Abschnitte gereinigt werden.

Der Reinigungskopf 98 kann mittels einer nicht dargestellten
30 Antriebseinrichtung translatorisch und/oder rotatorisch entlang bzw. um eine vierte Drehachse D4 bewegt werden. Darüber hinaus weist der Reinigungskopf 98 eine Anzahl von Infrarot-Dioden 112 auf, mit welcher die Deckelauflagefläche 96 erwärmt

werden kann. Es können auch nicht dargestellte weitere Infrarot-Dioden 112 am Reinigungskopf 98 angeordnet sein, um die übrige Hohlkörperinnenfläche 33 zu erwärmen.

- 5 Der Reinigungskopf 98 weist eine äußere Form auf, welche dem Verlauf der Hohlkörperinnenfläche 33 zumindest annähernd folgt, so dass der Abstand A zwischen der Hohlkörperinnenfläche 33 und dem Reinigungskopf 98 konstant oder nahezu konstant ist. Dabei ist man bestrebt, den Abstand A so minimal wie möglich zu wählen, um einerseits eine starke und klar gerichtete Strömung des Reinigungsfluids und/oder des Trocknungsgases im Zwischenraum zwischen dem Hohlkörperinnenfläche 33 und dem Reinigungskopf 98 zu erzeugen und andererseits das Volumen des Zwischenraums zu minimieren, um das Volumen an benötigtem Reinigungsfluid und Trocknungsgas entsprechend gering zu halten. Im dargestellten Ausführungsbeispiel soll der Abstand A zwischen 10 mm und 30 mm liegen. Der Zwischenraum ist dabei nach Art eines Ringspalts ausgeführt.
- 10
- 15
- 20 Ferner ist eine Partikelmesseinrichtung 114 zum Bestimmen der im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel im ersten Abführkanal 70 angeordnet.

- Wie erwähnt, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung 92₁ im Wesentlichen auf dieselbe Weise betrieben werden wie diejenige aus dem Stand der Technik, die in den Figuren 1 und 2 beschrieben worden ist. Anzumerken ist jedoch, dass die Deckelauflagefläche 96 zeitversetzt zu der übrigen Hohlkörperinnenfläche 33 gereinigt werden kann. Wenn die Deckelauflagefläche 96 gereinigt wird, kann davon ausgegangen werden, dass die sich beim Durchströmen des ersten Abführkanals 70 im Reinigungsfluid befindlichen Partikel von der Deckelauflagefläche 96 stammen. Die Partikel können mit der Partikelmesseinrich-
- 25
- 30

tung 114 hinsichtlich eines relevanten Parameters, beispielsweise hinsichtlich der Partikelanzahl, charakterisiert werden. Sobald ein Schwellenwert der Partikelanzahl bezogen auf eine Zeiteinheit unterschritten wird, kann die Zufuhr von Reinigungsfluid zur Deckelauflagefläche 96 unterbrochen werden. Nun
5 kann die übrige Hohlkörperinnenfläche 33 unter Verwendung der weiteren Reinigungsdüsen 108 gereinigt werden. Auch hier kann die Zufuhr des Reinigungsfluids gestoppt werden, wenn beispielsweise die Anzahl der Partikel im Reinigungsfluid beim
10 Durchströmen des ersten Abführkanals 70 einen bestimmten Schwellenwert unterschreitet. Sowohl beim Reinigen der Deckelauflagefläche 96 als auch der Hohlkörperinnenfläche 33 kann der Reinigungskopf 98 um eine vierte Drehachse D4 gedreht und entlang dieser bewegt werden. Zudem kann der Sprühwinkel α mit
15 der Einstelleinrichtung 104 verändert und Schallwellen mit der Einkopplungseinheit 106 in das Reinigungsfluid eingekoppelt werden.

Anschließend kann ein Trocknungsgas unter Verwendung der
20 Trocknungsdüsen 102 auf die Deckelauflagefläche 96 aufgebracht werden. Gleichzeitig oder zeitversetzt kann die Deckelauflagefläche 96 mit den Infrarot-Dioden 112 erwärmt werden. Auch hierbei kann der Reinigungskopf 98 um die vierte Drehachse D4 gedreht werden. Nachdem der Hohlkörper 94 ausreichend getrock-
25 net worden ist, kann ein weiterer, zu reinigender Hohlkörper 94 auf die beschriebene Weise in der Vorrichtung 92₁ behandelt werden. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass die Hohlkörperaußenfläche 35 und der in Figur 3 nicht gezeigte Deckel 52 im Wesentlichen in analoger Weise behandelt werden können.

30

In den Figuren 4A und 4B ist ein vorschlagsgemäßes zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung 92₂ zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern 94 anhand einer prinzipiellen

Schnittdarstellung gezeigt. Der wesentliche Unterschied zu dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel der Vorrichtung 92₁ liegt darin, dass der Reinigungskopf 98 eine flexible Hülle 116 aufweist, welche von einem kontrahierten Zustand (Figur 4A) in einen expandierten Zustand (Figur 4B) und zurück über-
5 führt werden kann. Ausgehend von dem in Figur 4A gezeigten kontrahierten Zustand wird durch den Zuführkanal 68 das Reinigungsfluid oder das Trocknungsgas in die flexible Hülle 116 eingebracht. Infolgedessen füllt sich die flexible Hülle 116
10 mit dem Reinigungsfluid oder dem Trocknungsgas und dehnt sich dabei immer weiter aus. Die flexible Hülle 116 dehnt sich solange aus, bis dass das Volumen des zugeführten Reinigungsfluids oder Trocknungsgases gleich dem Volumen ist, welches die flexible Hülle 116 durch die Reinigungsdüsen 100, Trocknungs-
15 düsen 102 und/oder weiteren Reinigungsdüsen 100 wieder verlässt. Aus Darstellungsgründen sind die Reinigungsdüsen 100, Trocknungsdüsen 102 und/oder weiteren Reinigungsdüsen 108 nur in Figur 4B gezeigt. Dann befindet sich die flexible Hülle 116 im expandierten Zustand. Die Abmessungen der flexiblen Hülle
20 116 im expandierten Zustand kann mit dem verwendeten Reinigungsfluid oder Trocknungsgas sowie mit der Temperatur und dem Druck, unter welchen das Reinigungsfluid oder das Trocknungsgas in die flexible Hülle 116 eingebracht werden, in bestimmten Grenzen gewählt werden. Da das Reinigungsfluid und das
25 Trocknungsgas im Zwischenraum zwischen der Hohlkörperinnenfläche 33 und dem Reinigungskopf 98 entlang der Hohlkörperinnenfläche 33 strömt, wird verhindert, dass sich die flexible Hülle 116 mit der Hohlkörperinnenfläche 33 in Kontakt treten kann. Insofern kann sich die flexible Hülle 116 in gewissen
30 Grenzen dem Verlauf der Hohlkörperinnenfläche 33 insbesondere auch in Bereichen von Hinterschneidungen anpassen, so dass sich ein konstanter oder nahezu konstanter Abstand A ergibt, der sehr weitgehend minimiert werden kann, was mit einem star-

ren Reinigungskopf 98 nur bedingt möglich ist. Wie erwähnt, beträgt der Abstand A bei einem starren Reinigungskopf 98 zwischen 10 mm und 30 mm. Dieser Abstand A kann mit einer flexiblen Hülle 116 weiter verringert werden. Wie erwähnt, kann mit
5 einem geringen Abstand A eine starke und klar gerichtete Strömung des Reinigungsfluids und/oder des Trocknungsgases im Zwischenraum zwischen dem Hohlkörperinnenfläche 33 und dem Reinigungskopf 98 erzeugt und das Volumen an benötigtem Reinigungsfluid und Trocknungsgas gering gehalten werden. Diese Vorteile
10 lassen sich unter Verwendung einer flexiblen Hülle 116 in noch stärkerem Umfang realisieren. Wie ebenfalls erwähnt, kann sich die flexible Hülle 116 in gewissen Grenzen dem Verlauf der Hohlkörperinnenfläche 33 anpassen. Infolgedessen ist es auch möglich, die Vorrichtung zum Reinigen und/oder Trocknen von
15 unterschiedlich geformten Hohlkörpern 94 zu verwenden, ohne dass Umbauten notwendig sind.

Bezugszeichenliste

	10	Vorrichtung nach dem Stand der Technik
	12	Hohlkörper
5	14	Gehäuse
	16	Gehäuseöffnung
	18	Abdeckung
	20	Auflagewand
10	22	Prozessraum
	24	Durchgangsöffnung
	26	Verriegelungseinrichtung
	28	Durchgangsbohrung
15	30	Transportbehälter
	32	Bodenwand
	33	Hohlkörperinnenfläche
	34	Seitenwand
	35	Hohlkörperaußenfläche
20	36	Öffnung
	37	Auflagewandabschnitt
	38	Randfläche
	39	Kontaktfläche
25	40	Reinigungseinrichtung
	41	erster Kanal
	42	erster Reinigungskopf
	44	Wandungsabschnitt
	46	Reinigungsöffnung
30	48	Verschlusskörper
	50	Aufnahmeeinheit
	52	Deckel

- 54 Deckelinnenfläche
- 56 Deckelaußenfläche
- 58 weiterer erster Reinigungskopf
- 64 zweite Reinigungskopf
- 5 66 Fluidführungseinheit
- 68 erster Zuführkanal
- 70 erster Abführkanal
- 72 erstes Ende
- 10 76 zweiter Abführkanal
- 78 erste Reinigungsdüsen
- 80 weitere erste Reinigungsdüsen
- 82 zweite Reinigungsdüsen
- 15 83 Rohrkörper
- 84 Nebenkanal
- 86 erste Trocknungsdüsen
- 88 weitere erste Trocknungsdüsen
- 20 90 zweite Trocknungsdüsen
- 92 vorschlagsgemäße Vorrichtung
- 92₁, 92₂ vorschlagsgemäße Vorrichtung
- 94 Hohlkörper
- 96 Deckelauflagefläche
- 25 98 Reinigungskopf
- 100 Reinigungsdüsen
- 102 Trocknungsdüsen
- 104 Einstelleinrichtung
- 30 106 Einkopplungseinheit
- 108 weitere Reinigungsdüsen
- 110 weitere Trocknungsdüsen

112 Infrarot-Dioden
114 Partikelmesseinrichtung
116 flexible Hülle

5

α Sprühwinkel

A Abstand

D1 erste Drehachse

D2 zweite Drehachse

10 D3 dritte Drehachse

D4 vierte Drehachse

1. Vorrichtung (92) zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern (94), insbesondere von Transportbehältern (30) für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken, wobei der
- 5 Hohlkörper (94)
- eine Bodenwand (32) und eine oder mehrere Seitenwände (34), die eine Hohlkörperinnenfläche (33) bilden,
 - eine der Bodenwand (32) gegenüberliegende Öffnung (36), die von der Seitenwand (34) umschlossen wird, und
 - 10 - und eine von der Seitenwand (34) gebildete Deckelauf­fläche (96), auf welche ein Deckel (52) zum Verschließen des Hohlkörpers (94) aufgelegt werden kann, wobei die Vorrichtung (92)
 - eine Auflagewand (20), auf welche der Hohlkörper (94)
 - 15 aufgelegt werden kann,
 - zumindest eine von der Auflagewand (20) gebildete Durchgangsöffnung (24),
 - eine Reinigungseinrichtung (40), mit welcher ein Reinigungsfluid zum Reinigen der Deckelauf­fläche (96) ab-
 - 20 gegeben werden kann, wenn der Hohlkörper (94) auf der Auflagewand (20) aufgelegt ist, wobei
 - die Reinigungseinrichtung (40) einen Reinigungskopf (98) aufweist, der
 - o über die Durchgangsöffnung (24) hervorsteht
 - 25 und/oder in den Hohlkörper (94) einbringbar ist, wenn der Hohlkörper (94) auf der Auflagewand (20) aufgelegt ist, und
 - o eine Anzahl von Reinigungsdüsen (100) aufweist, durch welche das Reinigungsfluid auf die Deckel-
 - 30 auflagefläche (96) aufgebracht werden kann.
2. Vorrichtung (92) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) eine Anzahl von Trocknungsdüsen (102) aufweist, mit welcher ein Trocknungsgas auf die Deckelauflagefläche (96) aufgegeben werden kann.

5

3. Vorrichtung (92) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) rotatorisch und/oder translatorisch bewegbar ist.

- 10 4. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche oder nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Reinigungsfluid und/oder das Trocknungsgas unter einem Sprühwinkel (α) abgebar ist, wobei der Reinigungskopf (98) eine mit den Reinigungsdüsen
15 (100) und/oder mit den Trocknungsdüsen (102) zusammenwirkende Einstelleinrichtung (104) aufweist, mit welcher der Sprühwinkel (α) einstellbar ist.

5. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) eine
20 Anzahl von Infrarot-Dioden (112) aufweist, mit welcher die Deckelauflagefläche (96) erwärmt werden kann.

6. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) eine
25 äußere Form aufweist, welche dem Verlauf der Hohlkörperinnenfläche (33) zumindest annähernd folgt, so dass der Abstand zwischen der Hohlkörperinnenfläche (33) und dem Reinigungskopf (98) konstant oder nahezu konstant ist.

30

7. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (92) zumindest eine Einkopplungseinheit (106) zum Einkoppeln von Schallwellen in das Reinigungsfluid aufweist.

- 5 8. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (92) einen ersten Abführkanal (70) mit einem ersten Ende (72) umfasst, wobei der erste Abführkanal (70) mit dem ersten Ende (72) ausschließlich mit der Durchgangsöffnung (24) in Fluidkom-
- 10 munikation steht, mit welchem das von der Reinigungseinrichtung (40) abgegebene Reinigungsfluid abgeführt werden kann und in welchem eine Partikelmesseinrichtung (114) zum Bestimmen der im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel angeordnet ist.
- 15 9. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) eine Anzahl von weiteren Reinigungsdüsen (108) zum Reinigen der Hohlkörperinnenfläche (33) aufweist.
- 20 10. Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reinigungskopf (98) eine flexible Hülle (116) umfasst, welche mit dem Reinigungsfluid und/oder vom Trocknungsgas von einem kontrahierten Zustand in einen expandierten Zustand und zurück überführbar
- 25 ist.
11. Verfahren zum Reinigen von topfförmigen Hohlkörpern (94), insbesondere von Transportbehältern für Halbleiterwafer oder für EUV-Lithografie-Masken mit einer Vorrichtung (92) nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend folgende Schritte:
- 30 - Auflegen des Hohlkörpers (94) auf die Auflagewand (20),

- Abgeben eines Reinigungsfluids zum Reinigen der Deckelauflagefläche (96) mittels einer Anzahl von auf dem Reinigungskopf (98) der Reinigungseinrichtung (40) angeordneten Reinigungsdüsen (100) derart, dass das Reinigungsfluid auf die Deckelauflagefläche (96) aufgebracht wird, und
 - Abführen des Reinigungsfluids mittels des ersten Abführkanals (70).
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, umfassend die folgenden Schritte:
- Bestimmen der im Reinigungsfluid enthaltenen Partikel mittels der im ersten Abführkanal (70) angeordneten Partikelmesseinrichtung (114), und
 - 15 - Beenden des Abgebens des Reinigungsfluids, wenn ein auf die Partikel bezogener Schwellenwert unter- oder überschritten wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, umfassend
- 20 folgende Schritte:
- Vollständiges Fluten des von der Hohlkörperinnenfläche (33) begrenzten Raums mit dem Reinigungsfluid, und
 - Einkoppeln von Schallwellen in das Reinigungsfluid mittels einer Einkopplungseinheit (106).
- 25
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, umfassend folgende Schritte:
- Reinigen der Deckelauflagefläche (96) unter Verwendung der Reinigungsdüsen (100), und
 - 30 - zeitversetztes Reinigen der Hohlkörperinnenfläche (33) unter Verwendung der weiteren Reinigungsdüsen (100).