

(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
6. Juli 2006 (06.07.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/069755 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G03F 7/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/013990

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Dezember 2005 (23.12.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
60/639,684 23. Dezember 2004 (23.12.2004) US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SMT AG** [DE/DE];
Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SOYEZ, Guido** [DE/DE]; Ulrichstr. 27/2, 71636 Ludwigsburg (DE).
BACK, Stephan [DE/DE]; Kronprinzenstr. 33, 89129 Langenau (DE). **BUECHELE, Joachim** [DE/DE]; Schlesienstr. 2, 73463 Westhausen (DE). **KALLER, Julian**

[DE/DE]; Steinheimer Weg 10, 89551 Koenigsbronn (DE).
LIMBACH, Guido [DE/DE]; Marderstr. 20/4, 73434 Aalen (DE). **WOELFLE, Harald** [DE/DE]; Gutacher Weg 3a, 79183 Waldkirch (DE).

(74) Anwalt: **LORENZ & KOLLEGEN**; Alte Ulmer Str. 2, 89522 Heidenheim (DE).

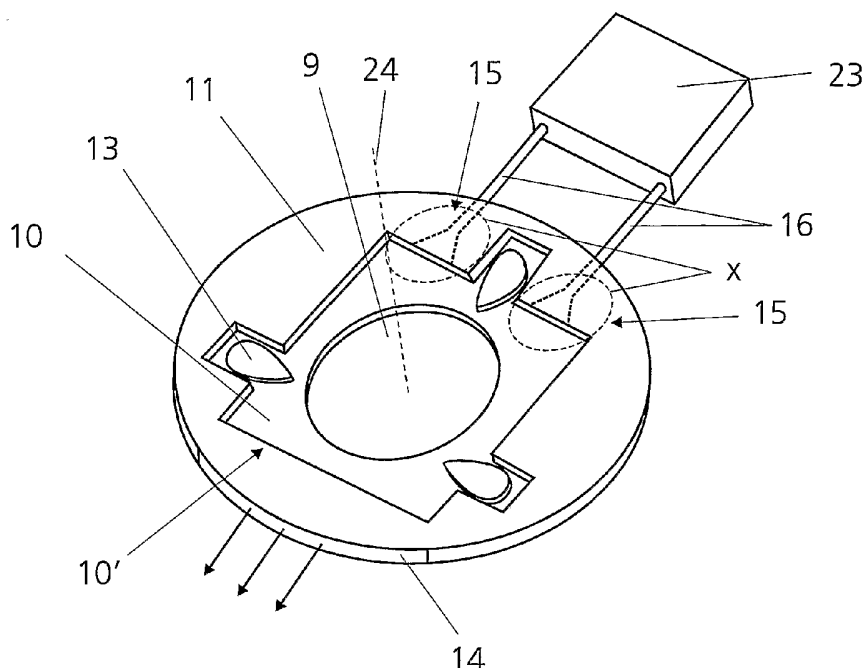
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LENS MODULE COMPRISING AT LEAST ONE REPLACEABLE OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung: OBJEKTIVMODUL MIT WENIGSTENS EINEM AUSTAUSCHBAREN OPTISCHEN ELEMENT



(57) Abstract: Disclosed is a lens module (7), especially a projection lens for semiconductor lithography, comprising at least one replaceable optical element (9) that is disposed in a lens housing (12). At least one gas exchange device (15) is positioned in an area of the replaceable optical element (9) in such a way that a receiving zone (10') for the replaceable optical element (9) can be flushed when the optical element (9) is replaced.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/069755 A2



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: In einem Objektivmodul (7), insbesondere einem Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, ist wenigstens ein in einem Objektivgehäuse (12) angeordnetes austauschbares optisches Element (9) vorgesehen. Wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung (15) ist in einem Bereich des austauschbaren optischen Elements (9) derart angeordnet, dass während des Austauschs des optischen Elements (9) ein Aufnahmebereich (10') für das austauschbare optische Element (9) spülbar ist.

Objektivmodul mit wenigstens einem austauschbaren optischen Element

5 Die Erfindung betrifft ein Objektivmodul mit wenigstens einem austauschbaren optischen Element. Dabei ist unter einem Objektivmodul ein Teil eines ein Projektionsobjektives oder eines Beleuchtungsobjektives für die Halbleiter-Lithographie oder auch das gesamte Objektiv zu verstehen. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Spülung eines Aufnahmebereiches eines
10 optischen Elements.

Bei Hochleistungsobjektiven, wie es z.B. bei Projektionsobjektiven in der Halbleiter-Lithographie der Fall ist, müssen Abbildungsfehler nach einer Justage des Objektives wie auch bei Einsatz des Objektives minimiert werden. Zur Korrektur der Abbildungsfehler ist deshalb ein unter Einsatzbedingungen austauschbares optisches Element vorgesehen.

20 Darüber hinaus ist es vorteilhaft, austauschbare optische Elemente für den Einsatz der selben Projektionsbelichtungsanlage zur Herstellung verschiedener Arten von Halbleiterbauelementen vorzusehen. Unterschiedliche Halbleiterbauelemente führen aufgrund unterschiedlicher Strukturen (z.B. senkrechte und vertikale Linien, Durchkontaktierungen, Wabenstrukturen) zu anderen Anforderungen an die Art der Belichtung in der Projektionsbelichtungsanlage, z.B. hinsichtlich der numerischen Apertur oder der Art des Beleuchtungsfeldes (z.B. annular, Dipol, Quadrupol).

30 Zur Realisierung der gewünschten Eigenschaften kommen beispielsweise Filter in oder nahe der Pupillenebene, die bestimmte räumliche Bereiche der Pupille abblenden, Graufilter, die eine konstante oder über ihre Oberfläche variable Transmission haben oder polarisierende Elemente in Frage.

Dabei können die genannten austauschbaren optischen Elemente sowohl in dem Projektionsobjektiv als auch im Beleuchtungssystem einer Projektionsbelichtungsanlage zum Einsatz kommen.

Allerdings besteht die Gefahr, dass durch den mit einem Gaseintrag von außen verbundenen Ein- und Ausbau des austauschbaren optischen Elementes eine Kontaminationsfreiheit im Objektivmodul nicht gewährleistet werden kann. Dieses eingebrachte Gas kann zur Folge haben, dass die optischen Elemente in dem Objektivmodul der Projektionsbelichtungsanlage durch (photo)chemische Reaktion kontaminieren. Außerdem kann das eingebrachte Gas, wenn es einen vom Spülgas des Objektivmodules verschiedenen Brechungsindex hat, die optischen Eigenschaften verschlechtern.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Objektivmodul, insbesondere ein Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, zu schaffen, bei dem nach einem Austausch eines optischen Elementes und einem wiedererfolgten Einbau keine Kontamination eingeführt und ein schneller Wiedereinsatz ermöglicht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung in einem Bereich des austauschbaren optischen Elements derart angeordnet ist, dass während des Austauschs des optischen Elements ein Aufnahmebereich für das austauschbare optische Element spülbar ist.

Dies bedeutet, dass nach Einbau des neuen austauschbaren optischen Elements das sich im Objektivmodul befindliche Gasvolumen schnell ausgetauscht werden kann und dadurch nach kurzer Zeit eine weitere Benutzung des Objektivmodules problemlos möglich ist.

30

Durch die erfindungsgemäße wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung, mit welcher der Aufnahmebereich des optischen Elements während des Austauschs, d.h. im geöffneten Zustand des Objektivmodules, gespült wird, kann eine Kontamination im Inneren des Objektivmodules beim Tausch des optischen Elements vermieden werden, so dass nach dem Schließen des Objektivmodules eine we-

35

sentlich geringere Spülzeit notwendig ist. Durch die so verringerte Stillstandszeit der Anlage wird ein Austausch des optischen Elements akzeptabler. Die Gefahr von internen Kontaminationen beim Austausch des optischen Elements aufgrund einer verminderten Wirksamkeit des austauschbaren optischen Elements kann durch die erfindungsgemäße Spülung des Aufnahmebereichs für das optische Element deutlich verringert werden.

Ein Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass die Projektionsbelichtungsanlage in sehr kurzer Zeit für diese jeweils gewählte Anwendung optimiert werden kann, so dass die Anlage auch bei kleinen Chargen für eine bestimmte Bauelementsorte mit hohem Durchsatz betrieben werden kann.

Besonders günstig ist es, wenn die o. .g. Optimierung so schnell erfolgt, dass nach jeden Wafer eine Optimierung durchgeführt werden kann. Dies ermöglicht den Anwender, denselben Wafer zweimal direkt in Folge hintereinander zu belichten, z.B. mit vertikalen und horizontalen Strukturen, ohne ihn von der Waferstage entnehmen zu müssen, was die Genauigkeit der räumlichen Positionierung der beiden Strukturen zu einander deutlich verbessern würde.

Diese als double-exposure bekannte Doppelbelichtung wird bisher nur in Verbindung mit Zwischenlagerung der mit einer Struktur belichteten Wafer außerhalb der Waferstage genutzt.

Die vorgeschlagene Lösung vermindert wirkungsvoll die Gefahr der Kontamination durch die beiden nachfolgend geschilderten beiden Mechanismen: Während des Austausches der optischen Elemente können Kontaminationen durch die kurzzeitige Öffnung des Objektivmoduls in dieses eindiffundieren. Diese Diffusion findet sogar dann statt, wenn das Objektivmodul einen gegenüber der Umgebung erhöhten Druck hat. Durch die Bewegung des austauschbaren optischen Elements kann zudem Gas aus der Umgebung durch Sogwirkung und Verwirbelung eingebracht werden.

Ein weiterer Weg zur Eintrag von Kontamination ist auf dem aus-

tauschbaren Element adsorbierte Kontamination, insbesondere Kohlenwasserstoffe, die sich bei der Lagerung auf diesem niederschlagen können.

- 5 In vorteilhafter Weise kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung derart als Gaseinlasseinrichtung ausgebildet ist, dass sich ein laminarer Gasstrom ergibt, durch welchen ein Eindiffundieren von Kontaminationen aus der Umgebungsluft beim Austausch des optischen Elements vollständig bzw.
10 nahezu verhindert wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die wenigstens eine Gaseinlasseinrichtung eine Gittereinrichtung mit wenigstens einem Gitter oder bevorzugt zwei oder mehr Gittern zur Erzeugung
15 des laminaren Gasstromes auf.

Durch einen laminaren Gasstrom werden Verwirbelungen vermieden und somit Kontaminationen, welche beim Austausch des optischen Elementes in das Objektivmodul eindiffundieren könnten, effektiv
20 aus dem Inneren des Objektivmodules entfernt oder ferngehalten.

In Anspruch 15 ist eine weitere Lösung der o. g. Aufgabe angegeben, bei der das auszutauschende optische Element in einer Gas-
schleuse aufbewahrt wird; Anspruch 22 betrifft eine Lösung, bei
25 der der Aufnahmebereich des optischen Elementes durch eine Gasdichtung von angrenzenden Räumen abgeschirmt wird.

In Anspruch 24 ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Spülung eines Aufnahmebereichs eines optischen Elementes angegeben.
30

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.
35

Es zeigt:

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage für die Halbleiter-Lithographie, welche zur Belichtung von Strukturen auf mit fotosensitiven Materialien beschichtete Wafer verwendbar ist;

Figur 2 eine perspektivische, prinzipmäßige Darstellung einer Fassung eines Objektivgehäuses, in dem ein austauschbares optisches Element angeordnet ist;

Figur 3 eine perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Gaseinlasseinrichtung;

Figur 4 eine perspektivische Darstellung einer alternativen erfindungsgemäßen Gaseinlasseinrichtung;

Figur 5 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit mehreren austauschbaren optischen Elementen für eine weitere Projektionsbelichtungsanlage;

Figur 6 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit einer Gasauslasseinrichtung in einem Bereich des Objektivgehäuses, der einer Einschuböffnung für das optische Element gegenüber liegt;

Figur 7 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit einer weiteren Gaseinlasseinrichtung auf der der Einschuböffnung gegenüberliegenden Seite der Gehäusefassung;

Figur 8 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit einer weiteren Gaseinlasseinrichtung auf der Seite der Einschuböffnung in der Gehäusefassung;

Figur 9 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit einer Gasschleuse zur Aufbewahrung des optischen

Elementes;

Figur 10 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules mit einer Gaseinlasseinrichtung mit einem über eine
5 Steuereinrichtung ansteuerbaren Ventil;

Figur 11 eine prinzipmäßige Darstellung eines Objektivmodules, wobei der Innenraum des Objektivgehäuses so gestaltet ist, dass Kontamination aus dem Aufnahmebereich in be-
10 nachbarte Räume im Objektivgehäuse weitgehend unterdrückt wird;

Figur 12 eine alternative Anordnung des auszutauschenden Elementes in dem Objektivmodul.

15 In Figur 1 ist eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Halbleiter-Lithographie dargestellt. Diese dient zur Belichtung von Strukturen auf mit fotosensitiven Materialien beschichtetes Substrat, welches im allgemeinen überwiegend aus Silizium besteht
20 und als Wafer 2 bezeichnet wird, zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, wie z.B. Computerchips.

Die Projektionsbelichtungsanlage 1 besteht dabei im wesentlichen aus einer Beleuchtungseinrichtung 3, einer Einrichtung 4 zur
25 Aufnahme und exakten Positionierung einer mit einer gitterartigen Struktur versehenen Maske, ein sogenanntes Reticle 5, durch welche die späteren Strukturen auf dem Wafer 2 bestimmt werden, einer Einrichtung 6 zur Halterung, Fortbewegung und exakten Positionierung des Wafers 2 und einem Projektionsobjektiv 7.

30 Das grundsätzliche Funktionsprinzip sieht dabei vor, dass die in das Reticle 5 eingebrachten Strukturen auf dem Wafer 2 belichtet werden, insbesondere mit einer Verkleinerung der Strukturen auf ein Drittel oder weniger der ursprünglichen Größe. Die an die
35 Projektionsbelichtungsanlage 1, insbesondere an das Projektionsobjektiv 7 zu stellenden Anforderungen hinsichtlich der Auflö-

sung liegen dabei im Bereich von wenigen Nanometern.

Nach einer erfolgten Belichtung des Wafers 2 wird dieser weiterbewegt, so dass auf denselben Wafer 2 eine Vielzahl von einzelnen Feldern, jeweils mit der durch das Reticle 5 vorgegebenen Struktur belichtet wird. Wenn die gesamte Fläche des Wafers 2 belichtet ist, wird dieser aus der Projektionsbelichtungsanlage 1 entnommen und einer Mehrzahl chemischer Behandlungsschritte, im allgemeinen einem ätzenden Abtragen von Material, unterzogen. Gegebenenfalls werden mehrere dieser Belichtungs- und Behandlungsschritte nacheinander durchlaufen, bis auf dem Wafer 2 eine Vielzahl von Computerchips entstanden ist.

Die Beleuchtungseinrichtung 3 stellt einen für die Abbildung des Reticles 5 auf dem Wafer 2 benötigten Projektionsstrahlengang 8, beispielsweise Licht oder eine ähnliche elektromagnetische Strahlung, bereit. Als Quelle für diese Strahlung kann ein Laser oder dergleichen Verwendung finden. Die Strahlung wird der Beleuchtungseinrichtung 3 über optische Elemente zugeführt, so dass der Projektionsstrahlengang 8 beim Auftreffen auf das Reticle 5 die gewünschten Eigenschaften hinsichtlich Durchmesser, Polarisierung und dergleichen aufweist. Über den Projektionsstrahlengang 8 wird ein Bild des Reticles 5 erzeugt und von dem Projektionsobjektiv 7 entsprechend verkleinert auf dem Wafer 2 übertragen, wie bereits vorstehend erläutert wurde. Das Projektionsobjektiv 7 besteht dabei aus einer Vielzahl von einzelnen refraktiven und/oder diffraktiven Elementen, wie z.B. Linsen, Spiegel, Prismen, Abschlussplatten oder dergleichen.

Außerdem ist in dem Projektionsobjektiv 7 wenigstens ein optisches Element 9 in einer Fassung 10 gelagert, welches als austauschbares optisches Element ausgebildet ist. Das optische Element 9, hier eine Linse, ist in dem Projektionsobjektiv 7 in einer Pupillenebene angeordnet. Die Fassung 10 mit dem optischen Element 9 wird wiederum in einer Gehäusefassung 11, welche Teil eines Objektivgehäuses 12 ist, gelagert. Dabei ist das Objektiv-

gehäuse Teil des Objektivmoduls bzw. bildet das Objektivmodul. Die Gehäusefassung 11 bildet dabei einen Teil des Außenumfangs des Objektivgehäuses 12. Weitere derartige austauschbare optische Elemente können ebenfalls im Projektionsobjektiv 7 vorgesehen werden, wobei im Nachfolgenden von dem optischen Element 9 in der Pupillenebene ausgegangen wird.

In Figur 2 ist das austauschbare optische Element 9 perspektivisch dargestellt. Das in einem dafür vorgesehenen Aufnahmebereich 10' in dem Projektionsobjektiv 7 gelagerte optische Element 9 wird beispielsweise über Auflagefüßchen mit der Fassung 10 verbunden. Die Fassung 10 wird durch Einschieben in die Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 über drei Befestigungselemente 13 mit dieser verbunden. Die Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 besteht aus einem Ring, insbesondere aus einem Stahlring, in welchem eine Einschuböffnung 14 zur Einführung der Fassung 10 mit dem optischen Element 9 eingearbeitet ist. Die Einschuböffnung 14 wird in die Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 eingearbeitet, insbesondere eingefräst, um so ein einfaches Austauschen des optischen Elementes 9 zu gewährleisten. Die Befestigungselemente 13 können als einstellbare Befestigungselemente, z.B. als Manipulatoren, ausgebildet sein, um die Fassung 10 mit dem optischen Element 9 exakt und zentriert in der Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 zu lagern.

25

In einem der Einschuböffnung 14 für das optische Element 9 gegenüberliegenden Bereich sind zwei Gaseinlasseinrichtungen 15, welche jeweils seitlich eines Befestigungselementes 13 vorgesehen sind, vorgesehen. In Figur 3 ist eine der beiden Gaseinlasseinrichtungen 15 vergrößert näher dargestellt. Die Bereiche, in denen jeweils eine Gaseinlasseinrichtung 15 in der Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 angeordnet ist, sind in Figur 2 mit einem "X" gekennzeichnet. Während des Austausches der Fassung 10 mitsamt dem optischen Element 9, wobei die Fassung 10 und das optische Element 9 aus der Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 über die Einschuböffnung 14 entfernt werden, wird

35

ein Gasstrom über wenigstens eine Gaseinlassleitung 16, wobei in Figur 2 für jede Gaseinlasseinrichtung 15 eine Gaseinlassleitung 16 dargestellt ist, den Gaseinlasseinrichtungen 15 zugeführt, welche einen laminaren Gasstrom erzeugen. Der in die Gaseinlass-
5 einrichtungen 15 von außerhalb des Projektionsobjektivs 7 eingebrachte Gasstrom wird von einer Gaszufuhreinrichtung 23 über die Gaseinlassleitungen 16 den Gaseinlasseinrichtungen 15 zugeführt. Der durch die Pfeile dargestellte laminare Gasstrom wird in Richtung der Einschuböffnung 14 geführt, wodurch eine Spülung
10 des Aufnahmebereiches 10' der Fassung 10 erfolgt und so Kontaminationen im Inneren des Projektionsobjektives 7 während des Austauschs der Fassung 10 vermieden werden. Nachdem die Fassung 10 mit dem optischen Element 9 wieder an den Befestigungselementen 13 gehalten worden ist, kann die laminare Strömung, welche
15 senkrecht zu einer optischen Achse 24 durch den Aufnahmebereich 10' und damit quer durch das Innere des Objektivgehäuses 12 strömt und an der Einschuböffnung 14 austritt, beendet bzw. ausgeschaltet werden.

20 Die in Figur 3 dargestellte Gaseinlasseinrichtung 15 weist eine Gittereinrichtung 17 am Eintritt in den Aufnahmebereich 10' auf. Sie ist mit mehreren hintereinander und zueinander versetzten Gittern 18 versehen, welche hier nur angedeutet sind, um einen laminaren Gasstrom zu erzeugen. Um einen laminaren Gasstrom zu
25 erzeugen, sollten im allgemeinen wenigstens zwei Gitter 18 vorgesehen werden, wie in der Figur 3 prinzipmäßig dargestellt. Es ist selbstverständlich jedoch auch möglich, nur ein Gitter 18 in der Gittereinrichtung 17 vorzusehen, wenn damit wenigstens ein weitgehend laminarer Gasstrom gewährleistet werden kann.

30

Weiterhin zeigt Figur 3 die Gaseinlassleitung 16 zum Einführen des Gasstromes, welcher hier durch einen Pfeil 19 dargestellt ist. Als Gas kann entweder hochreiner Stickstoff oder Edelgas oder Gasmischungen aus solchen inerten Gasen wie Stickstoff oder
35 Edelgasen eingesetzt werden, wobei vorteilhafterweise das gleiche Gas verwendet werden sollte, welches bereits im Inneren des

Projektionsobjektives 7 zur Spülung desselben eingesetzt wird. Ein Gasdruck des eingesetzten Gasstromes sollte so geregelt werden, dass ein laminarer Gasstrom gewährleistet wird. Um den Gasstrom von der Gaseinlassleitung 16 gemäß zu der Gittereinrichtung 17 zu führen, ist wenigstens eine Querbohrung 22 in der Gehäusefassung 11 des Objektivgehäuses 12 vorgesehen.

Alternativ kann anstatt der Gittereinrichtung 17 mit ein oder mehreren Gittern 18 in einer Platte am Ende der Bohrung 22 in der Gehäusefassung 11 vor dem Auslass in den Aufnahmebereich 10' auch eine Bohrungseinrichtung 20 mit einer Vielzahl von Bohrungen 21, die gemäß Figur 4 in einer Platte 20' angeordnet sind, vorgesehen werden. Da nur die Gittereinrichtung 17 durch die Bohrungseinrichtung 20 ersetzt wurde und weiterhin die gleichen Teile wie in Figur 3 vorgesehen sind, wurden auch die gleichen Bezugszeichen verwendet. Die Bohrungseinrichtung 20 kann auch mehrere hintereinander und zueinander versetzte Bohrungen 21 aufweisen, welche in auf Abstand voneinander angeordneten Platten 20' angeordnet sind.

20

In Figur 5 ist ein Projektionsobjektiv 7' mit einem Objektivgehäuse 12' für eine weitere Ausführungsform der Projektionsbeleuchtungsanlage 1 in stark vereinfachter Form dargestellt. Die Einrichtung 4 zur Aufnahme und exakten Positionierung des Reticles 5 und der Wafer 2 sind gestrichelt angedeutet. Das Projektionsobjektiv 7' weist beginnend beim Reticle 5 in Strahlrichtung einen refraktiven Teil 31, ein austauschbares Umlenkprisma 32, einen katadioptrischen Teil 33 mit einer Linse 34 und einem austauschbaren konkaven Umlenkspiegel 35 sowie einen weiteren refraktiven Teil 36 mit einem austauschbaren Abschlusselement 37 auf. Im Bereich der austauschbaren optischen Elemente, d.h. des Umlenkprismas 32, des konkaven Umlenkspiegels 35 und des Abschlusselements 37 sind Gaseinlasseinrichtungen mit Gaszufuhreinrichtungen 23 und Gaseinlassleitungen 16 in der Gehäusefassung (nicht näher dargestellt) angeordnet, wodurch während des Austauschs der optischen Elemente 32, 35 und 37 deren Aufnahme-

bereiche (in Figur 5 nicht detailliert dargestellt) spülbar sind.

In bevorzugter Weise wird das Gas im Innenraum des Objektivgehäuses 12 in der Weise geführt, dass es während des Austausches durch die Einschuböffnung 14 abfließt, wie in Figur 6 dargestellt. In der dargestellten Ausführungsform befindet sich das austauschbare Element 9 in der Mitte eines Objektivgehäuses 12, zwischen wenigstens zwei weiteren optischen Elementen 9a und 9b. Im Gegensatz zu einer Lösung, bei der sich an dem einen Ende des Objektivgehäuses oder des Objektivmodules eine Gaseinlasseneinrichtung und am anderen Ende eine Gasauslasseneinrichtung befindet, wird bevorzugt an beiden Enden jeweils eine Gaseinlasseneinrichtung 41 bzw. 42 vorgesehen und in dem Aufnahmebereich 10', der das auszutauschende Element 9 beherbergt, eine Gasauslasseneinrichtung 43. Durch diese beschriebene Anordnung der Gasein- und -auslasseneinrichtungen wird erreicht, dass eindringende Kontamination wirkungsvoll aus dem Innenraum des Objektivgehäuses 12 entfernt wird.

20

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, die in Figur 7 dargestellt ist, befindet sich eine weitere Gaseinlasseneinrichtung 44 in dem Aufnahmebereich 10', der das auszutauschende Element 9 beherbergt. Auf der der Einschuböffnung 14 zugewandten Seite des Objektivgehäuses 12 befindet sich eine Gasauslasseneinrichtung 45. Vorteilhaft bei dieser Ausführungsform ist insbesondere, dass sich aufgrund der Anordnung der Gasein- und Gasauslasseneinrichtungen eine nahezu laminare Strömung in Richtung der Einschuböffnung 14 im Inneren des Objektivgehäuses 12 ausbilden kann, durch die Kontaminationen effizient aus dem Objektivgehäuse 12 entfernt werden können.

Durch die Kombination der beiden in Figur 6 und 7 dargestellten Ausführungsformen ergibt sich die in Figur 8 beschriebene Lösung. In der Umgebung des Aufnahmebereiches 10' ist auf der der Einschuböffnung zugewandten Seite zusätzlich zu der Gaseinlass-

einrichtung 44 noch eine weitere Gaseinlasseinrichtung 46 vorhanden. Auf diese Weise wird eine nochmals deutlich gesteigerte Durchspülung des Aufnahmebereiches 10' gewährleistet.

5 Üblicherweise herrscht im Innenraum des Objektivgehäuses 12 ein leichter Überdruck von 50 bis 1000 Pa relativ zu Umgebung. Erzeugt man nun eine Öffnung, um das austauschbare Element 9 zu tauschen, bricht dieser Überdruck nahezu völlig zusammen, es sei denn, die Gasversorgung ist für eine kurzfristige Lieferung extremer Gasmengen ausgelegt. Dies würde jedoch zu unerwünschten
10 Nebeneffekten wie bspw. Druckabfall in den Leitungen führen. Z.B. flößen bei 100 Pa Überdruck durch eine Öffnung von 100 x 2 mm in einer 5 mm dicken Gehäusewand 4500 l/min Spülgas ab.

15 Dieser Druckabfall muss nach Einführen des austauschbaren Elements 9 möglichst kurzfristig wieder ausgeglichen werden. Dies kann durch die folgenden vorteilhaften Möglichkeiten geschehen:

Fig. 9: Das austauschbare optische Element 9 wird in eine Gasschleuse 47 verbracht, in der ein Druck herrscht, der größer ist
20 als der Umgebungsdruck aber kleiner oder gleich dem Soll-Überdruck in dem Objektivgehäuse 12. Durch die Schleusenöffnung 60 wird es in die Gasschleuse 47 eingebracht und durch die Einschuböffnung 14 von dort in das Objektivgehäuse 12. Optional
25 können in der Gasschleuse 47 mehrere austauschbare Elemente 9c, 9d, 9e gelagert werden. Die Gasschleuse 47 wird bevorzugt mit demselben Gas gespült wie das Objektivgehäuse 12 und verfügt über eine eigene Gaseinlasseinrichtung 48 und eine Gasauslass-einrichtung 49.

30

Eine andere Ausführungsform ist in Fig. 10 dargestellt. Sie beruht auf dem Gedanken, den Druckverlust unabhängig von der Gasversorgung des Objektivgehäuses über die Gaseinlasseinrichtung 41 durch eine zusätzliche Gaseinlasseinrichtung 50 auszugleichen, die durch ein mittels einer Steuereinrichtung 54 betätigtes Ventil 51 für die Zeit, die es erforderlich ist, den Druck-

35

abfall auszugleichen, geöffnet wird. Die Steuerung kann zeitgesteuert bspw. mit Start nach einer Detektion des Schließens der motorisch betriebenen Einschuböffnung 14 mittels eines mit der Steuereinrichtung 54 verbundenen Schließsensors 70 oder druckgesteuert über einen Drucksensor 52 erfolgen.

Als Gaseinlasseinrichtung für die Gaszufuhr kann auch jede andere Gaseinlasseinrichtung dienen; ebenso ist es denkbar, während eines Wechsellvorganges eine Gasauslasseinrichtung zu schließen.

- 10 In einer besonders günstigen Ausführungsform wird dieser zusätzliche Gasstrom in den Aufnahmebereich 10' eingeführt und zeitgleich oder in zeitlichem Zusammenhang mit dem motorischen Betätigen der Einschuböffnung 14 in dem Objektivgehäuse 12 angeschaltet. Dadurch wird der Aufnahmebereich 10' während des Wechsellvorganges kontinuierlich in Richtung der Austauschöffnung ge-
15 spült. Da der Gasfluss nur für die Dauer des Austausches benötigt wird, kann der Gasfluss ein Vielfaches des üblicherweise zum Spülen des Objektivgehäuses 12 verwendeten Gasflusses sein. Dabei ist es vorteilhaft, wenn nach dem Wechsel des optischen
20 Elementes, insbesondere nach dem Schließen der Einschuböffnung 14 95%, bevorzugt 99% des Betriebsüberdruckes im Objektivgehäuse innerhalb von 5min, bevorzugt innerhalb von 30s erreicht werden.

Figur 11 zeigt eine Lösung, mit der das Eindiffundieren von Kontamination aus dem Aufnahmebereich 10' in benachbarte Gasräume 55a und 55b eingeschränkt werden kann. Selbst wenn in den benachbarten Gasräumen 55a, 55b ein höherer Druck herrscht als im Aufnahmebereich 10', kann Kontamination durch Diffusion in diese eindringen.

30

Für diese Diffusion gilt die Formel:

$$C = C_0 \cdot \frac{1}{e^{\frac{u \cdot L}{D}} - 1}$$

mit

u = Strömungsgeschwindigkeit des Gases im Spalt

L = Länge des Spaltes in Strömungsrichtung

D = Diffusionskoeffizient des Gases

C = hier Konzentration im Gasraum 55a

C_0 = hier Konzentration im Aufnahmebereich 10'

Erfindungsgemäß wird die Kontamination der benachbarten Gasräume
 5 55a, 55b eingeschränkt, indem der Spalt zwischen den benachbar-
 ten Gasräumen 55a, 55b und dem Aufnahmebereich 10' mit einer ge-
 eigneten Geometrie versehen wird. Beispielsweise kann zwischen
 den optischen Elementen 9a, 9b und der Innenwandung des Objek-
 tivgehäuses 12 eine umlaufende Gasdichtung 56a, 56b realisiert
 10 sein. Dabei ist unter einer Gasdichtung ein zumindest teilweise
 offener Dichtspalt zu verstehen, in dem durch einen gegenläufi-
 gen Gasstrom eine Dichtwirkung gegen die Umgebung erzielt wird.

In Fig. 11 ist die bevorzugte Strömungsrichtung des Spülgases
 15 durch die Pfeile 75a,b,c,d angedeutet.

Bevorzugt ist hier für H_2O als Kontamination und N_2 als Spülgas
 eine Kombination aus Spaltlänge und Strömungsgeschwindigkeit mit
 einer Kontaminationsunterdrückung = Konzentration eines Gases
 20 im Gasraum 55a / Konzentration eines Gases im Aufnahmebereich
 10' von >10 , bevorzugt >1000 .

Die genannten Ausführungsformen wurden für ein in der Mitte be-
 findliches Element 9 gezeigt, sind aber auch anwendbar, wenn
 25 sich das austauschbare Element 9 am Ende eines Objektivgehäuses
 12 befindet, wie z.B. das letzte optische Element eines Projek-
 tionsobjektives (vgl. Fig. 12), das im vorliegenden Beispiel als
 planparallele Platte dargestellt ist. Der Bereich der planparal-
 lelen Platte wird dabei durch die Gasdichtung 57 von dem angren-
 30 zenden Gasraum 58 separiert.

Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich exemplarische Realisationsformen dar. Selbstverständlich sind auch weitere Varianten der Erfindung, insbesondere auch Kombinationen
5 der Ausführungsbeispiele oder einzelner Merkmale der Ausführungsbeispiele denkbar.

Patentansprüche:

1. Objektivmodul, insbesondere ein Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, mit wenigstens einem in einem Objektivgehäuse austauschbar angeordneten optischen Element, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung (15) in einem Bereich des austauschbaren optischen Elements (9,32,35,37) derart angeordnet ist, dass während des Austauschs des optischen Elements (9,32,35,37) ein Aufnahmebereich (10') für das austauschbare optische Element (9,32,35,37) spülbar ist.
2. Objektivmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung (15) in einer Gehäusefassung (11) des Objektivgehäuses (12) angeordnet ist.
3. Objektivmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung (15) derart als Gaseinlasseinrichtung ausgebildet ist, dass sich ein laminarer Gasstrom ergibt.
4. Objektivmodul nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Gasaustauscheinrichtung (15) in einem Bereich der Gehäusefassung (11) angeordnet ist, der einer Einschuböffnung (14) für das optische Element (9) gegenüber liegt.
5. Objektivmodul nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Gaseinlasseinrichtung (44) auf der der Einschuböffnung (14) gegenüberliegenden Seite des Objektivgehäuses (12) angeordnet ist.
6. Objektivmodul nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Gaseinlasseinrichtung (46) auf der Seite der Einschuböffnung in dem Objektivgehäuse (12) ange-

ordnet ist.

7. Objektivmodul einem der Ansprüche 4-6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Gehäusefassung (11) wenigstens eine Querbohrung (22) angeordnet ist, die mit einer Gaseinlassleitung (16) verbunden ist.
8. Objektivmodul nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine als Gaseinlasseinrichtung (15) ausgebildete Gasaustauscheinrichtung eine Gittereinrichtung (17) mit wenigstens einem Gitter (18) aufweist, das am Ende der Querbohrung (22) vor dem Auslass in dem Aufnahmebereich (10') angeordnet ist.
9. Objektivmodul nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Gittereinrichtung (17) wenigstens zwei Gitter (18) zur Erzeugung eines laminaren Gasstromes aufweist.
10. Objektivmodul nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine als Gaseinlasseinrichtung (15) ausgebildete Gasaustauscheinrichtung eine Bohrungseinrichtung (20) mit einer Vielzahl von wenigstens in einer Platte (20') angeordneten Bohrungen (21) aufweist, wobei die Bohrungseinrichtung (20) am Ende der Querbohrung (22) vor dem Auslass in dem Aufnahmebereich (10') angeordnet ist.
11. Objektivmodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Bohrungseinrichtung (20) wenigstens zwei hintereinander angeordnete Platten (20') mit Bohrungen (21) zur Erzeugung eines laminaren Gasstromes aufweist.
12. Objektivmodul nach Anspruch 9 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die hintereinander angeordneten Gitter (18) oder Bohrungen (21) zueinander versetzt sind.
13. Objektivmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

das austauschbare optische Element (9) in einer Pupillenebene angeordnet ist.

14. Objektivmodul nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Gasauslasseinrichtung (43) in einem Bereich des Objektivgehäuses (12) angeordnet ist, der einer Einschuböffnung (14) für das optische Element (9) gegenüber liegt.

15. Objektivmodul, insbesondere ein Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, mit wenigstens einem in einem Objektivgehäuse austauschbar angeordneten optischen Element, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gasschleuse (47) zur Aufbewahrung des wenigstens einen optischen Elementes (9) vorhanden ist, die mit dem Innenraum des Objektivgehäuses (12) über eine Einschuböffnung (14) in Verbindung steht.

16. Objektivmodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasschleuse (47) wenigstens eine Gaseinlasseinrichtung (48) aufweist.

17. Objektivmodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasschleuse (47) wenigstens eine Gasauslasseinrichtung (49) aufweist.

18. Objektivmodul nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in der Gasschleuse (47) gegenüber dem Innenraum des Objektivgehäuses (12) ein Unterdruck und gegenüber der Umgebung ein Überdruck herrscht.

19. Objektivmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Gaseinlasseinrichtung (50) mit einem über eine Steuereinrichtung (54) ansteuerbaren Ventil (51) versehen ist.

20. Objektivmodul nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass

die Steuereinrichtung (54) mit einem Drucksensor (52) zur Druckmessung im Innenraum des Objektivgehäuses (12) in Verbindung steht.

- 5 21. Objektivmodul nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (54) mit einer Einschuböffnung (14) in Verbindung steht.
- 10 22. Objektivmodul, insbesondere ein Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, mit wenigstens einem in einem Objektivgehäuse austauschbar angeordneten optischen Element, dadurch gekennzeichnet, dass das Objektivgehäuse (12) in der Weise ausgebildet ist, dass der Bereich des austauschbaren optischen Elementes über wenigstens eine Gasdichtung (56a,b) mit dem übrigen Innenraum des Objektivgehäuses (12) in Verbindung steht.
- 15 23. Objektivmodul nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass bei H₂O als Kontamination und N₂ als Spülgas die Kombination aus Spaltlänge und Strömungsgeschwindigkeit in der Weise gewählt ist, dass eine Kontaminationsunterdrückung von >10, bevorzugt >1000 erreicht wird.
- 20 24. Verfahren zur Spülung eines Aufnahmebereichs eines in einem Objektivgehäuse angeordneten austauschbaren optischen Elementes, insbesondere eines austauschbaren optischen Elementes für ein Projektionsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, wobei während des Austauschs des optischen Elementes (9,32,35,37) der Aufnahmebereich (10') mit einem Gas gespült wird.
- 25 30 25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahmebereich (10') des optischen Elementes (9) mit einem laminaren Gasstrom gespült wird.
- 35 26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet,

dass die Spülung des Aufnahmebereichs (10') derart vorgesehen wird, dass der Gasstrom, welcher von wenigstens einer Gaseinlasseinrichtung (15) einströmt, von einem Bereich aus in den Aufnahmebereich (10') einströmt, der gegenüber einer
5 Einschuböffnung (14) für das optische Element (9) liegt.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom senkrecht zu einer optischen Achse (24) des optischen Elementes (9) verläuft.

10 28. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom durch eine Einschuböffnung (14), die zum Wechsel des optischen Elementes (9) dient, in zeitlicher Abstimmung mit dem Wechsel des optischen Elementes (9) erhöht wird.

15 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung des Gasstromes durch die Einschuböffnung 14 durch das Zuschalten einer zusätzlichen Gaseinlasseinrichtung erreicht wird.

20 30. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung des Gasstromes durch die Einschuböffnung 14 durch eine Steigerung des Gaseintrags durch eine bereits verwendete Gaseinlasseinrichtung erreicht wird.

25 31. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung des Gasstromes durch die Einschuböffnung 14 durch eine Reduzierung des Gasstromes durch eine Gasauslasseinrichtung erreicht wird.

30 32. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung des Gasstromes durch den Druckabfall im Innenraum des Objektivgehäuses (12) beim Wechsel des optischen Elementes (9) ausgelöst wird.

5 33. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der

Gasstrom durch den Öffnungszustand einer Einschuböffnung (14) bei einem Wechsel des optischen Elementes (9) beeinflusst wird.

- 5 34. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Wechsel des optischen Elementes (9) 95%, bevorzugt 99% des Betriebsüberdruckes im Objektivgehäuse (12) innerhalb von 5min, bevorzugt innerhalb von 30s erreicht werden.

1/7

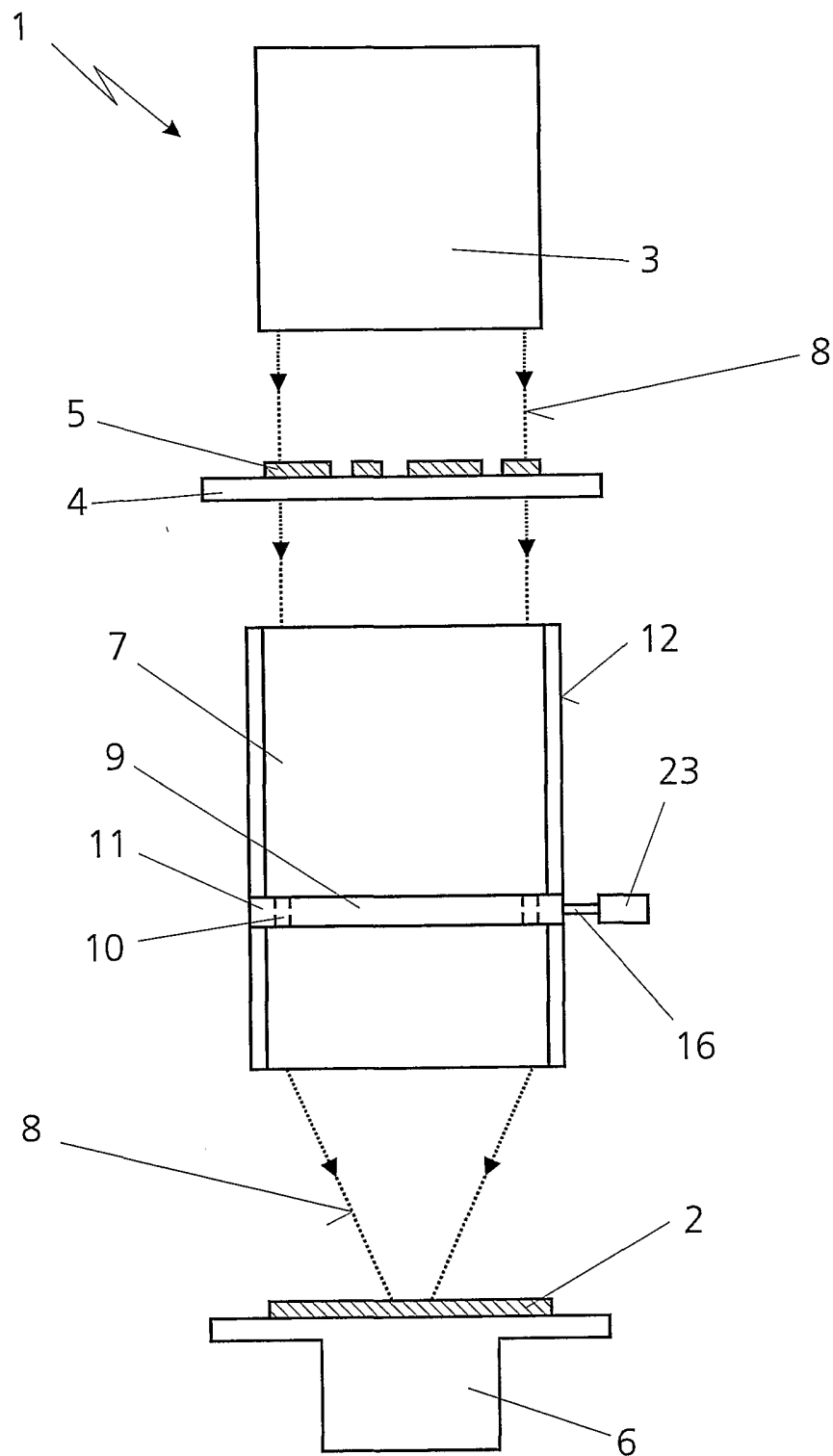
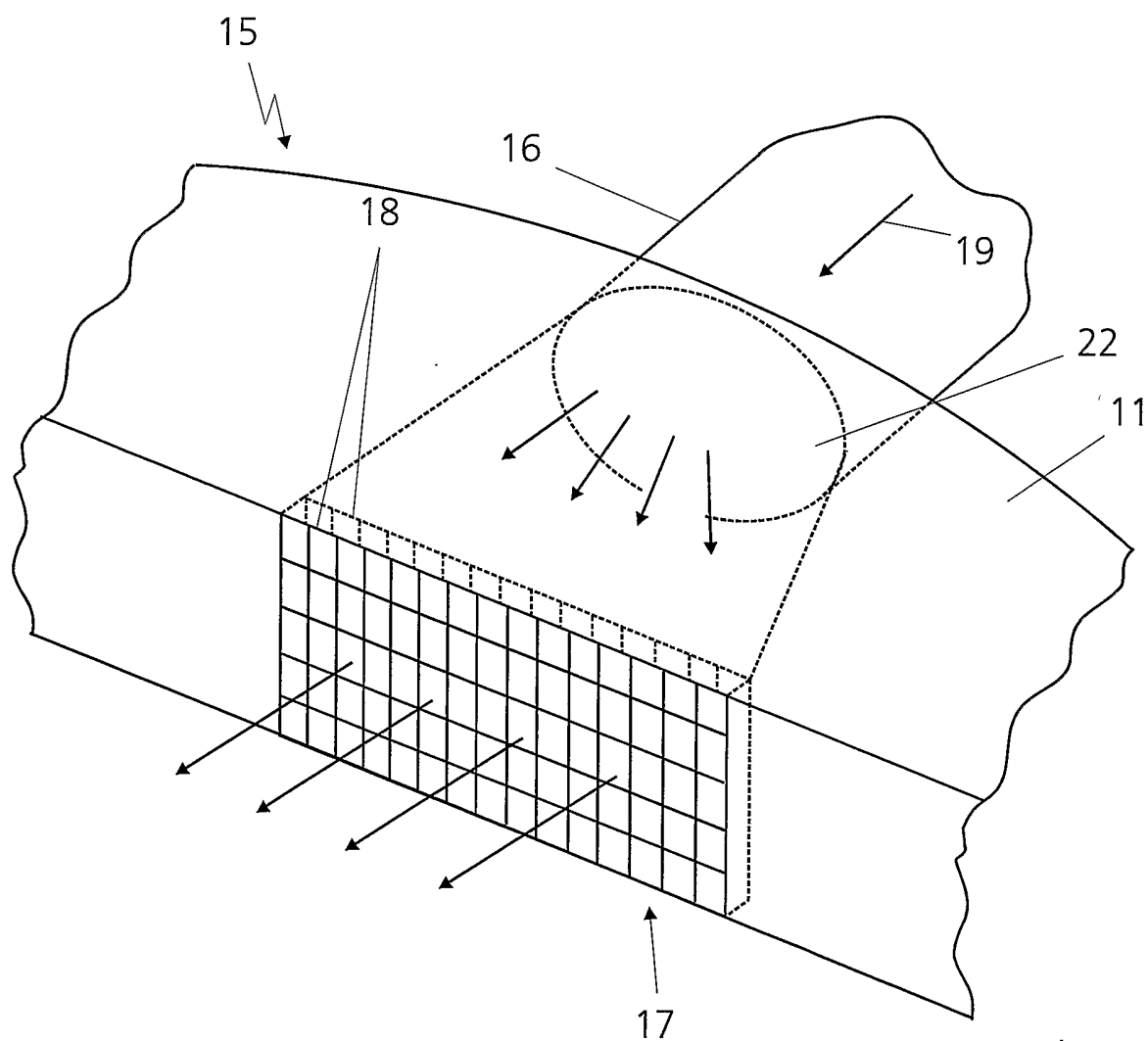
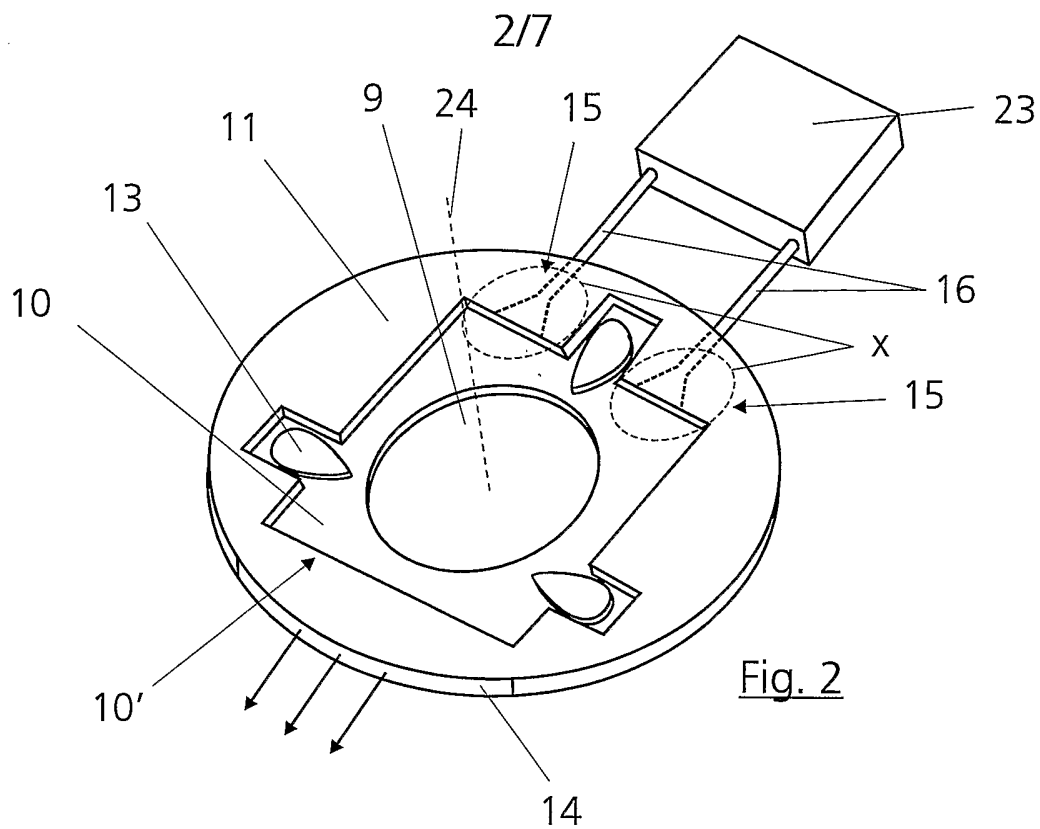
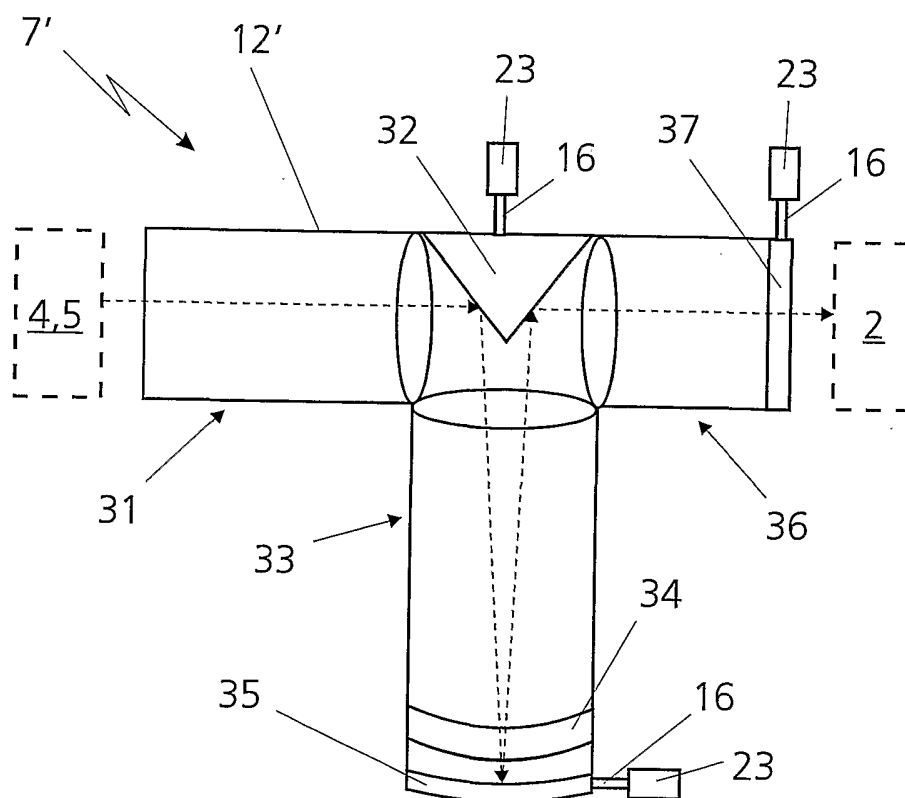
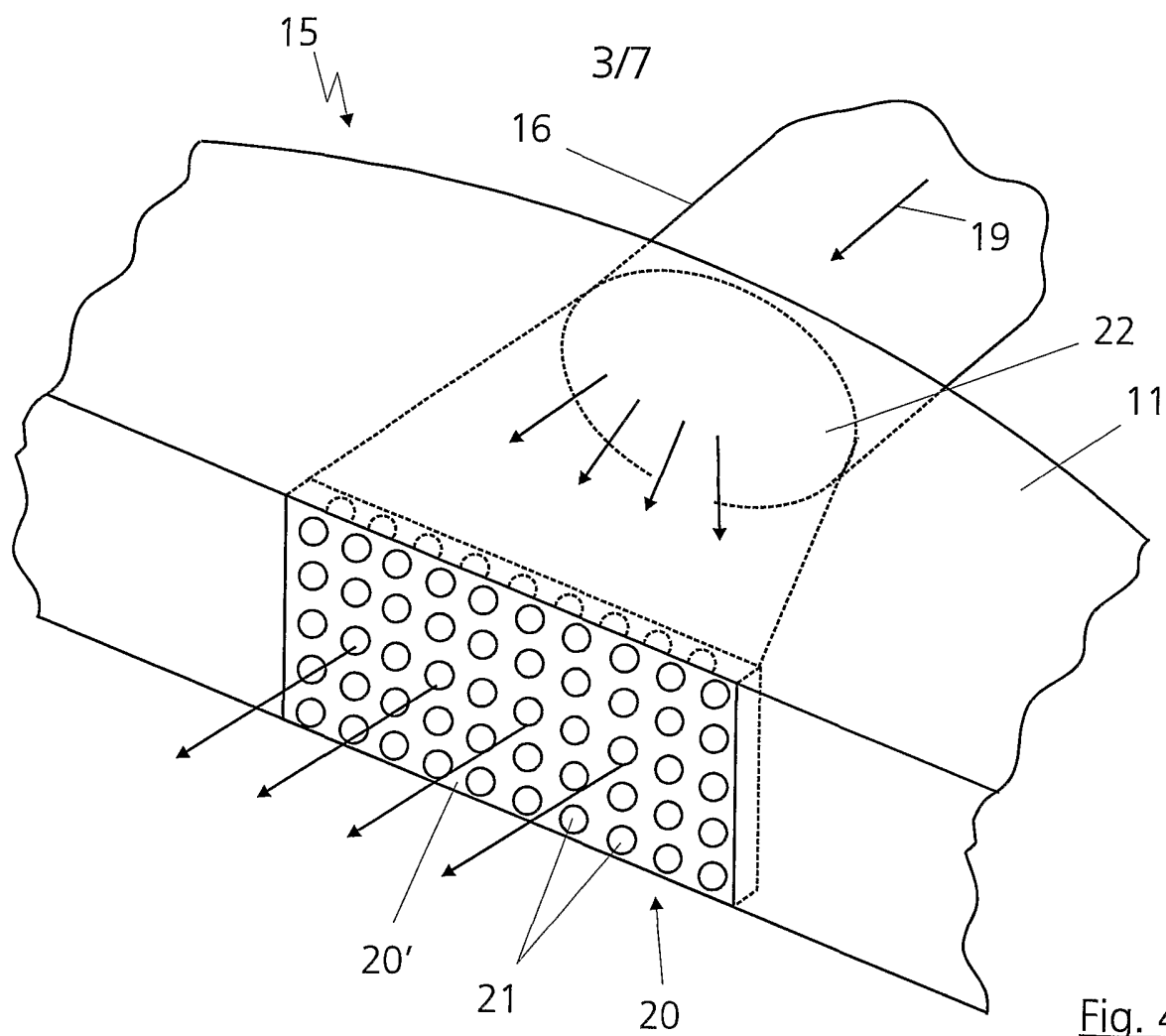


Fig. 1





4/7

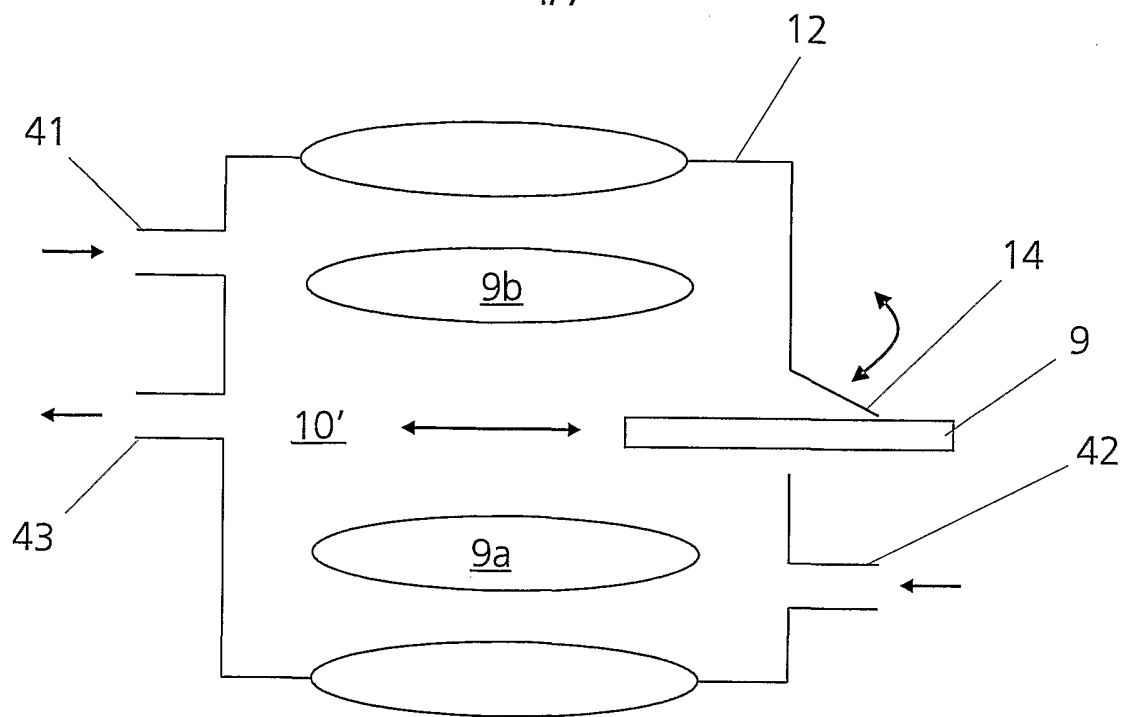


Fig. 6

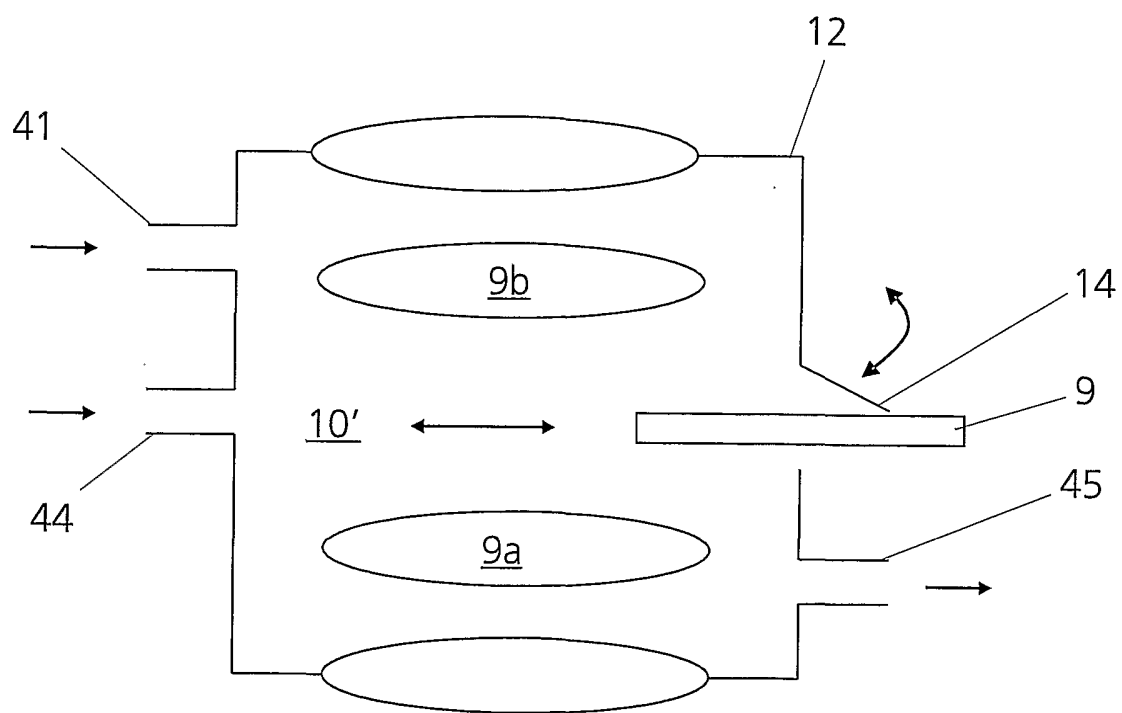


Fig. 7

5/7

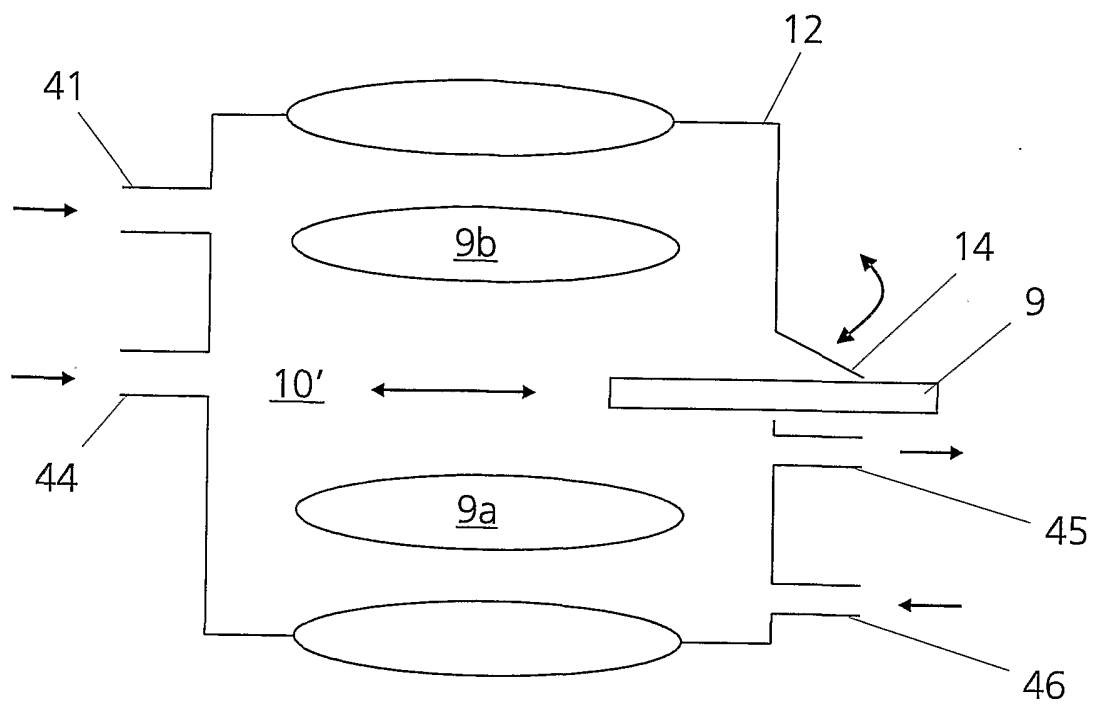


Fig. 8

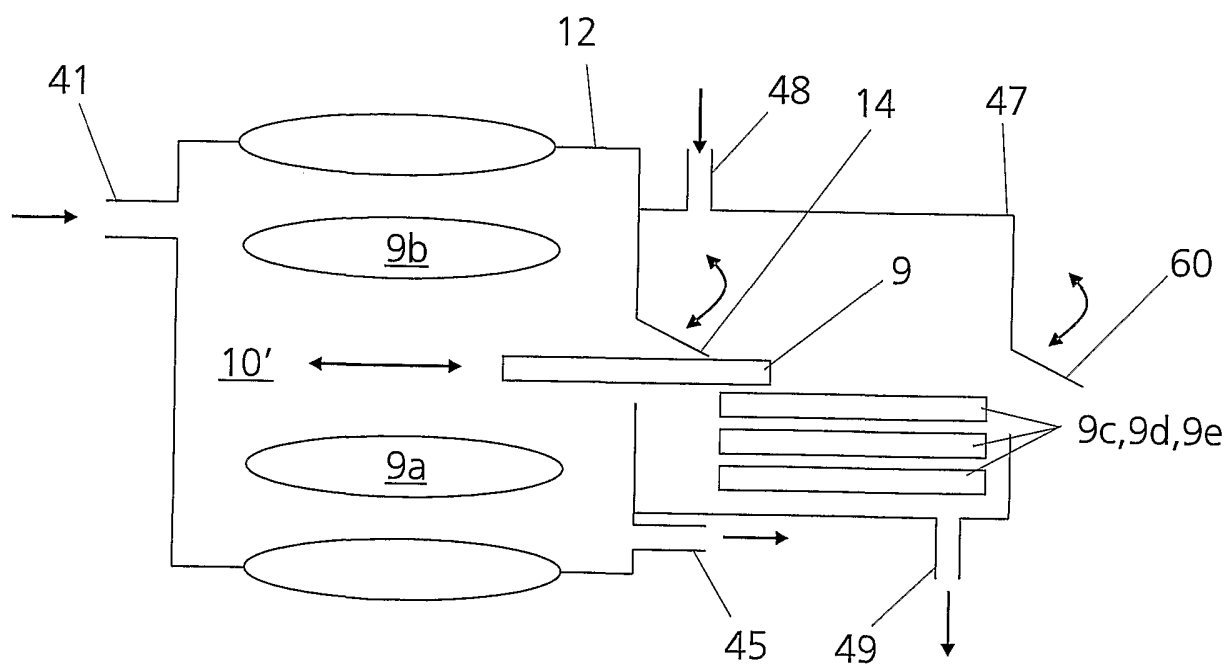


Fig. 9

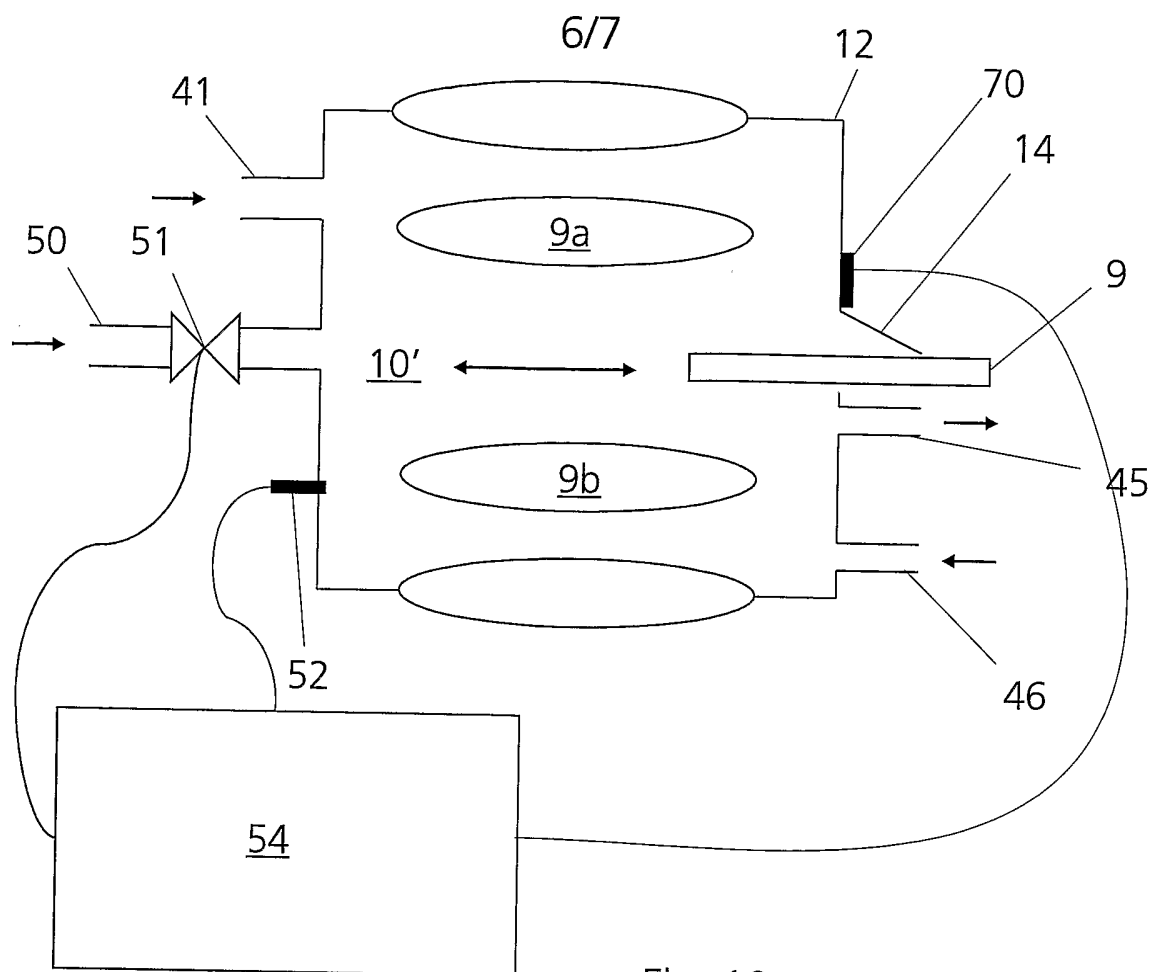


Fig. 10

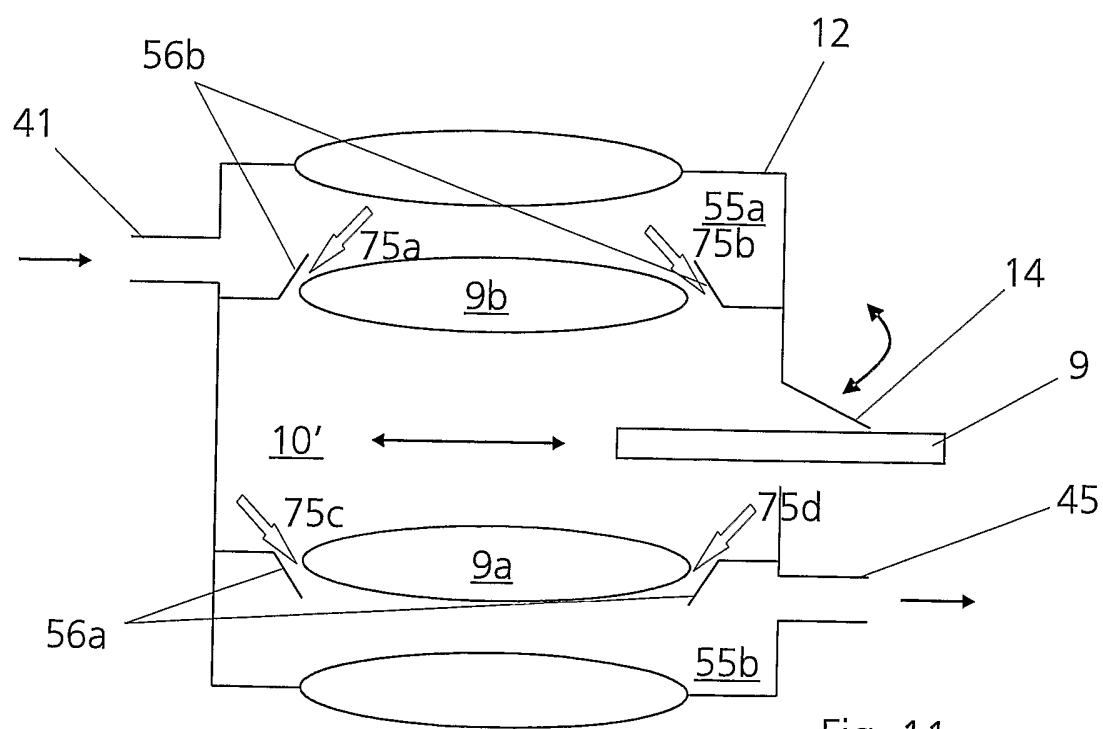


Fig. 11

7/7

