

(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
13. November 2003 (13.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/093902 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03F 7/20**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/03616
- (22) Internationales Anmeldedatum:
8. April 2003 (08.04.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 19 514.5 30. April 2002 (30.04.2002) DE
- (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): **MELZER, Frank**

[DE/DE]; Nördlinger Strasse 27, 73469 Uztmemmingen (DE). **SINGER, Wolfgang** [DE/DE]; Egerlandstrasse 45, 73431 Aalen (DE).

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

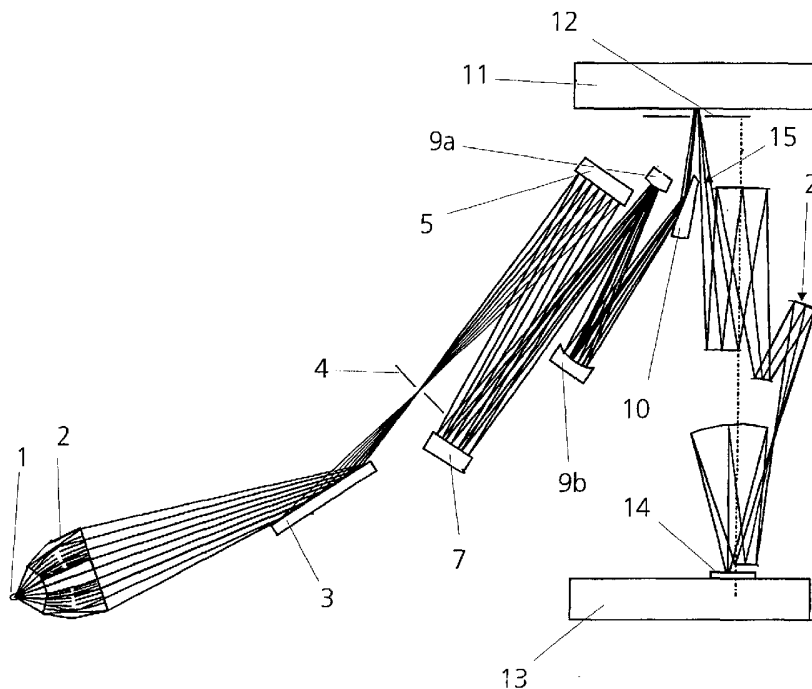
(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, CZ, DM, DZ, EC, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, RO, RU, SC, SD, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** LIGHTING SYSTEM, PARTICULARLY FOR USE IN EXTREME ULTRAVIOLET (EUV) LITHOGRAPHY

(54) **Bezeichnung:** BELEUCHTUNGSSYSTEM, INSBESONDERE FÜR DIE EUV-LITHOGRAPHIE



(57) **Abstract:** A lighting system, particularly for use in extreme ultraviolet (EUV) lithography, comprising a projection lens for producing semiconductor elements for wavelengths = 193 nm is provided with a light source (1), an object plane (2), an exit pupil (15), a first optical element (5) having first screen elements (6) for producing light channels, and with a second optical element (7) having second screen elements (8). A screen element (8) of the second optical element (7) is assigned to each light channel that is formed by one of the first screen elements (6) of the first optical element (5). The screen elements (6) of the first optical element (5) and of the second optical element (7) can be configured or arranged so that they produce, for each light channel, a continuous beam course from the light source (1) up to the object plane (12). The angles of the first

screen elements (6) of the first optical element (5) can be adjusted in order to modify a tilt. The location and/or angles of the second screen elements (8) of the second optical element (7) can be adjusted individually and independently of one another in order to realize another assignment of the first screen elements (6) of the first optical element (5) to the second screen elements (8) of the second optical element (7) by displacing and/or tilting the first and second screen elements (8).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/093902 A2



TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (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) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, CZ, DM, DZ, EC, EE, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, RO, RU, SC, SD, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

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

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

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: Ein Beleuchtungssystem, insbesondere für die EUV-Lithographie mit einem Projektionsobjektiv zu Herstellung von Halbleiter-elementen für Wellenlängen ≤ 193 nm ist mit einer Lichtquelle (1), mit einer Objektebene (12), mit einer Austrittspupille (15) und mit einem ersten optischen Element (5) mit ersten Rasterelementen (6) zur Erzeugung von Lichtkanälen und mit einem zweiten optischen Element (7) mit zweiten Rasterelementen (8) versehen. Jedem Lichtkanal, der von einem der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) ausgebildet wird, ist ein Rasterelement (8) des zweiten optischen Elementes (7) zugeordnet. Die Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) und des zweiten optischen Elementes (7) können derart ausgestaltet oder angeordnet werden, dass sie für jeden Lichtkanal einen durchgehenden Strahlverlauf von der Lichtquelle 1 bis zur Objektebene (12) ergibt. Die ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) sind zur Änderung eines Kippes winkelverstellbar. Die zweiten Rasterelemente (8) des zweiten optischen Elementes (7) können einzeln und unabhängig voneinander im Ort und/oder im Winkel verstellt werden, um durch Verschieben und/oder Kippen der ersten und zweiten Rasterelemente (8) eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Rasterelementen (8) des zweiten optischen Elementes (7) zu realisieren.

Beleuchtungssystem, insbesondere für die EUV-Lithographie

Die Erfindung betrifft ein Beleuchtungssystem, insbesondere
5 für die EUV-Lithographie mit einem Projektionsobjektiv zur
Herstellung von Halbleiterelementen für Wellenlängen ≤ 193
nm, mit einer Lichtquelle, mit einer Objektebene, mit einer
Austrittspupille, mit einem ersten optischen Element mit ers-
ten Rasterelementen zur Erzeugung von Lichtkanälen und mit
10 einem zweiten optischen Element mit zweiten Rasterelementen,
wobei jedem Lichtkanal der von einem der ersten Rasterelemen-
te des ersten optischen Elementes ausgebildet wird, ein Ras-
terelement des zweiten optischen Elementes zugeordnet ist,
wobei die Rasterelemente des ersten optischen Elementes und
15 des zweiten optischen Elementes derart ausgestaltet oder an-
geordnet werden können, daß sich für jeden Lichtkanal ein
durchgehender Strahlverlauf von der Lichtquelle bis zur Ob-
jektebene ergibt.

20 Die Erfindung betrifft auch eine Projektionsbelichtungsanlage
mit einem derartigen Beleuchtungssystem.

Zur Reduzierung der Strukturbreiten von elektronischen Bau-
teilen, insbesondere von Halbleiterelementen, soll die Wel-
25 lenlänge des für die Mikrolithographie eingesetzten Lichtes
immer weiter verringert werden. In der Lithographie werden
z.Zt. bereits Wellenlängen von ≤ 193 nm verwendet.

Ein für die EUV-Lithographie geeignetes Beleuchtungssystem
30 soll dabei mit möglichst wenigen Reflektionen das für die
EUV-Lithographie vorgegebene Feld, insbesondere das Ringfeld
eines Objektivs homogen, d.h. uniform ausleuchten. Außerdem
soll die Pupille des Objektivs feldunabhängig bis zu einem
bestimmten Füllgrad σ ausgeleuchtet werden und die Austritts-
35 pupille des Beleuchtungssystems in der Eintrittspupille des

Objektivs liegen.

Zum allgemeinen Stand der Technik wird auf die US 5,339,346,
die US 5,737,137, die US 5,361,292 und die US 5,581,605 ver-
5 wiesen.

Die EP 0 939 341 zeigt ein Beleuchtungssystem für den EUV-
Bereich mit einem ersten optischen Integrator, der eine Viel-
zahl von ersten Rasterelementen aufweist, und einem zweiten
10 optischen Integrator, der eine Vielzahl von zweiten Raster-
elementen aufweist. Die Steuerung der Beleuchtungsverteilung
in der Austrittspupille erfolgt dabei über ein Blendenrad.
Die Verwendung eines Blendenrades ist jedoch mit deutlichen
Lichtverlusten verbunden. Weitere vorgeschlagene Lösungen,
15 wie z.B. eine Quadrupol-Beleuchtungsverteilung und unter-
schiedlich anwendbare Ausleuchtungen über Wechseloptiken sind
jedoch zum einen sehr aufwendig und zum anderen auf bestimm-
ten Arten der Ausleuchtung beschränkt.

20 In der DE 199 03 807 A1 ist ein EUV-Beleuchtungssystem be-
schrieben, das unter anderem zwei Spiegel mit Rasterelementen
umfaßt. Derartige Systeme werden auch als doppelt facettierte
EUV-Beleuchtungssysteme bezeichnet. Die Ausleuchtung der Aus-
trittspupille wird dabei durch die Anordnung der Rasterele-
25 mente auf dem zweiten Spiegel bestimmt. Die Ausleuchtung in
der Austrittspupille bzw. eine Beleuchtungsverteilung ist da-
bei festgelegt.

In der älteren deutschen Patentanmeldung 100 53 587.9 ist ein
30 Beleuchtungssystem beschrieben, wobei durch entsprechende Zu-
ordnungen der Rasterelemente des ersten und des zweiten opti-
schen Elementes eine vorgegebene Ausleuchtung in der Aus-
trittspupille des Beleuchtungssystems eingestellt werden
kann. Mit einem derartigen Beleuchtungssystem kann das Feld
35 in der Retikelebene homogen und mit partiell gefüllter Aper-
tur sowie die Austrittspupille des Beleuchtungssystems varia-

bel ausgeleuchtet werden. Die variable Einstellung einer beliebigen Beleuchtungsverteilung in der Austrittspupille erfolgt dabei weitgehend ohne Lichtverluste.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Beleuchtungssystem zu schaffen, mit welchem die Grundidee der älteren Patentanmeldung durch konstruktive Lösungen in der Praxis realisierbar ist.

10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die ersten Rasterelemente des ersten optischen Elementes zur Änderung eines Kippes winkelverstellbar sind. Zusätzlich können auch die zweiten Rasterelemente des zweiten optischen Elementes einzeln und unabhängig voneinander im Ort und/oder im
15 Winkel verstellbar sein, um durch Verschieben und/oder Kippen der ersten und zweiten Rasterelemente eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente des ersten optischen Elementes zu den zweiten Rasterelementen des zweiten optischen Elementes zu realisieren.

20

Durch ein entsprechendes Verschieben und/oder Verkippen der Rasterelemente lassen sich nun Lichtkanäle in variablen Ausgestaltungen erreichen.

25 Damit sich die einzelnen Strahlenbündel von Feldwaben als Rasterelemente im Feld wieder überlappen, können Pupillenwaben als Rasterelemente in Bezug auf eine Pupillenwabenplatte bzw. deren Spiegelträger geneigt bzw. entsprechend verkippt werden. Als Feldwaben und als Pupillenwaben sind besonders
30 Spiegelfacetten geeignet.

Ist dabei das System als System mit reellen Zwischenbildern der Lichtquelle hinter der Feldwabenplatte bzw. dem Spiegelträger des ersten optischen Elementes aufgebaut, so können
35 die Pupillenwaben gleichzeitig als Feldlinsen für die gekoppelte Ausbildung der Lichtquelle in die Eintrittspupille des

Lithographieobjektives bzw. Projektionsobjektives dienen.

Wenn in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Anzahl M der zweiten Rasterelemente (Pupillenwaben) der Pupillenwabenplatte bzw. des Spiegelträgers stets größer als N ist, wobei N die Anzahl der Kanäle ist, die durch die Anzahl der ausgeleuchteten ersten Rasterelemente (Feldwaben) bestimmt wird, können variable Ausleuchtungen in der Austrittspupille vorgehalten werden. Mit anderen Worten: in diesem Falle wird man mehr Pupillenwaben bzw. Spiegelfacetten an dem zweiten optischen Element vorsehen, als es für die Anzahl der von den ersten Rasterelementen des ersten optischen Elementes erzeugten Lichtkanäle erforderlich wäre. Bei einem bestimmten Setting mit einer bestimmten Feldwabe mit N Kanälen ist somit jeweils nur ein Teil der Pupillenwaben ausgeleuchtet. Dies führt somit zu einer segmentierten oder parzellierten Ausleuchtung der Pupillenwaben.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

25

Figur 1 einen Aufbau eines EUV-Beleuchtungssystems mit einer Lichtquelle, einem Beleuchtungssystem und einem Projektionsobjektiv;

30 Figur 2 eine Prinzipskizze des Strahlenganges mit zwei Spiegeln mit Rasterelementen in Form von Spiegelfacetten und einer Kollektoreinheit;

35 Figur 3 eine Prinzipskizze eines anderen Strahlenganges mit zwei Spiegeln mit Rasterelementen in Form von Spiegelfacetten und einer Kollektoreinheit;

- Figur 4 eine Draufsicht auf das erste optische Element in Form einer Feldwabenplatte (Spiegelträger) mit einer Vielzahl von Spiegelfacetten;
- 5
- Figur 5 eine Draufsicht auf das zweite optische Element in Form einer Pupillenwabenplatte als Spiegelträger mit einer Vielzahl von Spiegelfacetten bei kreisförmiger Ausleuchtung;
- 10
- Figur 6 eine Draufsicht auf das zweite optische Element in Form einer Pupillenwabenplatte mit einer Vielzahl von Spiegelfacetten bei ringförmiger Ausleuchtung;
- 15
- Figur 7 eine Draufsicht auf eine Pupillenwabenplatte;
- Figur 8 einen Schnitt nach der Linie VIII-VIII der Figur 7;
- Figur 9 eine Draufsicht auf eine Pupillenwabenplatte, die als Steuerscheibe ausgebildet ist;
- 20
- Figur 10 einen Schnitt nach der Linie X-X der Figur 9;
- Figur 11 eine vergrößerte Darstellung einer Spiegelfacette mit einem Festkörpergelenk im Schnitt;
- 25
- Figur 12 eine Draufsicht auf die Spiegelfacette nach der Figur 11;
- 30
- Figur 13 eine vergrößerte Darstellung einer Spiegelfacette mit einer anderen Lagerungsart im Schnitt; und
- Figur 14 eine Draufsicht auf die Spiegelfacette nach Figur 13.

Die Figur 1 zeigt in einer Übersichtsdarstellung eine EUV-Projektionsbelichtungsanlage mit einem kompletten EUV-Beleuchtungssystem mit einer Lichtquelle 1, z.B. Laser-Plasma, Plasma oder Pinch-Plasma-Quelle oder auch einer anderen EUV-Lichtquelle, und einem nur prinzipmäßig dargestellten Projektionsobjektiv 2. Außer der Lichtquelle 1 ist in dem Beleuchtungssystem ein Kollektorspiegel 2, der z.B. aus mehreren ineinander angeordneten Schalen bestehen kann, ein Planspiegel 3 oder reflektiver Spektralfilter, eine Blende 4 mit einem Bild der Lichtquelle (nicht bezeichnet), ein erstes optisches Element 5 mit einer Vielzahl von Facettenspiegeln 6 (siehe Figuren 2 und 3), ein nachfolgend angeordnetes zweites optisches Element 7 mit einer Vielzahl von Rasterelementen 8 in Form von Facettenspiegeln und zwei Abbildungsspiegel 9a und 9b angeordnet. Die Abbildungsspiegel 9a und 9b dienen dazu, die Facettenspiegel 8 des zweiten optischen Elementes 7 in eine Eintrittspupille des Projektionsobjektives 2 abzubilden. Das Retikel 12 kann als Scanning-System in y-Richtung verfahrbar sein. Die Retikelebene 11 stellt auch gleichzeitig die Objektebene dar.

Um unterschiedliche Lichtkanäle zur Setting-Einstellung in den Strahlengang des Beleuchtungssystems zu verbringen, ist beispielsweise eine größere Anzahl M an Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 vorhanden als es der Anzahl N der Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes 5 entspricht. In der Figur 1 sind die Spiegelfacetten aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Die Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes 5 sind jeweils einzeln im Winkel verstellbar, während die Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 sowohl im Winkel als auch im Ort verstellbar sind. In den nachfolgend erläuterten Figuren 7 bis 14 sind Einzelheiten hierzu beschrieben und dargestellt. Durch die kippbare Anordnung und die Verschiebbarkeit der Spiegelfacetten 6 und 8 können unterschiedliche Strahlengänge

und somit unterschiedliche Lichtkanäle zwischen dem ersten optischen Element 5 und dem zweiten optischen Element 7 geschaffen werden.

- 5 Das nachfolgende Projektionsobjektiv 2 kann als ein Sechspiegel-Projektionsobjektiv ausgebildet sein. Als zu belichtendes Objekt befindet sich auf einer Trägereinheit 13 ein Wafer 14.
- 10 Durch die Einstellbarkeit der Spiegelfacetten 6 und 8 lassen sich unterschiedliche Settings in einer Austrittspupille 15 des Beleuchtungssystems, die gleichzeitig eine Eintrittspupille des Projektionsobjektives 2 bildet, realisieren.
- 15 In den Figuren 2 und 3 sind prinzipmäßig unterschiedliche Lichtkanäle durch unterschiedliche Lagen und Winkel der Spiegelfacetten 6 und 8 der beiden optischen Elemente 5 und 7 dargestellt. Das Beleuchtungssystem ist dabei gegenüber der Darstellung in Fig. 1 vereinfacht angegeben (z.B. bezüglich
- 20 der Lage der optischen Elemente 5 und 7 und mit nur einem Abbildungsspiegel 9).

Dabei zeigt die Darstellung in der Figur 2 einen größeren Füllfaktor σ .

25

Für $\sigma = 1,0$ ist die Objektivpupille vollständig gefüllt; $\sigma = 0,6$ bedeutet entsprechend eine Unterfüllung.

Dargestellt ist bei den Figuren 2 und 3 der Strahlengang von

30 der Lichtquelle 1 über das Retikel 12 bis zur Eintrittspupille 15.

Die Figur 4 zeigt eine Draufsicht auf einen Spiegelträger 16 des ersten optischen Elementes 5 mit einer Vielzahl von Rasterelementen in Form von Spiegelfacetten 6. Dargestellt sind

35 142 einzeln verstellbare Spiegelfacetten 6 als Feldwaben in

Rechteckform, die in Blöcken in einem von dem genesteten Kollektorspiegel 2 ausgeleuchteten Bereich angeordnet sind. Die Spiegelfacetten 6 können jeweils einzeln bezüglich ihres Winkels verstellt werden. Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 können zusätzlich noch untereinander und im Bedarfsfalle auch unabhängig voneinander verschoben werden.

Die Figur 5 zeigt eine Draufsicht auf einen Spiegelträger 16 bzw. eine Pupillenwabenplatte des zweiten optischen Elementes 7, wobei die Lichtkanäle ein kreisförmiges Setting ergeben.

Figur 6 zeigt eine Draufsicht auf einen Spiegelträger 16 des zweiten optischen Elementes 7 mit Spiegelfacetten in einem ringförmigen bzw. annularen Setting. Eine weitere Möglichkeit besteht in einem bekannten Quadrupol-Setting (nicht dargestellt). In den Figuren 5 und 6 sind die ausgeleuchteten Spiegelfacetten jeweils dunkel dargestellt.

Die Figur 7 zeigt eine Draufsicht auf den Spiegelträger 16 des zweiten optischen Elementes 7, wobei der Spiegelträger 16 als Führungsscheibe ausgebildet ist. Der Spiegelträger 16 bzw. die Führungsscheibe ist mit einer Vielzahl von Führungsnuten 17 (aus Übersichtlichkeitsgründen ist in der Figur 7 nur eine Führungsnut 17 dargestellt) versehen, in welchen jeweils eine kreisförmige Spiegelfacetten 8 geführt ist. Die Führungsnuten 17 verlaufen im wesentlichen radial bzw. leicht gebogen dazu. Der Verlauf der Führungsnuten 17 richtet sich nach dem jeweiligen Anwendungsfall und nach der gewünschten Verschieberichtung der Spiegelfacetten 8.

Unter dem Spiegelträger 16 bzw. der Führungsscheibe ist parallel und anliegend dazu eine Steuerscheibe 18 angeordnet, die ebenfalls mit einer den Führungsnuten 17 und damit den Spiegelfacetten 8 entsprechenden Anzahl von Steuernuten 19 versehen ist. Jede Spiegelfacetten 8 ist somit in einer Führungsnut 17 und in einer Steuernut 19 geführt. Wird die Steu-

erscheibe 18 durch eine nicht dargestellte Antriebseinrichtung in Pfeilrichtung 20 der Figur 7 bewegt, so bewegen sich die Spiegelfacetten 8 entlang der Führungsnut 17 radial nach innen oder außen. Durch diese Verschiebung ändern sich die Zuordnungen der Lichtkanäle und damit die Ausleuchtung. Dies
5 bedeutet, durch Verdrehen der Steuerscheibe 18 relativ zur Führungsscheibe 16 wird im Kreuzungspunkt der beiden Nuten 17 und 19 die dazugehörige Spiegelfacetten 8 entlang der dazugehörigen Führungsnut 17 verschoben.

10

Die Figuren 9 und 10 zeigen eine Ausgestaltung zur Verschiebung der Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 jeweils in einer Führungsnut 17 des Spiegelträgers 16, wobei jeweils eine Antriebseinrichtung 21 (in der Figur 9 und 10
15 nur im Prinzip und gestrichelt dargestellt) vorgesehen ist. In diesem Falle besitzt jede Spiegelfacetten 8 ihren eigenen Antrieb in der dazugehörigen Führungsnut 17, wobei der Antrieb z.B. nach dem bekannten Piezo-Inch-Worm-Prinzip erfolgen kann.

20

Selbstverständlich sind für diesen Zweck auch noch andere Antriebseinrichtungen möglich, durch die die Spiegelfacetten 8 jeweils einzeln verstellt werden können. Anstelle einer Anordnung der Antriebseinrichtung jeweils direkt in einer Führungsnut 17 kann diese selbstverständlich im Bedarfsfalle
25 auch unabhängig davon unter bzw. hinter dem Spiegelträger 16 angeordnet sein.

In den Figuren 11 und 12 ist im Schnitt und in der Draufsicht
30 eine vergrößerte Darstellung einer Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes 5 dargestellt, welche durch ein Gelenk 22, das als Festkörpergelenk ausgebildet ist, mit dem Spiegelträger 16 des ersten optischen Elementes 5 verbunden ist. Dabei können alle Teile einstückig sein oder jede Spiegelfacetten 6 weist einen zentralen Steg als Gelenk 22 auf,
35 über welchem die Verbindung mit dem darunterliegenden Spie-

gelträger 16 erfolgt.

Durch nicht näher dargestellte Aktuatoren 23, die sich zwischen dem Spiegelträger 16 und der Unterseite jeder Spiegel-
5 facette 6 befinden, kann jede Spiegelfacette 6 gegenüber dem Spiegelträger 16 gekippt werden. Aus der Draufsicht gemäß Figur 12 ist ersichtlich, daß durch einen Aktuator 23, der sich auf der y-Achse befindet, und einen weiteren Aktuator 23, der sich auf der x-Achse befindet, Kippmöglichkeiten in beide
10 Richtungen gegeben sind. Dabei befinden sich die beiden Aktuatoren 23 jeweils auf der ihr zugehörigen Achse außerhalb des Achsenschnittpunktes.

Da die Verstellung bzw. Kippung jeder Spiegelfacette 6 nur in
15 einem sehr geringen Maße stattfindet, können als Aktuatoren 23 z.B. piezokeramische Elemente verwendet werden.

In den Figuren 13 und 14 ist eine Ausgestaltung dargestellt, durch die größere Kippungen für die Spiegelfacetten 6 ermöglicht werden. Wie aus Figur 13 ersichtlich ist, befindet sich
20 in diesem Falle zwischen der Spiegelfacette 6 und dem Spiegelträger 16 ein zentrales Kippgelenk bzw. Kipplager 24. Auch hier sorgen Aktuatoren 23 für Verkippungen der Spiegelfacette 6 sowohl in x- als auch in y-Richtung. Hierzu befinden sich
25 in diesem Falle zwei auf Abstand voneinander angeordnete Aktuatoren 23 auf der y-Achse außerhalb des Schnittpunktes der beiden Achsen und zwei weitere Aktuatoren 23 außerhalb der y-Achse beidseitig in gleichem Abstand von der x-Achse (siehe Figur 14).

30

Durch die in den Figuren 11 bis 14 dargestellten Kippeinrichtungen lassen sich nicht nur die Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes 5 sondern auch die Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 beliebig und unabhängig voneinander
35 verstellen.

Im Unterschied zu den Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes 5, die eine langgezogene bzw. schmale Rechteckform aufweisen, besitzen die Spiegelfacetten 8 des zweiten optischen Elementes 7 eine Kreisform. Dieser Unterschied hat jedoch keinen Einfluß auf die Art bzw. Wirkungsweise der in den Figuren 11 bis 14 dargestellten Kippeinrichtungen.

Grundsätzlich lassen sich die Spiegelfacetten 6 des ersten optischen Elementes ebenfalls in gleicher Weise verschieben, wie in den Figuren 7 bis 10 dargestellt, aber in der Praxis wird dies im allgemeinen nicht erforderlich sein; vielmehr werden reine Kippeinstellungen in der Regel ausreichend sein.

Als Aktuatoren 23 sind auch magnetisch oder elektrisch aktivierbare Betätigungsglieder möglich. Die Aktuatoren 23 können dabei über einen Regelkreis (nicht dargestellt) stufenlos die Spiegelfacetten 6 bzw. 8 verstellen. Ebenso ist es auch möglich für die Aktuatoren Endpositionen festzulegen, womit für die Spiegelfacetten 6 bzw. 8 jeweils zwei exakte Kippstellungen vorgegeben sind.

Patentansprüche:

1. Beleuchtungssystem, insbesondere für die EUV-Lithographie, zur Herstellung von Halbleiterelementen für Wellenlängen ≤ 193 nm, mit einer Lichtquelle, mit einer Objekzebene, mit einem ersten optischen Element mit ersten Rasterelementen zur Erzeugung von Lichtkanälen und mit einem zweiten optischen Element mit zweiten Rasterelementen, wobei jedem Lichtkanal der von einem der ersten Rasterelemente des ersten optischen Elementes ausgebildet wird, ein Rasterelement des zweiten optischen Elementes zugeordnet ist, und wobei die Rasterelemente des ersten optischen Elementes und des zweiten optischen Elementes derart ausgestaltet oder angeordnet werden können, daß sich für jeden Lichtkanal ein durchgehender Strahlverlauf von der Lichtquelle bis zur Objekzebene ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zur Änderung eines Kippes winkelverstellbar sind, um durch Kippen der ersten Rasterelemente (8) eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Rasterelementen (8) des zweiten optischen Elementes (7) zu realisieren.
2. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl M der zweiten Rasterelemente (8) des zweiten optischen Elementes (7) größer ist als die Anzahl N der Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5).
3. Beleuchtungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Rasterelemente (8) des zweiten optischen Elementes (7) einzeln und unabhängig voneinander im Ort und/oder im Winkel verstellbar sind, um durch Verschieben und/oder Kippen der ersten und zwei-

ten Rasterelemente (8) eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Rasterelementen (8) des zweiten optischen Elementes (7) zu realisieren.

5

4. Beleuchtungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Rasterelemente als Feldwaben in Form von ersten Spiegelfacetten (6) ausgebildet sind und daß die zweiten Rasterelemente als Pupillenwaben in Form von zweiten Spiegelfacetten (8) ausgebildet sind, wobei die ersten Spiegelfacetten (6) und die zweiten Spiegelfacetten (8) jeweils auf einem Spiegelträger (16) angeordnet sind.

15 5. Beleuchtungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtkanäle zwischen den Spiegelfacetten (6,8) des ersten und des zweiten optischen Elementes (5,7) durch Verkippen der Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) in Bezug auf den Spiegelträger (16) einstellbar sind, um so unterschiedliche Zuordnungen der ersten Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) und damit unterschiedliche Ausleuchtungen einer Austrittspupille (15) zu realisieren.

25

6. Beleuchtungssystem nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtkanäle zwischen den ersten Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) und den zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) durch Verkippen und Verschieben der zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) in Bezug auf den Spiegelträger (16) einstellbar sind.

30 7. Beleuchtungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfacetten (6,8) des ersten optischen

35

Elementes (5) und/oder des zweiten optischen Elementes (7) jeweils über ein Gelenk (22) mit dem dazugehörigen Spiegelträger (16) verbunden sind.

- 5 8. Beleuchtungssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke (22) als Festkörpergelenke ausgebildet sind.
9. Beleuchtungssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfacetten (6,8) in x-Richtung
10 und/oder in y-Richtung kippbar sind.
10. Beleuchtungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Gelenke (22) jeweils auf der x-Achse
15 und/oder der y-Achse der Spiegelfacetten (6,8) befinden.
11. Beleuchtungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zum Verschieben und/oder Kippen der Spiegelfacetten (6, 8) Aktuatoren (23) zwischen den Rasterelementen (6,8) und dem Spiegelträger (16) angeordnet sind.
20
12. Beleuchtungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (23) piezokeramische Verstelliglieder aufweisen.
25
13. Beleuchtungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (23) mit magnetisch oder elektrisch aktivierbaren Betätigungsgliedern versehen sind.
- 30 14. Beleuchtungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (23) über einen Regelkreis stufenlos die Rasterelemente (6,8) verstellen.
15. Beleuchtungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß für die Aktuatoren (23) Endpositionen festgelegt
35

sind.

16. Beleuchtungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelfacetten (6,8) auf vorgegebenen Bahnen verschiebbar sind.
5
17. Beleuchtungssystem nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Spiegelträger (16) Kurvenbahnen eingebracht sind, in denen die Spiegelfacetten (6,8) jeweils einzeln geführt sind.
10
18. Beleuchtungssystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Spiegelträger (16) als Führungsscheibe ausgebildet ist, die mit einer Steuerscheibe (18) zusammenwirkt, in welcher Führungsbahnen (19) zur Verschiebung der Spiegelfacetten (6,8) angeordnet sind.
15
19. Beleuchtungssystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerscheibe (18) angetrieben ist.
20
20. Beleuchtungssystem nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spiegelfacetten (6,8) in einer Kurvenbahn des Spiegelträgers (16) geführt und daß jede Spiegelfacetten (6,8) einzeln durch ein Antriebsglied antreibbar ist.
25
21. Beleuchtungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung (21) jeweils in einer Kurvenbahn angeordnet ist und jede Spiegelfacetten (6,8) einzeln nach dem Inch-Worm-Prinzip bewegt wird.
30
22. Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen mit einem Beleuchtungssystem und mit einem Projektionsobjektiv, insbesondere für Wellenlängen ≤ 193 nm, mit einer Lichtquelle,
35

mit einer Objektebene, mit einer Austrittspupille, mit einem ersten optischen Element mit ersten Rasterelementen zur Erzeugung von Lichtkanälen und mit einem zweiten optischen Element mit zweiten Rasterelementen, wobei jedem Lichtkanal der von einem der ersten Rasterelemente des ersten optischen Elementes ausgebildet wird, ein Rasterelement des zweiten optischen Elementes zugeordnet ist, und wobei die Rasterelemente des ersten optischen Elementes und des zweiten optischen Elementes derart ausgestaltet oder angeordnet werden können, daß sich für jeden Lichtkanal ein durchgehender Strahlverlauf von der Lichtquelle bis zur Objektebene ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zur Änderung eines Kippes winkelverstellbar sind, um durch Kippen der ersten Rasterelemente (8) eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Rasterelementen (8) des zweiten optischen Elementes (7) zu realisieren.

20

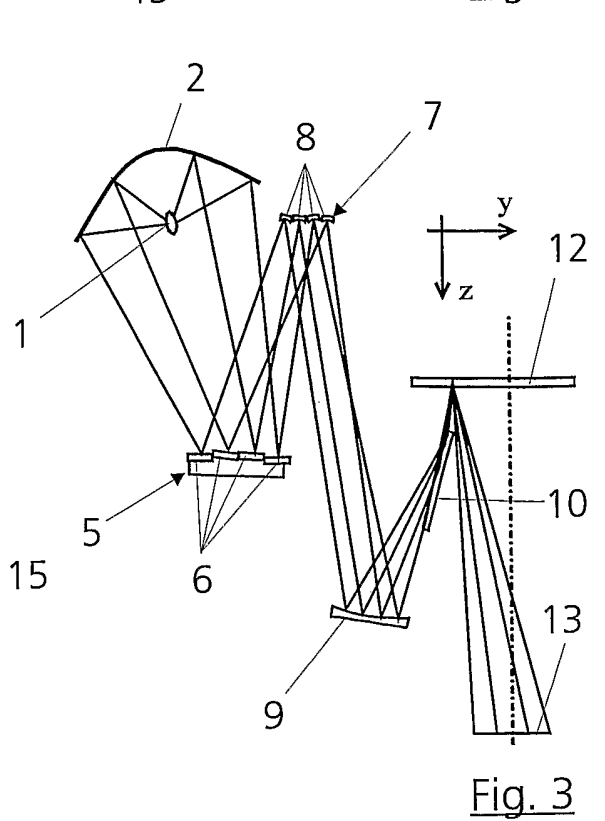
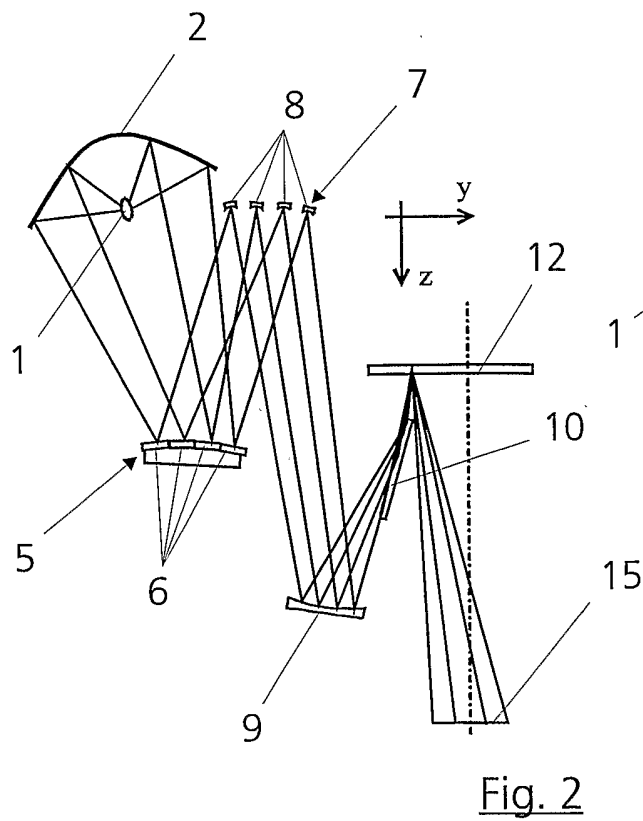
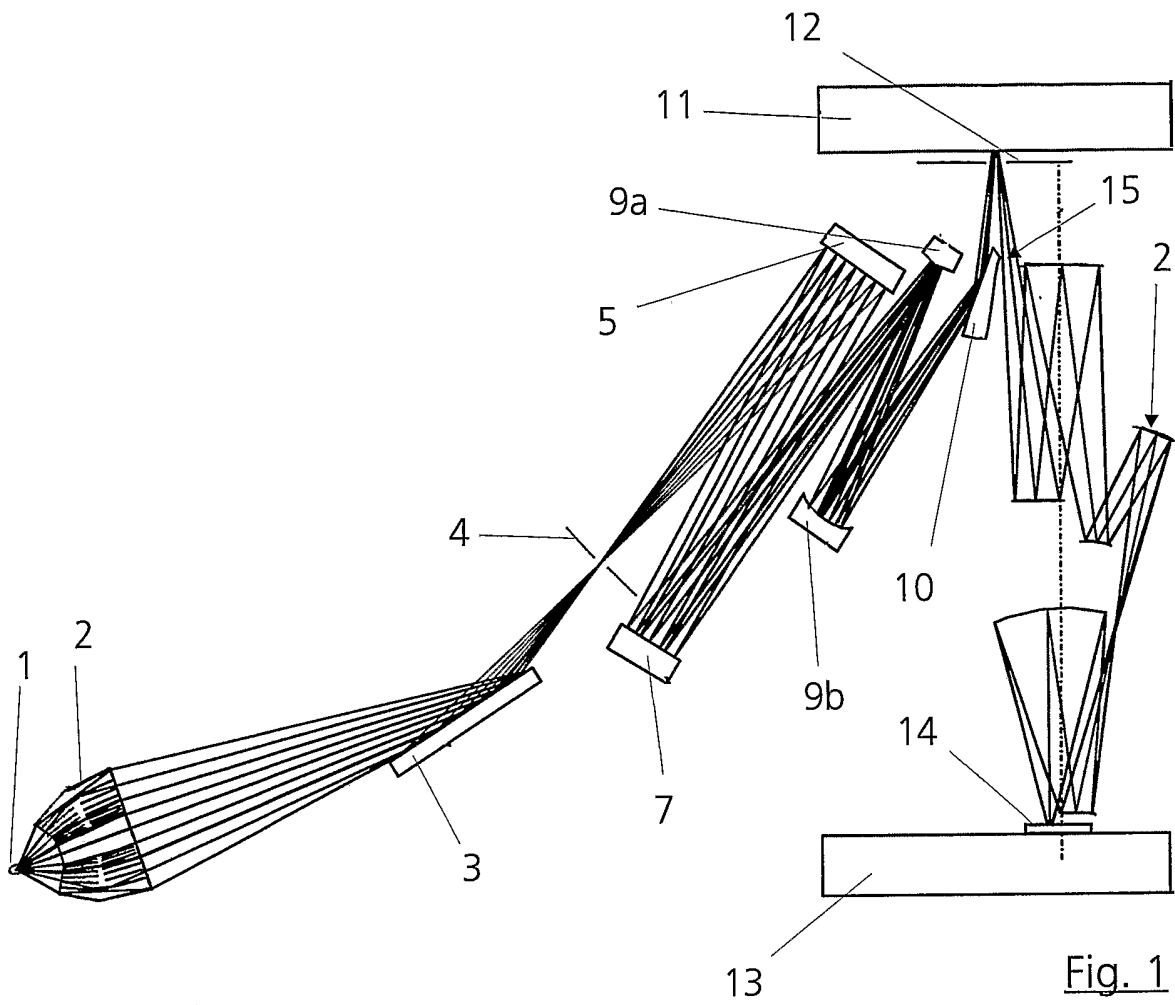
23. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl M der zweiten Rasterelemente (8) des zweiten optischen Elementes (7) größer ist als die Anzahl N der Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5).

25

24. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Rasterelemente (8) des zweiten optischen Elementes (7) einzeln und unabhängig voneinander im Ort und/oder im Winkel verstellbar sind, um durch Verschieben und/oder Kippen der ersten und zweiten Rasterelemente (8) eine andere Zuordnung der ersten Rasterelemente (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Rasterelementen (8) des zweiten optischen Elementes (7) zu realisieren.

35

25. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Rasterelemente als Feldwaben in Form von ersten Spiegelfacetten (6) ausgebildet sind und daß die zweiten Rasterelemente als Pupillenwaben in Form von zweiten Spiegelfacetten (8) ausgebildet sind, wobei die ersten Spiegelfacetten (6) und die zweiten Spiegelfacetten (8) jeweils auf einem Spiegelträger (16) angeordnet sind.
26. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtkanäle zwischen den Spiegelfacetten (6,8) des ersten und des zweiten optischen Elementes (5,7) durch Verkippen der Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) in Bezug auf den Spiegelträger (16) einstellbar sind, um so unterschiedliche Zuordnungen der ersten Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) zu den zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) und damit unterschiedliche Ausleuchtungen der Austrittspupille (15) zu realisieren.
27. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtkanäle zwischen den ersten Spiegelfacetten (6) des ersten optischen Elementes (5) und den zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) durch Verkippen und Verschieben der zweiten Spiegelfacetten (8) des zweiten optischen Elementes (7) in Bezug auf den Spiegelträger (16) einstellbar sind.



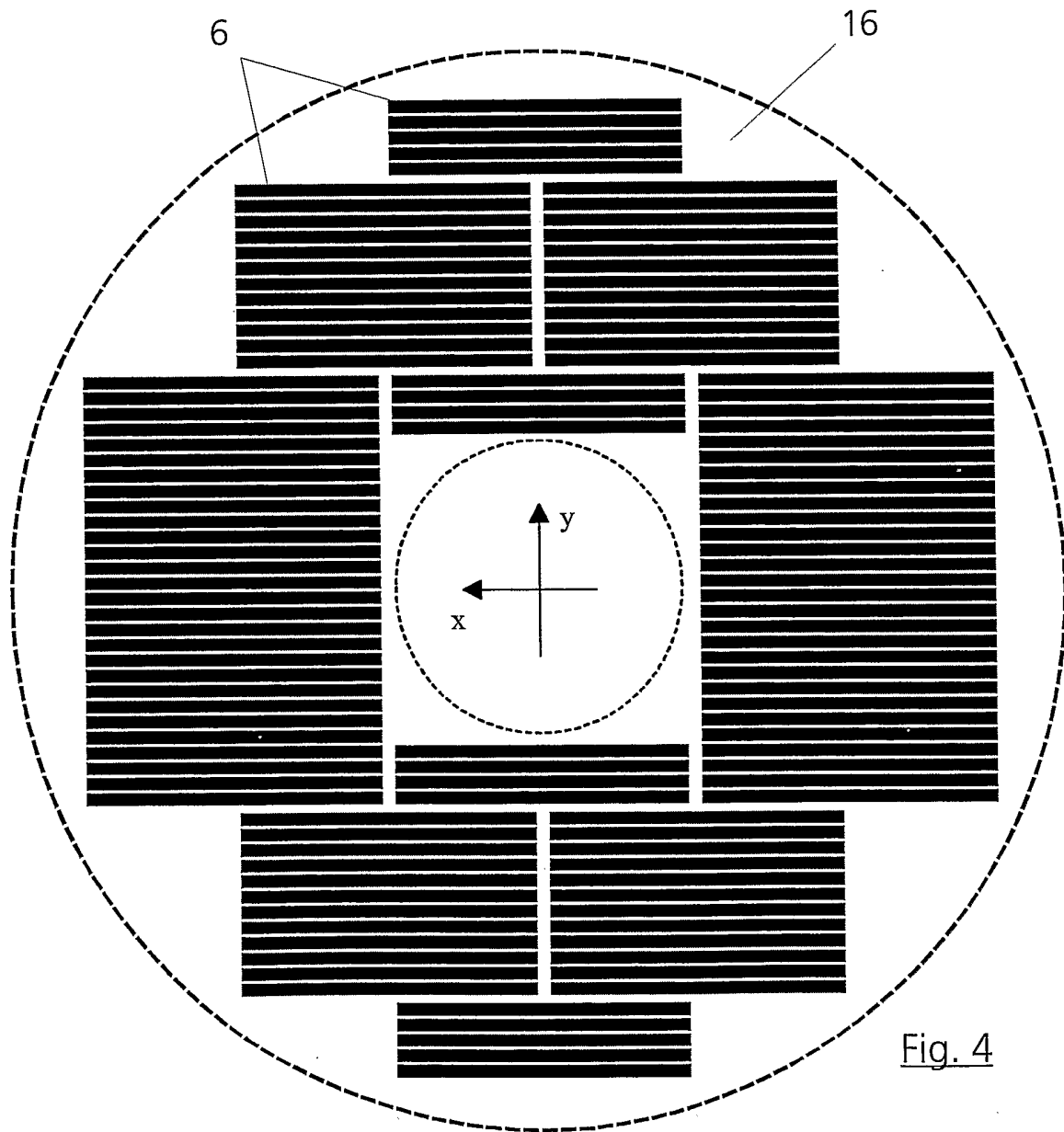


Fig. 4

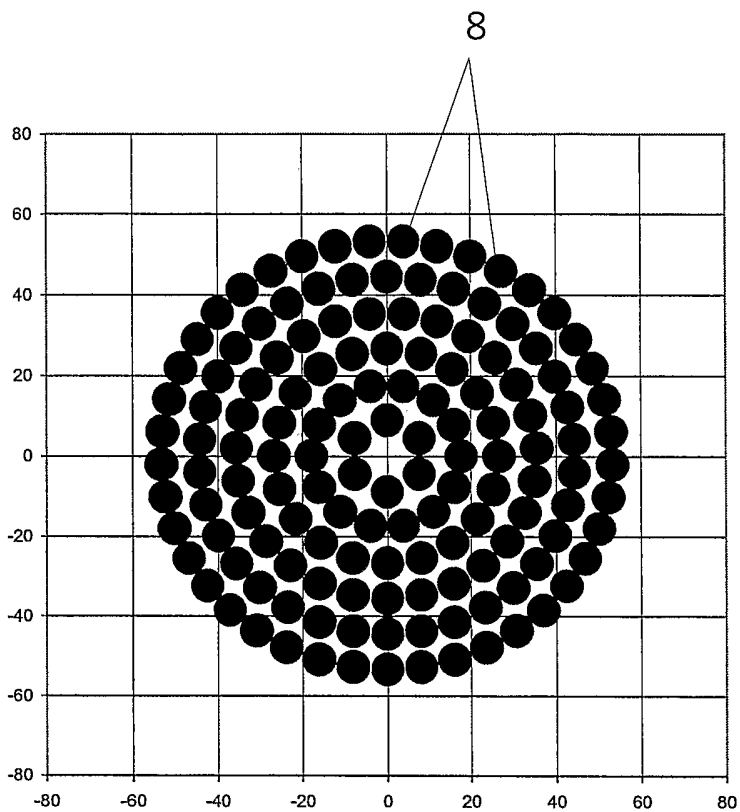


Fig. 5

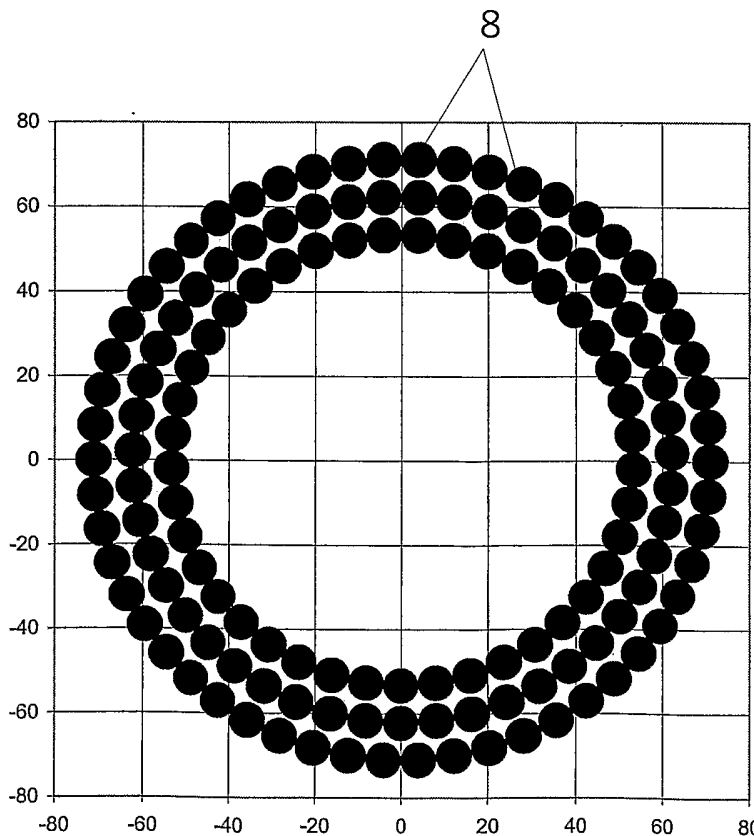


Fig. 6

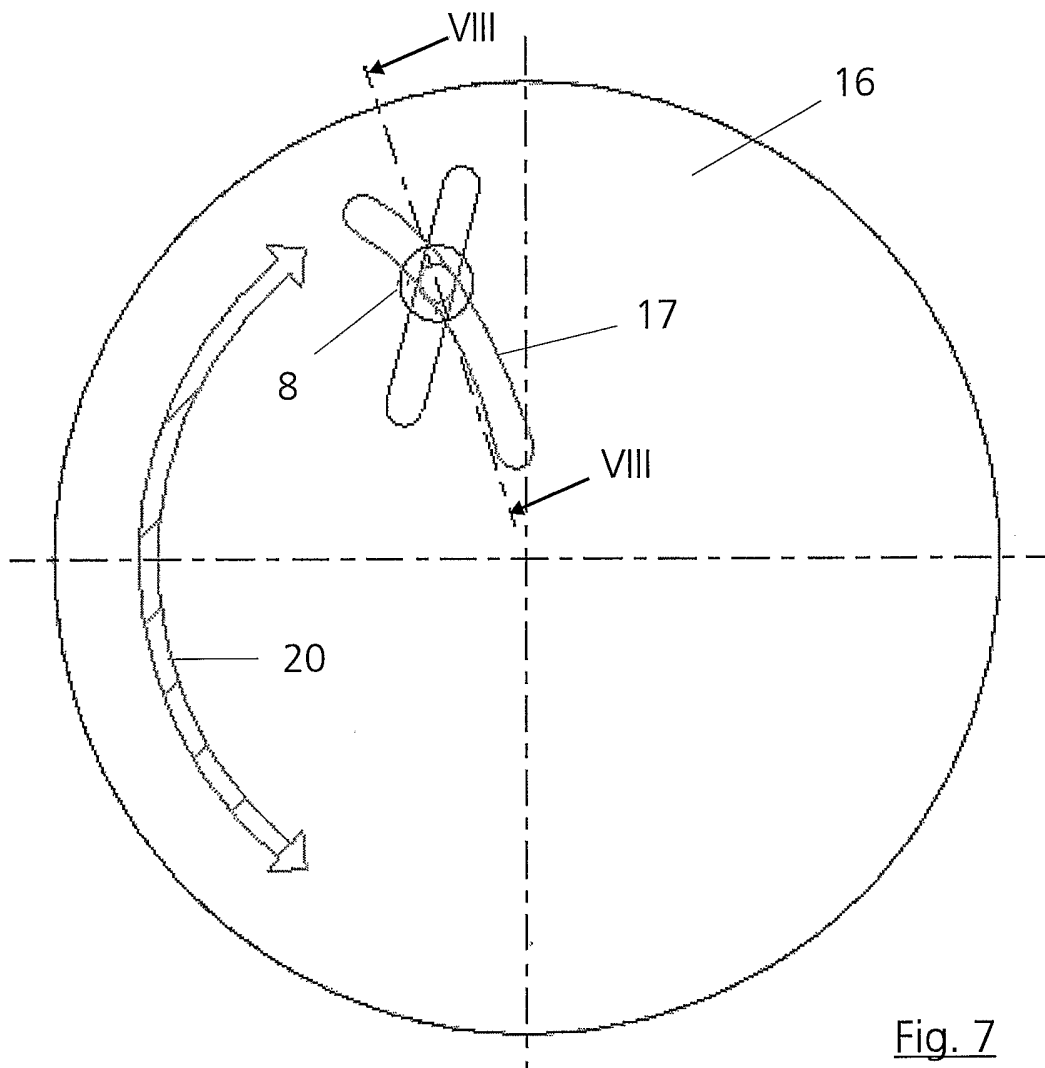


Fig. 7

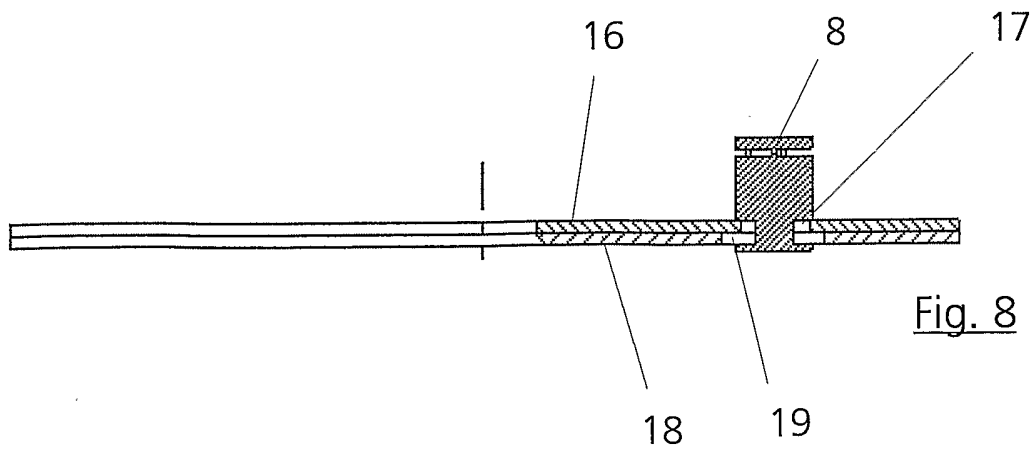
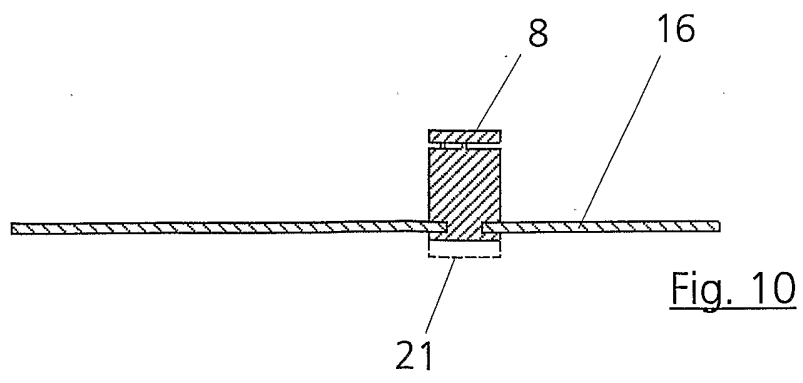
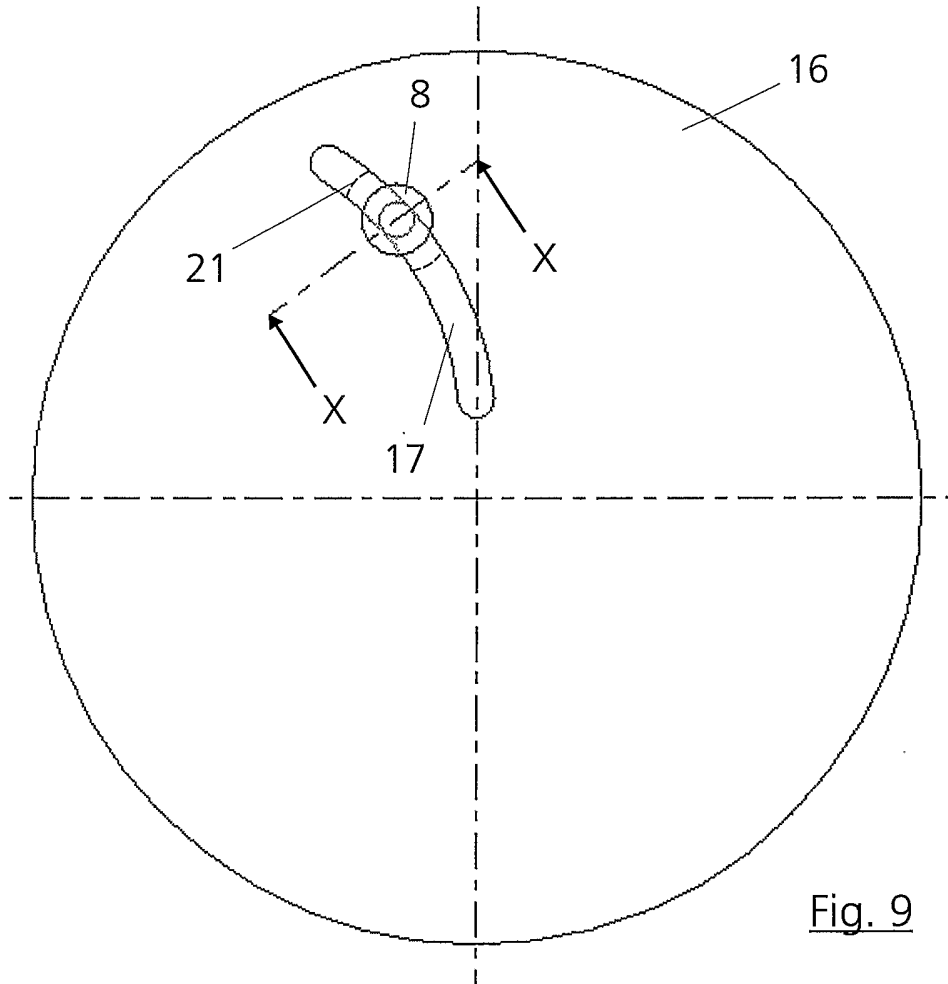


Fig. 8



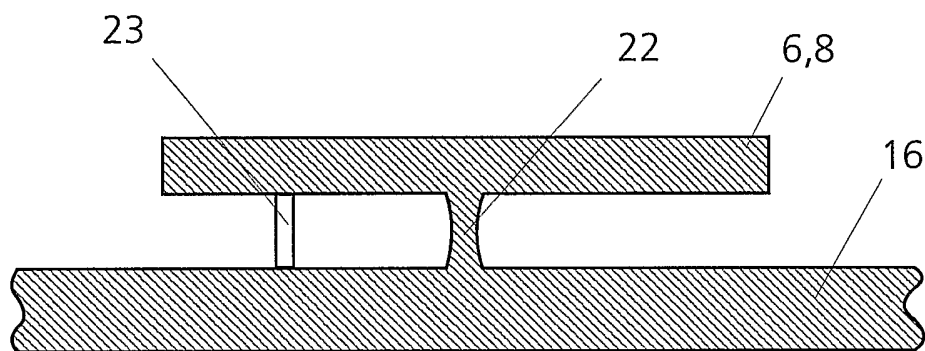


Fig. 11

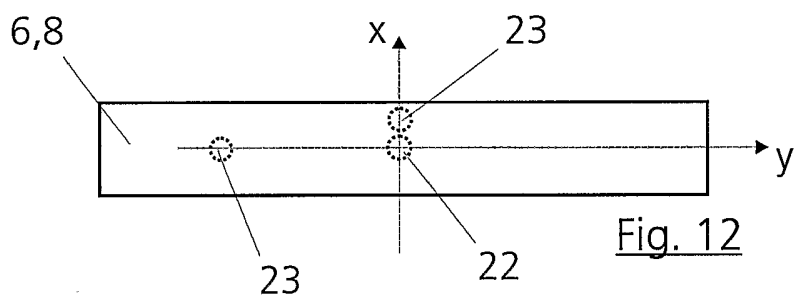


Fig. 12

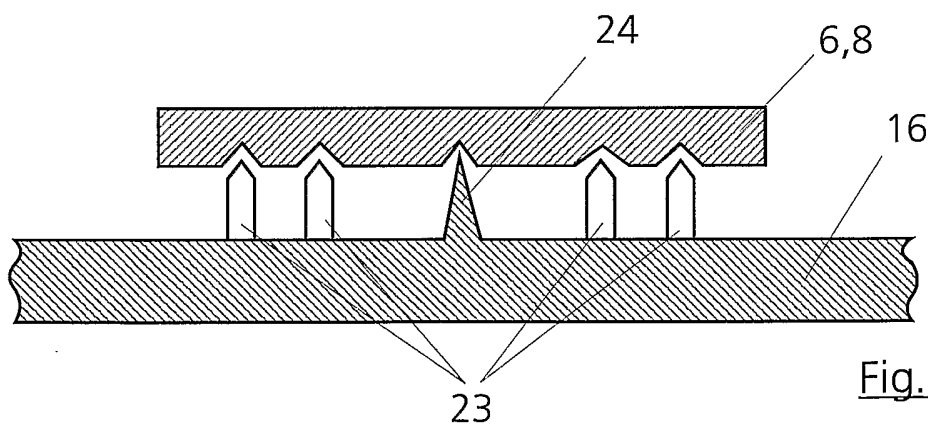


Fig. 13

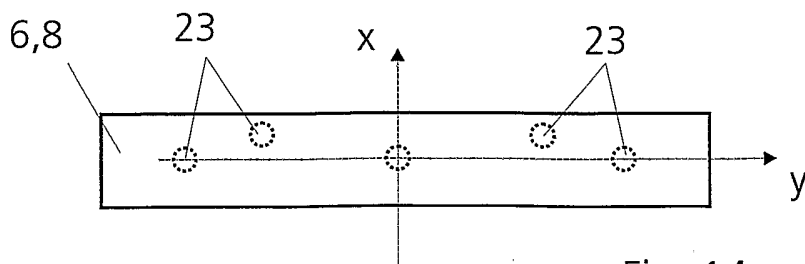


Fig. 14