



(10) **DE 10 2012 208 064 A1** 2013.11.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 208 064.3**
(22) Anmeldetag: **15.05.2012**
(43) Offenlegungstag: **21.11.2013**

(51) Int Cl.: **G03F 7/20 (2012.01)**
G02B 26/08 (2012.01)
G02B 5/09 (2012.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss SMT GmbH, 73447, Oberkochen, DE

(72) Erfinder:
Patra, Michael, 73447, Oberkochen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

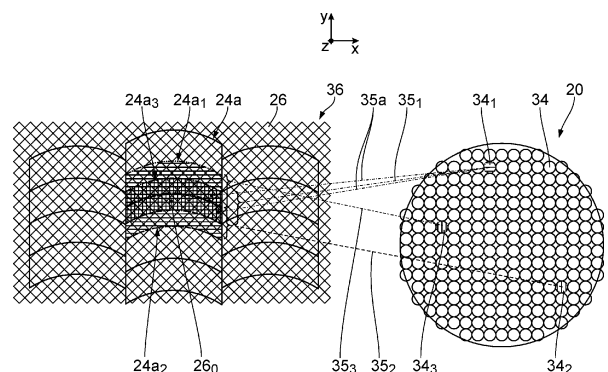
DE 10 2008 009 600 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithographie**

(57) Zusammenfassung: Eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithographie dient zur Führung von Beleuchtungslicht hin zu einem Objektfeld, in dem eine Lithographiemaske anordenbar ist. Die Beleuchtungsoptik hat einen ersten Facettenspiegel (36), der eine Vielzahl von zwischen mindestens zwei Kippstellungen schaltbaren Einzelspiegeln (26) aufweist. Letztere stellen Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle (35a) zur Führung von Beleuchtungslicht-Teilbündeln hin zum Objektfeld (5) bereit. Ein zweiter Facettenspiegel (20) der Beleuchtungsoptik ist dem ersten Facettenspiegel (36) im Strahlengang des Beleuchtungslichts (16) nachgeordnet. Der zweite Facettenspiegel (20) weist eine Mehrzahl von Facetten (34) auf, die jeweils zur Abbildung einer Gruppe (24a) der Einzelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (36) in das Objektfeld (5) über einen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35) beitragen. Die Bilder der Gruppen (24a) überlagern einander im Objektfeld (5). Zumindest einige der Einzelspiegel (26₀) gehören mindestens zwei Verschiedenen der Einzelspiegel-Gruppen (24a₂, 24a₃), die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₂, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₂, 34₃) zugeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Projektionslithographie zur Führung von Beleuchtungslicht hin zu einem Objektfeld, in dem eine Lithographiemaske anordenbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Beleuchtungssystem mit einer derartigen Beleuchtungsoptik und einer Projektionsoptik zur Abbildung des Objektfeldes in ein Bildfeld. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen Beleuchtungssystem, ein Verfahren zur Herstellung eines mikro-beziehungsweise nanostrukturierten Bauteils, insbesondere eines Halbleiterchips, mit Hilfe einer derartigen Projektionsbelichtungsanlage und ein derart hergestelltes mikro- beziehungsweise nanostrukturiertes Bauteil.

[0002] Eine Beleuchtungsoptik der eingangs genannten Art ist bekannt aus der US 2011/0001947 A1.

[0003] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beleuchtungsoptik der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine Flexibilität bei der Einstellung verschiedener Beleuchtungsgeometrien beziehungsweise Beleuchtungssettings erhöht ist.

[0004] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

[0005] Die Erfindung löst sich von der Vorgabe einer festen Zuordnung aller Einzelspiegel des ersten Facettenspiegels zu bestimmten Einzelspiegel-Gruppen, wobei jeder Einzelspiegel nur genau einer Einzelspiegel-Gruppe zugeordnet ist. Bei der erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptik kann über die Verkippung der Einzelspiegel nicht nur ein Wechsel zwischen über die Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle zugeordneten zweiten Facetten erfolgen, sondern es kann auch ein Wechsel der Gruppen-Zuordnung der Einzelspiegel zu jeweils einer Einzelspiegel-Gruppe erfolgen, die mindestens einer zweiten Facette über mindestens einen Gruppen-Ausleuchtungskanal zugeordnet ist. Ein und dieselbe Einzelspiegel-Gruppe kann je nach Kippstellung der Einzelspiegel verschiedenen zweiten Facetten über jeweils einen Gruppen-Ausleuchtungskanal zugeordnet sein. Dadurch, dass zumindest einige der Einzelspiegel zu mindestens zwei verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen gehören können, kann bei gegebener Anzahl der Einzelspiegel des ersten Facettenspiegels eine viel größere Anzahl von Einzelspiegel-Gruppen gebildet werden, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal einer eigenen zweiten Facette zugeordnet sind, als dies bei der Gruppen-Zuordnung nach dem Stand der Technik möglich war. Mit einem ersten Facettenspiegel mit

einer gegebenen Anzahl von Einzelspiegeln kann daher eine viel größere Anzahl von zweiten Facetten über jeweilige Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle ausgeleuchtet werden. Entsprechend erhöht sich die Anzahl der prinzipiell durch die Abbildung der Einzelspiegel-Gruppen über die Facetten des zweiten Facettenspiegels in das Beleuchtungsfeld erreichbaren Beleuchtungswinkelverteilungen und damit der erreichbaren Beleuchtungsgeometrien beziehungsweise Beleuchtungssettings. Umgekehrt kann eine gegebene Anzahl von geforderten Beleuchtungswinkelverteilungen mit einem ersten Facettenspiegel mit einer geringeren Anzahl von Einzelspiegeln erreicht werden. Die Facetten des zweiten Facettenspiegels können alleine oder zusammenwirkend mit Folgekomponenten der Beleuchtungsoptik zur Abbildung der jeweiligen Einzelspiegel-Gruppe des ersten Facettenspiegels in das Beleuchtungsfeld beitragen. Ein Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal ist die Gesamtheit aller Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle einer Einzelspiegel-Gruppe, die sich aufgrund der Abbildung über die zugehörige Facette des zweiten Facettenspiegels zur Beleuchtung des gesamten Beleuchtungsfeldes ergänzen. Eine Einzelspiegel-Gruppe kann als Urbild eines Beleuchtungsfeldes aufgefasst werden, in dem das Objektfeld angeordnet ist oder das mit dem Objektfeld zusammenfällt. Diese Urbilder haben jeweils im Wesentlichen das gleiche Aspektverhältnis. Auch die Einzelspiegel-Gruppen haben jeweils im Wesentlichen das gleiche Aspektverhältnis. Unterschiede im Aspektverhältnis, die aufgrund von Detailänderungen bei der Abbildung der jeweiligen Einzelspiegel-Gruppe in das Objektfeld aufgrund einer Änderung der Strahlgeometrie je nach der Kippstellung der Einzelspiegel auftreten, bleiben hierbei unberücksichtigt. Die Beleuchtung des Beleuchtungsfeldes stellt dann eine Überlagerung beziehungsweise Superposition der Urbilder im Beleuchtungsfeld dar, wobei die Urbilder jedenfalls im Objektfeld zusammenfallen. Verschiedene Einzelspiegel-Gruppen sind Einzelspiegel-Gruppen, die nicht aus den gleichen Einzelspiegeln zusammengesetzt sind. Bei verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen gibt es also immer mindestens einen Einzelspiegel, der nicht beiden Einzelspiegel-Gruppen gleichzeitig zugehört. Ein und dieselbe Einzelspiegel-Gruppe kann, wie oben bereits erwähnt, je nach Kippstellung verschiedenen zweiten Facetten zugeordnet sein. Die Zuordnung der Einzelspiegel zur jeweiligen Einzelspiegel-Gruppe und die Zuordnung der jeweiligen Einzelspiegel-Gruppen zur jeweiligen zweiten Facette erfolgt durch Vorgabe der entsprechenden Stellung bzw. Schaltstellung der zu der jeweils ausgebildeten Einzelspiegel-Gruppe gehörenden Einzelspiegel.

[0006] Eine Zuordnung der Einzelspiegel nach Anspruch 2 führt zu einer besonders großen Beleuchtungsflexibilität.

[0007] Eine Zuordnung nach Anspruch 3 vermeidet, dass die jeweiligen Einzelspiegel zu viele verschiedene Kippstellungen einnehmen müssen, um die jeweilige Gruppen-Zuordnung zu erreichen. Entsprechendes gilt für die Zuordnung nach Anspruch 4.

[0008] Bei der Zuordnung nach Anspruch 5 überlappen jeweils maximal zwei der Einzelspiegel-Gruppen, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal einer eigenen zweiten Facette zugeordnet sind. Auch dies trägt dazu bei, die Anforderungen an eine Kipp-Verstellung der Einzelspiegel moderat zu halten.

[0009] Ein Überlapp nach Anspruch 6 hat sich für die Praxis als geeignet herausgestellt. Der Überlappbereich kann insbesondere ganze Zeilen oder Spalten von Einzelspiegeln umfassen.

[0010] Auch eine Zuordnung nach Anspruch 7 hält die Anforderungen an eine Verkipparbeit der Einzelspiegel moderat.

[0011] Die Vorteile eines Beleuchtungssystems nach Anspruch 8, einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 9, eines Herstellungsverfahrens nach Anspruch 11 und eines Bauteils nach Anspruch 12 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Beleuchtungsoptik bereits erläutert wurden. Bei einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 10 können Einzelspiegel zum Einsatz kommen, die im Wesentlichen um eine Achse verkippar ausgeführt sind. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass mindestens zwei der Einzelspiegel-Gruppen in einer Dimension quer zur Verlagerungsrichtung überlappen. Auch ein Überlapp von mindestens zwei der Einzelspiegel-Gruppen gleichzeitig längs und quer zur Verlagerungsrichtung ist möglich.

[0012] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) schematisch einen Meridionalschnitt durch eine Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Projektionslithographie;

[0014] [Fig. 2](#) schematisch eine Aufsicht auf einen Ausschnitt eines aus Einzelspiegel aufgebauten Feldfacettenspiegel zum Einsatz in der Projektionsbelichtungsanlage nach [Fig. 1](#);

[0015] [Fig. 3](#) eine Ansicht eines Ausschnitts einer Einzelspiegel-Zeile des Facettenspiegels nach [Fig. 2](#) aus Blickrichtung III in [Fig. 2](#);

[0016] [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) stark schematisch verschiedene Formen einer aus den Einzelspiegeln der in der [Fig. 3](#) dargestellten Einzelspiegel-Zeile gebildeten

Zeilen-Reflexionsfläche in drei verschiedenen Konfigurationen;

[0017] [Fig. 7](#) eine Aufsicht auf einen Ausschnitt einer Ausführung eines aus Einzelspiegeln aufgebauten Feldfacettenspiegels mit einer beispielhaften Gruppierung der Einzelspiegel in eine Anordnung von Einzelspiegel-Gruppen;

[0018] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Beispiele verschiedener Gruppierungen der Einzelspiegel des Facettenspiegels nach [Fig. 2](#) in Einzelspiegel-Gruppen mit einer Gruppierungs-Zuordnung derart, dass einige der Einzelspiegel zu mindestens zwei verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen gehören, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal einer eigenen zweiten Facette eines in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) jeweils links ebenfalls in einer Aufsicht dargestellten zweiten Facettenspiegels zugeordnet sind;

[0019] [Fig. 10](#) stark schematisch eine Aufsicht auf einen Ausschnitt einer weiteren Ausführung eines aus Einzelspiegeln aufgebauten Feldfacettenspiegels mit einer Gruppierungs-Zuordnung der Einzelspiegel derart, dass einige der Einzelspiegel zu mindestens zwei verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen gehören, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal einer eigenen zweiten Facette eines in der [Fig. 10](#) rechts ebenfalls in einer Aufsicht dargestellten zweiten Facettenspiegels zugeordnet sind.

[0020] [Fig. 1](#) zeigt schematisch in einem Meridionalschnitt eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Mikro-Lithographie. Zur Projektionsbelichtungsanlage 1 gehört eine Strahlungsquelle 2. Ein Beleuchtungssystem 3 der Projektionsbelichtungsanlage 1 hat eine Beleuchtungsoptik 4 zur Belichtung eines mit einem Objektfeld 5 zusammenfallenden Beleuchtungsfeldes in einer Objektebene 6. Das Beleuchtungsfeld kann auch größer sein als das Objektfeld 5. Belichtet wird hierbei ein Objekt in Form eines im Objektfeld 5 angeordneten Retikels 7, das von einem Objekt- beziehungsweise Retikelhalter 8 gehalten ist. Der Objekthalter 8 ist über einen Objektverlagerungsantrieb 9 längs einer Verlagerungsrichtung verlagerbar. Eine Projektionsoptik 10 dient zur Abbildung des Objektfeldes 5 in ein Bildfeld 11 in einer Bildebene 12. Abgebildet wird eine Struktur auf dem Retikel 7 auf eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes 11 in der Bildebene 12 angeordneten Wafers 13. Der Wafer 13 wird von einem ebenfalls nicht dargestellten Waferhalter 14 gehalten. Der Waferhalter 14 ist über eine Waferverlagerungsantrieb 15 synchronisiert zum Objekthalter 8 ebenfalls längs der Verlagerungsrichtung verlagerbar.

[0021] Bei der Strahlungsquelle 2 handelt es sich um eine EUV-Strahlungsquelle mit einer emittierten Nutzstrahlung im Bereich zwischen 5 nm und

30 nm. Es kann sich dabei um eine Plasmaquelle, beispielsweise um eine GDPP-Quelle (Plasmaerzeugung durch Gasentladung, gasdischarge-produced plasma) oder um eine LPP-Quelle (Plasmaerzeugung durch Laser, laser-produced plasma) handeln. Auch eine Strahlungsquelle, die auf einem Synchrotron oder auf einem freien Elektronenlaser (FEL) basiert, ist für die Strahlungsquelle **2** einsetzbar. Informationen zu einer derartigen Strahlungsquelle findet der Fachmann beispielsweise aus der US 6,859,515 B2. EUV-Strahlung **16**, die von der Strahlungsquelle **2** ausgeht, wird von einem Kollektor **17** gebündelt. Ein entsprechender Kollektor ist aus der EP 1 225 481 A bekannt. Nach dem Kollektor **17** propagiert die EUV-Strahlung **16** durch eine Zwischenfokusebene **18**, bevor sie auf einen Feldfacettenspiegel **19** trifft. Der Feldfacettenspiegel **19** ist ein erster Facettenspiegel der Beleuchtungsoptik **4**. Der Feldfacettenspiegel **19** hat eine Vielzahl von Einzelspiegeln, die in der [Fig. 1](#) nicht dargestellt sind. Der Feldfacettenspiegel **19** ist in einer Ebene der Beleuchtungsoptik **4** angeordnet, die zur Objektebene **6** optisch konjugiert ist.

[0022] Die EUV-Strahlung **16** wird nachfolgend auch als Beleuchtungslicht oder als Abbildungslicht bezeichnet.

[0023] Nach dem Feldfacettenspiegel **19** wird die EUV-Strahlung **16** von einem Pupillenfacettenspiegel **20** reflektiert. Der Pupillenfacettenspiegel **20** ist ein zweiter Facettenspiegel der Beleuchtungsoptik **4**. Der Pupillenfacettenspiegel **20** ist in einer Pupillenebene der Beleuchtungsoptik **4** angeordnet, die zur Zwischenfokusebene **18** und zu einer Pupillenebene der Projektionsoptik **10** optisch konjugiert ist oder mit dieser Pupillenebene zusammenfällt. Der Pupillenfacettenspiegel **20** hat eine Mehrzahl von Pupillenfacetten, die in der [Fig. 1](#) nicht dargestellt sind. Mit Hilfe der Pupillenfacetten des Pupillenfacettenspiegels **20** und einer nachfolgenden abbildenden optischen Baugruppe in Form einer Übertragungsoptik **21** mit in der Reihenfolge des Strahlengangs bezeichneten Spiegeln **22**, **23** und **24** werden nachfolgend noch näher beschriebene Einzelspiegel-Gruppen **24a** (vgl. [Fig. 7](#)) des Feldfacettenspiegels **19** in das Objektfeld **5** abgebildet. Der letzte Spiegel **24** der Übertragungsoptik **21** ist ein Spiegel für streifenden Einfall („Grazing Incidence-Spiegel“).

[0024] Zur Erleichterung der Beschreibung von Lagebeziehungen ist in der [Fig. 1](#) ein kartesisches xyz-Koordinatensystem als globales Koordinatensystem für die Beschreibung der Lageverhältnisse von Komponenten der Projektionsbelichtungsanlage **1** zwischen der Objektebene **6** und der Bildebene **12** eingezeichnet. Die x-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) senkrecht zur Zeichenebene in diese hinein. Die y-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) nach rechts und parallel zur Verlagerungsrichtung des Objekthalters **8** und des Wa-

ferhalters **14**. Die z-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) nach unten, also senkrecht zur Objektebene **6** und zur Bildebene **12**.

[0025] [Fig. 2](#) zeigt Details des Aufbaus des Feldfacettenspiegels **19** in einer stark schematischen Darstellung. Eine gesamte Reflexionsfläche **25** des Feldfacettenspiegels **19** ist zeilen- und spaltenweise unterteilt in ein Raster aus Einzelspiegeln **26**. Die Einzelreflexions-Flächen der individuellen Einzelspiegel **26** sind plan und weisen keine Krümmung auf. Eine Einzelspiegel-Zeile **27** weist eine Mehrzahl der direkt nebeneinander liegenden Einzelspiegel **26** auf. In einer Einzelspiegel-Zeile **27** können mehrere zehn bis mehrere hundert der Einzelspiegel **26** vorgesehen sein. Im Beispiel nach [Fig. 2](#) sind die Einzelspiegel **26** quadratisch. Auch andere Formen von Einzelspiegeln, die eine möglichst lückenlose Belegung der Reflexionsfläche **20** ermöglichen, können eingesetzt sein. Derartige alternative Einzelspiegel-Formen sind aus der mathematischen Theorie der Parkettierung bekannt. In diesem Zusammenhang sei verwiesen auf die in der WO 2009/100 856 A1 angegebenen Referenzen.

[0026] Eine Einzelspiegel-Spalte **28** hat, je nach Ausführung des Feldfacettenspiegels **19**, ebenfalls eine Mehrzahl der Einzelspiegel **26**. Pro Einzelspiegel-Spalte **28** sind beispielsweise einige zehn oder einige hundert der Einzelspiegel **26** vorgesehen.

[0027] Zur Erleichterung der Beschreibung von Lagebeziehungen ist in der [Fig. 2](#) ein kartesisches xyz-Koordinatensystem als lokales Koordinatensystem des Feldfacettenspiegels **19** eingezeichnet. Entsprechende lokale xyz-Koordinatensysteme finden sich auch in den nachfolgenden Figuren, die Facettenspiegel oder einen Ausschnitt hiervon in Aufsicht zeigen. In der [Fig. 2](#) verläuft die x-Achse horizontal nach rechts parallel zu den Einzelspiegel-Zeilen **27**. Die y-Achse läuft in der [Fig. 2](#) nach oben parallel zu den Einzelspiegel-Spalten **28**. Die z-Achse steht senkrecht auf der Zeichenebene der [Fig. 2](#) und läuft aus dieser heraus.

[0028] Die y-Richtung des globalen Koordinatensystems nach [Fig. 1](#), also die Verlagerungsrichtung für das Retikel **7** und den Wafer **13**, und die y-Richtung des lokalen Koordinatensystems nach [Fig. 2](#), also die Spaltenrichtung des Einzelspiegel-Arrays, müssen nicht exakt parallel zueinander verlaufen, sondern können einen zum Beispiel kleinen Winkel zueinander einnehmen.

[0029] In x-Richtung hat die Reflexionsfläche **25** des Feldfacettenspiegels **19** eine Erstreckung von x_0 . In y-Richtung hat die Reflexionsfläche **25** des Feldfacettenspiegels **19** eine Erstreckung von y_0 .

[0030] Je nach Ausführung des Feldfacettenspiegels **19** haben die Einzelspiegel **26** x/y-Erstreckungen im Bereich beispielsweise von $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$ bis beispielsweise $2\ \text{mm} \times 2\ \text{mm}$. Die Einzelspiegel **26** können so geformt sein, dass sie eine bündelnde Wirkung für das Beleuchtungslicht **16** haben. Eine derartige bündelnde Wirkung der Einzelspiegel **26** ist besonders beim Einsatz einer divergenten Beleuchtung des Feldfacettenspiegels **19** mit dem Beleuchtungslicht **16** von Vorteil. Der gesamte Feldfacettenspiegel **19** hat eine x_0/y_0 -Erstreckung, die je nach Ausführung beispielsweise $300\ \text{mm} \times 300\ \text{mm}$ oder $600\ \text{mm} \times 600\ \text{mm}$ beträgt. Die Einzelspiegel-Gruppen **24a** (vgl. [Fig. 7](#)) haben typische x/y-Erstreckungen von $25\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ oder von $104\ \text{mm} \times 8\ \text{mm}$. Je nach dem Verhältnis zwischen der Größe der jeweiligen Einzelspiegel-Gruppen **24a** und der Größe der Einzelspiegel **26**, die diese Einzelspiegel-Gruppen **24a** aufbauen, weist jede der Einzelspiegel-Gruppen **24a** eine entsprechende Anzahl von Einzelspiegeln **26** auf.

[0031] Jeder der Einzelspiegel **26** ist zur individuellen Ablenkung von auftreffendem Beleuchtungslicht **16** jeweils mit einem Aktor beziehungsweise Aktuator **29** verbunden, wie in der [Fig. 2](#) anhand zweier in einer Ecke links unten der Reflexionsfläche **25** angeordneten Einzelspiegel **26** gestrichelt angedeutet und näher in der [Fig. 3](#) anhand eines Ausschnitts einer Einzelspiegel-Zeile **27** dargestellt. Die Aktuatoren **29** sind auf der einer reflektierenden Seite der Einzelspiegel **26** abgewandten Seite jedes der Einzelspiegel **26** angeordnet. Die Aktuatoren **29** können beispielsweise als Piezo-Aktuatoren ausgeführt sein. Ausgestaltungen derartiger Aktuatoren sind vom Aufbau von Mikrospiegel-Arrays her bekannt.

[0032] Die Aktuatoren **29** einer Einzelspiegel-Zeile **27** sind jeweils über Signalleitungen **30** mit einem Zeilen-Signalbus **31** verbunden. Jeweils einem der Zeilen-Signalbusse **31** ist eine Einzelspiegel-Zeile **27** zugeordnet. Die Zeilen-Signalbusse **31** der Einzelspiegel-Zeilen **27** sind ihrerseits mit einem Haupt-Signalbus **32** verbunden. Letzterer steht mit einer Steuereinrichtung **33** des Feldfacettenspiegels **19** in Signalverbindung. Die Steuereinrichtung **33** ist insbesondere zur reihenweisen, also zeilen- oder spaltenweisen gemeinsamen Ansteuerung der Einzelspiegel **26** ausgeführt. Auch innerhalb der Einzelspiegel-Zeilen **27** und der Einzelspiegel-Spalten **28** ist eine individuelle Ansteuerung der Einzelspiegel **26** möglich.

[0033] Jeder der Einzelspiegel **26** ist individuell unabhängig um zwei senkrecht aufeinander stehende Kippachsen verkippbar, wobei eine erste dieser Kippachsen parallel zur x-Achse und die zweite dieser beiden Kippachsen parallel zur y-Achse verläuft. Die beiden Kippachsen liegen in den Einzel-Reflexionsflächen der jeweiligen Einzelspiegel **26**.

[0034] Zusätzlich ist mittels der Aktuatoren **29** noch eine individuelle Verlagerung der Einzelspiegel **26** in z-Richtung möglich. Die Einzelspiegel **26** sind also separat voneinander ansteuerbar längs einer Normalen auf die Reflexionsfläche **25** verlagerbar. Hierdurch kann die Topographie der Reflexionsfläche **25** insgesamt verändert werden. Dies ist stark schematisch beispielhaft anhand der [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) dargestellt. Dadurch können auch Konturen der Reflexionsfläche mit großen Pfeilhöhen, also großen Variationen in der Topografie der Reflexionsfläche, in Form von insgesamt in einer Ebene angeordneten Spiegelabschnitten nach Art von Fresnel-Linsen gefertigt werden. Eine Grundkrümmung einer derartigen Spiegelflächentopografie mit großer Pfeilhöhe wird durch eine solche Unterteilung in Abschnitte nach Art von Fresnel-Zonen eliminiert.

[0035] [Fig. 4](#) zeigt Einzel-Reflexionsflächen der Einzelspiegel **26** eines Ausschnitts einer Einzelspiegel-Zeile **27**, wobei alle Einzelspiegel **26** dieser Einzelspiegel-Zeile **27** über die Steuereinrichtung **33** und die Aktuatoren **29** in die gleiche absolute z-Position gestellt sind. Es resultiert eine ebene Zeilen-Reflexionsfläche der Einzelspiegel-Zeile **27**. Wenn alle Einzelspiegel **26** des Feldfacettenspiegels **19** entsprechend der [Fig. 4](#) ausgerichtet sind, ist die gesamte Reflexionsfläche **25** des Feldfacettenspiegels **19** eben.

[0036] [Fig. 5](#) zeigt eine Ansteuerung der Einzelspiegel **26** der Einzelspiegel-Zeile **27**, bei der der mittige Einzelspiegel **26_m** gegenüber benachbarten Einzelspiegeln **26_{r1}**, **26_{r2}**, **26_{r3}** in negativer z-Richtung versetzt eingestellt ist. Hierdurch ergibt sich eine Stufenanordnung, die zu einem entsprechenden Phasenversatz der auf die Einzelspiegel-Zeile **27** nach [Fig. 5](#) auftreffenden EUV-Strahlung **16** führt. Die von den beiden mittigen Einzelspiegeln **26_m** reflektierte EUV-Strahlung **16** wird dabei am stärksten phasenverzögert. Die randseitigen Einzelspiegel **26_{r3}** erzeugen die geringste Phasenverzögerung. Die zwischenliegenden Einzelspiegel **26_{r1}**, **26_{r2}** erzeugen entsprechend stufenweise eine, ausgehend von der Phasenverzögerung durch die mittigen Einzelspiegel **26_m** zunehmend geringere Phasenverzögerung.

[0037] [Fig. 6](#) zeigt eine Ansteuerung der Einzelspiegel **26** des dargestellten Ausschnitts der Einzelspiegel-Zeile **27** derart, dass durch den Versatz der Einzelspiegel **26** gegeneinander in z-Richtung einerseits und die Orientierung der Einzelspiegel **26** zueinander andererseits insgesamt eine konvex geformte Einzelspiegel-Zeile **27** resultiert. Dies kann zur Erzeugung einer abbildenden Wirkung von Einzelspiegel-Gruppen des Feldfacettenspiegels **19** genutzt werden. In gleicher Weise ist natürlich auch beispielsweise eine konkave Anordnung von Gruppen der Einzelspiegel **26** möglich.

[0038] Entsprechende Formgestaltungen, wie vorstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) erläutert, sind nicht auf die x-Dimension beschränkt, sondern können, je nach Ansteuerung über die Steuereinrichtung **33**, auch über die y-Dimension des Feldfacettenspiegels **19** fortgesetzt werden.

[0039] Durch die individuelle Ansteuerung der Aktuatoren **29** über die Steuereinrichtung **33** ist eine vorgegebene Kipp-Gruppierung der Einzelspiegel **26** in die vorstehend schon erwähnten Einzelspiegel-Gruppen **24a** aus je mindestens zwei Einzelspiegeln **26** einstellbar. Die Einzelspiegel-Gruppen **24a** sind jeweils über mindestens einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal für das Beleuchtungslicht **16** mindestens einer eigenen Pupillenfacette des Pupillenfacettenspiegels **20** zur Abbildung der Einzelspiegel-Gruppe **24a** in das Objektfeld **5** zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt durch Vorgabe der jeweiligen Kippstellung bzw. Schaltstellung der zur Einzelspiegel-Gruppe **24a** gehörenden Einzelspiegel. Der Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal ist dabei die Gesamtheit aller Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle der jeweiligen Einzelspiegel-Gruppe **24a**, die sich aufgrund der Abbildung über die Pupillenfacette zur Beleuchtung des gesamten Beleuchtungs- beziehungsweise Objektfeldes **5** ergänzen. Jede der Einzelspiegel-Gruppen **24a** kann daher als Urbild des Beleuchtungsfeldes **5** aufgefasst werden. Die Gesamtbeleuchtung des Beleuchtungs- beziehungsweise Objektfeldes **5** stellt dann eine Superposition dieser Urbilder dar.

[0040] Jeweils eine der Einzelspiegel-Gruppen **24a** hat also die Funktion einer Facette eines Feldfacettenspiegels, wie dieser beispielsweise in der US 6,438,199 B1 oder der US 6,658,084 B2 offenbart ist.

[0041] [Fig. 7](#) verdeutlicht eine derartige Gruppierung. Dargestellt ist ein Ausschnitt aus der Reflexionsfläche **25** einer Feldfacettenplatte einer Variante des Feldfacettenspiegels **19** mit einer im Vergleich zur Darstellung nach [Fig. 2](#) größeren Anzahl von Einzelspiegeln **26**. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend schon unter Bezugnahme auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

[0042] Durch entsprechende Zusammenfassung der Ansteuerungen durch die Steuereinrichtung **33** sind innerhalb der Reflexionsfläche **25** beim Beispiel der [Fig. 7](#) insgesamt zwölf Einzelspiegel-Gruppen **24a** gebildet. Die Einzelspiegel-Gruppen **24a** haben jeweils das gleiche x/y-Aspektverhältnis. Jede der Einzelspiegel-Gruppen **24a** besteht aus einem 24×3 -Array von Einzelspiegeln **26**, hat also drei Einzelspiegel-Zeilen zu je vierundzwanzig Einzelspiegeln **26**. Jede der Einzelspiegel-Gruppen **24a** hat also ein As-

pektverhältnis von 8 zu 1. Dieses Aspektverhältnis entspricht dem Aspektverhältnis des auszuleuchtenden Objektfeldes **5**.

[0043] Innerhalb jeder der Einzelspiegel-Gruppen **24a** sind die Einzelspiegel **26** derart zueinander ausgerichtet, dass die Form jeder der Einzelspiegel-Gruppen **24a** der Form einer einzelnen Feldfacette eines konventionellen Feldfacettenspiegels entspricht.

[0044] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen Beispiele von Gruppierungen der Einzelspiegel **26** des Feldfacettenspiegels **19** in Einzelspiegel-Gruppen **24a**. Die Einzelspiegel-Zeilen **27** sind dabei von oben nach unten fortlaufend durchnummeriert mit einem Index versehen. Die oberste Einzelspiegel-Zeile ist also mit **27₁** und die unterste Einzelspiegel-Zeile mit **27₈** bezeichnet.

[0045] Bei der Gruppierung nach [Fig. 8](#) sind jeweils zwei übereinander liegende Einzelspiegel-Zeilen, nämlich die Einzelspiegel-Zeilen **27_{2/3}**, **27_{4/5}** und **27_{6/7}** zu drei Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₂** und **24a₃** zusammengefasst. Schematisch ist in der [Fig. 8](#) auch die Zuordnung dieser Einzelspiegel-Gruppen **24a₁** bis **24a₃** zu drei Pupillenfacetten **34₁**, **34₂** und **34₃** über Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35₁**, **35₂** und **35₃** dargestellt. Über die Pupillenfacetten **34₁** bis **34₃** wird bei der Zuordnung nach [Fig. 8](#) das über die Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle der zu diesen Einzelspiegel-Gruppen **24a₁** bis **24a₃** gehörenden Einzelspiegel **26** hin zum Beleuchtungsfeld **5** geführt, wobei die jeweilige Einzelspiegel-Gruppe **24a₁** bis **24a₃** in das Objekt- beziehungsweise Beleuchtungsfeld **5** abgebildet wird. Die Einzelspiegel **26** der Einzelspiegel-Gruppen **24a₁** bis **24a₃** werden über die Steuereinrichtung **33** so verkippt, dass das Beleuchtungslicht **16** hin zu den jeweiligen Pupillenfacetten **34₁** bis **34₃** geführt wird.

[0046] [Fig. 9](#) zeigt eine andere Zuordnung der Einzelspiegel **26** des Feldfacettenspiegels **19** zu Einzelspiegel-Gruppen. Die Einzelspiegel-Zeilen **27_{1/2}** sind dabei der Einzelspiegel-Gruppe **24a₄**, die Einzelspiegel-Zeilen **27_{3/4}** der Einzelspiegel-Gruppe **24a₅**, die Einzelspiegel-Zeilen **27_{5/6}** der Einzelspiegel-Gruppe **24a₆** und die Einzelspiegel-Zeilen **27_{7/8}** der Einzelspiegel-Gruppe **24a₇** zugeordnet. Über Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35₄** bis **35₇** werden die Einzelspiegel-Gruppen **24a₄** bis **24a₇** weiteren Pupillenfacetten **34₄** bis **34₇** zugeordnet, die von den Pupillenfacetten **34₁** bis **34₃** der Zuordnung nach [Fig. 8](#) verschieden sind. Über die Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35₄** bis **35₇** und die Pupillenfacetten **34₄** bis **34₇** erfolgt wiederum eine Abbildung der Einzelspiegel-Gruppen **24a₄** bis **24a₇** in das Objekt- beziehungsweise Beleuchtungsfeld **5**.

[0047] Bei der Zuordnung nach [Fig. 9](#) bleiben die Pupillenfacetten **34₁** bis **34₃** unbeleuchtet. Entspre-

chend bleiben nach der Zuordnung nach der [Fig. 8](#) die Pupillenfacetten **34₄** bis **34₇** unbeleuchtet.

[0048] Die beiden unterschiedlichen Zuordnungen der Einzelspiegel-Gruppen **24a** zu den Pupillenfacetten **34** resultieren in entsprechend unterschiedlichen Beleuchtungswinkelverteilungen bei der Beleuchtung des Objekt- beziehungsweise Beleuchtungsfeldes **5**. Diese unterschiedlichen Beleuchtungswinkelverteilungen werden auch als Beleuchtungssettings bezeichnet.

[0049] Die Einzelspiegel **26** der Einzelspiegel-Zeilen **27₂** bis **27₇** gehören bei den Zuordnungsbeispielen der [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zu zwei verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen **24a**. Die Einzelspiegel-Zeile **27₂** gehört beispielsweise einerseits zur Einzelspiegel-Gruppe **24a₁** und andererseits zur Einzelspiegel-Gruppe **24a₄**. Diese verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen, also beispielsweise die Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₄** sind jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal, also beispielsweise über die Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35₁** und **35₄**, einer eigenen zweiten Facette, also im dargestellten Beispiel den Pupillenfacetten **34₁** und **34₄** zugeordnet.

[0050] Bei der Ausführung nach den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gehört die Mehrheit der Einzelspiegel **26** des Feldfacettenspiegels **19**, nämlich die Einzelspiegel der Einzelspiegel-Zeilen **27₂** bis **27₇** zu mindestens zwei Einzelspiegel-Gruppen **24a**, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal **35** einer eigenen zweiten Facetten **34** zugeordnet sind. Diese Einzelspiegel der Einzelspiegel-Zeilen **27₂** bis **27₇** gehören jeweils zu genau zwei Einzelspiegel-Gruppen **24a**, wie vorstehend bereits erläutert. Es ist klar, dass auch Beleuchtungsgeometrien möglich sind, bei denen bestimmte der Einzelspiegel **26** zu einer größeren Anzahl von Einzelspiegel-Gruppen **24a** gehören. Falls beispielsweise eine Einzelspiegel-Gruppe **24a** aus drei Einzelspiegel-Zeilen **27** aufgebaut ist, können analog zu dem, was vorstehend im Zusammenhang mit den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) bereits erläutert wurde, Gruppierungs-Zuordnungen vorgegeben werden, bei denen eine dieser drei Einzelspiegel-Zeilen bei einer ersten Gruppierung eine obere Einzelspiegel-Zeile einer ersten Einzelspiegel-Gruppe, bei einer zweiten Gruppierung eine mittlere Zeile einer zweiten Einzelspiegel-Gruppe und bei einer dritten Gruppierung eine untere Zeile einer dritten Einzelspiegel-Gruppe darstellt.

[0051] Bei der Ausführung nach den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gehört keiner der Einzelspiegel **26** zu mehr als zwei Einzelspiegel-Gruppen **24a**. Bei den alternativen Gruppierungs-Zuordnungen nach den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) überlappen die Einzelspiegel-Gruppen **24a**, also beispielsweise die Einzelspiegel-Gruppen **24a₁** der Gruppierungs-Zuordnung nach [Fig. 8](#) und die

Einzelspiegel-Gruppe **24a₄** der Gruppierungs-Zuordnung nach [Fig. 9](#) so, dass 50 % der gesamten Einzelspiegel **26** dieser Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₄**, nämlich die Einzelspiegel **26** der Einzelspiegel-Zeile **27₂** gleichzeitig zu beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₄** gehören. Bei der Ausführung nach den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) existieren jeweils drei Einzelspiegel-Gruppen, nämlich beispielsweise die Einzelspiegel-Gruppen **24a₄**, **24a₅** der Gruppierungs-Zuordnung nach [Fig. 9](#) und die Einzelspiegel-Gruppe **24a₁** der Gruppierungs-Zuordnung nach [Fig. 8](#), die einander so überlappen, dass die Einzelspiegel-Gruppen **24a₄** und **24a₅** jeweils mit der Einzelspiegel-Gruppe **24a₁**, aber nicht miteinander überlappen.

[0052] Eine alternative Ausgestaltung einer Gruppierungs-Zuordnung bei Einsatz einer Variante eines Feldfacettenspiegels **36** ist in der [Fig. 10](#) dargestellt. Komponenten, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

[0053] Der Feldfacettenspiegel **36** ist ähnlich wie der Feldfacettenspiegel **19** unterteilt in ein Raster aus Einzelspiegel **26**. Die Zeilen und Spalten dieses Rasters verlaufen beim Feldfacettenspiegel **36** allerdings jeweils in einem Winkel von 45° zur Objektverlagerungsrichtung **y**. Ein weiterer Unterschied zwischen dem Feldfacettenspiegel **36** nach [Fig. 10](#) und dem Feldfacettenspiegel **19** ist, dass die Einzelspiegel-Gruppen **24a** nicht rechteckig, sondern bogenförmig berandet sind. Entsprechend werden diese bogenförmigen Einzelspiegel-Gruppen **24a** über jeweils zugeordnete Pupillenfacetten **34** und gegebenenfalls eine nachfolgende Übertragungsoptik in ein bogenförmiges Objekt- beziehungsweise Beleuchtungsfeld abgebildet, wie dies grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0054] Dargestellt ist in der [Fig. 10](#) durchgezogen jeweils die bogenförmige Berandung der Einzelspiegel-Gruppen **24a**. Diejenigen Einzelspiegel **26**, die jeweils zu mehr als 50 % innerhalb dieser Berandung liegen, gehören zur jeweiligen Einzelspiegel-Gruppe **24a**.

[0055] In der [Fig. 10](#) sind zwei unterschiedliche Gruppierungs-Zuordnungen von Einzelspiegel-Gruppen **24a** zu Pupillenfacetten **34** dargestellt. In einer ersten Gruppierungs-Zuordnung sind die Einzelspiegel **26** zweier übereinander liegender und aneinander angrenzender Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₂** über Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35₁**, **35₂** zwei Pupillenfacetten **34₁**, **34₂** zugeordnet. Bei einer alternativen Gruppierungs-Zuordnung ist eine hälftig mit diesen beiden ersten Einzelspiegel-Gruppen **24a₁**, **24a₂** überlappende dritte Einzelspiegel-Gruppe **24a₃** über einen dritten Gruppenspiegel-Ausleuch-

tungskanal **35**₃ einer dritten Pupillenfacette **34**₃ zugeordnet.

[0056] Beispielhaft ist in der [Fig. 10](#) einer der Einzelspiegel **26**₀ hervorgehoben, der zu den beiden verschiedenen Einzelspiegel-Gruppen **24a**₂ und **24**₃ gehört. Dieser Einzelspiegel **26**₀ gehört zu genau zwei Einzelspiegel-Gruppen, nämlich zu den Einzelspiegel-Gruppen **24a**₂ und **24a**₃.

[0057] Beispielhaft sind in der [Fig. 10](#) auch einige der Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle **35a** dargestellt. Über die Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle **35a** werden Beleuchtungslicht-Teilbündel des Beleuchtungslichts **16** vom jeweiligen Einzelspiegel **26** hin über die jeweilige Pupillenfacette **34** zum Beleuchtungs- beziehungsweise Objektfeld **5** geführt.

[0058] Auch bei der Ausführung nach [Fig. 10](#) überlappen beispielsweise die beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₂ und **24a**₃ so, dass etwa 50 % der gesamten Einzelspiegel **26** der beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₁, **24a**₃ gleichzeitig zu beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₁, **24a**₃ gehören. Die beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₁ und **24a**₃ einerseits und die beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₂ und **24a**₃ andererseits überlappen jeweils um etwa 50 %, wohingegen die beiden Einzelspiegel-Gruppen **24a**₁ und **24a**₃ nicht miteinander überlappen.

[0059] Die Einzelspiegel **26** können bei den Feldfacettenspiegeln **19** und **36** auf sehr viele verschiedene Weisen zu Einzelspiegel-Gruppen **24a** gruppiert werden, sodass der Pupillenfacettenspiegel **20** eine sehr viel größere Anzahl von Pupillenfacetten **34** aufweisen kann, die über die wechselweisen Zuordnungen der Einzelspiegel **26** zu Einzelspiegel-Gruppen **24a** über die zugehörigen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanäle **35** mit dem Beleuchtungslicht **16** beaufschlagt werden können. Die Auswahl verschiedener Beleuchtungssettings erhöht sich hierdurch stark.

[0060] Mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage **1** wird wenigstens ein Teil des Retikels im Objektfeld **5** auf einen Bereich einer lichtempfindlichen Schicht auf den Wafer **13** im Bildfeld **11** zur lithografischen Herstellung eines mikro- beziehungsweise nanostrukturierten Bauteils, insbesondere eines Halbleiterbauteils, beispielsweise eines Mikrochips, abgebildet. Je nach Ausführung der Projektionsbelichtungsanlage **1** als Scanner oder als Stepper werden das Retikel **7** und der Wafer **13** zeitlich synchronisiert in der y-Richtung kontinuierlich im Scannerbetrieb oder schrittweise im Stepperbetrieb verfahren.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2011/0001947 A1 [\[0002\]](#)
- US 6859515 B2 [\[0021\]](#)
- EP 1225481 A [\[0021\]](#)
- WO 2009/100856 A1 [\[0025\]](#)
- US 6438199 B1 [\[0040\]](#)
- US 6658084 B2 [\[0040\]](#)

Patentansprüche

1. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Projektionslithographie zur Führung von Beleuchtungslicht (16) hin zu einem Objektfeld (5), in dem eine Lithographiemaske (7) anordenbar ist,

– mit einem ersten Facettenspiegel (19; 36), der eine Vielzahl von zwischen mindestens zwei Kippstellungen schaltbaren Einzelspiegeln (26) aufweist, die Einzelspiegel-Ausleuchtungskanäle (35a) zur Führung von Beleuchtungslicht-Teilbündeln hin zum Objektfeld (5) bereitstellen,

– mit einem zweiten Facettenspiegel (20), der dem ersten Facettenspiegel (19; 36) im Strahlengang des Beleuchtungslichts (16) nachgeordnet ist und eine Mehrzahl von Facetten (34) aufweist, die jeweils zur Abbildung einer Gruppe (24a) der Einzelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (19; 36) in das Objektfeld (5) über einen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35) beitragen, wobei die Bilder der Einzelspiegel-Gruppen (24a) einander im Objektfeld (5) überlagern,

– wobei zumindest einige der Einzelspiegel (26₀) zu mindestens zwei Verschiedenen der Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehören, die, abhängig von der jeweiligen Kippstellung der Einzelspiegel, jeweils über mindestens einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) mindestens einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zuordenbar sind.

2. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrheit der Einzelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (19; 36) zu mindestens zwei der Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehören, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zugeordnet sind.

3. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Einzelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (19; 36) zu genau zwei der Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehören, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zugeordnet sind.

4. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrheit der Einzelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (19; 36) zu genau zwei der Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehören, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zugeordnet sind.

5. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass keiner der Ein-

zelspiegel (26) des ersten Facettenspiegels (19; 36) zu mehr als zwei der Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehört, die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zugeordnet sind.

6. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃), die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₃) zugeordnet sind, einander so überlappen, dass zwischen 20 % und 80 % der gesamten Einzelspiegel (26) der beiden Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gleichzeitig zu beiden Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄; 24a₁, 24a₃) gehören.

7. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass drei Einzelspiegel-Gruppen (24a₁, 24a₄, 24a₅; 24a₁, 24a₂, 24a₃), die jeweils über einen eigenen Gruppenspiegel-Ausleuchtungskanal (35₁, 35₄, 35₅; 35₁, 35₂, 35₃) einer eigenen zweiten Facette (34₁, 34₄, 34₅; 34₁, 34₂, 34₃) zugeordnet sind, einander so überlappen, dass eine erste (24a₄; 24a₁) der drei Einzelspiegel-Gruppen mit einer zweiten (24a₁; 24a₃) der drei Einzelspiegel-Gruppen und die zweite (24a₁; 24a₃) der drei Einzelspiegel-Gruppen mit einer dritten (24a₅; 24a₂) der drei Einzelspiegel-Gruppen überlappen, wobei die erste (24a₄; 24a₁) und die dritte (24a₅; 24a₂) der drei Einzelspiegel-Gruppen nicht miteinander überlappen.

8. Beleuchtungssystem mit einer Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und mit einer Projektionsoptik (10) zur Abbildung des Objektfeldes (5) in ein Bildfeld (11).

9. Projektionsbelichtungsanlage

– mit einem Beleuchtungssystem (3) nach Anspruch 8,

– mit einer EUV-Lichtquelle (2),

– mit einem Objekthalter (8) zur Halterung eines Objektes (7) im Objektfeld (5), der über einen Objektverlagerungsantrieb (9) längs einer Verlagerungsrichtung (y) verlagerbar ist,

– mit einem Waferhalter (14) zur Halterung eines Wafers (13) im Bildfeld (11), der über einen Waferverlagerungsantrieb (15) längs der Verlagerungsrichtung (y) verlagerbar ist.

10. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Einzelspiegel-Gruppen (24a) einander längs der Verlagerungsrichtung (y) überlappen.

11. Verfahren zur Herstellung eines mikro- oder nanostrukturierten Bauteils mit folgenden Verfahrensschritten:

- Bereitstellen eines Wafers (**13**), auf den zumindest teilweise eine Schicht aus einem lichtempfindlichen Material aufgebracht ist,
- Bereitstellen eines Retikels (**7**), das abzubildende Strukturen aufweist,
- Bereitstellen einer Projektionsbelichtungsanlage (**1**) nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
- Projizieren wenigstens eines Teils des Retikels (**7**) auf einen Bereich der Schicht mit Hilfe einer Projektionsoptik (**10**) der Projektionsbelichtungsanlage (**1**).

12. Bauteil, hergestellt durch ein Verfahren nach Anspruch 11.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

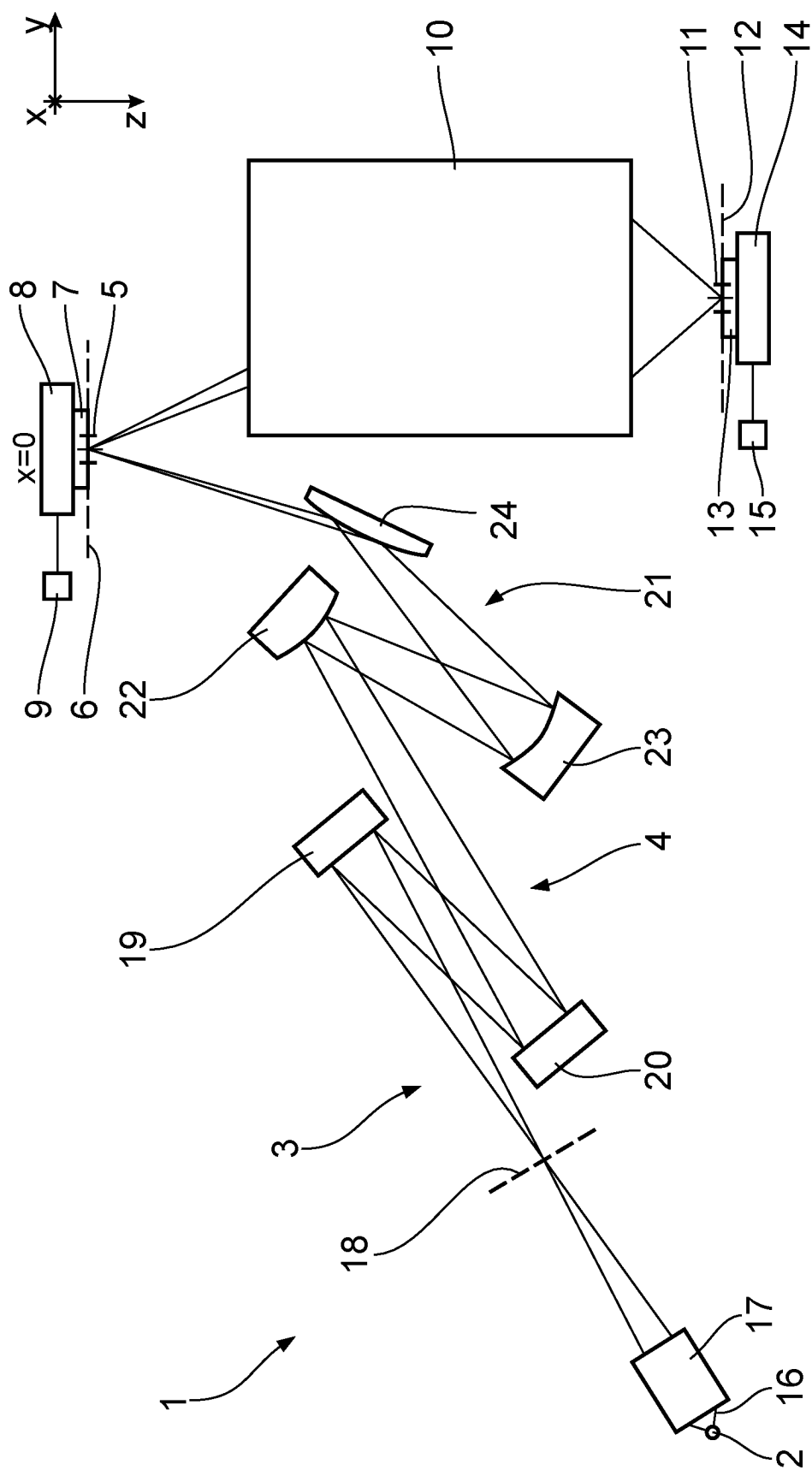


Fig. 1

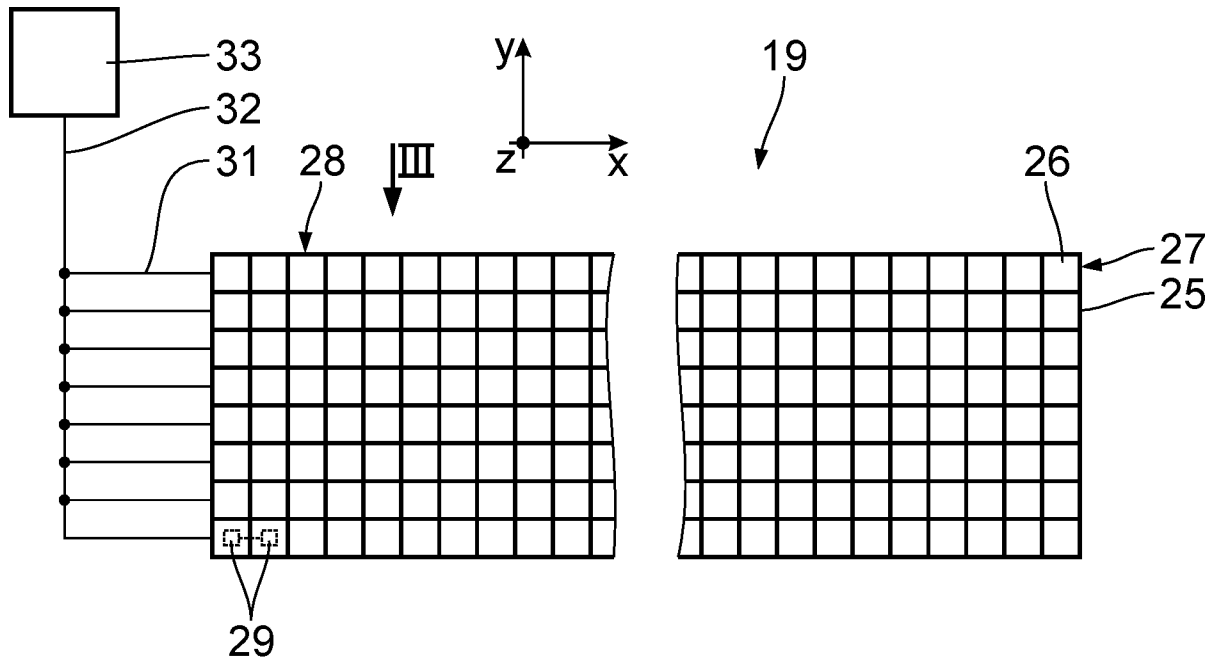


Fig. 2

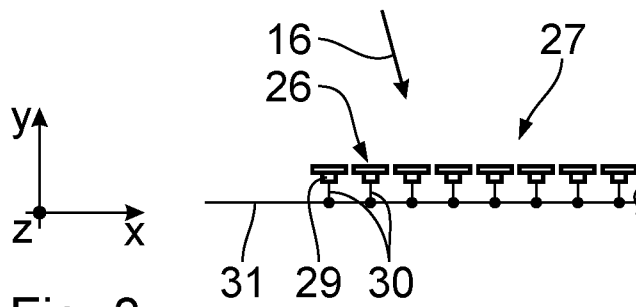


Fig. 3

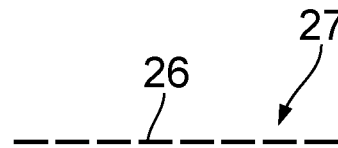


Fig. 4

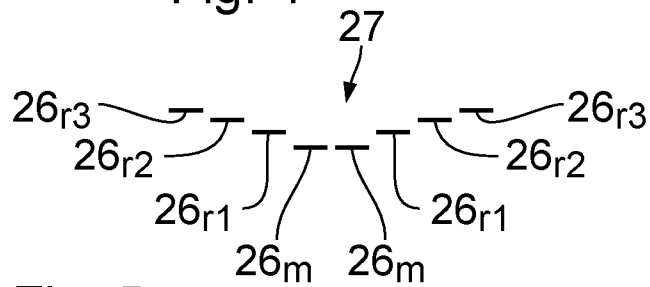


Fig. 5

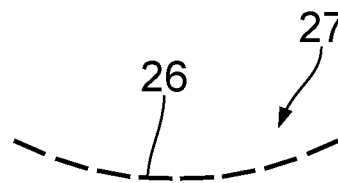


Fig. 6

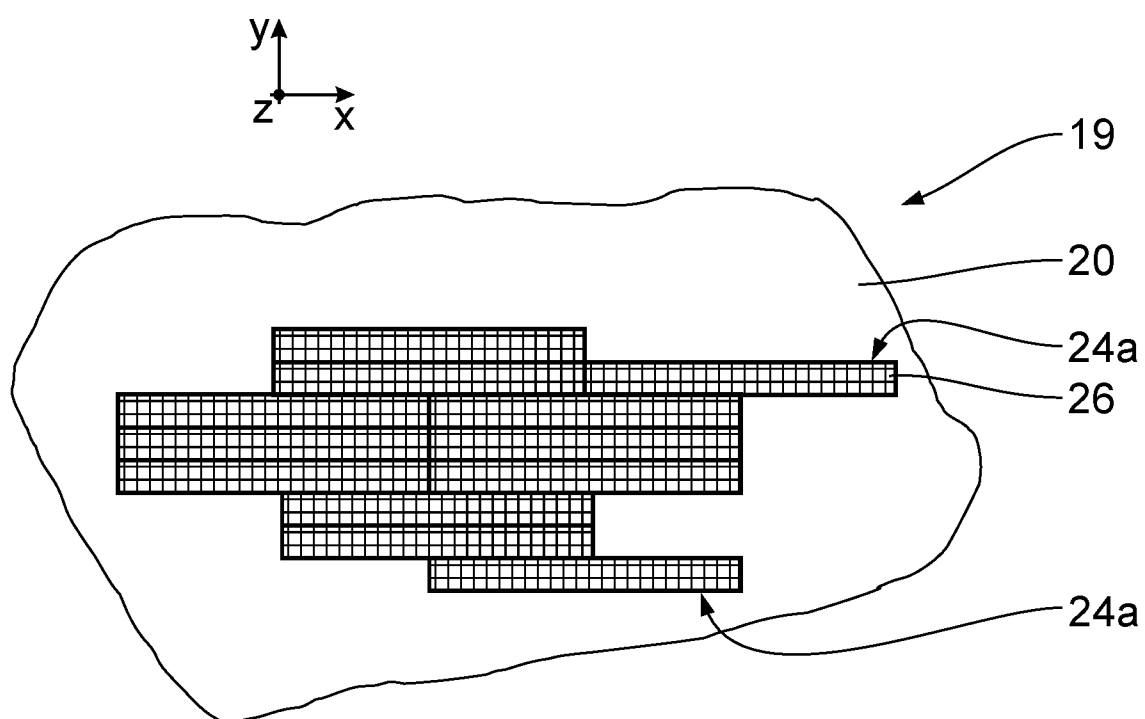
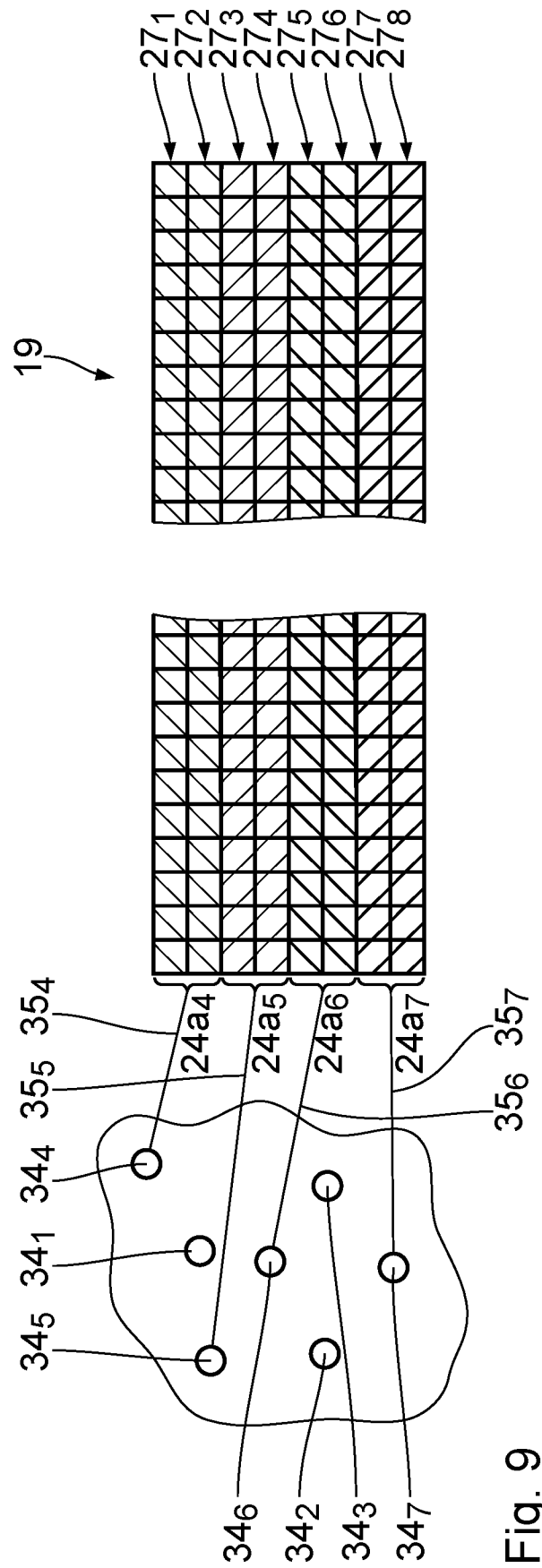
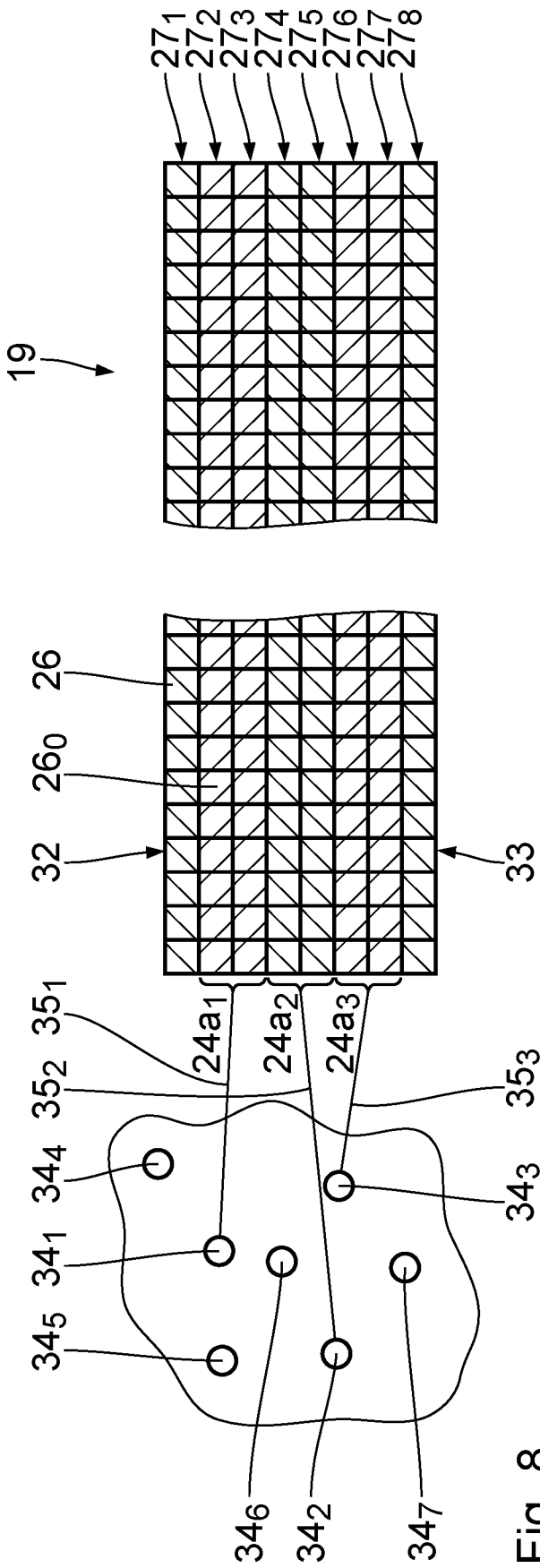


Fig. 7



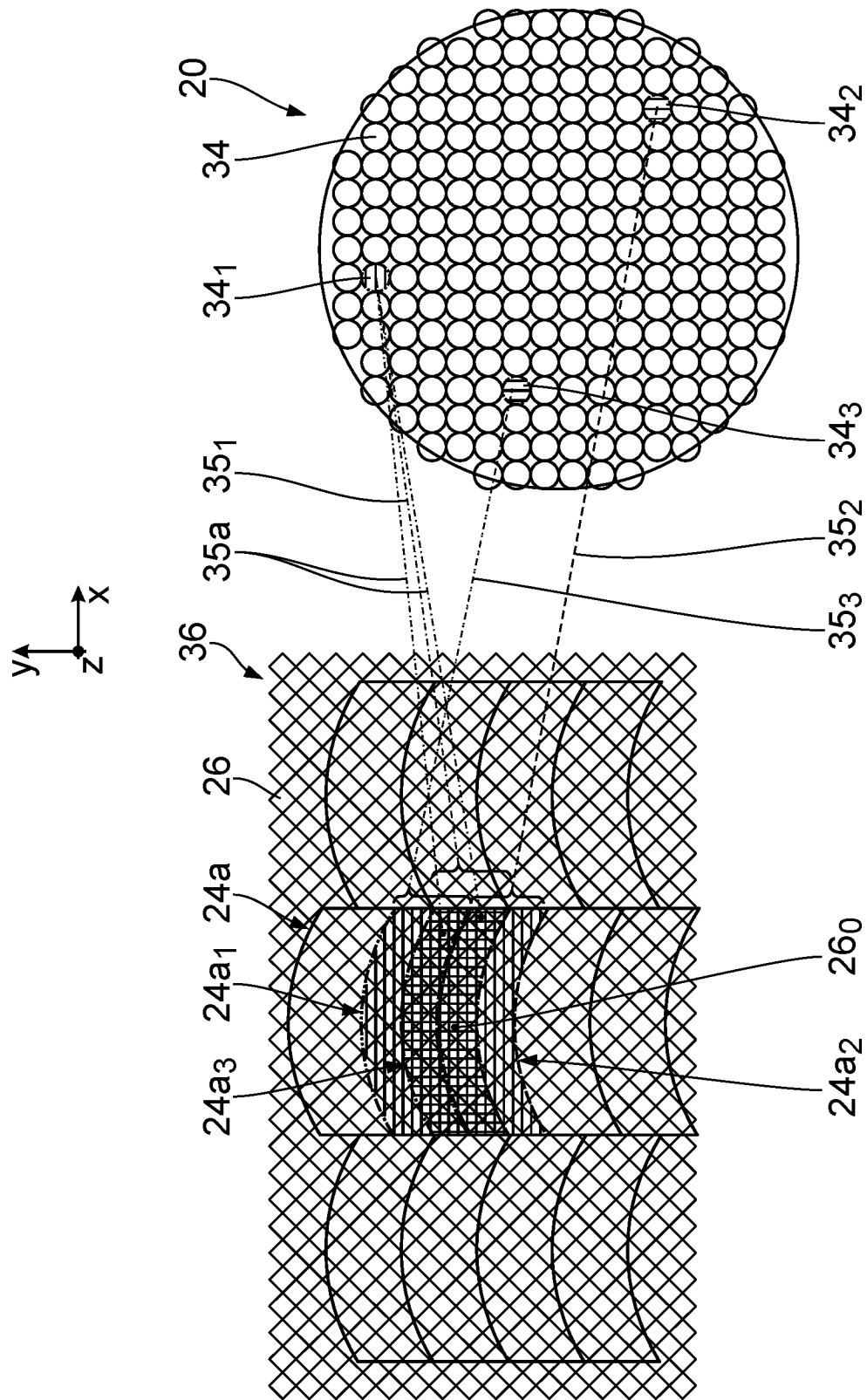


Fig. 10