



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 001 511 A1** 2009.11.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 001 511.3**

(22) Anmeldetag: **30.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **05.11.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20** (2006.01)

G02B 5/09 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 26/12 (2006.01)

(71) Anmelder:

Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen, DE

(72) Erfinder:

Fiolka, Damian, 73447 Oberkochen, DE; Warm, Berndt, 90571 Schwaig, DE; Steigerwald, Christian, 89522 Heidenheim, DE; Endres, Martin, 89551 Königsbronn, DE; Stütze, Ralf, 73430 Aalen, DE; Ossmann, Jens, 73430 Aalen, DE; Scharnweber, Ralf, 73430 Aalen, DE

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

DE 10 2006 036064 A1

DE 10 2007 061194 A1

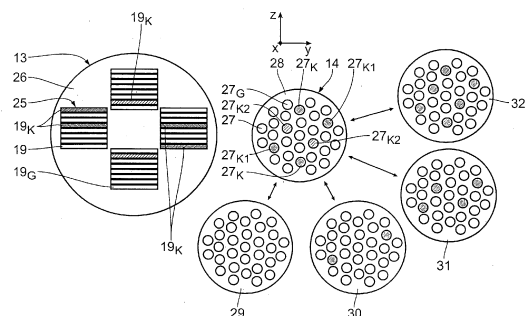
DE 10 2006 059024 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie sowie Beleuchtungssystem und Projektionsbeleuchtungsanlage mit einer derartigen Beleuchtungsoptik**

(57) Zusammenfassung: Eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie dient zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Ausdehnungsverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches deutlich größer ist als 1. Ein Feldfacettenspiegel (13) hat eine Mehrzahl von Feldfacetten (19) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld. Eine dem Feldfacettenspiegel (13) nachfolgende Folgeoptik dient zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld (5). Die Folgeoptik hat einen Pupillenfacettenspiegel (14) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (27). Die Feldfacetten (19) sind den Pupillenfacetten (27) jeweils individuell zugeordnet, so dass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (10), die auf jeweils eine der Feldfacetten (19) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (27) weiter zum Objektfeld (5) geführt werden. Der Feldfacettenspiegel (13) hat neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) eine Grundbeleuchtung des Objektfelds (5) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K), die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) eine Korrekturbeleuchtung des Objektfelds (5) bereitstellen. Es resultiert eine Beleuchtungsoptik, bei der eine Korrektur von unerwünschten Variationen von Beleuchtungsparametern, beispielsweise einer ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2. Ferner betrifft die Erfindung ein Beleuchtungssystem mit einer derartigen Beleuchtungsoptik und eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen Beleuchtungssystem. Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauelements und ein mit dem Verfahren hergestelltes Bauelement.

[0002] Eine derartige Projektionsbelichtungsanlage ist bekannt aus der US 6,658,084 B2. Weitere Projektionsbelichtungsanlagen sind bekannt aus der US 6,859,328 B2, der US 2007/0041004 A1, der US 2006/0170895 A1, der EP 1 349 009 A2.

[0003] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beleuchtungsoptik der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine Korrektur von unerwünschten Variationen von Beleuchtungsparametern, beispielsweise einer Beleuchtungsintensitätsverteilung oder einer Beleuchtungswinkelverteilung, über das Objektfeld möglich ist.

[0004] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik ein Pupillenfacettenelement mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass auf ein jeweils eine der Feldfacetten treffende Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrekturbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen.

[0005] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass es praktisch ohne Verlust von für die eigentliche Projek-

tionsbelichtung genutztem EUV-Beleuchtungslicht möglich ist, bisher nicht oder nicht effektiv genutztes EUV-Licht zur Korrektur der Objektfeldbeleuchtung heranzuziehen. Hierdurch kann insbesondere eine Beleuchtungsintensitätsverteilung über das Objektfeld bzw. eine Uniformität der Beleuchtung über das Objektfeld vorgegeben werden. Bisher nicht genutzte EUV-Lichtanteile mit beispielsweise geringer Intensität oder Intensitätsvariationen, die vorgegebene Toleranzgrenzen überschreiten, können zur Beaufschlagung der Korrekturbeleuchtungs-Facetten genutzt werden. Durch die Auswahl des Ortes, an dem die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten angeordnet werden, kann die Stärke der Beaufschlagung dieser Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit EUV-Beleuchtungslicht und damit die Stärke des Korrekturfektes vorgegeben werden.

[0006] Über die Anordnung der den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten lässt sich die Korrekturbeeinflussung der Beleuchtungswinkelverteilung vorgeben. Die Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes kann eine reine Korrektur der Intensitätsverteilung des Beleuchtungslichts über das Objektfeld darstellen. Ferner ist es möglich, eine Beleuchtungswinkelverteilung über das Objektfeld zu korrigieren. Auch Kombinationen einer Intensitätsverteilungskorrektur und einer Winkelverteilungskorrektur über das Objektfeld sind möglich. Das Aspektverhältnis zwischen der größeren und der kleineren Felddimension kann beispielsweise 2:1, 3:1, 4:1 oder noch größer sein, wie z. B. 7:1, 8:1, 10:1, 13:1, oder sogar noch größer. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können anders aufgebaut sein als die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten und sich von den Grundbeleuchtungs-Feldfacetten beispielsweise in ihrer Größe oder in ihrer Reflektivität, insbesondere in ihrer Reflektivitätsverteilung, unterscheiden. Die dynamische Steuerbarkeit der Bündelführungswirkung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, die über eine aktorische Ansteuerung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten bewerkstelligt werden kann, ermöglicht eine dynamische Korrektur der Intensitätsverteilung des Beleuchtungslichts über das Objektfeld durch Veränderung eines durch die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette ausgeleuchteten Bereichs innerhalb des Objektfeldes. Die dynamische Steuerbarkeit der Bündelführungswirkung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, die über eine Steuereinrichtung der Beleuchtungsoptik durchgeführt wird, sorgt für eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Korrekturwirkung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten. Die dynamische Steuerbarkeit der Bündelführungswirkung kann durch eine Verlagerung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten selbst oder beispielsweise über eine dynamisch veränderliche Abschattung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten realisiert werden.

[0007] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem

erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1, mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld, mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld, wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden, wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei der Feldfacettenspiegel zwischen mindestens zwei Betriebszuständen umschaltbar ist, die sich in der Anzahl und/Anordnung der zur Beleuchtung des Objektfeldes beitragenden Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten unterscheiden. Das Umschalten zwischen verschiedenen Betriebszuständen kann beispielsweise durch das Zu- und Abschalten wirksamer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten erfolgen. So können beispielsweise bei einem ersten Betriebszustand alle Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, bei einem weiteren Betriebszustand nur ausgewählte Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten und bei einem weiteren Betriebszustand kann keine der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zur Bündelführung wirksam sein. Auch hierdurch ist eine hohe Flexibilität der Korrekturwirkung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten gegeben.

[0008] Es kann eine Mehrzahl von Blenden vorgesehen sein, die vor dem Pupillenfacettenspiegel anordenbar sind, wobei jede der Blenden mindestens eine der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten abschattet. Die Blenden können insbesondere so ausgeführt sein, dass jede der Blenden

- alle Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die den Grundbeleuchtungs-Feldfacetten zugeordnet sind, und zudem
- Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die jeweils einer anderen Gruppierung von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zugeordnet sind,

durchlässt. Solche Blenden können insbesondere in einem Blenden-Wechselhalter vorgehalten werden. Eine dieser Blenden kann auch die Anteile des Be-

leuchtungslicht-Bündels, die allen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zugeordnet sind, blocken, sodass nur die Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die den Grundbeleuchtungs-Feldfacetten zugeordnet sind, durchgelassen werden. Über die Mehrzahl von Blenden kann verschiedenen Beleuchtungssituationen Rechnung getragen werden. So ist es beispielsweise möglich, dass verschiedene Beleuchtungssettings (konventionell, annular, Dipol, Quadrupol, Multipol) verschiedene Korrekturen benötigen, die über jeweils zugeordnete Blenden erreicht werden.

[0009] Die Beleuchtungsoptik kann so ausgebildet sein, dass mindestens eine der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten nicht das gesamte Objektfeld ausleuchtet, sondern lediglich einen Teilbereich hiervon. Dies ermöglicht es, die Intensität an bestimmten Feldpositionen des Objektfeldes gezielt beispielsweise zu überhöhen, falls eine derartige Intensitätskorrektur dort erforderlich ist. Zudem ist eine Feinbeeinflussung der Korrekturwirkung einer solchen lediglich einen Teilbereich des Objektfeldes ausleuchtenden Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette möglich, indem die durch diese Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette erzeugte Ausleuchtung innerhalb des Objektfeldes fein justiert wird.

[0010] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können eine Reflektivität für das Beleuchtungslicht haben, die längs einer langen Feldfacettendimension (x) einen vorgegebenen, definiert von einer konstanten Reflektivität abweichenden Verlauf aufweist. Ein derartiger Reflektivitätsverlauf kann beispielsweise linear über eine Feldhöhe, also linear über eine Felddimension senkrecht zu einer Scanrichtung einer Projektionsbelichtungsanlage, die die Beleuchtungsoptik einsetzt, abhängig ausgeführt sein. Auch andere Abhängigkeiten, zum Beispiel quadratisch oder als höhere Potenz über die Feldhöhe, oder eine Sinus- bzw. Kosinus-Abhängigkeit über die Feldhöhe sind möglich. Allgemein können Sätze von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit Intensitätsvariationen über die Feldhöhe vorgegeben werden, die einem Satz orthogonaler Funktionen entsprechen. Auf diese Weise lassen sich praktisch beliebige Reflektivitätsverläufe als Korrekturwerte vorgeben. Ein Satz von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit vorgegebenem Funktionenverlauf, der beispielsweise eine Polynomzerlegung darstellen kann, kann zu einer Fouriersynthese einer vorgegebenen Intensitätsvariation über das Feld genutzt werden.

[0011] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können abschnittsweise keine hochreflektierende Beschichtung tragen. Bei einer solchen Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten ist die Reflektivität dort, wo keine hochreflektierende Beschichtung vorliegt, in gewünschter Weise vermindert. Derartige Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten werden beispielsweise durch Abblenden der ge-

wünschten Abschnitte bei der Aufbringung der Reflexionsbeschichtung hergestellt.

[0012] Ein EUV-Graufilter mit variabler Reflektivität ist eine Realisierungsvariante für die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit über die Feldhöhe variabler Reflektivität.

[0013] Der Graufilter kann durch Belegung der Reflexionsfläche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit absorbierenden Punktstrukturen mit vorgegebener Verteilung gebildet sein. Derartige Punktstrukturen stellen eine für EUV-Wellenlängen zugängliche Variante eines Graufilters dar.

[0014] Auf der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette kann ein separater Graufilterabschnitt vorliegen. Der Graufilterabschnitt kann von einem für das Beleuchtungslicht reflektierenden Abschnitt getrennt vorliegen. Bei einer derartigen Ausgestaltung sind die Funktionsabschnitte „Filter“ und „Reflektor“ auf den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten separiert, was deren individuelle Bearbeitung vereinfacht.

[0015] In einen derartigen Graufilterabschnitt können absorbierende Punktstrukturen mit konstanter Flächendichte vorliegen. Hierbei wird eine variable Reflektivität durch Variation der Breite des Graufilterabschnitts senkrecht zur langen Feldfacettendimension erreicht. Ein derartiger Graufilterabschnitt lässt sich mit relativ geringem Aufwand herstellen.

[0016] Eine maximale Breite des Graufilterabschnitts kann kleiner sein als die Breite der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette senkrecht zur langen Feldfacettendimension. Ein solcher Graufilter ermöglicht eine feine Vorgabe einer Intensitätsvariation, da nicht ein voller Variationshub der filternden Wirkung des Graufilterabschnitts über die volle Breite der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette senkrecht zur langen Feldfacettendimension vorgegeben ist.

[0017] Im Graufilterabschnitt können die Punktstrukturen mit variierender Flächendichte vorliegen. Bei einer solchen Ausführung ist keine Trennung zwischen einem Filterabschnitt und einem reflektierenden Abschnitt zwingend erforderlich. Dies vermeidet Grenzflächeneffekte zwischen dem Filterabschnitt und dem reflektierenden Abschnitt.

[0018] Die Beleuchtungsoptik kann mindestens zwei gleiche Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweisen. Zu den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann mindestens eine Gruppe von typisierten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten gehören, die den gleichen Reflektivitätsverlauf über die lange Feldfacettendimension aufweisen. Derartige Gruppen ermöglichen eine gleiche Intensitätsbeeinflussung verschiedener Beleuchtungswinkel des Objektfeldes.

[0019] Den gleichen, also typisierten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zugeordnet sein, die punktsymmetrisch zu einem Zentrum der vom Pupillenfacettenspiegel vorgegebenen Pupille angeordnet sind. Eine derart symmetrische Anordnung erlaubt beispielsweise die Anordnung einer Gruppe aus zwei typisierten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zur Korrektur bei zweizähligen Beleuchtungssettings, also bei Dipol-Beleuchtungssettings. Soweit Gruppen zu je vier typisierten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit gleichem Reflektivitätsbereich vorgehalten werden, kann dies beispielsweise zur Korrektur von Beleuchtungsparametern der Objektfeldbeleuchtung genutzt werden, ohne hierbei gleichzeitig die Telezentrie und/oder die Elliptizität der Objektfeldbeleuchtung zu beeinflussen. Alternativ ist auch eine gezielte Abweichung der Anordnung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten beziehungsweise der Ausformung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten möglich, damit neben einer Intensitätsverteilung der Objektfeldbeleuchtung gleichzeitig in vorgegebener Weise auch eine Beleuchtungswinkelverteilung beeinflusst werden kann.

[0020] Effektiv beleuchtete Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können eine Berandungsform aufweisen, die von einer Berandungsform der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten abweicht. Ein effektiv beleuchteter Bereich der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette ist derjenige Bereich der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette, dessen Beleuchtung tatsächlich zum Ausleuchtungskanal beiträgt. Auf den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten abgeschattete Bereiche tragen in diesem Sinne nicht zum effektiv beleuchteten Bereich dieser Facette bei. Alternativ zu einer Beeinflussung der Berandungsform über eine selektive Abschattung von Teilen der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette kann eine von einer Berandungsform der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten abweichende Berandungsform auch durch eine anders als die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten gewählte Außenform der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten erreicht werden. Die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten können beispielsweise eine rechteckige oder auch eine gebogene Berandungsform aufweisen.

[0021] Die Berandungsform der effektiv beleuchteten Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann mindestens einen Wendepunkt aufweisen. Hierdurch lassen sich auch komplexere Intensitätsverläufe über die lange Feldfacettendimension und damit über die lange Objektfelddimension realisieren.

[0022] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können eine Fläche aufweisen, die eine Teilfläche einer Grundbeleuchtungs-Feldfacette darstellt. Bei einer solchen Teilfeld-Beleuchtung können die diese Teilfeld-Beleuchtung gewährleistenden Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten einen effektiv beleuchteten

Flächenbereich aufweisen, der zwischen 1% und einem Großteil, beispielsweise 90%, der beleuchteten Flächen der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten beträgt. Der effektiv beleuchtete Flächenbereich der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann 5%, 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 75%, 80% der beleuchteten Fläche einer der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten betragen.

[0023] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette kann als aktiv verlagerbarer, insbesondere als aktiv verkippter und/oder verschiebbarer Spiegel ausgeführt sein. Derartige Spiegel ermöglichen eine Auswahl eines im Objektfeld zu korrigierenden Objektfeldabschnitts.

[0024] Eine Berandungsform der effektiv beleuchteten Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten und/oder der effektiv beleuchteten Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten kann über einen Abschattungskörper beeinflusst werden. Ein solcher Abschattungskörper ermöglicht eine gezielte Beeinflussung der korrigierenden Wirkung der Korrekturbeleuchtungs-Facetten.

[0025] Eine Tragstruktur, mit der der Abschattungskörper gehalten ist, kann in einem abgeschatteten Raum des Feldfacettenspiegels untergebracht sein. Eine derartige Tragstruktur führt selbst zu keiner unerwünschten Abschattung.

[0026] Ein Abschattungskörper der gegenüber einer durch die Reflexionsfläche des Facettenspiegels vorgegebenen Reflexionsebene beabstandet angeordnet ist, kann gegenüber dem Facettenspiegel verlagert werden, was zur gezielten Beeinflussung der Korrekturwirkung der jeweiligen Korrekturbeleuchtungs-Facette genutzt werden kann. Ein derartiger Abschattungskörper kann mit einem ansonsten gegenüber einer Grundbeleuchtungs-Facette unveränderten Facette genutzt werden.

[0027] Ein zwischen zwei Facetten angebrachter Abschattungskörper kann gleichzeitig zwei Korrekturbeleuchtungs-Facetten beeinflussen.

[0028] Der Abschattungskörper kann einen Grundkörper aufweisen,

- der sich längs eines Spaltes zwischen zwei benachbarten Facetten erstreckt,
- dessen Breite höchstens so groß ist wie die Breite des Spaltes zwischen den beiden benachbarten Facetten und
- an dem Abschattungsabschnitte angeordnet sind, deren Breite größer ist als die Breite des Spaltes zwischen den beiden benachbarten Facetten.

[0029] Ein derartiger Abschattungskörper ermöglicht eine definierte Abschattungswirkung über die

gesamte große Felddimension.

[0030] Ein Draht ist ein unaufwändiger Grundkörper.

[0031] Ein Folienstreifen oder ein Band als Grundkörper lässt sich relativ einfach handhaben.

[0032] Die Abschattungsabschnitte können derart ausgebildet sein, dass sie durch randseitiges Abtragen oder Zuschneiden eines Roh-Grundkörpers geformt sind, wodurch dann auch der Grundkörper hergestellt wird. Die Abschattungsabschnitte können durch Dickenvariationen des Grundkörpers zumindest in einer Dimension senkrecht zur Strahlrichtung des Beleuchtungslicht-Bündels gebildet sein. Derartige Formen bzw. Formgebungsverfahren haben sich als zur über die Feldhöhe des Objektfelds selektiven Abschattung besonders geeignet herausgestellt.

[0033] Eine sinusförmige Dickenvariation des Grundkörpers wird bestimmten Korrekturwünschen in besonders vorteilhafter Weise gerecht. Es können auch mehrere derartiger Grundkörper mit sinusförmiger Dickenvariation in Strahlrichtung übereinander oder nebeneinander angeordnet sein, die relativ zueinander verschiebbar sind. Dies ermöglicht eine Feineinstellung eines Intensitätsverlaufs über die große Felddimension durch Relativverschiebung der beiden Grundkörper mit sinusförmiger Dickenvariation zueinander.

[0034] Scheibenförmige Abschattungsabschnitte ermöglichen eine Variation ihrer effektiv wirksamen Abschattungsgröße je nach Orientierung einer Normale auf die Scheibenebene zur Richtung des abzuschattenden Strahls.

[0035] Eine Mehrzahl von Abschattungsabschnitten kann längs des Grundkörpers in einer Abfolge angeordnet sein, die einer vorgegebenen Intensitätsverteilung $I(x)$ in einer Feldebene der Beleuchtungsoptik entspricht. Eine derartige Anordnung stellt eine definierte Möglichkeit zur Vorgabe einer Intensitätsvariation über die Feldhöhe (x) dar.

[0036] Eine Mehrzahl von Abschattungskörpern kann vorgesehen sein mit jeweils einem Grundkörper und jeweils einer Mehrzahl von Abschattungsabschnitten, wobei sich mindestens zwei der Abschattungskörper unterscheiden in mindestens einer der folgenden Größen:

- Abstand der Abschattungsabschnitte längs des Grundkörpers,
- Position der Abschattungsabschnitte relativ zur zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Facette,
- Abschattungs-Durchmesser des Abschattungsabschnitts.

[0037] Solche Abschattungskörper schaffen die

Möglichkeit einer Überlagerung von Intensitätsvariationen durch die Beeinflussung der Korrekturbeleuchtungsfacetten. Durch derartige Intensitätsvariationen kann nach Art einer Fourier-Zerlegung eine gewünschte, vorgegebene Intensitätsverteilung einer Objektfeldbeleuchtung erzeugt werden.

[0038] Ein Abschattungskörper, der längs der größeren Feldfacettendimension länger ist als die ihm zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Facette, kann durch Verlagerung gegenüber der Facette längs der größeren Feldfacettendimension in seiner Wirkung auf diese Facette gezielt beeinflusst werden. Diese Verlagerung des Abschattungskörpers kann zur Vorgabe wechselnder Beleuchtungsfelder genutzt werden.

[0039] Beide Enden des Abschattungskörpers können auf jeweils einer Rolle aufgewickelt und abspulbar sein, wobei ein zur Abschattung genutzter Bereich des Abschattungskörpers zwischen den beiden Rollen geführt ist. Eine solche Halterung des Abschattungskörpers ist praxisgerecht.

[0040] Ein Antrieb zum Aufwickeln und Abspulen des Abschattungskörpers ermöglicht es, den Abschattungskörper gesteuert an eine gewünschte Intensitätsvariation anzupassen.

[0041] Die Rollen sowie der Antrieb zum Aufwickeln und Abspulen des Abschattungskörpers können außerhalb eines evakuierten Raumes angeordnet sein, in dem die sonstige Beleuchtungsoptik angeordnet ist. Der Antrieb und die Rollen müssen dann nicht vakuumtauglich sein.

[0042] Eine Formungseinrichtung zur Vorgabe einer Form der Abschattungsabschnitte, bei der es sich insbesondere um eine Zuschneideeinrichtung handeln kann, ermöglicht eine Online-Anpassung der intensitätsvariierenden Wirkung des Abschattungskörpers.

[0043] Eine Leseinrichtung zur Erfassung von Markierungen auf dem Abschattungskörper ermöglicht es beispielsweise, eine markierte oder codierte Abfolge von Abschattungsabschnitten für eine nachfolgende Auswahl zuzuordnen. Zudem ist mit einer solchen Leseinrichtung eine Positionskontrolle von Abschattungsabschnitten auf dem Abschattungskörper möglich.

[0044] Der Abschattungskörper kann einen Einfügeabschnitt aufweisen, der zwischen zwei Facetten eingefügt ist. Ein solcher Einfügeabschnitt gewährleistet eine sichere Relativpositionierung des Abschattungskörpers zu den Korrekturbeleuchtungs-Facetten.

[0045] Ein senkrecht zu einer Reflexionsfläche des

Facettenspiegels verlagerbarer Abschattungskörper erlaubt eine Feineinstellung der Abschattungswirkung des Abschattungskörpers.

[0046] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können außerhalb einer von der Gesamtheit der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten vorgegebenen beleuchteten Kontur des Feldfacettenspiegels angeordnet sein. Bei einer derartigen Anordnung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können bisher nicht aktiv genutzte Lichtanteile genutzt werden. Prinzipiell ist es auch möglich, interne Facetten des Feldfacettenspiegels als Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten heranzuziehen.

[0047] Die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten können innerhalb einer von der Gesamtheit der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten vorgegebenen beleuchteten Kontur des Pupillenfacettenspiegels angeordnet sein. Eine solche Anordnung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten ermöglicht eine Verstärkung der Beleuchtung aus Beleuchtungswinkeln von Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten, die eine unerwünscht geringe Beleuchtungsintensität weitergeben, durch Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten, die diesen Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten direkt benachbart sind.

[0048] Ein Abschattungskörper, der mindestens einer der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zugeordnet ist und diese variabel abdeckt, erlaubt eine Beeinflussung einer Korrekturwirkung der zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette.

[0049] Zumindest einige der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten können jeweils mit einem Aktor bzw. Aktuator zur Verlagerung, insbesondere zur Verkippung und/oder Verschiebung, der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten zusammenwirken. Mit einer solchen aktorischen Verkippung kann insbesondere eine Verschiebung von Quellbildern auf dem Pupillenfacettenspiegel erreicht werden. Dies kann zur Korrektur der Objektfeldbeleuchtung herangezogen werden.

[0050] Entsprechendes gilt für eine aktorische Verlagerungsmöglichkeit der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten.

[0051] Durch eine aktorische Verlagerbarkeit, insbesondere durch eine Verlagerbarkeit und/oder Verschiebbarkeit, der Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten kann insbesondere eine Verschiebung der Feldbeiträge einzelner Ausleuchtungskanäle erreicht werden. Auch ein Wechsel der Zuordnung von Feld- zu Pupillenfacetten innerhalb eines Ausleuchtungskanals ist möglich.

[0052] Entsprechendes gilt für eine aktorische Verlagerbarkeit der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfa-

cetten.

[0053] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können relativ zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten so ausgerichtet sein, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels, der von den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten weitergeleitet wird, nicht vollständig von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten weitergeführt ist, sondern gezielt randseitig abgeschnitten ist. Ein solches randseitiges Abschneiden kann zur Korrektur der Objektfeldbeleuchtung herangezogen werden.

[0054] Entsprechendes gilt für ein randseitiges Abschneiden des von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zum Objektfeld weitergeleiteten Anteils des Beleuchtungslicht-Bündels am Rand des Objektfelds selbst.

[0055] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei der Feldfacettenspiegel mindestens zwei gleiche Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist.

[0056] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mindestens einen Wendepunkt aufweist.

[0057] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten und/oder effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuch-

tungs-Pupillenfacetten über einen Abschattungskörper beeinflusst wird, wobei eine Tragstruktur, mit der der Abschattungskörper gehalten ist, in einem abgeschatteten Raum des Feldfacettenspiegels untergebracht ist.

[0058] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten aufweist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten relativ zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels, der von den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten weitergeleitet wird, nicht vollständig von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten weitergeführt ist, sondern gezielt randseitig abgeschnitten ist.

[0059] Die eingangs genannte Aufgabe ist zudem erfindungsgemäß gelöst durch eine Beleuchtungsoptik für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels von einer Strahlungsquelle hin zu einem Objektfeld mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension und einer kleineren Felddimension, welches größer ist als 1,

- mit einem Feldfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Feldfacetten zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld,
- mit einer dem Feldfacettenspiegel nachfolgenden Folgeoptik zur Überführung des Beleuchtungslichts in das Objektfeld,
- wobei die Folgeoptik einen Pupillenfacettenspiegel mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten auf-

weist, wobei die Feldfacetten den Pupillenfacetten jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels, die auf jeweils eine der Feldfacetten treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette weiter zum Objektfeld geführt werden,

wobei der Feldfacettenspiegel neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes bereitstellen, wobei die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten relativ zum Objektfeld so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels, der von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zum Objektfeld weitergeleitet wird, nicht vollständig das Objektfeld erreicht, sondern gezielt randseitig abgeschnitten wird.

[0060] Soweit die vorstehend angegebenen erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptiken auch ohne eine dynamische Steuerbarkeit der Bündelführungswirkung bzw. ohne eine Umschaltung des Feldfacettenspiegels zwischen mindestens zwei Betriebszuständen auskommen, sind für diese erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptiken Weiterbildungen möglich, die vorstehend im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptiken diskutiert wurden, deren Bündelführungswirkung dynamisch steuerbar ist oder bei denen der Feldfacettenspiegel zwischen mindestens zwei Betriebszuständen umschaltbar ist.

[0061] Die Vorteile eines Beleuchtungssystems mit einer EUV-Strahlungsquelle zur Erzeugung eines Beleuchtungslicht-Bündels und mit einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptik; die Vorteile einer Projektionsbelichtungsanlage mit einem erfindungsgemäßen Beleuchtungssystem und mit einer Projektionsoptik zum Projizieren des Objektfeldes auf ein Bildfeld; die Vorteile eines Herstellungsverfahrens mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Retikels,
- Bereitstellen eines Wafers mit einer für das Beleuchtungslicht lichtempfindlichen Beschichtung
- Projizieren zumindest eines Abschnitts des Retikels auf den Wafer mithilfe der erfindungsgemäßen Projektionsbelichtungsanlage,
- Entwickeln der mit dem Beleuchtungslicht-Bündel belichteten lichtempfindlichen Schicht auf dem Wafer;

und die Vorteile eines erfindungsgemäß hergestellten mikro- bzw. nanostrukturierten Bauteils entsprechen denen, die unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Beleuchtungsoptik erläutert wurden.

[0062] Ein Verfahren zur Beleuchtungskorrektur unter Einsatz der erfindungsgemäßen Beleuchtungsoptik kann folgende Schritte umfassen:

- Ermitteln einer Intensitätsverteilung oder einer Winkelverteilung einer Beleuchtung des Objektfeldes mit dem Beleuchtungslicht-Bündel der Strahlungsquelle,
- Bereitstellen einer Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K; 71**) und einer Zuordnung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K; 76**) zu diesen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K; 71**), sodass sich die gewünschte Intensitätsverteilung oder Winkelverteilung ergibt.

[0063] Das Bereitstellen der Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten und der Zuordnung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zu diesen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann insbesondere durch eine Berechnung erfolgen. Alternativ ist es möglich, die Bereitstellung aufgrund einer vorher erzeugten Kalibriertabelle vorzunehmen, in der die der jeweils ermittelten Intensitäts- oder Winkelverteilung zugeordneten Ausgestaltungen der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten und Zuordnungen der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zu den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten abgelegt sind.

[0064] Die Intensitätsverteilung oder die Winkelverteilung der Beleuchtung des Objektfeldes kann entweder direkt gemessen oder in abgeleiteter Form gemessen werden. Eine Messung in abgeleiteter Form kann beispielsweise über eine Messung der Intensitätsverteilung oder der Winkelverteilung der Beleuchtung des Objektfeldes in einer von der Objektebene beabstandeten Ebene erfolgen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Intensitätsverteilung oder die Winkelverteilung der Beleuchtung des Objektfeldes abgeleitet über eine Messung anderer Parameter zu ermitteln, beispielsweise über eine Messung einer Lichtverteilung von Justierstrahlung oder mitgeführter Strahlung anderer Wellenlängen oder über eine Messung indirekter Parameter wie beispielsweise der Erwärmung bestimmter Bauteile oder einer Streulichtmessung. Die Berechnung der Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann die Berechnung einer Anordnung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten auf dem Feldfacettenspiegel und/oder die Berechnung eines Reflektivitätsverlaufes einzelner oder aller Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, also einer effektiven Form dieser Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, beinhalten. Die Bereitstellung der berechneten Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann über eine Bereitstellung eines entsprechend ausgestalteten komplett neuen Feldfacettenspiegels oder auch über eine gezielte Auswahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten des schon vorhandenen Feldfacettenspiegels beispielsweise über Wechselblenden erfolgen.

[0065] Bei der Beleuchtungskorrektur kann zwischen verschiedenen Betriebszuständen und damit zwischen verschiedenen Anordnungen wirksamer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten gewählt werden.

[0066] Die Berechnung der Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann auf Basis eines Funktionensatzes, beispielsweise auf Basis eines orthogonalen Funktionensatzes, erfolgen, wobei die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten effektive Reflektivitäten für das Beleuchtungslicht über die lange Feldfacettendimension aufweisen können, die Funktionen dieses Funktionensatzes entsprechen.

[0067] Die Vorteile dieser Beleuchtungskorrekturverfahren entsprechen denjenigen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Beleuchtungsoptik bereits erläutert wurden.

[0068] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

[0069] [Fig. 1](#) schematisch in einem Meridionalschnitt eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithografie mit einer Beleuchtungsoptik und einer Projektionsoptik;

[0070] [Fig. 2](#) schematisch und jeweils in einer Aufsicht einen Feldfacettenspiegel sowie einen Pupillenfacettenspiegel der Beleuchtungsoptik nach [Fig. 1](#), wobei dem Pupillenfacettenspiegel mehrere Blenden zur Abdeckung von Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zugeordnet sind;

[0071] [Fig. 3](#) verschiedene Typen von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit diesen räumlich zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten, jeweils in einer Aufsicht;

[0072] [Fig. 4](#) eine weitere Ausführung einer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette in einer Aufsicht;

[0073] [Fig. 5](#) eine weitere Ausführung einer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette in einer Aufsicht;

[0074] [Fig. 6](#) in einer Seitenansicht zwei ausgeleuchtete und in Bezug auf eine Gesamt-Reflexions-ebene gegeneinander versetzt angeordnete Feldfacetten des Feldfacettenspiegels mit einem aufgrund des Versatzes und einer schrägen Beleuchtung entstehenden Abschattungsbauräum;

[0075] [Fig. 7](#) schematisch die Ausleuchtung eines Objektfeldes der Beleuchtungsoptik mit einem Ausleuchtungskanal mit einer einzigen Feldfacette und einer einzigen zugeordneten Pupillenfacette, wobei die Facetten jeweils in Aufsicht und eine Feldabhängigkeit der Ausleuchtung zusätzlich in einem Dia-

gramm dargestellt ist;

[0076] [Fig. 8](#) schematisch die Überlagerung von insgesamt neun Ausleuchtungskanälen mit neun Feldfacetten und neun zugeordneten Pupillenfacetten im Objektfeld, wobei die Facetten sowie die sich im Objektfeld überlagernden Ausleuchtungskanäle jeweils in Aufsicht dargestellt sind;

[0077] [Fig. 9](#) in einer zu [Fig. 8](#) ähnlichen Darstellung eine Überlagerung, wobei bestimmten Feldfacetten Abschattungskörper mit einem Draht als Grundkörper und Abschattungsabschnitten in Form von Verdickungen des Grundkörpers zugeordnet sind, die eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche dieser Feldfacetten beeinflussen;

[0078] [Fig. 10](#) in einer zu [Fig. 8](#) ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung von paarweise unterschiedlich ausgebildeten Abschattungskörpern zur Beeinflussung der Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Feldfacetten;

[0079] [Fig. 11](#) den Feldfacettenspiegel mit den Abschattungskörpern nach [Fig. 9](#) zusammen mit Rollen zum Aufwickeln der Abschattungskörper;

[0080] [Fig. 12](#) perspektivisch eine einzelne Feldfacette zusammen mit einem Abschattungskörper mit einem Draht als Grundkörper und Abschattungsabschnitten, wobei der Abschattungskörper über Rollen geführt und auf diese aufgewickelt ist;

[0081] [Fig. 13](#) in einer Aufsicht einen Feldfacettenspiegel mit einer weiteren Variante eines zwischen zwei Feldfacetten angeordneten Abschattungskörpers zur Beeinflussung einer Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche bestimmter Feldfacetten;

[0082] [Fig. 14](#) eine Aufsicht auf eine weitere Ausführung eines mit zusätzlichen Details dargestellten Feldfacettenspiegels mit einer weiteren Ausführung von Abschattungskörpern mit zwischen zwei Feldfacetten eingefügten Einfügeabschnitten;

[0083] [Fig. 15](#) perspektivisch einen Ausschnitt des Feldfacettenspiegels nach [Fig. 14](#) mit zwei Feldfacetten und einem zwischen diesen angeordneten Abschattungskörper;

[0084] [Fig. 16](#) eine Seitenansicht zweier Blöcke von Feldfacetten des Feldfacettenspiegels nach [Fig. 14](#) mit einem zwischen den beiden Feldfacettenblöcken angeordneten Abschattungskörper mit einem Einfügeabschnitt;

[0085] [Fig. 17](#) sieben nebeneinander liegende Feldfacetten des Feldfacettenspiegels nach [Fig. 14](#) mit zwei Abschattungskörpern einer weiteren Abschattungskörper-Variante, die ebenfalls über einen

Einfügeabschnitt zwischen jeweils zwei Facetten des Feldfacettenspiegels eingefügt sind;

[0086] [Fig. 18](#) in einer zu [Fig. 16](#) ähnlichen Darstellung die Ausführung mit einem Abschattungskörper des Typs nach [Fig. 17](#), wobei der Abschattungskörper zwischen zwei Blöcken von Feldfacetten angeordnet ist;

[0087] [Fig. 19](#) in einer zu [Fig. 7](#) ähnlichen Darstellung eine Anordnung mit Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, die eine Fläche aufweisen, die eine Teilfläche einer Grundbeleuchtungs-Feldfacette des Feldfacettenspiegels darstellen;

[0088] [Fig. 20](#) in einer zu [Fig. 2](#) ähnlichen Darstellung ein Anwendungsbeispiel der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten nach [Fig. 19](#) mit zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten;

[0089] [Fig. 21](#) schematisch eine Aufsicht auf einen Pupillenfacettenspiegel, auf dessen Pupillenfacetten Quellbilder einer Strahlungsquelle der Projektionsbeleuchtungsanlage liegen;

[0090] [Fig. 22](#) schematisch einen dem Objektfeld entsprechenden Retikelabschnitt mit zwei auf diesem überlagerten und einander bereichsweise überlappenden Ausleuchtungskanälen;

[0091] [Fig. 23](#) eine einzelne Pupillenfacette mit randseitig auftreffendem Quellbild;

[0092] [Fig. 24](#) in einer zu [Fig. 22](#) ähnlichen Darstellung den Retikelabschnitt mit einem in Bezug auf eine Retikel-Scanrichtung randseitig auftreffenden Ausleuchtungskanal;

[0093] [Fig. 25](#) in einer zu [Fig. 21](#) ähnlichen Darstellung den Pupillenfacettenspiegel mit auf den einzelnen Pupillenfacetten jeweils in gleicher Weise zum Rand hin verschobenen Quellbildern;

[0094] [Fig. 26](#) in einer zu [Fig. 21](#) ähnlichen Darstellung den Pupillenfacettenspiegel mit individuell auf den Pupillenfacettenspiegeln positionierten oder randseitig abgeschnittenen Quellbildern;

[0095] [Fig. 27](#) in einer zu [Fig. 21](#) ähnlichen Darstellung den Pupillenfacettenspiegel mit einer Anordnung ausgeleuchteter Pupillenfacetten;

[0096] [Fig. 28](#) in einer zu [Fig. 21](#) ähnlichen Darstellung den Pupillenfacettenspiegel mit einer weiteren Anordnung ausgeleuchteter Pupillenfacetten;

[0097] [Fig. 29](#) schematisch verschiedene Zuordnungen von Feldfacetten über Ausleuchtungskanäle zu Pupillenfacetten;

[0098] [Fig. 30](#) in einer zu [Fig. 24](#) ähnlichen Darstellung den Retikelabschnitt mit einem seitlich, also senkrecht zur Retikel-Scanrichtung, abgeschnittenen Ausleuchtungskanal;

[0099] [Fig. 31](#) in einer zu [Fig. 24](#) ähnlichen Darstellung eine Ausleuchtung des Retikelabschnitts mit zwei Teil-Ausleuchtungskanälen, von denen einer seitlich abgeschnitten ist.

[0100] [Fig. 1](#) zeigt schematisch in einem Meridionalschnitt eine Projektionsbelichtungsanlage **1** für die Mikrolithografie. Ein Beleuchtungssystem **2** der Projektionsbelichtungsanlage **1** hat neben einer Strahlungsquelle **3** eine Beleuchtungsoptik **4** zur Belichtung eines Objektfeldes **5** in einer Objektebene **6**. Belichtet wird hierbei ein im Objektfeld **5** angeordnetes und in der [Fig. 1](#) nicht dargestelltes Retikel, das eine mit der Projektionsbelichtungsanlage **1** zur Herstellung mikro- bzw. nanostrukturierter Halbleiter-Bauelemente zu projizierende Struktur trägt. Eine Projektionsoptik **7** dient zur Abbildung des Objektfeldes **5** in ein Bildfeld **8** in einer Bildebene **9**. Abgebildet wird die Struktur auf dem Retikel auf eine lichtempfindliche Schicht eines im Bereich des Bildfeldes **8** in der Bildebene **9** angeordneten Wafers, der in der Zeichnung nicht dargestellt ist.

[0101] Bei der Strahlungsquelle **3** 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, Gas Discharge Produced Plasma), oder um eine LPP-Quelle (Plasmaerzeugung durch Laser, Laser Produced Plasma) handeln. Auch andere EUV-Strahlungsquellen, beispielsweise solche, die auf einem Synchrotron basieren, sind möglich. EUV-Strahlung **10**, die von der Strahlungsquelle **3** ausgeht, wird von einem Kollektor **11** gebündelt. Ein entsprechender Kollektor ist beispielsweise aus der EP 1 225 481 A bekannt. Nach dem Kollektor **11** propagiert die EUV-Strahlung **10** durch eine Zwischenfokusebene **12**, bevor sie auf einen Feldfacettenspiegel **13** trifft. Der Feldfacettenspiegel **13** ist in einer Ebene der Beleuchtungsoptik **4** angeordnet, die zur Objektebene **6** optisch konjugiert ist.

[0102] Die EUV-Strahlung **10** wird nachfolgend auch als Beleuchtungslicht oder als Abbildungslicht bezeichnet.

[0103] Nach dem Feldfacettenspiegel **13** wird die EUV-Strahlung **10** von einem Pupillenfacettenspiegel **14** reflektiert. Die EUV-Strahlung **10** trifft auf die beiden Facettenspiegel **13**, **14** unter einem Einfallswinkel auf, der kleiner oder gleich 25° ist. Die beiden Facettenspiegel werden also im Bereich eines normal incidence-Betriebs mit der EUV-Strahlung **10** beaufschlagt. Der Pupillenfacettenspiegel **14** ist in einer

Ebene der Beleuchtungsoptik **4** angeordnet, die zu einer Pupillenebene der Projektionsoptik **7** optisch konjugiert ist. Mithilfe des Pupillenfacettenspiegels **14** und einer abbildenden optischen Baugruppe in Form einer Übertragungsoptik **15** mit in der Reihenfolge des Strahlengangs für die EUV-Strahlung **10** bezeichneten Spiegeln **16**, **17** und **18** werden Feldfacetten **19** (vgl. [Fig. 2](#)) des Feldfacettenspiegels **13** einander überlagernd in das Objektfeld **5** abgebildet. Der letzte Spiegel **18** der Übertragungsoptik **15** ist ein Spiegel für streifenden Einfall („Grazing incidence Spiegel“). Die Übertragungsoptik **15** wird zusammen mit dem Pupillenfacettenspiegel **14** auch als Folgeoptik zur Überführung der EUV-Strahlung **10** vom Feldfacettenspiegel **13** hin zum Objektfeld **5** bezeichnet.

[0104] Zur Erleichterung der Erläuterung von Lagebeziehungen wird nachfolgend ein kartesisches xyz-Koordinatensystem verwendet. Die x-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) senkrecht zur Zeichenebene auf den Betrachter zu. Die y-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) nach rechts. Die z-Achse verläuft in der [Fig. 1](#) nach oben.

[0105] Das Retikel, das von einem nicht dargestellten Retikelhalter gehalten ist, und der Wafer, der von einem nicht dargestellten Waferhalter gehalten ist, werden beim Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage **1** synchron in der y-Richtung gescannt.

[0106] Das Objektfeld **5** ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel bogenförmig, wobei das Retikel (vgl. das Retikel **20** in der [Fig. 22](#)) entsprechend bogenförmig gestaltet ist. Das Objektfeld **5** kann daher nachfolgend anhand der Darstellung des Retikels **20** in der [Fig. 22](#) erläutert werden. Das Objektfeld **5** hat die Form eines Teilrings, der einen Sektorwinkel S überstreicht, der im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa 75° beträgt. Auch andere Sektorwinkel S sind möglich. Das Objektfeld **5** ist begrenzt von einer inneren Bogenseite **21** mit Radius R_i , einer äußeren Bogenseite **22** mit Radius R_a und zwei das Objektfeld **5** seitlich begrenzenden, radial verlaufenden Radialseiten, nämlich einer in der [Fig. 2](#) linken Radialseite **23** und einer in der [Fig. 22](#) rechten Radialseite **24**. Zwischen den beiden Mitten der Radialseiten **23**, **24** hat das Objektfeld **5** eine x-Erstreckung von x_0 . Zwischen den beiden Mitten der Bogenseiten **21**, **22** hat das Objektfeld **5** eine y-Erstreckung von y_0 . Das Aspektverhältnis x_0/y_0 des Objektfeldes **5** ist deutlich größer als 1. Im dargestellten Ausführungsbeispiel der [Fig. 22](#) ist dieses Aspektverhältnis x_0/y_0 etwa 7/1. Auch andere Aspektverhältnisse sind möglich, beispielsweise ein Aspektverhältnis von 13/1. Aufgrund dieser Aspektverhältnisse wird die x-Achse auch als lange Feldachse und die y-Achse auch als kurze Feldachse bezeichnet. Eine bestimmte x-Koordinate innerhalb des Objektfeldes **5** wird auch als Feldhöhe bezeichnet. Die rechteckigen Feldfacetten **19** des

Feldfacettenspiegel **13** (vgl. [Fig. 2](#)) haben ein x/y -Aspektverhältnis, welches dem x_0/y_0 -Aspektverhältnis des Objektfelds **5** entspricht.

[0107] Die Feldfacetten **19** des Feldfacettenspiegels **13** sind in Feldfacettenblöcke **25** mit einer Mehrzahl von Feldfacetten **19**, im dargestellten Ausführungsbeispiel mit jeweils acht Feldfacetten **19**, zusammengefasst. Dargestellt sind in der [Fig. 2](#) insgesamt vier derartiger Feldfacettenblöcke **25**. In der Praxis liegt eine wesentlich höhere Anzahl derartiger Feldfacettenblöcke **25** vor, so dass der Feldfacettenspiegel **13** mehrere hundert Feldfacetten **19** aufweist. Die Feldfacettenblöcke **25** sind auf einem Feldfacettenträger **26** angeordnet, der in der Praxis in mehreren Freiheitsgraden justierbar ist. Je nach Ausführung des Feldfacettenspiegels **13** können auch die Feldfacettenblöcke **25** gegenüber dem Feldfacettenträger **26** und alternativ oder zusätzlich auch die Feldfacetten **19** innerhalb der Feldfacettenblöcke **25** justierbar ausgeführt sein.

[0108] Der Pupillenfacettenspiegel **14** (vgl. [Fig. 2](#)) hat eine Mehrzahl runder Pupillenfacetten **27**, die beispielsweise hexagonal dicht gepackt auf einem Pupillenfacettenträger **28** angeordnet sind.

[0109] Die Feldfacetten **19** und die Pupillenfacetten **27** können eine abbildende Wirkung haben und beispielsweise sphärisch konkav geformt sein.

[0110] Der Pupillenfacettenträger **28** kann entsprechend dem Feldfacettenträger **26** justierbar ausgeführt sein. Alternativ oder zusätzlich zu einer Justierbarkeit des Pupillenfacettenträgers **28** können auch die einzelnen Pupillenfacetten **27** zum Pupillenfacettenträger **28** justierbar ausgeführt sein.

[0111] Die hochreflektierende Beschichtung auf den Facetten ist in der Praxis eine Multilager-Beschichtung mit alternierenden Molybdän- und Siliziumschichten. Bei den Facetten **19**, **27** handelt es sich um Spiegelfacetten für die EUV-Strahlung **10**. Zur Justierung einzelner Feldfacetten **19** und/oder einzelner Pupillenfacetten **27** können diese Facetten individuell mit ihnen zugeordneten Aktoren verbunden sein. Diese Aktoren können so ausgeführt sein, dass sie eine Verkippung der individuellen Feldfacetten um zwei in der Reflexionsebene der jeweiligen Facette liegende Achsen ermöglichen.

[0112] Die Feldfacetten **19** sind den Pupillenfacetten **27** jeweils individuell zugeordnet, so dass auf jeweils eine der Feldfacetten **19** treffende Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels der EUV-Strahlung **10** über die zugeordnete Pupillenfacette **27** weiter zum Objektfeld **5** geführt werden. Durch die beiden Facettenspiegel **13**, **14** ist daher eine Mehrzahl von Ausleuchtungskanälen definiert, die die EUV-Strahlung **10** kanalweise hin zum Objektfeld **5** führen. Insgesamt

liegen bei der in der [Fig. 2](#) schematisch dargestellten Ausführung zweiunddreißig derartiger Ausleuchtungskanäle vor. Auf den Pupillenfacetten **27** wird in jedem der Ausleuchtungskanäle die Strahlungsquelle **3** abgebildet.

[0113] Die Feldfacetten **19** und die Pupillenfacetten **27** sind in jeweils zwei Facettentypen unterteilt. In der [Fig. 2](#) offen dargestellt sind Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G**. In der [Fig. 2](#) schraffiert dargestellt sind Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K**. Den Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G** über Ausleuchtungskanäle zugeordnet sind Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_G**, die in der [Fig. 2](#) als offene Kreise dargestellt sind.

[0114] Den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** sind Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** zugeordnet, die in der [Fig. 2](#) schraffiert dargestellt sind.

[0115] Die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G** stellen über die zugeordneten Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_G** eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes **5** über Grund-Ausleuchtungskanäle bereit. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** stellen über die zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** eine Korrekturbeleuchtung des Objektfeldes **5** über Korrektur-Ausleuchtungskanäle bereit.

[0116] Die Auswahl, welche der Feldfacetten **19** des Feldfacettenspiegels **13** als Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G** und welche der Feldfacetten **19** als Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** herangezogen werden, erfolgt je nach der Geometrie und der Intensitätsverteilung der Ausleuchtung des Feldfacettenspiegels **13** mit dem Beleuchtungslicht-Bündel der EUV-Strahlung **10** sowie je nach der vorgegebenen gewünschten Ausleuchtung des Objektfeldes **5**. Als Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** werden beispielsweise solche herangezogen, deren Ausleuchtung für eine Grundbeleuchtung hinsichtlich ihrer Intensität nicht ausreichend ist oder deren Ausleuchtung eine Intensitätsverteilung aufweist, die zur Grundbeleuchtung nicht akzeptabel ist. Als Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** können beispielsweise randseitige Feldfacetten **19** oder Feldfacetten **19** herangezogen werden, die teilweise beispielsweise aufgrund von Abschattungen nicht oder abgeschwächt mit der EUV-Strahlung beaufschlagt werden.

[0117] Dem Pupillenfacettenspiegel **14** ist eine Mehrzahl von Blenden **29**, **30**, **31**, **32** (vergleiche [Fig. 2](#)) zugeordnet, die in einem Blenden-Wechselhalter **33** (vgl. [Fig. 1](#)) bereitgehalten werden. Die Blenden **29** bis **32** können über den Blenden-Wechselhalter **33** individuell zwischen einer in der [Fig. 1](#) durchgezogen dargestellten Ruhestellung und einer

in der [Fig. 1](#) gestrichelt dargestellten Blendenstellung vor der Spiegelfläche des Pupillenfacettenspiegels **14** verlagert werden. In der Blendenstellung sorgen die Blenden **29** bis **32** dafür, dass die EUV-Strahlung **10** längs der definierten Grund-Ausleuchtungskanäle propagiert. Ferner ist über die Blenden **29** bis **32** eine Auswahl der zur Korrekturbeleuchtung eingesetzten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_k** gegeben.

[0118] Die Blende **29** lässt in der Blendenstellung eine Korrekturbeleuchtung über alle sechs in der [Fig. 2](#) dargestellten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_k** zu. In diesem Fall findet also eine überlagernde Beleuchtung des Objektfelds **5** über alle Grund-Ausleuchtungskanäle und gleichzeitig über alle Korrektur-Ausleuchtungskanäle statt.

[0119] Die Blende **30** blendet in der Blendenstellung zwei in der [Fig. 2](#) mit **27_{k1}** bezeichnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten ab. Das Objektfeld **5** wird dann über alle Grund-Ausleuchtungskanäle sowie über die verbleibenden Korrektur-Ausleuchtungskanäle überlagernd beleuchtet.

[0120] Die Blende **31** blendet in der Blendenstellung zusätzlich zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_{k1}** noch zwei weitere Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_{k2}** ab. Das Objektfeld **5** wird bei Nutzung der Blende **31** also über die Grund-Ausleuchtungskanäle sowie über die zwei verbleibenden Korrektur-Ausleuchtungskanäle überlagernd beleuchtet.

[0121] Die Blende **32** blendet in der Blendenstellung sämtliche Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_k** ab. Das Objektfeld **5** wird dann ausschließlich über die Grund-Ausleuchtungskanäle überlagernd beleuchtet.

[0122] Insgesamt lassen die Blenden **29** bis **31** also Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels der EUV-Strahlung **10**, die jeweils verschiedenen Gruppierungen der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** zugeordnet sind, zum Objektfeld **5** durch. Natürlich sind auch andere durchgelassene Gruppierungen durch entsprechende Gestaltung zusätzlicher Blenden möglich.

[0123] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** können wie die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_g** eine konstante Reflektivität über ihre Fläche aufweisen. Alternativ ist es möglich, zumindest ausgewählte der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** mit einer über deren Facettenfläche variierenden Reflektivität auszurüsten. Diese Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** haben insbesondere eine Reflektivität für die EUV-Strahlung **10**, die längs der langen Felddimension, also in x-Richtung, einen vorgegebenen und definiert von einer konstanten Reflekti-

vität abweichenden Verlauf.

[0124] [Fig. 3](#) zeigt Beispiele für derartige Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** sowie **19_{k1'}** bis **19_{k6'}**. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** sind dabei in einem Korrekturbeleuchtungs-Feldfacettenblock **25_k** zusammengefasst. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1'}** bis **19_{k6'}** sind in einem Korrekturbeleuchtungs-Feldfacettenblock **25_{k'}** zusammengefasst. Diese Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** sowie **19_{k1'}** bis **19_{k6'}** haben in den schraffiert dargestellten Abschnitten keine für die EUV-Strahlung **10** hochreflektierende Beschichtungen. Diese Abschnitte werden nachfolgend als Schwächungsabschnitte **34** bezeichnet. Offen sind in der [Fig. 3](#) Reflexionsabschnitte **35** der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** sowie **19_{k1'}** bis **19_{k6'}** dargestellt. Die Form der Schwächungsabschnitte **34** ist bei den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** jeweils unterschiedlich. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** und **19_{k1'}** haben dabei gleich ausgeformte Schwächungsabschnitte **34**. Dies gilt entsprechend für die Paare **19_{k2}/19_{k2'}** bis **19_{k6}/19_{k6'}** der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten. Die beiden Feldfacettenblöcke **25_k** und **25_{k'}** sind spiegelsymmetrisch zueinander zu einer x-z-Spiegelsymmetrie-Ebene angeordnet.

[0125] Aufgrund der unterschiedlichen Gestaltungen der Schwächungsabschnitte **34** bei den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_{k1}** bis **19_{k6}** schwächen diese die EUV-Strahlung **10** längs der x-Richtung jeweils mit unterschiedlichen Verläufen.

[0126] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_{k1}** schwächt die EUV-Strahlung **10** am in der [Fig. 3](#) linken Rand vollständig. Die Schwächung nimmt hin zum rechten Rand linear ab, so dass die EUV-Strahlung **10** am rechten Rand mit größtmöglicher Effizienz reflektiert wird.

[0127] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_{k2}** hat einen Schwächungsabschnitt **34**, der genau zu einem inversen Schwächungsverlauf führt, der also am in der [Fig. 3](#) linken Rand zu keiner Schwächung und am rechten Rand zu einer maximalen Schwächung der EUV-Strahlung **10** führt.

[0128] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_{k3}** hat zwei in der [Fig. 3](#) von oben und von unten her sichelförmig ausgebildete Schwächungsabschnitte **34**, die sich in der Mitte der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_{k3}** berühren. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_{k3}** hat also in x-Richtung einen Schwächungsverlauf, der beginnend mit minimaler Schwächung am in der [Fig. 3](#) linken Rand bis zu einer maximalen Schwächung auf halber x-Höhe hin zu wiederum minimaler Schwächung am rechten Rand führt.

[0129] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K4} hat in x-Richtung einen zur Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K3} inversen Schwächungsverlauf für die EUV-Strahlung. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K3} und 19_{K4} erzeugen einen parabolischen Schwächungsverlauf in x-Richtung.

[0130] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K5} hat in x-Richtung einen Schwächungsverlauf, der ausgehend von minimaler Schwächung für die EUV-Strahlung **10** am in der [Fig. 3](#) linken Rand wiederum zu einer maximalen Schwächung am rechten Rand führt. Zwischen den beiden Rändern hängt die Schwächung nichtlinear von der x-Koordinate ab. Die Schwächung folgt dabei einer stetigen monotonen Funktion. Auch andere Schwächungs-Funktionsverläufe, insbesondere solche mit mindestens einem Minimum oder mindestens einem Maximum sowie un stetige Verläufe sind möglich.

[0131] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K6} hat einen Schwächungsverlauf in x-Richtung, der invers zu dem der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K5} gestaltet ist.

[0132] In den Schwächungsabschnitten **34** haben die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} bis 19_{K6} sowie $19_{K1'}$ bis $19_{K6'}$ eine Reflektivität für die EUV-Strahlung **10**, die sehr viel kleiner ist als 10% und im dargestellten Ausführungsbeispiel kleiner ist als 0,1% der Reflektivität in den Reflexionsabschnitten **35** der Facetten.

[0133] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten-Paare $19_{K1}/19_{K1'}$ bis $19_{K6}/19_{K6'}$ bilden jeweils eine Gruppe von typisierten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, die den gleichen Reflektivitätsverlauf über die lange Felddimension, also längs der x-Achse, aufweisen.

[0134] Den Paaren $19_{K1}/19_{K1'}$ bis $19_{K6}/19_{K6'}$ der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten sind jeweils punktsymmetrisch zu einem Zentrum **36** des Pupillenfacetten spiegels **14** angeordnete Paare von Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacettenpaaren $27_{K1}/27_{K1'}$ bis $27_{K6}/27_{K6'}$ zugeordnet.

[0135] Blenden nach Art der Blenden **29** bis **32**, die mit den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} bis 19_{K6} , $19_{K1'}$ bis $19_{K6'}$ zusammenwirken, sind so gestaltet, dass die Paare $19_{K1}/19_{K1'}$ bis $19_{K6}/19_{K6'}$ immer paarweise abgeschattet werden. Dies gewährleistet, dass über die Korrektur-Ausleuchtungs-Kanäle keine Änderung einer Telezentrie der Objektfeldbeleuchtung herbeigeführt wird.

[0136] Die Telezentrie ist bei der Ausleuchtung des Objektfelds **5** folgendermaßen definiert: In jedem Feldpunkt des ausgeleuchteten Objektfelds **5** ist ein Schwerstrahl eines diesem Feldpunkt

zugeordneten Lichtbüschels definiert. Der Schwerstrahl hat dabei die energiegewichtete Richtung des von diesem Feldpunkt ausgehenden Lichtbüschels. Im Idealfall verläuft bei jedem Feldpunkt der Schwerstrahl parallel zum von der Beleuchtungsoptik bzw. der Projektionsoptik vorgegebenen Hauptstrahl.

[0137] Die Richtung des Hauptstrahls $\vec{s}_0(x, y)$ ist anhand der Designdaten der Beleuchtungsoptik **4** bzw. der Projektionsoptik **7** bekannt. Der Hauptstrahl ist an einem Feldpunkt definiert durch die Verbindungslinie zwischen dem Feldpunkt und dem Mittelpunkt der Eintrittspupille der Projektionsoptik **7**. Die Richtung des Schwerstrahls an einem Feldpunkt x, y im Objektfeld **5** in der Objektebene **6** berechnet sich zu:

$$\vec{s}(x, y) = \frac{1}{\vec{E}(x, y)} \int dudv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u, v, x, y).$$

[0138] $E(u, v, x, y)$ ist die Energieverteilung für den Feldpunkt x, y in Abhängigkeit von den Pupillenkoordinaten u, v, also in Abhängigkeit vom Beleuchtungswinkel, den der entsprechende Feldpunkt x, y sieht.

[0139] $\vec{E}(x, y) = \int dudv E(u, v, x, y)$ ist dabei die Gesamtenergie, mit der der Punkt x, y beaufschlagt wird.

[0140] Ein mittlerer Objektfeldpunkt x_0, y_0 sieht z. B. die Strahlung von Strahlungs-Teilbündeln aus Richtungen u, v, die durch den Durchgangspunkt der jeweiligen Strahlungs-Teilbündel durch die Pupillenebenen der Beleuchtungsoptik **4** definiert ist. Der Schwerstrahl s verläuft bei dieser Beleuchtung nur dann längs des Hauptstrahls, wenn sich die verschiedenen Energien bzw. Intensitäten der Strahlungs-Teilbündel zu einer integrierten Schwerstrahlrichtung zusammensetzen, die parallel zur Hauptstrahlrichtung verläuft. Dies ist nur im Idealfall so. In der Praxis existiert eine Abweichung zwischen der Schwerstrahlrichtung $\vec{s}(x, y)$ und der Hauptstrahlrichtung $\vec{s}_0(x, y)$, die als Telezentriefehler $\vec{t}(x, y)$ bezeichnet wird:

$$\vec{t}(x, y) = \vec{s}(x, y) - \vec{s}_0(x, y)$$

[0141] Korrigiert werden muss im praktischen Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage **1** nicht der statische Telezentriefehler bei einem bestimmten Objektfeld, sondern der bei $x = x_0$ scanintegrierte Telezentriefehler. Dieser ergibt sich zu:

$$\vec{T}(x_0) = \frac{\int dy \vec{E}(x_0, y) \vec{t}(x_0, y)}{\int dy \vec{E}(x_0, y)}.$$

[0142] Es wird also der Telezentriefehler korrigiert, den ein durch das Objektfeld **5** in der Objektebene **6** während des Scannens laufender Punkt (x, z. B. x_0) auf dem Retikel energiegewichtet aufintegriert erfährt. Unterschieden wird dabei zwischen einem

x-Telezentriefehler (tx) und einem y-Telezentriefehler (ty). Der y-Telezentriefehler ist als Abweichung des Schwerstrahls vom Hauptstrahl senkrecht zur Scanrichtung definiert. Der x-Telezentriefehler ist als die Abweichung des Schwerstrahls vom Hauptstrahl in Scanrichtung definiert.

[0143] Bei einer nicht dargestellten Variante von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten liegen Gruppen zu je vier Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K mit gleichem x-Verlauf der EUV-Reflektivitäten entsprechend den Zweier-Gruppen $19_{K1}/19_{K1'}$ bis 19_{K6} bis $19_{K6'}$ der Variante nach [Fig. 3](#) vor. Diesen Vierer-Gruppen der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten sind über Ausleuchtungskanäle um ein Zentrum **36** des Pupillenfacettenspiegels **14** gleich verteilt angeordnete Vierer-Gruppen von Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten zugeordnet, so dass durch Blenden gesteuertes Zuschalten einer derartigen Vierer-Gruppe von Korrektur-Ausleuchtungs-Kanälen beispielsweise eine Elliptizität $E_{0^\circ/90^\circ}$ erhalten bleibt. Genau genommen handelt es sich beim Zentrum **36** um das Zentrum der vom Pupillenfacettenspiegel **14** vorgegebenen Pupille der Beleuchtungsoptik **4**.

[0144] Die Elliptizität ist eine weitere Messgröße zur Beurteilung der Qualität der Ausleuchtung des Objektfeldes **5** in der Objektebene **6**. Die Bestimmung der Elliptizität erlaubt dabei eine genauere Aussage über die Verteilung der Energie bzw. Intensität über die Eintrittspupille der Projektionsoptik **7**. Hierzu wird die Eintrittspupille in acht Oktanten unterteilt, die wie mathematisch üblich entgegen dem Uhrzeigersinn von O_1 bis O_8 durchnummeriert sind. Der Energie- bzw. Intensitätsbeitrag, den die Oktanten O_1 bis O_8 der Eintrittspupille zur Beleuchtung eines Feldpunktes beitragen, wird nachfolgend als Energie- bzw. Intensitätsbeitrag I_1 bis I_8 bezeichnet.

[0145] Man bezeichnet als $-45^\circ/45^\circ$ -Elliptizität (Elly, $E_{-45^\circ/45^\circ}$) nachfolgende Größe

$$E_{-45^\circ/45^\circ} = \frac{I1 + I2 + I5 + I6}{I3 + I4 + I7 + I8}$$

und als $0^\circ/90^\circ$ -Elliptizität (Ellx, $E_{0^\circ/90^\circ}$) nachfolgende Größe

$$E_{0^\circ/90^\circ} = \frac{I1 + I8 + I4 + I5}{I2 + I3 + I6 + I7}$$

[0146] Entsprechend zum vorstehend in Bezug auf den Telezentriefehler Ausgeführten kann auch die Elliptizität für einen bestimmten Objektfeldpunkt x_{FP} , y_{FP} oder aber auch für eine scanintegrierte Ausleuchtung ($x = x_{FP}$, y -integriert) bestimmt werden.

[0147] Zur Herstellung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit den Schwächungsabschnitten **34** können am Ort der Schwächungsabschnitte **34**

während einer Reflexionsbeschichtung der Facetten Masken verwendet werden, die die Schwächungsabschnitte **34** abdecken, so dass diese keine Reflexionsbeschichtung erhalten. Reflexionsbeschichtet werden dann ausschließlich die Reflexionsabschnitte **35**.

[0148] Ein funktionaler Verlauf der Reflektivität der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten abhängig von der x-Dimension kann linear in x sein, wie bei den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} , $19_{K1'}$ oder kann quadratisch von x abhängen, wie zum Beispiel bei den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K2} bis $19_{K2'}$. Auch eine andere Polynom-Abhängigkeit von x, beispielsweise mit höheren Potenzen von x, ist möglich. Auch eine Sinus- oder Kosinus-Abhängigkeit von x zur Erzeugung beispielsweise einer Fourier-Zerlegung einer Reflektivitätsabhängigkeit der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K von der x-Dimension ist möglich. Allgemein kann mit den verschiedenen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, beispielsweise mit den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} bis 19_{K6} , ein Satz von Reflektivitätsabhängigkeiten von x erzeugt werden, der einem Satz orthogonaler Funktionen entspricht. Auf diese Weise ist es möglich, praktisch beliebige Beleuchtungskorrekturen von Beleuchtungsparametern des Objektfeldes **5**, insbesondere der Beleuchtungsparameter Telezentrie und Elliptizität, vorzunehmen.

[0149] [Fig. 4](#) zeigt eine weitere Variante einer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K , die beispielsweise anstelle der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten nach den [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) eingesetzt sein kann. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K nach [Fig. 4](#) hat als Schwächungsabschnitt einen keilförmigen Graufilterabschnitt **37**, der getrennt vom Reflexionsabschnitt **35** vorliegt.

[0150] Im Unterschied zu den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K1}/19_{K1'}$ der Variante nach [Fig. 3](#) ist bei der Variante nach [Fig. 4](#) eine maximale Breite K des Schwächungsabschnitts **37** am in der [Fig. 4](#) linken Rand kleiner als eine Breite y_{FF} der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K in y-Richtung. Auch am in der [Fig. 4](#) linken Rand hat die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K daher eine von 0 verschiedene Reflektivität. Diese Reflektivität steigt von links nach rechts linear entsprechend der Zunahme der Breite des Reflexionsabschnitts **35** an.

[0151] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere Variante einer Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K , die beispielsweise anstelle der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten nach den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) eingesetzt sein kann. Auch die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K nach [Fig. 5](#) ist als Graufilter mit längs der x-Dimension variabler Reflektivität ausgeführt. Bei der Variante nach [Fig. 5](#) ist der Graufilter durch Belegung der gesamten Reflexionsfläche der Korrekturbeleuch-

tungs-Feldfacette 19_K mit absorbierenden Punktstrukturen 38 mit vorgegebener Verteilung gebildet. Die Punktstrukturen 38 können typische Durchmesser im Bereich zwischen $50\ \mu\text{m}$ und $150\ \mu\text{m}$ haben.

[0152] Die Punktstrukturen 38 liegen bei der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K nach [Fig. 5](#) von links nach rechts mit abnehmender Flächendichte vor, so dass die Reflektivitätsvariation bei der Variante nach [Fig. 5](#) in etwa derjenigen der Variante nach [Fig. 4](#) entspricht. Bei der Variante nach [Fig. 5](#) sind die Punktstrukturen 38 auf der gesamten Reflexionsfläche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K verteilt angeordnet. Alternativ ist es möglich, die Punktstrukturen 38 in einen von einem sonstigen Reflexionsabschnitt getrennten Schwächungsabschnitt mit konstanter Flächendichte anzuordnen, wobei der Schwächungsabschnitt beispielsweise entsprechend dem Schwächungsabschnitt 34 der Varianten 19_{K1} bis 19_{K6} der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten nach [Fig. 3](#) ausgeformt ist.

[0153] Alternativ zu den Schwächungsabschnitten 34 , bei denen die Reflektivität der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten von Haus aus, beispielsweise durch Weglassen einer Reflexionsbeschichtung, vermindert ist, ist es auch möglich, Schwächungsabschnitte auf den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19 durch variable und insbesondere aktiv, beispielsweise mithilfe von Aktoren, verlagerbare Abschattungskörper vorzugeben. Derartige Abschattungskörper können mithilfe einer Tragstruktur gehalten sein, die in einem aufgrund des Aufbaus des Feldfacettenspiegels 13 ohnehin abgeschatteten Raum 39 untergebracht ist.

[0154] [Fig. 6](#) zeigt einen derartigen abgeschatteten Raum 39 , der dadurch entsteht, dass eine in der [Fig. 6](#) links angeordnete Feldfacette 19 , bei der es sich um eine Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_G handeln kann, in Bezug auf eine Reflexionsebene 40 des zugehörigen Feldfacettenspiegels gegenüber der benachbarten und in der [Fig. 6](#) rechts dargestellten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K übersteht. Da die EUV-Strahlung 10 unter einem Winkel β zur xz-Ebene, also schräg zur Reflexionsebene 40 auf dem Feldfacettenspiegel mit den Feldfacetten 19_G , 19_K auftrifft, ergibt sich der abgeschattete Raum 39 , in dem die Tragstruktur für den variablen Abschattungskörper untergebracht sein kann. Der variable Abschattungskörper kann dann einen Reflexionsabschnitt 41 der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K mit in der x-Dimension variabler Schwächung abschatten. In der [Fig. 6](#) verläuft die x-Achse senkrecht zur Zeichenebene in diese hinein. Die y-Achse verläuft in der [Fig. 6](#) nach rechts. Die z-Achse verläuft in der [Fig. 6](#) nach unten.

[0155] Der Abschattungskörper ist in der [Fig. 6](#) nicht dargestellt. Hierbei kann es sich beispielsweise

um eine variabel in den Reflexionsabschnitt 41 ein- und ausfahrbare und sich längs der x-Dimension erstreckende Blende handeln.

[0156] Anhand der [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) wird nachfolgend erläutert, wie eine zu korrigierende Beleuchtungsinhomogenität über die x-Achse des Objektfeldes 5 entstehen kann.

[0157] In der [Fig. 7](#) ist schematisch der Feldfacettenspiegel 13 mit einer einzigen Feldfacette 19 dargestellt. Die Strahlungsquelle 3 leuchtet den Feldfacettenspiegel 13 in einem runden Ausleuchtungsbebereich 42 aus. Diese Ausleuchtung ist nicht homogen. Die Beleuchtungsintensität nimmt im Ausleuchtungsbebereich 42 in der [Fig. 7](#) von links oben nach rechts unten homogen ab. Dies führt dazu, dass die Feldfacette 19 in der [Fig. 7](#) von links nach rechts mit abnehmender Intensität durch die EUV-Strahlung 10 beleuchtet ist.

[0158] [Fig. 7](#) zeigt weiterhin schematisch den Pupillenfacettenspiegel 14 mit einer einzigen Pupillenfacette 27 . Die Feldfacette 19 und die Pupillenfacette 27 geben einen Ausleuchtungskanal vor.

[0159] In der [Fig. 7](#) unten ist ein Intensitätsverlauf $I(x)$ über die x-Dimension des Objektfeldes 5 in einem Diagramm dargestellt. Dabei wird angenommen, dass das Objektfeld 5 mit dem einzigen in der [Fig. 7](#) dargestellten Ausleuchtungskanal beleuchtet ist. Der in der [Fig. 7](#) linke Rand wird dann am intensivsten ausgeleuchtet und sieht eine Beleuchtungswinkelverteilung, die in der [Fig. 7](#) bei 43 dargestellt ist. Mit 44 bis 46 sind drei weitere Beleuchtungswinkelverteilungen schematisch angedeutet, die weiter in der [Fig. 7](#) nach rechts, also in x-Richtung, verlagerte Objektfeldpunkte sehen. Die vier Beleuchtungswinkelverteilungen 43 bis 46 weisen jeweils die gleichen Beleuchtungsrichtungen auf. Die zugehörigen Objektpunkte werden also alle aus den gleichen Beleuchtungsrichtungen, nämlich aus Richtung der einzigen Pupillenfacette 27 beleuchtet. Von links nach rechts werden die Objektfeldpunkte allerdings mit abnehmender Beleuchtungsintensität beleuchtet.

[0160] Da diese Beleuchtungsvariation in der x-Richtung, also senkrecht zur y- bzw. Scanrichtung, vorliegt, bleibt diese Beleuchtungsvariation auch beim Scannen des Retikels durch das Objektfeld 5 erhalten. Diese Intensitätsvariation $I(x)$ muss also möglichst gering gehalten sein. Dieser geringen Intensitätsvariation $I(x)$ entspricht ein kleiner Wert für die Uniformität $U(x)$ die wie folgt definiert ist:

$$U(\%) = 100 \frac{I(x) - I(x=0)}{I(x=0)}$$

$x = 0$ entspricht hierbei einer x-Position, also einer Feldhöhe, in der Mitte des Objektfeldes 5 .

[0161] **Fig. 8** verdeutlicht die Überlagerung von insgesamt neun verschiedenen Ausleuchtungskanälen mit von oben nach unten durchnummerierten Feldfacetten 19_1 bis 19_9 eines Feldfacettenblocks **25** und den zugehörigen Pupillenfacetten 27_1 bis 27_9 . Im Zentrum **36** des Pupillenfacettenspiegels **14** ist dabei die Pupillenfacetten 27_5 angeordnet. Alle Ausleuchtungskanäle werden im Objektfeld **5** überlagert, was in der **Fig. 8** durch rechts durch gestapelte Rechtecke angedeutet ist. Eine beispielsweise von links nach rechts erfolgende Intensitätsvariation der Beleuchtung aller Feldfacetten 19_1 bis 19_9 kann, soweit diese Variation in der x-Richtung jeweils das gleiche monotone Verhalten hat, durch die Überlagerung im Objektfeld **5** nicht kompensiert werden, sondern addiert sich dort. Eine Kompensation ist durch die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten möglich, die vorstehend anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 6** erläutert wurden, sowie durch diejenigen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, die noch nachfolgend noch erläutert werden.

[0162] **Fig. 9** zeigt in einer zu **Fig. 8** ähnlichen Darstellung wiederum neun Ausleuchtungskanäle, wobei insgesamt vier Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, nämlich die Feldfacetten 19_{K1} , 19_{K2} , 19_{K8} , 19_{K9} und fünf Grundbeleuchtungs-Feldfacetten, nämlich die Feldfacetten 19_{G3} bis 19_{G7} mit zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_{K1} , 27_{K2} , 27_{K8} , 27_{K9} und Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_{G3} und 27_{G7} vorgesehen sind.

[0163] Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} , 19_{K2} sowie 19_{K8} und 19_{K9} werden jeweils durch einen Abschattungskörper **47** dort abgeschattet, wo sie einander benachbart sind. Die Abschattungskörper **47** sind beabstandet zu einer durch die Reflexionsfläche des Feldfacettenspiegels **13** vorgegebenen Reflexionsebene angeordnet. Die Abschattungskörper **47** sind jeweils oberhalb eines Spaltes **48** zwischen den beiden benachbarten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K1}/19_{K2}$ bzw. $19_{K8}/19_{K9}$ angeordnet. Die Abschattungskörper **47** haben einen Grundkörper **49** in Form eines Drahtes, der sich längs des Spaltes **48** erstreckt. Die Breite des Grundkörpers **49** ist geringer als die Breite des Spaltes **48** in y-Richtung. Längs des Grundkörpers **49** sind an diesem Abschattungsabschnitte **50** des Abschattungskörpers **47** angeordnet, deren Breite in y-Richtung größer ist als Breite des Spaltes **48** zwischen den beiden benachbarten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K . Die Abschattungsabschnitte **50** sind auf dem Draht-Grundkörper **49** wie Perlen an einer Kette aufgereiht. Die Abschattungsabschnitte **50** können auch als Dickenvariationen des Grundkörpers **49** in der y-Dimension verstanden werden. Die Breite der Abschattungsabschnitte **50** in der y-Richtung sowie deren Häufigkeit längs des Grundkörpers **49** in der x-Richtung bewirkt eine entsprechende Variation der die EUV-Strahlung **10** reflektierenden Fläche der

Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K1}/19_{K2}$ bzw. $19_{K8}/19_{K9}$ in x-Richtung. Zur Korrektur einer Beleuchtungsintensitätsvariation $I(x)$, beispielsweise nach **Fig. 7**, können die Abschattungsabschnitte **50** so verteilt sein, dass in der **Fig. 9** von links nach rechts die Häufigkeit der Abschattungsabschnitte **50** abnimmt. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K tragen dann, soweit die hierdurch erzeugte Abschattungsvariation in x-Richtung die auch bei den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K vorliegende Beleuchtungsvariation in x-Richtung überwiegt, im Objektfeld **5** von links nach rechts mit zunehmender Beleuchtungsintensität bei, so dass ein Kompensationsbeitrag zum gegenläufigen Intensitätsbeitrag der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten 19_G gegeben ist.

[0164] Auch bei der Anordnung nach **Fig. 9** sind die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_{K1} , 27_{K2} , 27_{K8} , 27_{K9} punktsymmetrisch um das Zentrum **36** des Pupillenfacettenspiegels **14** angeordnet. Hierdurch wird beim Einsatz der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K , wie vorstehend schon erläutert, die Telezentrie und ggf. auch die Elliptizität erhalten.

[0165] Anstelle eines Drahtes kann als Grundkörper **49** auch ein Folienstreifen oder ein Band eingesetzt sein. Die Abschattungsabschnitte **50** können so ausgebildet sein, dass sie durch randseitiges Abtragen des Grundkörpers **49**, beispielsweise durch Erodieren, geformt werden. Bei einer Variante sind die Abschattungsabschnitte **50** so ausgebildet, dass sie durch randseitiges Zuschneiden des insbesondere bandförmigen Grundkörpers **49** geformt sind.

[0166] Die Abschattungsabschnitte **50** können bei bestimmten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K mit konstanter Ortsfrequenz bzw. Periode zueinander beabstandet ausgebildet sein. Eine entsprechende Ausführungsvariante ist in der **Fig. 10** dargestellt. Dort ist zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} und 19_{K2} sowie zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K8} und 19_{K9} ein drahtförmiger Grundkörper **49** mit perlen- oder scheibenförmigen Abschattungsabschnitten **50** angeordnet, die sich regelmäßig längs der x-Dimension der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K1}/19_{K2}$ bzw. $19_{K8}/19_{K9}$ insgesamt elfmal wiederholen. Zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K2} und 19_{K3} sowie zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K7} und 19_{K8} sind Abschattungskörper **47** mit drahtförmigen Grundkörpern **49** und Abschattungsabschnitten **50** angeordnet, die sich längs der x-Dimension der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K2}/19_{K3}$ bzw. $19_{K7}/19_{K8}$ sechsmal wiederholen. Zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K3} und 19_{K4} sowie zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K6} und 19_{K7} sind Abschattungskörper **47** mit drahtförmigen Grundkörpern **49** und Abschattungsabschnitten **50**

angeordnet, die sich längs der x-Dimension der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten $19_{K3}/19_{K4}$ bzw. $19_{K6}/19_{K7}$, zweimal wiederholen.

[0167] Zwischen den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K4} und 19_{K6} ist bei der Variante nach [Fig. 10](#) eine Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_{G5} angeordnet.

[0168] Durch die Anordnung der Abschattungskörper **47** nach [Fig. 10](#) als Drahtblenden in Form von Abfolgen der Abschattungsabschnitte **50** mit unterschiedlichen Perioden lässt sich eine Fourier-Synthese einer Randabsorption der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} bis 19_{K4} bzw. 19_{K6} bis 19_{K9} variieren. Bei dieser Fourier-Synthese lässt sich über die Ortsfrequenzen, also die Abstände der Abschattungsabschnitte **50** längs der Grundkörper **49**, über die Phasen, also die jeweiligen x-Offsets des Auftretens beispielsweise des in der [Fig. 10](#) linksseitig ersten Abschattungsabschnitts **50** auf den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K und über die Amplitude, also die y-Dimension der jeweiligen Abschattungsabschnitte **50**, eine Feinabstimmung der Beleuchtungskorrektur vornehmen. Der x-Offset, also die x-Position der Abschattungsabschnitte **50** der Abschattungskörper **47**, kann durch eine Verlagerung der Abschattungskörper **47** in x-Richtung vorgegeben werden, wie in der [Fig. 10](#) durch einen Richtungspfeil **52** angedeutet.

[0169] Auch bei der Variante nach [Fig. 10](#) sind diejenigen Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K , die mit gleichartigen Abschattungskörpern **47** abgeschattet werden, gegenüber dem Zentrum **36** des Pupillenfacettenspiegels **14** punktsymmetrisch angeordnet, damit eine Telezentrie- und ggf. auch eine Elliptizitätserhaltung gewährleistet ist. Zudem sind bei den Varianten nach den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) diejenigen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K , die mit gleichartigen Abschattungskörpern **47** abgeschattet werden, gegenüber einer zentralen xz-Ebene des Feldfacettenblocks **25** spiegelsymmetrisch angeordnet.

[0170] Soweit die Abschattungsabschnitte **50** scheibenförmig sind, kann eine für die Abschattung effektive y-Dimension der Abschattungsabschnitte **50** durch Drehung des Abschattungskörpers **47** um die Längsachse des Grundkörpers **49** variiert werden, wie in der [Fig. 10](#) durch einen Richtungspfeil **51** angedeutet.

[0171] Die Abschattungsabschnitte **50** können bei der Variante nach [Fig. 10](#) so gestaltet sein, dass eine sinusförmige Dickenvariation des Abschattungskörpers **47** resultiert. Auch mehrere derartiger Grundkörper **49** mit Abschattungsabschnitten **50** mit sinusförmigen Dickenvariationen, die übereinander gelegt sind, können vorgesehen sein. Durch Relativverlage-

rung dieser beiden übereinander liegenden Grundkörper **49** in Längsrichtung zueinander kann dann eine Feinabstimmung der Korrekturwirkung der Abschattungsabschnitte dieser Grundkörper erzielt werden.

[0172] [Fig. 11](#) zeigt eine mögliche Halterung der Abschattungskörper **47** über der Reflexionsebene des Feldfacettenblocks **25**.

[0173] Beide Enden des Grundkörpers **49** sind auf jeweils einer Rolle **53**, **54** aufgewickelt und sind von diesen Rollen **53**, **54** abspulbar und aufwickelbar. Ein zur Abschattung genutzter Abschattungsbereich **55** der Abschattungskörper **47**, dessen x-Erstreckung der x-Erstreckung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K entspricht, ist zwischen den beiden Rollen **53**, **54** geführt. Zum Aufwickeln und Abspulen des Grundkörpers **49** sind die Rollen **53**, die in der [Fig. 11](#) links dargestellt sind, jeweils mit einem Antrieb **56** ausgerüstet. Die Rollen **53**, **54** sowie die Antriebe **56** können außerhalb eines evakuierten Raumes **57** angeordnet sein, in dem das sonstige Beleuchtungssystem **2** angeordnet ist. Schleusenebenen **58** für den evakuierten Raum **57** sind in der [Fig. 11](#) gestrichelt angedeutet.

[0174] [Fig. 12](#) zeigt eine Variante einer Halterung eines Abschattungskörpers **47** nach Art der Abschattungskörper **47** der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) an einer einzelnen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K . Der Grundkörper **49** des Abschattungskörpers **47** ist oberhalb einer Reflexionsfläche **59** der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K mithilfe zweier Führungsrollen **60** geführt und gehalten. Von den Führungsrollen **60** wird ein Ende des Grundkörpers **49** zur Rolle **53** und das andere Ende des Grundkörpers **49** zur Rolle **54** geführt. Die beiden Rollen **53**, **54** sind auf der der Reflexionsfläche **59** abgewandten Seite der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_K angeordnet.

[0175] [Fig. 13](#) zeigt in einer zur linken Darstellung der [Fig. 9](#) ähnlichen Darstellung einen Abschattungskörper **47** mit einem als Band **61** ausgeführten Grundkörper. Eine Breite des Bandes **61**, also dessen y-Dimension ist zur Ausbildung des Abschattungsabschnitts **50** entsprechend der benötigten Intensitätskorrektur zugeschnitten oder wird beispielsweise durch Erodieren ausgeformt. Soweit der Abschattungskörper **47** in der [Fig. 3](#) dargestellt ist, ist die Breite des Bandes **61** überall höher als die Breite des Spaltes **48** zwischen den zugehörigen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K . Bereichsweise kann die Breite des Bandes **61** auch der Breite des Spaltes **48** entsprechen oder sogar kleiner sein als dieser, so dass in diesen Bereichen keine Abschattung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K durch den Abschattungskörper **47** nach [Fig. 13](#) erfolgt. Das Band **61** kann entsprechend dem Draht-Grundkörper **49** auf Rollen **53**, **54** aufgewickelt sein, wie dies vorste-

hend unter Bezugnahme auf die Ausführung nach den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) erläutert wurde.

[0176] Die Form der Abschattungsabschnitte **50** der Abschattungskörper **47** der vorstehend beschriebenen Ausführungen kann mithilfe einer Formungseinrichtung bei der Vorbereitung des Betriebs der Projektionsbelichtungsanlage **1** beispielsweise abhängig von einer Kalibriermessung eine Ausleuchtung des Objektfeldes **5** vorgegeben werden. Bei der Formungseinrichtung kann es sich beispielsweise um eine Zuschneide- oder um eine Erodierereinrichtung handeln.

[0177] Längs des Grundkörpers **49** können mehrere aufeinander folgende Abschattungsbereiche **55** mit verschiedenen Abfolgen von Abschattungsabschnitten **50** vorgegeben sein, die je nach den Anforderungen, die an die Korrektur der Objektfeldbeleuchtung über die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** gestellt werden, ausgewählt werden. Beispielsweise kann eine Abfolge von Abschattungsbereichen **55** mit äquidistant aufeinander folgenden Abschattungsabschnitten **50** vorgesehen sein, wobei in jedem der aufeinander folgenden Abschattungsbereiche **55** sich die Ortsfrequenz der aufeinander folgenden Abschattungsabschnitte **50**, beispielsweise entsprechend der verschiedenen Ortsfrequenzen der Ausführung nach [Fig. 10](#), ändert. Die jeweils aufeinander folgenden Abschattungsbereiche können beispielsweise über Markierungen, die auf dem Grundkörper **49** aufgebracht sind, identifiziert werden. Diese Markierungen können optisch von einer Leseeinrichtung **62** (vgl. [Fig. 11](#)) erfasst werden, die über eine Signalleitung **63** mit einer Steuereinrichtung **64** in Signalverbindung steht. Die Steuereinrichtung **64** steht wiederum über eine Signalleitung **65** mit dem Antrieb **56** der Rolle **53** in Signalverbindung. Die Leseeinrichtung **62** und die hiermit verbundene Steuerung sind in der [Fig. 11](#) am Beispiel der dort oben dargestellten Aufwickel- und Abspuleinrichtung gezeigt.

[0178] Wenn bei einer Kalibriermessung der Objektfeldbeleuchtung eine Intensitätsvariation gemessen wird, die den Einsatz von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** mit bestimmten Abschattungskörpern **47** erforderlich macht, so wird der Antrieb **56** der zugehörigen Rolle **53** so lange betätigt, bis die Leseeinrichtung **62** die Markierung erfasst, die dem Abschattungsbereich **55** mit dem benötigten Abschattungsabschnitt **50** zugeordnet ist. Jedes Anfahren des gewünschten Abschattungsbereichs **55** erfolgt gesteuert über die Steuereinrichtung **64**.

[0179] Anhand der [Fig. 14](#) bis [Fig. 16](#) wird eine weitere Ausführung eines Feldfacetten spiegels **13** mit Abschattungskörpern **47** zur Erzeugung von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19** erläutert. Komponenten und Funktionen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis

[Fig. 13](#) bereits erläutert wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

[0180] Der Feldfacetten spiegels **13** nach [Fig. 14](#) ist in eine Mehrzahl von Feldfacettenblöcken **25** unterteilt, die wiederum, wie die Feldfacettenblöcke **25** der Ausführung nach [Fig. 2](#), eine Mehrzahl von Feldfacetten **19** aufweisen. Zwischen den Feldfacettenblöcken **25** liegen Spalte **66** mit einer Breite von 0,5 mm vor. Dargestellt sind in der [Fig. 14](#) weiterhin Justageelemente **67a** zur Justage des Feldfacetten spiegels **13** in insgesamt fünf Freiheitsgraden.

[0181] Der Abschattungskörper **47** hat bei der Ausführung nach den [Fig. 14](#) bis [Fig. 16](#) einen Einfügungsabschnitt **67**, der zwischen zwei benachbarten Korrekturbeleuchtungs-Facetten **19_k** in den Spalt **66** eingefügt ist. Mit dem längs des Spaltes **66** in x-Richtung verlaufenden Einfügungsabschnitt **67** ist der Abschattungsabschnitt **50** des Abschattungskörpers **47** nach den [Fig. 14](#) bis [Fig. 16](#) fest verbunden. Der Einfügungsabschnitt **67** kann mit dem Abschattungsabschnitt **50** einstückig verbunden sein. Alternativ ist es möglich, wie in der [Fig. 16](#) angedeutet, den Abschattungsabschnitt **50** als zunächst zum Einfügungsabschnitt **67** separate Komponente zu fertigen und dann den Abschattungsabschnitt **50** mit dem Einfügungsabschnitt **67** zu verbinden.

[0182] Der Abschattungsabschnitt **50** und der Einfügungsabschnitt **67** des Abschattungskörpers **47** können aus Molybdän hergestellt sein.

[0183] Eine längs der x-Richtung verlaufende und über die Reflexionsflächen **59** der zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_k** überstehende Berandung des Abschattungsabschnitts **50** kann beispielsweise wie die Berandung beim Band-Abschattungskörper **47** nach [Fig. 13](#) geformt sein.

[0184] Anhand der [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) wird nachfolgend eine weitere Ausführung eines Abschattungskörpers **47** erläutert. [Fig. 17](#) zeigt eine Variante, bei der die Abschattungskörper **47** zwischen benachbarten Feldfacetten **19** innerhalb eines Feldfacettenblocks **25** eingefügt sind. [Fig. 18](#) zeigt eine Variante, bei der ein Abschattungskörper **47** zwischen benachbarte Feldfacettenblöcke **25** eingefügt ist. Der Abschattungskörper **47** nach den [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) hat einen Abschattungsabschnitt **50**, der eine über die Reflexionsfläche **59** der Feldfacetten **19** hinausragende Fortsetzung des Einfügungsabschnitts **67** bildet. Mithilfe eines in der [Fig. 18](#) schematisch dargestellten Aktors **68** kann der Abschattungskörper **47** senkrecht zur Reflexionsfläche **59** verlagert werden, wie in der [Fig. 18](#) durch einen Richtungspfeil **69** angedeutet. Eine freie Randkante **70** des Abschattungsabschnitts **50** ist längs der x-Richtung zur variablen Abschattung der Korrekturbeleuchtungs-Feld-

facetten 19_k entsprechend einer von deren x-Position abhängigen Funktion geformt, wie dies in der [Fig. 17](#) schematisch und übertrieben dargestellt ist.

[0185] Anhand der [Fig. 19](#) werden nachfolgend weitere Ausführungsvarianten von Korrekturbeleuchtungsfacetten erläutert. Komponenten und Funktionen, die denjenigen entsprechen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 18](#) bereits beschrieben wurden, tragen die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

[0186] [Fig. 19](#) zeigt ähnlich der [Fig. 7](#) eine Darstellung mit einem einzigen Grund-Ausleuchtungskanal mit einer einzigen Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g und einer dieser über einen Grund-Ausleuchtungskanal zugeordneten Grundbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_g . In der [Fig. 19](#) oben sind diese beiden Grundbeleuchtungsfacetten 19_g , 27_g nochmals jeweils in einem xz-Schnitt dargestellt, so dass die konkave, sphärische Form der Reflexionsflächen 59 dieser Grundbeleuchtungsfacetten 19_g , 27_g deutlich ist. Zusätzlich ist in der [Fig. 19](#) eine Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 dargestellt. Letztere ist als Spiegelschnitt ausgeführt, der rechteckig ist und die Größe einer Teilfläche der Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g hat. In der y-Dimension ist die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 genauso ausgedehnt wie die Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g . In der x-Dimension hat die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 ein Viertel der Ausdehnung der Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g . Beim Beispiel der [Fig. 19](#) beträgt die Spiegelfläche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 also ein Viertel der Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g . Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 wird von einer dünnen, vakuumtauglichen Stange 72 gehalten, die in y-Richtung verläuft und deren Breite in x-Richtung gegenüber der Breite der Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g vernachlässigbar ist. Durch entsprechende Manipulation der Stange 72 mithilfe nicht dargestellter Antriebe kann die Stange 72 in der y-Richtung verlagert (vgl. Richtungspfeil 73), in x-Richtung verlagert (vgl. Richtungspfeil 74) und um ihre Längsachse verschwenkt (vgl. Richtungspfeil 75) werden. Hierdurch kann die Position der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 auf dem Ausleuchtungsbereich 42 einerseits und ein Ablenkwinkel der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 für die EUV-Strahlung 10 andererseits variiert werden.

[0187] Über einen Korrektur-Ausleuchtungskanal ist der Korrekturbeleuchtungs-Facette 71 eine Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 zugeordnet. Dieser Korrektur-Ausleuchtungskanal ist über die Kippwinkel der Korrekturbeleuchtungsfacetten 71 , 76 so justiert, dass hierüber ein in der [Fig. 19](#) unten rechts dargestelltes Viertel des Objektfeldes 5 beleuchtet ist. Die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 ist auf dem Pupillenfacettenspiegel 14 der Grundbe-

leuchtungs-Pupillenfacette 27_g nahe benachbart.

[0188] Die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 kann über eine variable Abschattungsblende 77 teilweise abgedeckt werden. Die Abschattungsblende 77 ist über eine in x-Richtung verlaufende Stange 78 gehalten, die über einen nicht dargestellten Antrieb in x-Richtung verlagerbar ist (Richtungspfeil 79). Der Verlauf der Stange 78 der Abschattungsblende 77 ist so, dass durch die Stange 78 keine weitere Pupillenfacette abgeschattet wird.

[0189] Ein Blendenkörper der Abschattungsblende 77 hat die Form eines Halbkreises, der bei voll eingeschobener Abschattungsblende 77 eine untere Hälfte der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 abdeckt. In der in der [Fig. 19](#) dargestellten Position schattet die Abschattungsblende 77 in etwa ein rechts unteres Viertel der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 76 ab. Über die Abschattungsblende 77 ist eine Beleuchtungsintensität auf dem Korrektur-Ausleuchtungskanal fein einstellbar.

[0190] Das Intensitätsdiagramm $I(x)$ in der [Fig. 19](#) unten, das dem $I(x)$ -Diagramm nach [Fig. 7](#) entspricht, verdeutlicht die Wirkung der Korrekturbeleuchtungsfacetten 71 , 76 . Die in der x-Richtung linken drei Viertel des Objektfeldes 5 sehen bei der Ausführung nach [Fig. 19](#) die gleiche Beleuchtung wie bei der Ausführung nach [Fig. 7](#). Das in der x-Richtung am weitesten rechts angeordneten Viertel des Objektfeldes 5 sieht eine Beleuchtungswinkelverteilung 80 vor, die sich aus der Beleuchtung durch die Grundbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_g und der Beleuchtung durch die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 zusammensetzt.

[0191] Im Ergebnis sieht das in der [Fig. 19](#) unten rechts dargestellte Viertel des Objektfeldes 5 eine Beleuchtungsintensität, die in etwa einer Mittelung der Beleuchtungsintensitäten der restlichen drei Viertel des Objektfeldes 5 entspricht, wobei die Beleuchtung gemeinsam aus Richtung der nahe benachbarten Pupillenfacetten 27_g und 76 erfolgt. Der Korrektur-Ausleuchtungskanal mit der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 und der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 76 sorgt also für eine Kompensation der im in der [Fig. 19](#) unten rechten Viertel des Objektfeldes 5 ohne die Korrektur abfallenden Beleuchtungsintensität über den Grund-Ausleuchtungskanal.

[0192] Auch andere Verhältnisse der Flächen der Grundbeleuchtungs-Feldfacette 19_g einerseits und der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 71 andererseits zwischen 1:100 und 1:1 sind möglich. Es resultiert eine entsprechend feine Korrekturmöglichkeit der Beleuchtungsintensitätsverteilung $I(x)$.

[0193] [Fig. 20](#) zeigt beispielhaft eine Anordnung

mehrere Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **71** mit zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **76** bei einem Feldfacetten Spiegel **13**, der beispielhaft mit zehn Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G** ausgestattet ist. Die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **71** sind am Rand eines Ausleuchtungs Bereichs **42** der EUV-Strahlung **10** angeordnet, der zur Beleuchtung der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten **19_G** nicht genutzt ist. Insgesamt liegen bei der Ausführung nach [Fig. 20](#) zehn Grund-Ausleuchtungskanäle und sechs Korrektur-Ausleuchtungskanäle vor. Die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **76** sind wiederum in Paaren angeordnet, die punktsymmetrisch zum Zentrum **36** des Pupillenfacetten spiegels **14** angeordnet sind.

[0194] Anhand der [Fig. 21](#) bis [Fig. 31](#) wird nachfolgend eine Beleuchtungskompensation durch Verschiebung von Quellbildern zu Pupillenfacetten einerseits sowie durch Verschiebung von Ausleuchtungskanälen auf dem Objektfeld andererseits erläutert.

[0195] [Fig. 21](#) zeigt beispielhaft einen Pupillenfacetten Spiegel **14** mit zwölf Pupillenfacetten **27** mit hierauf jeweils zentriert angeordneten Quellbildern **81** der Strahlungsquelle **3**.

[0196] [Fig. 22](#) zeigt denjenigen Abschnitt des Retikels **20**, der am Ort des gleich konturierten Objektfeldes **5** vorliegt, also momentan beleuchtet wird. Dieser Abschnitt des Retikels **20** hat zwei hierauf überlagerte Feldfacettenbilder **82**, **83**. Die beiden Feldfacettenbilder **82**, **83** sind entsprechenden Ausleuchtungskanälen zugeordnet. Das Feldfacettenbild **82** beleuchtet das Retikel **20** über den gesamten Sektorwinkel S . Die radiale Erstreckung des Feldfacettenbildes **82** ist über den gesamten Sektorwinkel S kleiner als die zugehörige radiale Erstreckung y_0 des Retikels **20**, so dass in der [Fig. 22](#) oberhalb und unterhalb des Feldfacettenbildes **82** nicht von diesem erfasste Streifen des Retikels **20** verbleiben. Das Feldfacettenbild **83** überdeckt einen Sektorwinkel S , der zu beiden Seiten hin über den vom Retikel **20** abgedeckten Sektorwinkel S hinausragt. Die radiale Erstreckung des Feldfacettenbildes **83** entspricht derjenigen des Feldfacettenbildes **82**. Die [Fig. 22](#) zeigt anschaulich, dass die Art der Anordnung und Überlagerung der verschiedenen, den Ausleuchtungskanälen zugeordneten Feldfacettenbilder **82**, **83** entscheidend für die Beleuchtungsintensitäts- und Beleuchtungswinkelverteilung über das dem Retikel **20** entsprechende Objektfeld **5** ist. Eine gezielte Abweichung der Feldfacettenbilder **82**, **83** von einer perfekten Überlagerung mit dem Objektfeld **5** kann zu einer Kompensation bzw. Korrektur von unerwünschten Variationen von Beleuchtungsparametern über das Objektfeld **5** genutzt werden.

[0197] [Fig. 23](#) zeigt den Fall, bei dem eines der

Quellbilder **81** nicht vollständig von der zugehörigen Pupillenfacette **27** reflektiert wird, sondern gezielt randseitig von diesem abgeschnitten wird. Entsprechend trägt die Beleuchtungsrichtung, die dieser Pupillenfacette **27** zugeordnet ist, nur mit reduzierter Beleuchtungsintensität bei der Beleuchtung des Objektfeldes **5** bei. Ein gezieltes Abschneiden des Quellbildes **81** kann durch ein aktorisches Verkippen derjenigen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette **19_K** erreicht werden, die der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette **27_K** nach [Fig. 23](#) zugeordnet ist.

[0198] [Fig. 24](#) zeigt eine Korrekturmöglichkeit durch gezieltes Verkippen einer Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette **27_K**, wobei die Verkipfung derart ist, dass ein zugehöriges Feldfacettenbild **84** in positiver y -Richtung aus dem Retikel **20** bzw. dem Objektfeld **5** teilweise herausgewandert ist. Der herausgewanderte Abschnitt kann beispielsweise durch eine Feldblende oder durch eine nahe des Retikels **20** angeordnete UNICOM-Blende abgeschnitten werden. Entsprechende, in einer Feldebene der Beleuchtungsoptik **4** anordenbare Feldblenden sind bekannt aus der WO 2005/040927 A2, der US 2006/0244941 A1 oder der WO 2007/039257 A1.

[0199] [Fig. 25](#) und [Fig. 26](#) zeigen zwei Beispiele hinsichtlich der Verschiebung von Quellbildern **81** relativ zu Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K**. In der [Fig. 25](#) sind sämtliche Quellbilder **81** auf den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** nach unten verschoben, so dass sie am äußersten Rand der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** abgeschnitten werden. Entsprechend ist die Intensitätsbeaufschlagung der Korrektur-Ausleuchtungskanäle dieser Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** gegenüber den Ausleuchtungskanälen der sonstigen Pupillenfacetten **27** reduziert.

[0200] In der [Fig. 26](#) sind die Quellbilder **81** auf den auf den Pupillenfacetten Spiegel **14** randseitig angeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** individuell verlagert. Einige der Quellbilder **81** sind zum linken Rand und einzelne zum oberen, unteren, rechten oder rechten unteren Rand der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** verlagert und dort teilweise abgeschnitten. Bei einer der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K**, die in der [Fig. 26](#) rechts dargestellt ist, verbleibt das Quellbild **81** zentral auf der Facette. Benachbart zum Zentrum **36** des Pupillenfacetten spiegels **14** nach [Fig. 26](#) sind vier Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_G** angeordnet, auf denen das Quellbild **81** jeweils zentral angeordnet ist, sodass das Quellbild **81** vollständig reflektiert wird. Entsprechend diesem partiellen Abschneidungs-Bild nach [Fig. 26](#) resultiert eine Beleuchtungskorrektur auf dem Objektfeld **5**.

[0201] Die Quellbilder **81** können auf den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** durch Verkippen

einzelner Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K , durch Verkippen des Feldfacettenträgers **26** insgesamt oder auch durch Verschieben der Strahlungsquelle **3** verlagert werden.

[0202] [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) zeigen, wie die dort dargestellten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K zur Änderung eines Korrektur-Ausleuchtungssettings herangezogen werden können. Bei der Ausführung nach den [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) liegt eine Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_K mehr vor, als Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K ausgeleuchtet werden. Eine der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K ist daher unbeleuchtet. Die unbeleuchtete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_K ist in der [Fig. 27](#) rechts unten dargestellt.

[0203] In der [Fig. 28](#) ist die Beleuchtung des Pupillenfacettenspiegels **14** gegenüber derjenigen nach [Fig. 27](#) umgestellt. Eine nicht dargestellte Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K1} , die der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_{K1} über einen Ausleuchtungskanal zugeordnet ist, ist bei der Beleuchtung nach [Fig. 28](#) gegenüber derjenigen nach [Fig. 27](#) so umgestellt, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K1} nunmehr die vorher unbeleuchtete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_{K2} beleuchtet. Entsprechend ändert sich zwischen den Beleuchtungen nach den [Fig. 27](#) und [Fig. 28](#) auch ein Korrekturbeleuchtungs-Winkelschwerpunkt. Dies kann beispielsweise zur Telezentriekorrektur der Beleuchtung des Objektfeldes **5** genutzt werden.

[0204] [Fig. 29](#) zeigt eine weitere Variante des Einsatzes von Korrekturbeleuchtungsfacetten. Im Unterschied zu den vorherigen Darstellungen werden hier gebogene Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K , die entsprechend dem gebogenen Objektfeld **5** geformt sind, gezeigt.

[0205] Mit durchgezogenen Pfeilen ist in der [Fig. 29](#) eine erste Zuordnung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} , 19_{K2} zu zwei der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_{K1} und 27_{K2} dargestellt. Alternativ kann die Zuordnung so sein, wie in der [Fig. 29](#) durch gestrichelte Pfeile dargestellt.

[0206] Dann ist der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_{K2} die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K1} und es ist der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_{K1} die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette 19_{K2} zugeordnet. Jeder Wechsel der Zuordnung führt dann zu einer Änderung der Korrekturbeleuchtung, wenn die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_{K1} , 19_{K2} von der Strahlungsquelle **3** unterschiedlich ausgeleuchtet sind. Die Zuordnung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K kann abhängig von einer über eine Kalibriermessung bestimmten Ausleuchtung des Objektfeldes **5** durch entsprechende

Verkipfung der Korrekturbeleuchtungsfacetten 19_K , 27_K geändert werden.

[0207] [Fig. 30](#) zeigt in einer zu [Fig. 24](#) ähnlichen Darstellung ein teilweises Abblenden eines Feldfacettenbildes **85** am in der [Fig. 30](#) linksseitigen Feldrand. Durch eine Verkipfung des Feldfacettenbildes **85** gegenüber dem Objektfeld **5** und dem Retikel **20** um einen Sektorwinkel in der xy-Ebene resultiert am in der [Fig. 30](#) rechten Rand des Objektfeldes **5** ein nicht ausgeleuchteter Bereich **86** des Objektfeldes **5** und gegenüberliegend ein das Objektfeld **5** nicht beaufschlagender Abschnitt des Feldfacettenbildes **85**, der beispielsweise über eine Feldblende abgeblendet wird. Der nicht ausgeleuchtete Bereich **86** sieht daher kein Licht aus Richtung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacette 27_K über die der Ausleuchtungskanal geführt ist, der zum Feldfacettenbild **85** führt. Diese Abschattung nach [Fig. 30](#) kann daher ebenfalls zur Korrektur einer Beleuchtungswinkelverteilung über das Objektfeld **5** genutzt werden.

[0208] [Fig. 31](#) zeigt die Möglichkeit, Teil-Feldfacettenbilder **87**, **88**, die beispielsweise durch die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **71** nach den [Fig. 19](#) und [Fig. 20](#) erzeugt werden können, auf dem Objektfeld **5** bzw. dem Retikel **20** über eine Verkipfung der zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten 27_K zu verschieben und ggf. (vgl. Teil-Feldfacettenbild **88**) randseitig abzuschneiden. Auf diese Weise kann ein Feintuning der Korrektur der Objektfeldbeleuchtung erzielt werden.

[0209] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsvarianten werden zur Korrektur der Objektfeldbeleuchtung rechteckige Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K beziehungsweise **71** eingesetzt. Die Erfindung ist nicht auf derartige rechteckige Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten 19_K beziehungsweise **71** beschränkt. Auch gekrümmte Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen zum Einsatz kommen, insbesondere dann, wenn eine Korrektur der Beleuchtung eines bogenförmigen Objektfeldes erreicht werden soll. Wenn gekrümmte Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten zum Einsatz kommen, können auch die Grundbeleuchtungs-Feldfacetten entsprechend gekrümmt ausgeführt sein. Die gekrümmten Feldfacetten können in ihrer Form dem bogenförmigen Objektfeld entsprechend ausgeführt sein.

[0210] Eine Beleuchtungskorrektur wird mit Hilfe der Beleuchtungsoptik **4** folgendermaßen durchgeführt: Zunächst wird mit Hilfe eines entsprechenden Detektors eine Intensitätsverteilung der Beleuchtung des Objektfeldes **5** ermittelt. Zusätzlich kann auch eine Winkelverteilung der Beleuchtung des Objektfeldes **5** gemessen werden. Anhand dieses Messergebnisses wird die Ausgestaltung der Korrekturbeleuch-

tungs-Feldfacetten **19_K** bzw. **71** berechnet und die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten **27_K** bzw. **76** werden diesen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** bzw. **71**, ebenfalls auf Basis dieser Messung, zugeordnet. Anschließend wird die berechnete Ausgestaltung und Zuordnung in der Beleuchtungsoptik **4** bereitgestellt, was beispielsweise durch gezieltes Auswählen genutzter Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten **19_K** über die Blenden **29** bis **33** erfolgen kann. Im Anschluss hieran findet dann die Projektionsbelichtung statt, bei der das Retikel **20** und der Wafer, der eine für das Beleuchtungslicht **10** lichtempfindliche Beschichtung trägt, bereitgestellt werden und anschließend zumindest ein Abschnitt des Retikels **20** auf den Wafer mit Hilfe der Projektionsbelichtungsanlage **1** projiziert wird. Schließlich wird die mit dem Beleuchtungslicht-Bündel **10** belichtete lichtempfindliche Schicht auf dem Wafer entwickelt.

körper erzeugt werden.

[0211] Über die verschiedenen Varianten der vorstehend erläuterten Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten kann deren Bündelführungswirkung dynamisch gesteuert werden. Hierzu können die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten von einer Steuereinrichtung der Projektionsbelichtungsanlage angesteuert werden. Diese Ansteuerung kann dabei auf Basis von Messungen des Intensitätsverlaufs über die lange Felddimension im Objekt- oder auch im Bildfeld erfolgen.

[0212] Beim Betrieb des Feldfacettenspiegels **13** mit den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können einzelne Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten oder Gruppen von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten, insbesondere dann, wenn diese aktiv verlagerbar oder aktiv abschattbar ausgebildet sind, zu- oder abgeschaltet werden.

[0213] Bei verschiedenen vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten ist eine Beleuchtung lediglich von Teilbereichen des Objektfeldes möglich. Dies kann genutzt werden, um Intensitätsdips an bestimmten Feldhöhen durch Zumischung von über Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten bereitgestelltem Beleuchtungslicht an diesen Feldhöhen, also in Teilbereichen des Feldes, auszugleichen.

[0214] Die Berandungsformen effektiv beleuchteter Bereiche der verschiedenen vorstehend erläuterten Ausführungen von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten können mindestens einen Wendepunkt aufweisen. Diese Berandung kann dabei die Trennlinie zwischen einem hochreflektierenden und weniger effizient bzw. nicht reflektierenden Bereich der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette darstellen. Bei der Berandung mit dem mindestens einen Wendepunkt kann es sich auch um eine körperlich vorhandene Facettenberandung handeln. Die Berandung kann auch durch einen entsprechend geformten Abschattungs-

ZITATE ENHALTEN 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 6658084 B2 [0002]
- US 6859328 B2 [0002]
- US 2007/0041004 A1 [0002]
- US 2006/0170895 A1 [0002]
- EP 1349009 A2 [0002]
- EP 1225481 A [0101]
- WO 2005/040927 A2 [0198]
- US 2006/0244941 A1 [0198]
- WO 2007/039257 A1 [0198]

Patentansprüche

1. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (10) von einer Strahlungsquelle (3) hin zu einem Objektfeld (5) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacettenspiegel (13) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (19) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (5),
 – mit einer dem Feldfacettenspiegel (13) nachfolgenden Folgeoptik (14, 15) zur Überführung des Beleuchtungslichts (10) in das Objektfeld (5),
 – wobei die Folgeoptik (14, 15) einen Pupillenfacettenspiegel (14) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (27) aufweist, wobei die Feldfacetten (19) den Pupillenfacetten (27) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (10), die auf jeweils eine der Feldfacetten (19) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (27) weiter zum Objektfeld (5) geführt werden,
dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacettenspiegel (13) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71) aufweist, deren Bündelführungswirkung dynamisch steuerbar ist und die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen.

2. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (10) von einer Strahlungsquelle (3) hin zu einem Objektfeld (5) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacettenspiegel (13) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (19) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (5),
 – mit einer dem Feldfacettenspiegel (13) nachfolgenden Folgeoptik (14, 15) zur Überführung des Beleuchtungslichts (10) in das Objektfeld (5),
 – wobei die Folgeoptik (14, 15) einen Pupillenfacettenspiegel (14) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (27) aufweist, wobei die Feldfacetten (19) den Pupillenfacetten (27) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (10), die auf jeweils eine der Feldfacetten (19) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (27) weiter zum Objektfeld (5) geführt werden,
dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacettenspiegel (13) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacet-

ten (19_K; 71) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, wobei der Feldfacettenspiegel (13) zwischen mindestens zwei Betriebszuständen umschaltbar ist, die sich in der Anzahl und/Anordnung der zur Beleuchtung des Objektfeldes (5) beitragenden Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten unterscheiden.

3. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Blenden (29 bis 32; 77), die vor dem Pupillenfacettenspiegel (14) anordenbar sind, wobei jede der Blenden (29 bis 32; 77) mindestens eine der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) abschattet.

4. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (71) nicht das gesamte Objektfeld (5), sondern lediglich einen Teilbereich hiervon ausleuchtet.

5. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) eine Reflektivität für das Beleuchtungslicht (10) haben, die längs einer langen Feldfacettendimension (x) einen vorgegebenen, definiert von einer konstanten Reflektivität abweichenden Verlauf aufweist.

6. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) abschnittsweise (34) keine hochreflektierende Beschichtung tragen.

7. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) zumindest abschnittsweise als EUV-Graufilter mit variabler Reflektivität ausgeführt sind.

8. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Graufilter durch Belegung der Reflexionsfläche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette (19_K) mit absorbierenden Punktstrukturen (38) mit vorgegebener Verteilung gebildet ist.

9. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette (19_K) ein separater Graufilterabschnitt (37) vorliegt.

10. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Graufilterabschnitt (37) absorbierende Punktstrukturen (38) mit konstanter Flächendichte vorliegen, wobei eine variable Reflektivität durch Variation der Breite des Graufilterabschnitts (37) senkrecht zur langen Feldfacettendimension (y) erreicht ist.

11. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine maximale Breite (K) des Graufilterabschnitts (37) kleiner ist als die Breite (y_{FF}) der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette (19_K) senkrecht zur langen Feldfacettendimension (y).

12. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass im Graufilterabschnitt die Punktstrukturen (38) mit variierender Flächendichte vorliegen.

13. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch mindestens zwei gleiche Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K).

14. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass den gleichen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten ($19_{K1}/19_{K1'}$, $19_{K2}/19_{K2'}$, $19_{K3}/19_{K3'}$, $19_{K4}/19_{K4'}$, $19_{K5}/19_{K5'}$, $19_{K6}/19_{K6'}$) Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten ($27_{K1}/27_{K1'}$, $27_{K2}/27_{K2'}$, $27_{K3}/27_{K3'}$, $27_{K4}/27_{K4'}$, $27_{K5}/27_{K5'}$, $27_{K6}/27_{K6'}$) zugeordnet sind, die punktsymmetrisch zu einem Zentrum (36) der vom Pupillenfacettenspiegel (14) vorgegebenen Pupille angeordnet sind.

15. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass effektiv beleuchtete Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K ; 71) eine Berandungsform aufweisen, die von einer Berandungsform der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G) abweicht.

16. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K ; 21) mindestens einen Wendepunkt aufweist.

17. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 4 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (71) eine Fläche aufweisen, die eine Teilfläche einer Grundbeleuchtungs-Feldfacette (19_G) darstellt.

18. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette (19_K ; 71) als aktiv verlagerbarer Spiegel ausgeführt ist.

19. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacette (19_K ; 71) als aktiv verkipperbar und/oder verschiebbarer Spiegel ausgeführt ist.

20. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) und/oder effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuch-

tungs-Pupillenfacetten (27_K) über einen Abschattungskörper (47) beeinflusst wird.

21. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Tragstruktur, mit der der Abschattungskörper (47) gehalten ist, in einem abgeschatteten Raum (39) des Feldfacettenspiegels (13) untergebracht ist.

22. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) gegenüber einer durch die Reflexionsfläche (59) des Facettenspiegels (13, 14) vorgegebenen Reflexionsebene beabstandet angeordnet ist.

23. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) zwischen zwei Facetten ($19_{K1}/19_{K2}$, $19_{K8}/19_{K9}$) angebracht ist.

24. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) einen Grundkörper (49) aufweist,

- der sich längs eines Spaltes (48) zwischen zwei benachbarten Facetten ($19_{K1}/19_{K2}$) erstreckt,
- dessen Breite höchstens so groß ist wie die Breite des Spaltes (48) zwischen den beiden benachbarten Facetten ($19_{K1}/19_{K2}$) und
- an dem Abschattungsabschnitte (50) angeordnet sind, deren Breite größer ist als die Breite des Spaltes (48) zwischen den beiden benachbarten Facetten ($19_{K1}/19_{K2}$).

25. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch einen Draht als Grundkörper (49).

26. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 24, gekennzeichnet durch einen Folienstreifen oder ein Band als Grundkörper (49).

27. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschattungsabschnitte (50) derart ausgebildet sind, dass sie durch randseitiges Abtragen eines Roh-Grundkörpers (49) geformt sind.

28. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschattungsabschnitte (50) derart ausgebildet sind, dass sie durch randseitiges Zuschneiden des Roh-Grundkörpers (49) geformt sind.

29. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschattungsabschnitte (50) durch Dickenvariationen des Grundkörpers (49) zumindest in einer Dimension (y) senkrecht zur Strahlrichtung des Beleuchtungs-

licht-Bündels (10) gebildet sind.

30. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 29, gekennzeichnet durch eine sinusförmige Dickenvariation des Grundkörpers (49).

31. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschattungsabschnitte (50) scheibenförmig sind.

32. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Abschattungsabschnitten (50) längs des Grundkörpers (49) in einer Abfolge angeordnet sind, die einer vorgegebenen Intensitätsverteilung ($I(x)$) in einer Feldebene (6) der Beleuchtungsoptik (4) entspricht.

33. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 20 bis 32, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl von Abschattungskörpern (47) mit jeweils einem Grundkörper (49) und jeweils einer Mehrzahl von Abschattungsabschnitten (50), wobei sich mindestens zwei der Abschattungskörper (47) unterscheiden in mindestens einer der folgenden Größen:

- Abstand der Abschattungsabschnitte (50) längs des Grundkörpers (49),
- Position der Abschattungsabschnitte (50) relativ zur zugeordneten Korrekturbeleuchtungs-Facette (19_K),
- Abschattungs-Durchmesser des Abschattungsabschnitts (50).

34. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 20 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) längs der größeren Feldfacet-tendimension (x) länger ist als die ihm zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Facette (19_K).

35. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass beide Enden des Abschattungskörpers (47) auf jeweils einer Rolle (53, 54) aufgewickelt und abspulbar sind, wobei ein zur Abschattung genutzter Bereich (55) des Abschattungskörpers (47) zwischen den beiden Rollen (53, 54) geführt ist.

36. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 35, gekennzeichnet durch einen Antrieb (56) zum Aufwickeln und Abspulen des Abschattungskörpers (47).

37. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Rollen (53, 54) sowie der Antrieb (56) außerhalb eines evakuierten Raumes (57) angeordnet sind, in dem die sonstige Beleuchtungsoptik (4) angeordnet ist.

38. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 24 bis 37, gekennzeichnet durch eine Formungseinrichtung zur Vorgabe einer Form der Abschattungs-

ungsabschnitte (50).

39. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 34 bis 38, gekennzeichnet durch eine Leseinrichtung (62) zur Erfassung von Markierungen auf dem Abschattungskörper (47).

40. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 20 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) einen Einfügeabschnitt (67) aufweist, der zwischen zwei Facetten (19_K) eingefügt ist.

41. Beleuchtungsoptik nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschattungskörper (47) senkrecht zu einer Reflexionsfläche (59) des Facettenspiegels (13) verlagerbar (69) ist.

42. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (71) außerhalb eines von der Gesamtheit der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G) vorgegebenen beleuchteten Kontur des Feldfacetten spiegels (13) angeordnet sind.

43. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) innerhalb einer von der Gesamtheit der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (27_G) vorgegebenen beleuchteten Kontur des Pupillenfacetten spiegels (14) angeordnet sind.

44. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (76) ein diese variabel abdeckender Abschattungskörper (77) zugeordnet ist.

45. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G) jeweils mit einem Aktor zur Verlagerung der Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G) zusammenwirken.

46. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K ; 71) jeweils mit einem Aktor zur Verlagerung von diesen zusammenwirken.

47. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) jeweils mit einem Aktor zur Verlagerung von diesen zusammenwirken.

48. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprü-

che 1 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**; **76**) jeweils mit einem Aktor zur Verlagerung von diesen zusammenwirken.

49. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**) relativ zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**) so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels (**10**), der von den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**) zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**) weitergeleitet wird, nicht vollständig von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**) weitergeführt ist, sondern gezielt randseitig abgeschnitten ist.

50. Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**) relativ zum Objektfeld so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels (**10**), der von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**) zum Objektfeld (**5**) weitergeleitet wird, nicht vollständig das Objektfeld (**5**) erreicht, sondern gezielt randseitig abgeschnitten wird.

51. Beleuchtungsoptik (**4**) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (**10**) von einer Strahlungsquelle (**3**) hin zu einem Objektfeld (**5**) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacetten Spiegel (**13**) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (**19**) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (**5**),
 – mit einer dem Feldfacetten Spiegel (**13**) nachfolgenden Folgeoptik (**14, 15**) zur Überführung des Beleuchtungslichts (**10**) in das Objektfeld (**5**),
 – wobei die Folgeoptik (**14, 15**) einen Pupillenfacetten Spiegel (**14**) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (**27**) aufweist, wobei die Feldfacetten (**19**) den Pupillenfacetten (**27**) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (**10**), die auf jeweils eine der Feldfacetten (**19**) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (**27**) weiter zum Objektfeld (**5**) geführt werden,
 dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacetten Spiegel (**13**) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_G**), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_G**) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (**5**) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**; **71**) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**; **76**) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (**5**) bereitstellen, wobei der Feldfacetten Spiegel mindestens zwei gleiche Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**) aufweist.

52. Beleuchtungsoptik (**4**) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (**10**) von einer Strahlungsquelle (**3**) hin zu einem Objektfeld (**5**) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacetten Spiegel (**13**) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (**19**) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (**5**),
 – mit einer dem Feldfacetten Spiegel (**13**) nachfolgenden Folgeoptik (**14, 15**) zur Überführung des Beleuchtungslichts (**10**) in das Objektfeld (**5**),
 – wobei die Folgeoptik (**14, 15**) einen Pupillenfacetten Spiegel (**14**) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (**27**) aufweist, wobei die Feldfacetten (**19**) den Pupillenfacetten (**27**) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (**10**), die auf jeweils eine der Feldfacetten (**19**) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (**27**) weiter zum Objektfeld (**5**) geführt werden,
 dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacetten Spiegel (**13**) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_G**), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_G**) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (**5**) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**; **71**) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_K**; **76**) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (**5**) bereitstellen, wobei eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_K**; **71**) mindestens einen Wendepunkt aufweist.

53. Beleuchtungsoptik (**4**) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (**10**) von einer Strahlungsquelle (**3**) hin zu einem Objektfeld (**5**) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacetten Spiegel (**13**) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (**19**) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (**5**),
 – mit einer dem Feldfacetten Spiegel (**13**) nachfolgenden Folgeoptik (**14, 15**) zur Überführung des Beleuchtungslichts (**10**) in das Objektfeld (**5**),
 – wobei die Folgeoptik (**14, 15**) einen Pupillenfacetten Spiegel (**14**) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (**27**) aufweist, wobei die Feldfacetten (**19**) den Pupillenfacetten (**27**) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (**10**), die auf jeweils eine der Feldfacetten (**19**) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (**27**) weiter zum Objektfeld (**5**) geführt werden,
 dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacetten Spiegel (**13**) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_G**), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (**27_G**) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (**5**) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacet-

ten (19_K; 71) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, wobei eine Berandungsform effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) und/oder effektiv beleuchteter Bereiche der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) über einen Abschattungskörper (47) beeinflusst wird, wobei eine Tragstruktur, mit der der Abschattungskörper (47) gehalten ist, in einem abgeschatteten Raum (39) des Feldfacettenspiegels (13) untergebracht ist.

54. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (10) von einer Strahlungsquelle (3) hin zu einem Objektfeld (5) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacettenspiegel (13) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (19) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (5),
 – mit einer dem Feldfacettenspiegel (13) nachfolgenden Folgeoptik (14, 15) zur Überführung des Beleuchtungslichts (10) in das Objektfeld (5),
 – wobei die Folgeoptik (14, 15) einen Pupillenfacettenspiegel (14) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (27) aufweist, wobei die Feldfacetten (19) den Pupillenfacetten (27) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (10), die auf jeweils eine der Feldfacetten (19) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (27) weiter zum Objektfeld (5) geführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacettenspiegel (13) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, wobei die Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) relativ zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels (10), der von den Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K) zu den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) weitergeleitet wird, nicht vollständig von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) weitergeführt ist, sondern gezielt randseitig abgeschnitten ist.

55. Beleuchtungsoptik (4) für die EUV-Mikrolithografie zur Führung eines Beleuchtungslicht-Bündels (10) von einer Strahlungsquelle (3) hin zu einem Objektfeld (5) mit einem Aspektverhältnis zwischen einer größeren Felddimension (x) und einer kleineren Felddimension (y), welches größer ist als 1,
 – mit einem Feldfacettenspiegel (13) mit einer Mehrzahl von Feldfacetten (19) zur Vorgabe definierter Beleuchtungsverhältnisse im Objektfeld (5),

– mit einer dem Feldfacettenspiegel (13) nachfolgenden Folgeoptik (14, 15) zur Überführung des Beleuchtungslichts (10) in das Objektfeld (5),
 – wobei die Folgeoptik (14, 15) einen Pupillenfacettenspiegel (14) mit einer Mehrzahl von Pupillenfacetten (27) aufweist, wobei die Feldfacetten (19) den Pupillenfacetten (27) jeweils individuell zugeordnet sind, sodass Anteile des Beleuchtungslicht-Bündels (10), die auf jeweils eine der Feldfacetten (19) treffen, über die zugeordnete Pupillenfacette (27) weiter zum Objektfeld (5) geführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldfacettenspiegel (13) neben einer Mehrzahl von Grundbeleuchtungs-Feldfacetten (19_G), die über zugeordnete Grundbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_G) eine Grundbeleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, eine Mehrzahl von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71) aufweist, die über zugeordnete Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) eine Korrektur der Beleuchtung des Objektfeldes (5) bereitstellen, wobei die Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) relativ zum Objektfeld so ausgerichtet sind, dass der Anteil des Beleuchtungslicht-Bündels (10), der von den Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K) zum Objektfeld (5) weitergeleitet wird, nicht vollständig das Objektfeld (5) erreicht, sondern gezielt randseitig abgeschnitten wird.

56. Beleuchtungssystem
 – mit einer EUV-Strahlungsquelle (3) zur Erzeugung eines Beleuchtungslicht-Bündels (10),
 – mit einer Beleuchtungsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 55.

57. Projektionsbelichtungsanlage
 – mit einem Beleuchtungssystem nach Anspruch 56,
 – mit einer Projektionsoptik (7) zum Projizieren des Objektfeldes (5) auf ein Bildfeld (8).

58. Verfahren zur Beleuchtungskorrektur unter Einsatz einer Beleuchtungsoptik (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 55 mit folgenden Schritten:
 – Ermitteln einer Intensitätsverteilung oder einer Winkelverteilung einer Beleuchtung des Objektfeldes (5) mit dem Beleuchtungslicht-Bündel (10) der Strahlungsquelle (3),
 – Bereitstellen einer Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71) und einer Zuordnung der Korrekturbeleuchtungs-Pupillenfacetten (27_K; 76) zu diesen Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71), sodass sich die gewünschte Intensitätsverteilung oder Winkelverteilung ergibt.

59. Verfahren nach Anspruch 58 unter Einsatz einer Beleuchtungsoptik (4) nach einem der Ansprüche 2 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Bereitstellung der Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (19_K; 71) eine Auswahl eines entsprechenden Betriebszustandes sowie ein Umschalten hin zu diesem Betriebszustand erfolgt.

60. Verfahren nach Anspruch 58 oder 59, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereitstellung der Ausgestaltung der Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten (**19_k**; **71**) auf Basis eines Funktionensatzes erfolgt, wobei ein Satz von Korrekturbeleuchtungs-Feldfacetten mit Intensitätsvariationen über die Feldhöhe bereitgestellt ist, die diesem Funktionensatz entsprechen.

61. Verfahren zur Herstellung eines mikrostrukturierten Bauelements mit folgenden Verfahrensschritten:

- Bereitstellen eines Retikels (**20**),
- Bereitstellen eines Wafers mit einer für das Beleuchtungslicht-Bündel (**10**) lichtempfindlichen Beschichtung,
- Projizieren zumindest eines Abschnitts des Retikels auf den Wafer mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 57,
- Entwickeln der mit dem Beleuchtungslicht-Bündel (**10**) belichteten lichtempfindlichen Schicht auf dem Wafer.

62. Verfahren nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Projizieren eine Beleuchtungskorrektur nach einem der Ansprüche 58 bis 60 durchgeführt wird.

63. Bauteil, hergestellt nach dem Verfahren nach Anspruch 61 oder 62.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

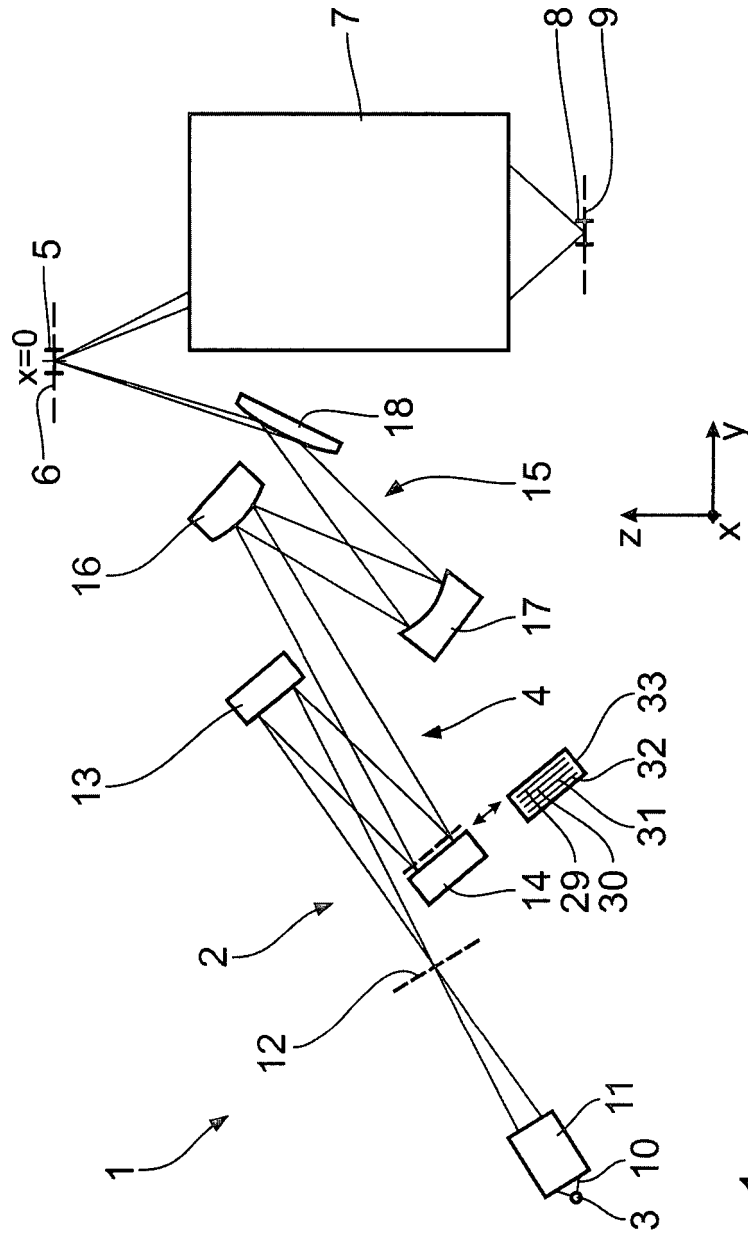


Fig. 1

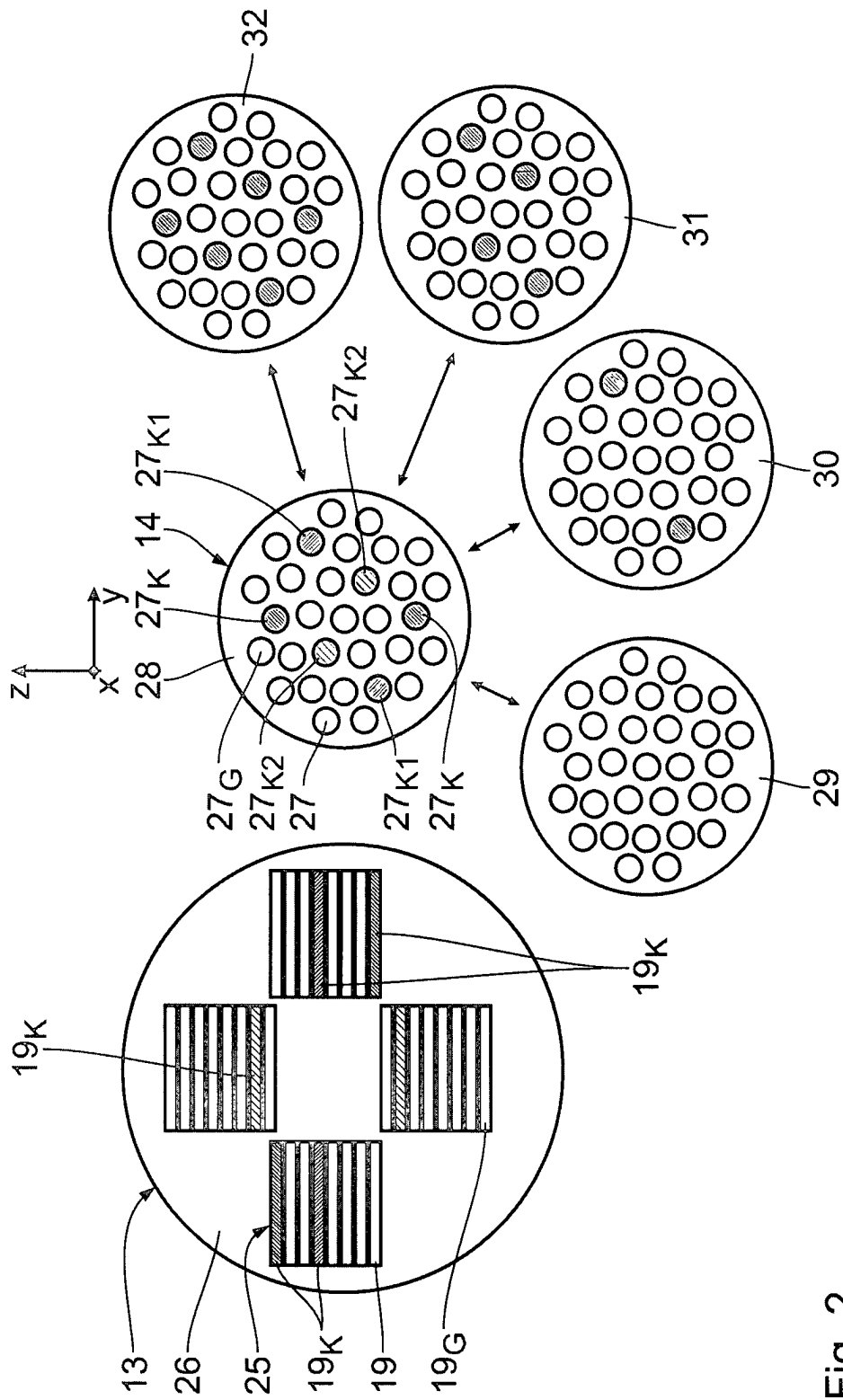


Fig. 2

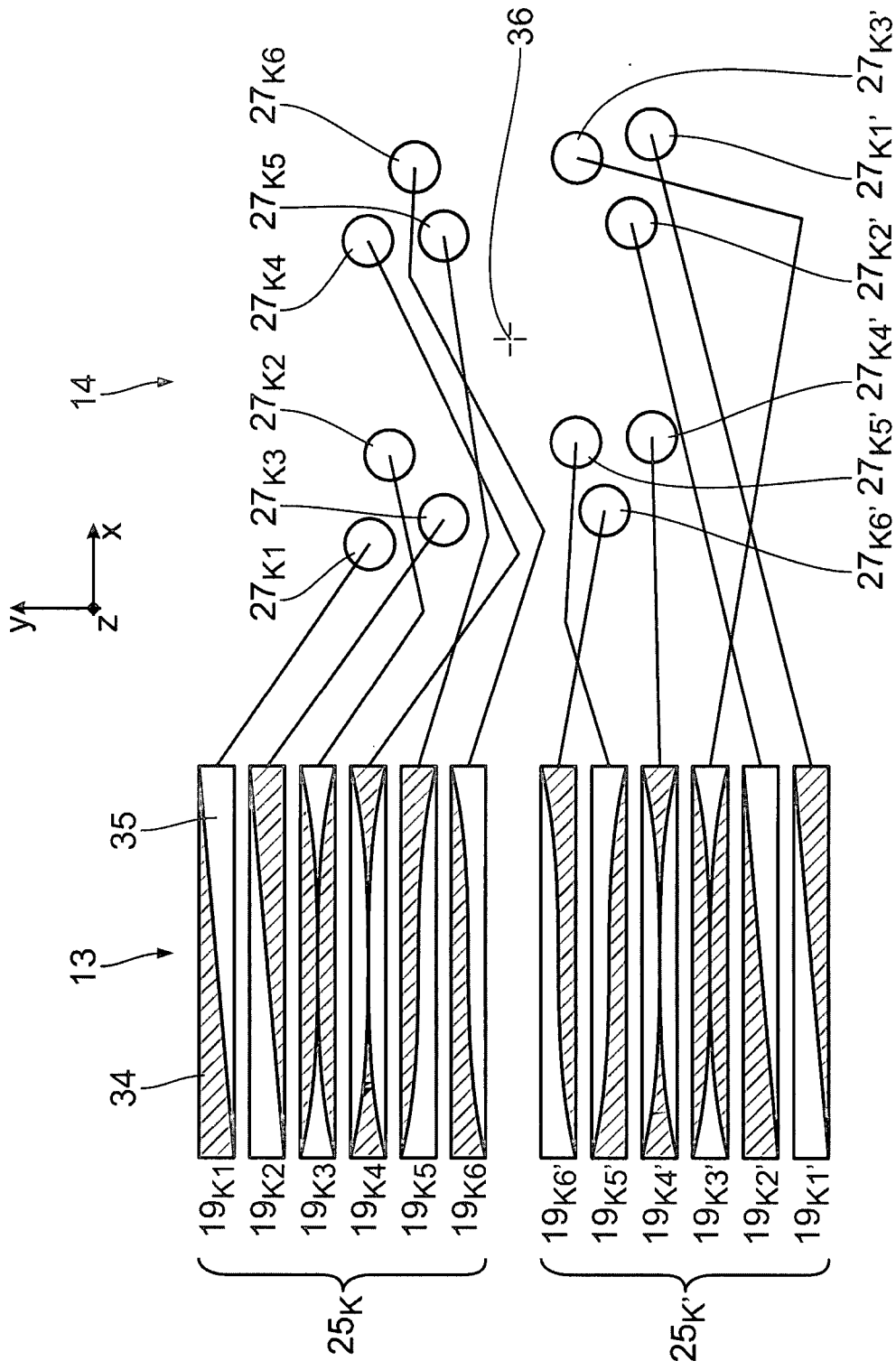


Fig. 3

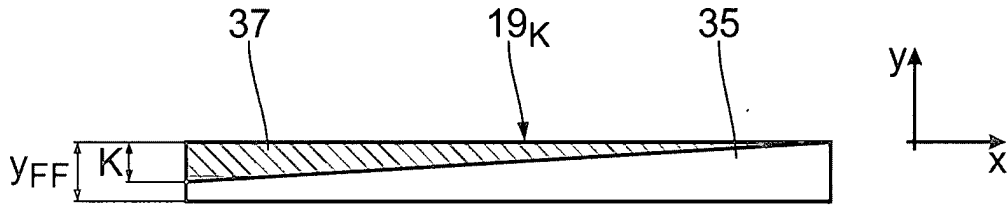


Fig. 4

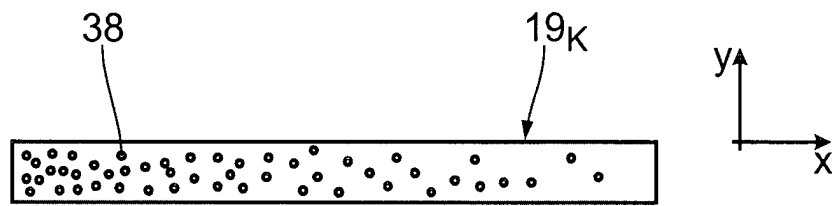


Fig. 5

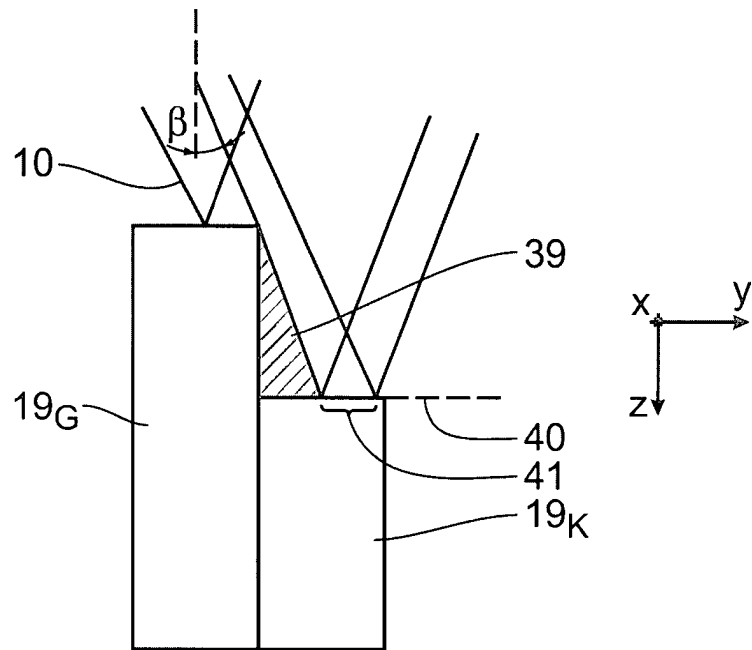


Fig. 6

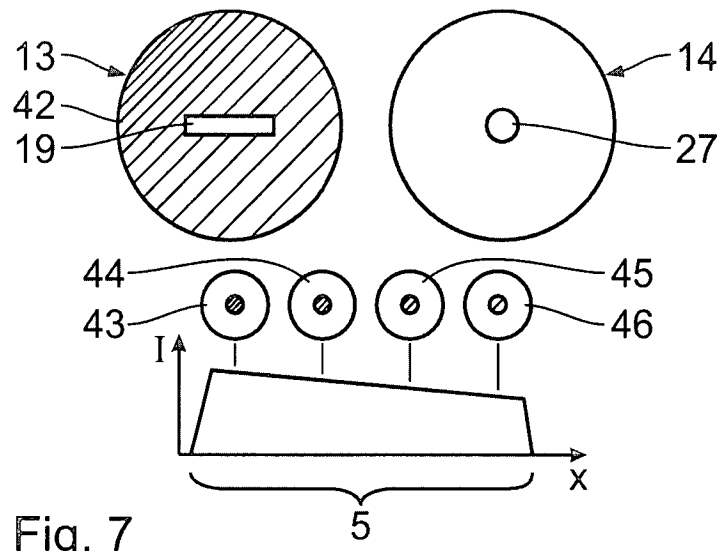


Fig. 7

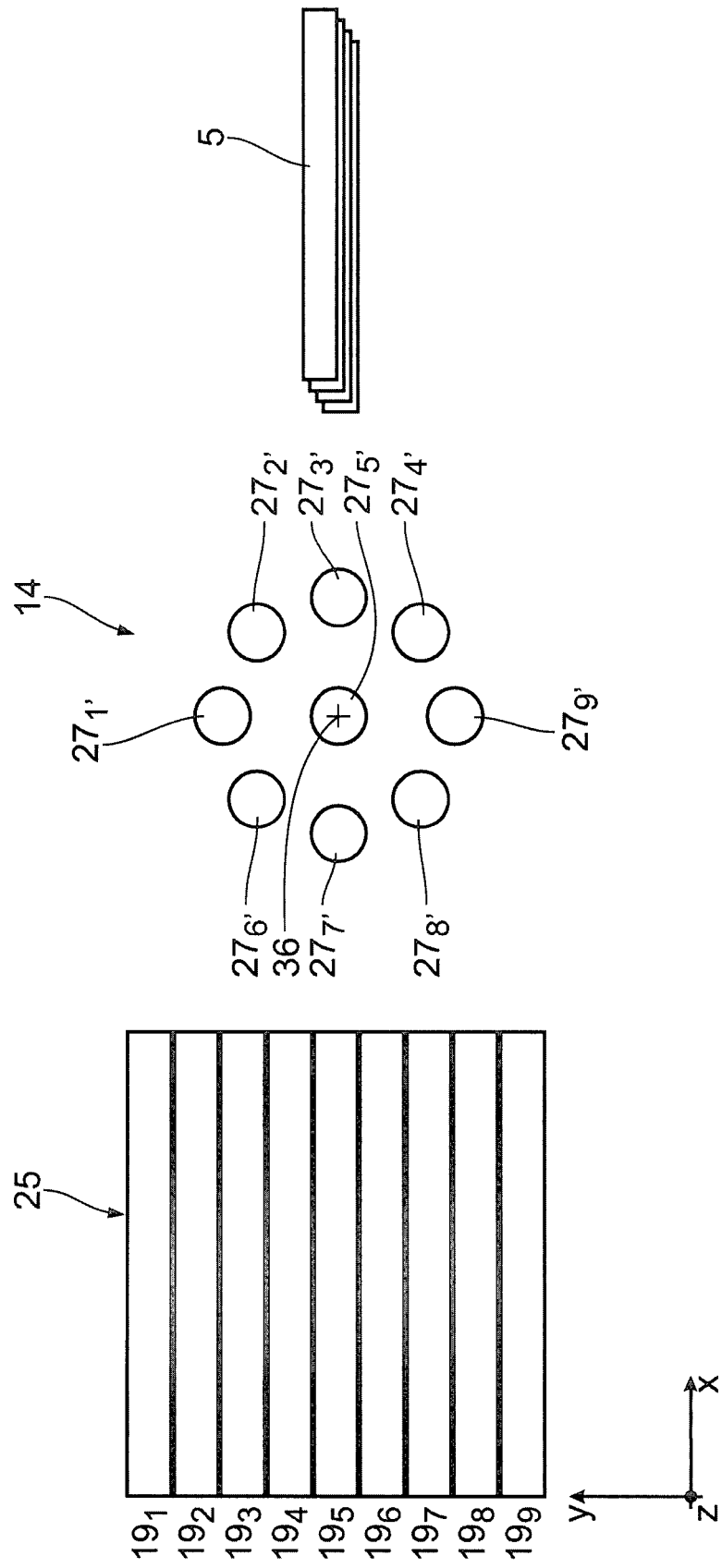


Fig. 8

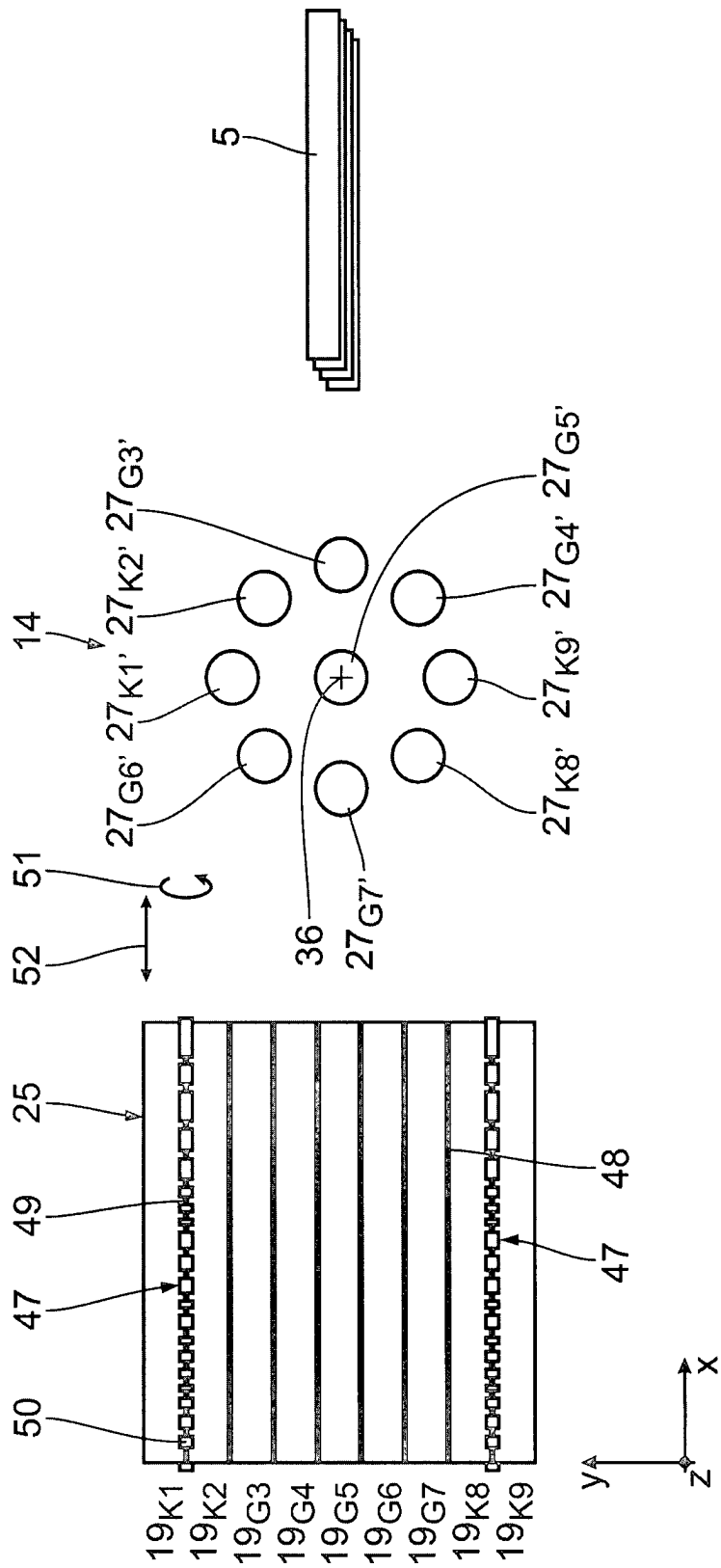


Fig. 9

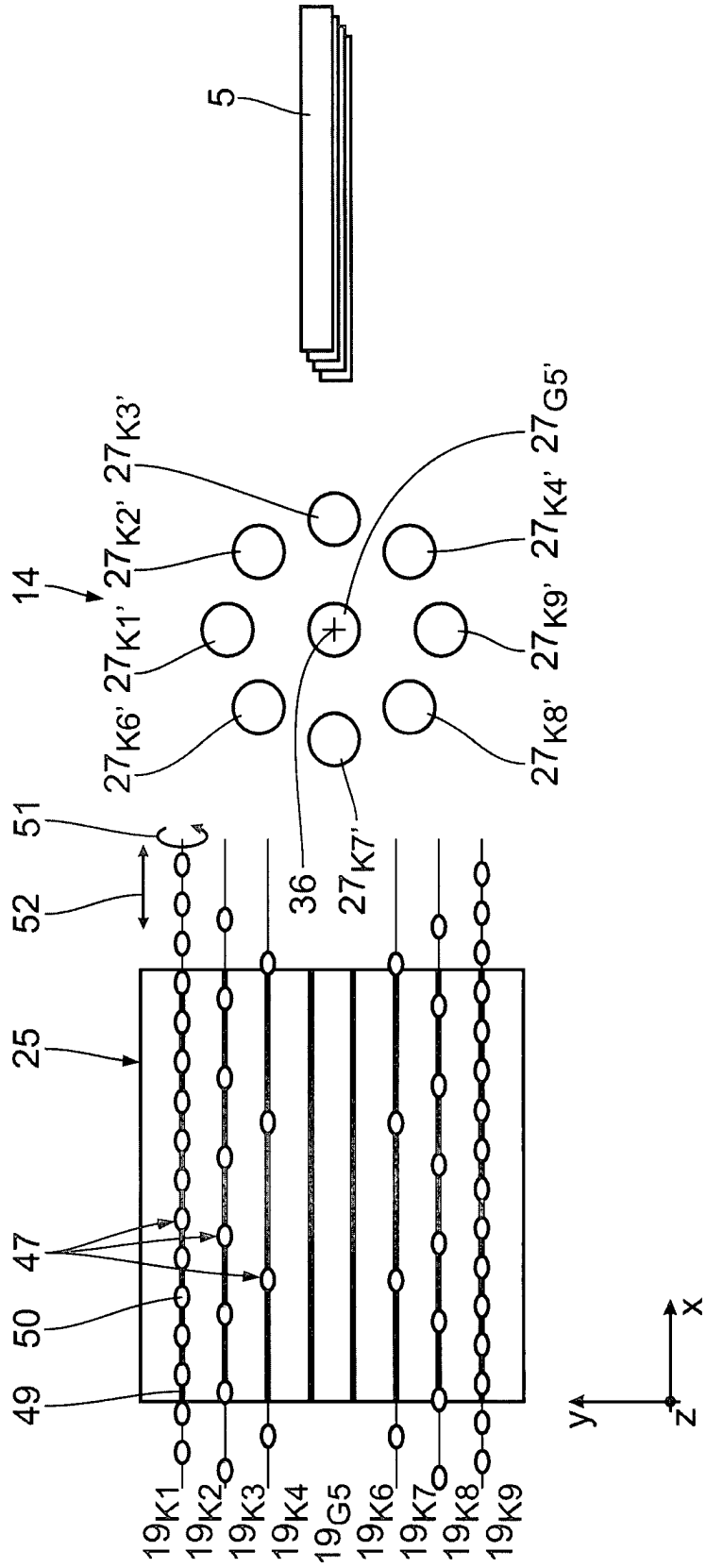


Fig. 10

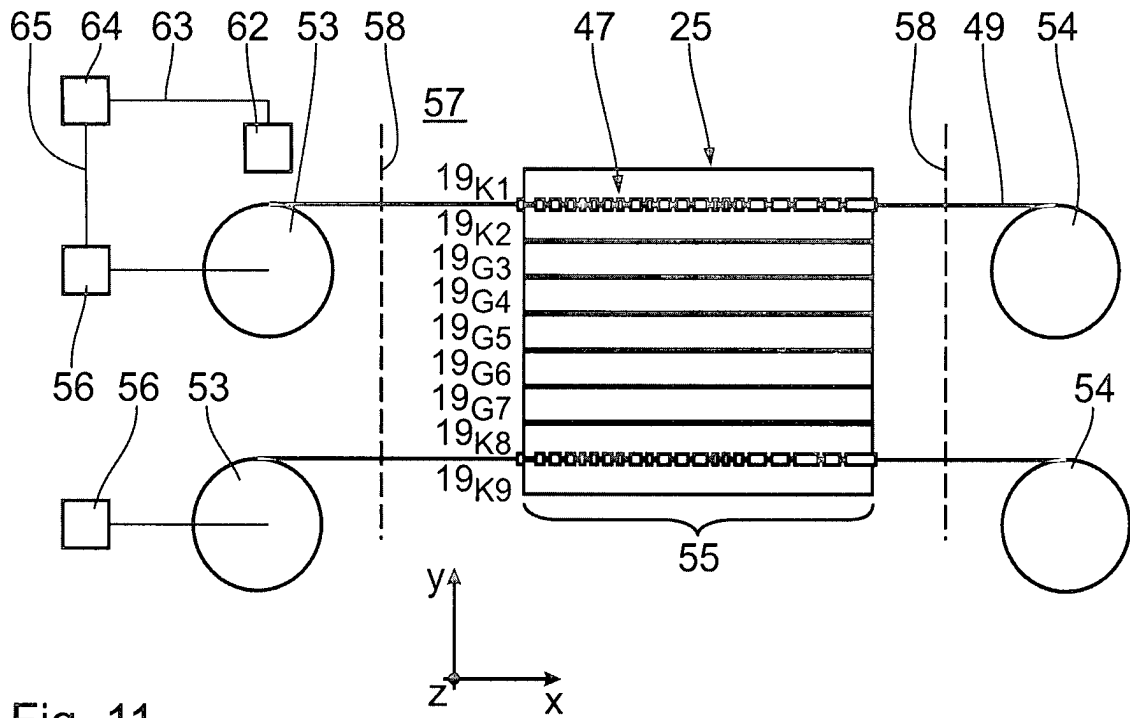


Fig. 11

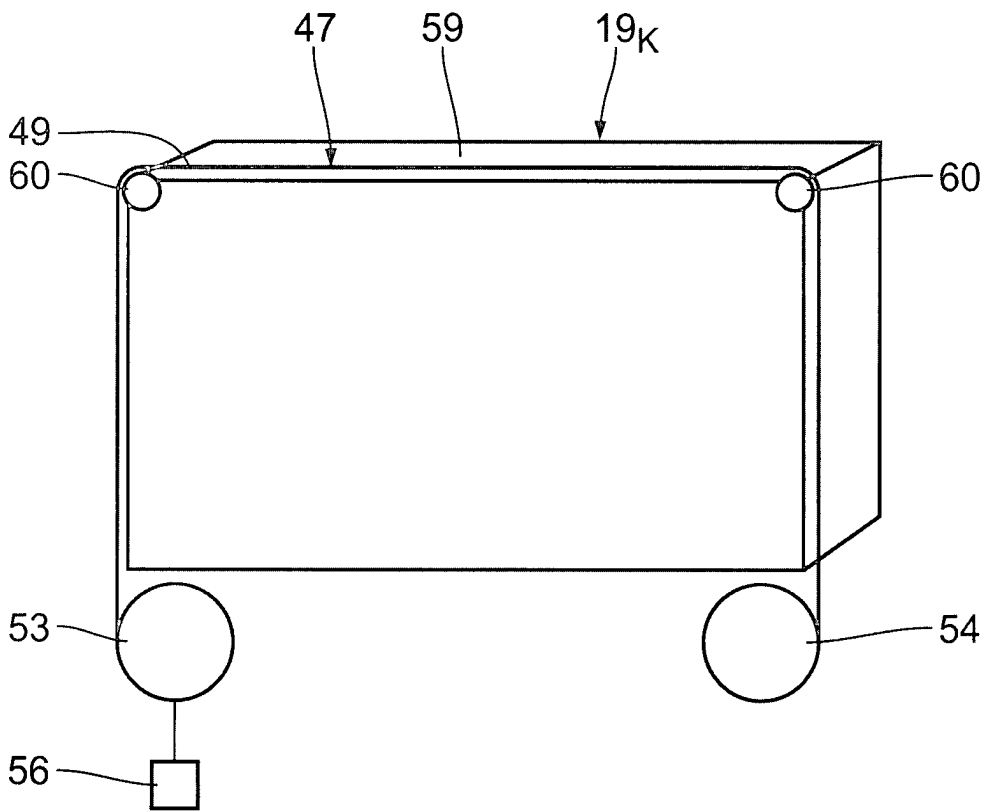


Fig. 12

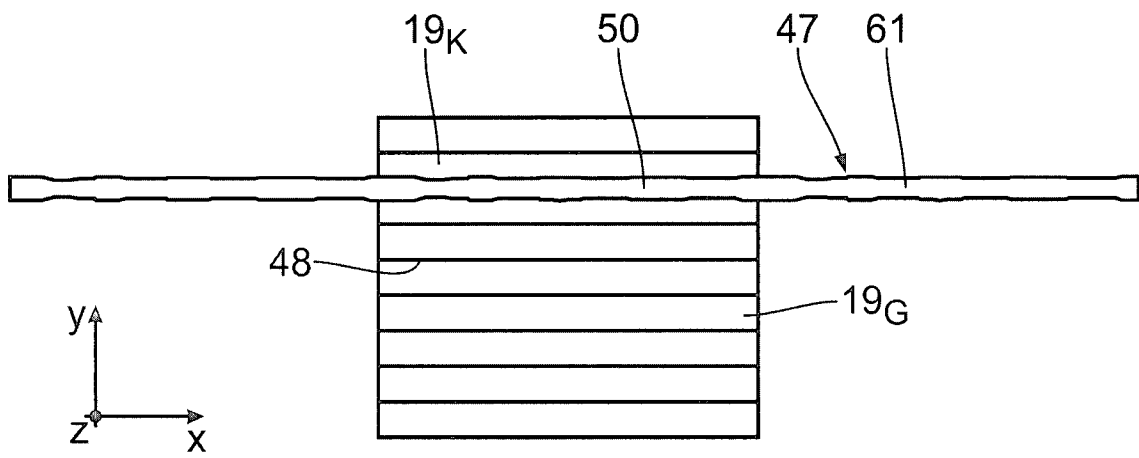


Fig. 13

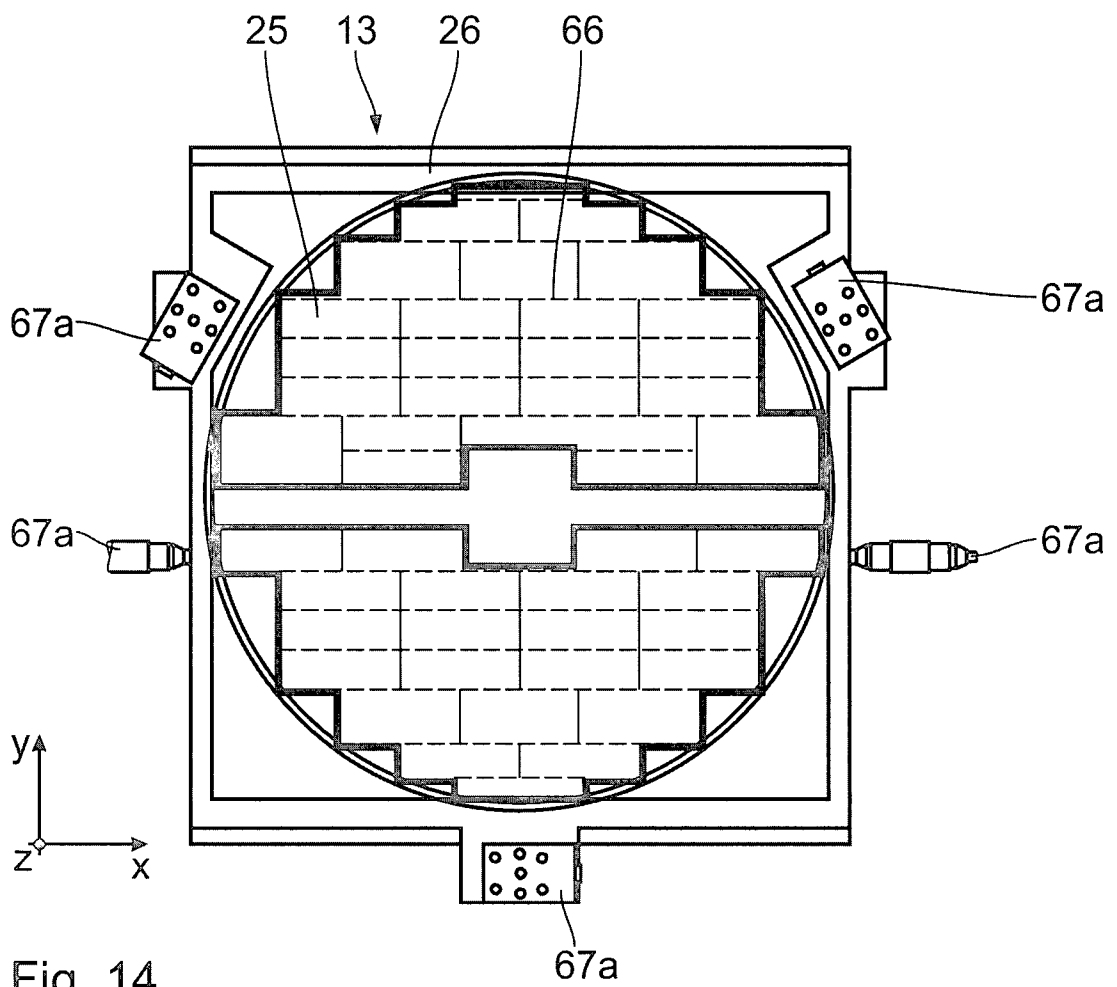


Fig. 14

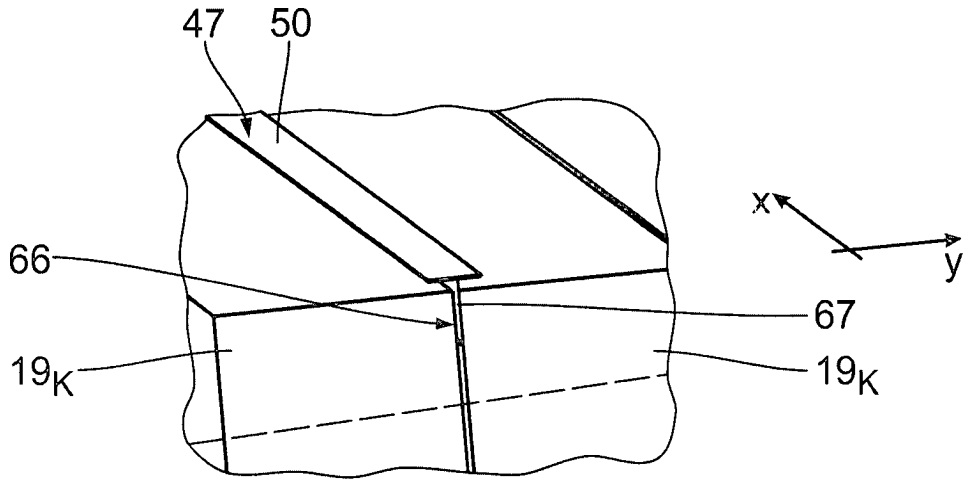


Fig. 15

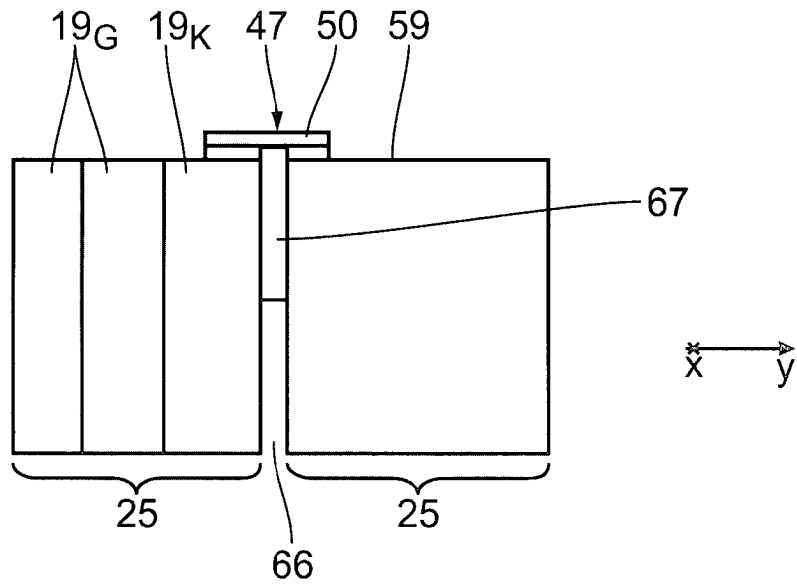


Fig. 16

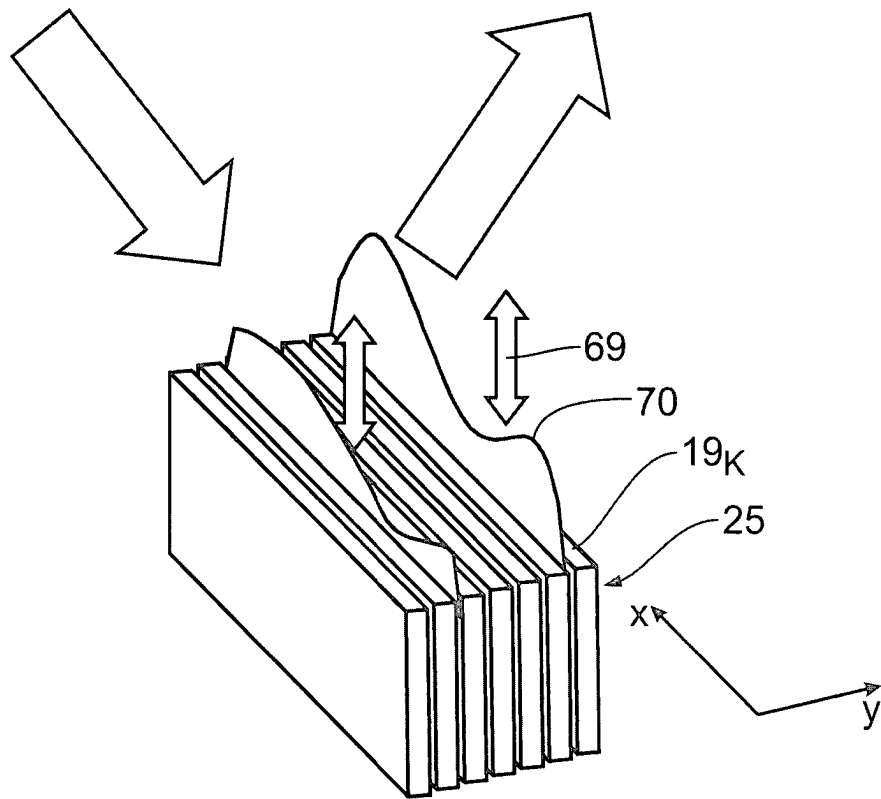


Fig. 17

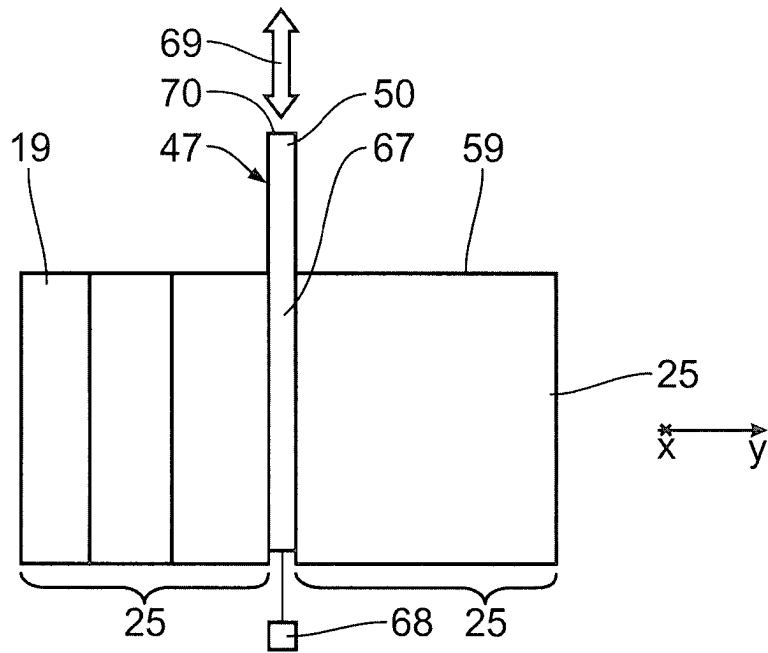


Fig. 18

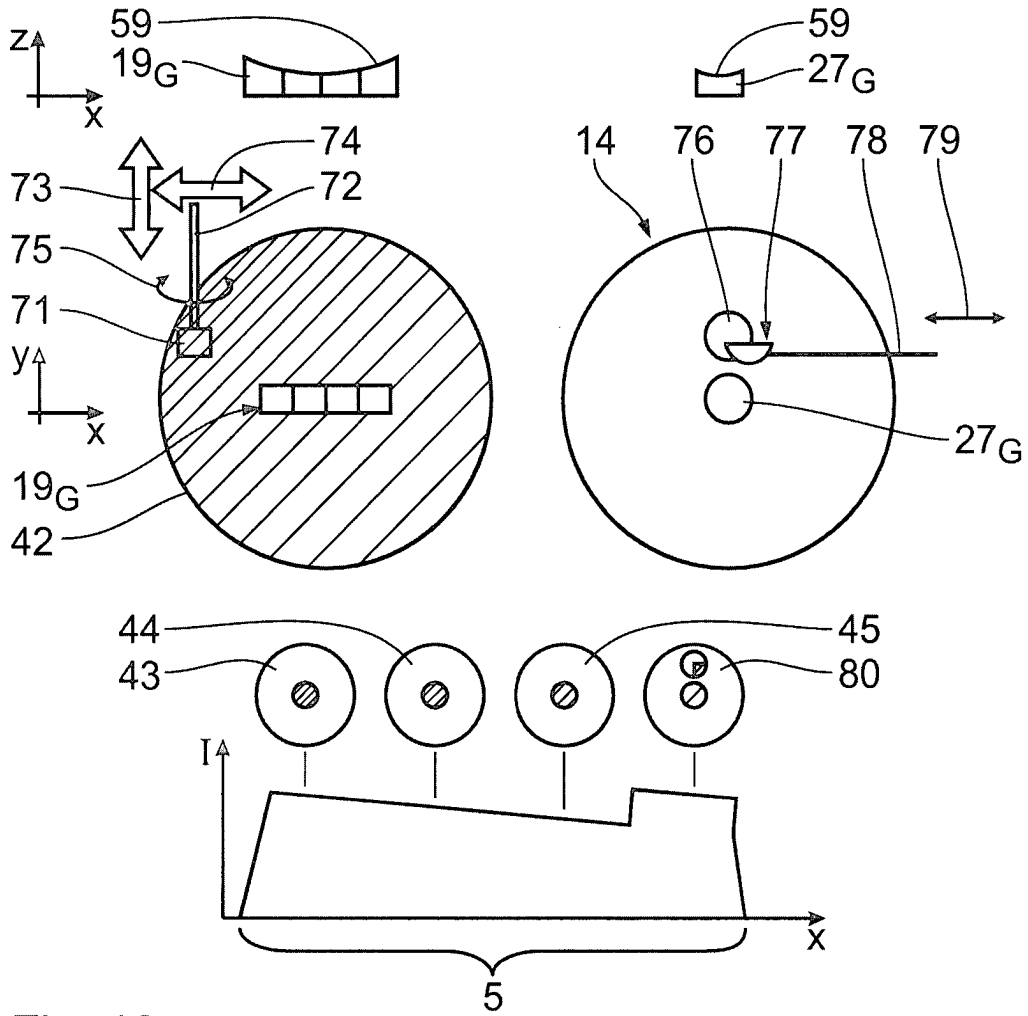


Fig. 19

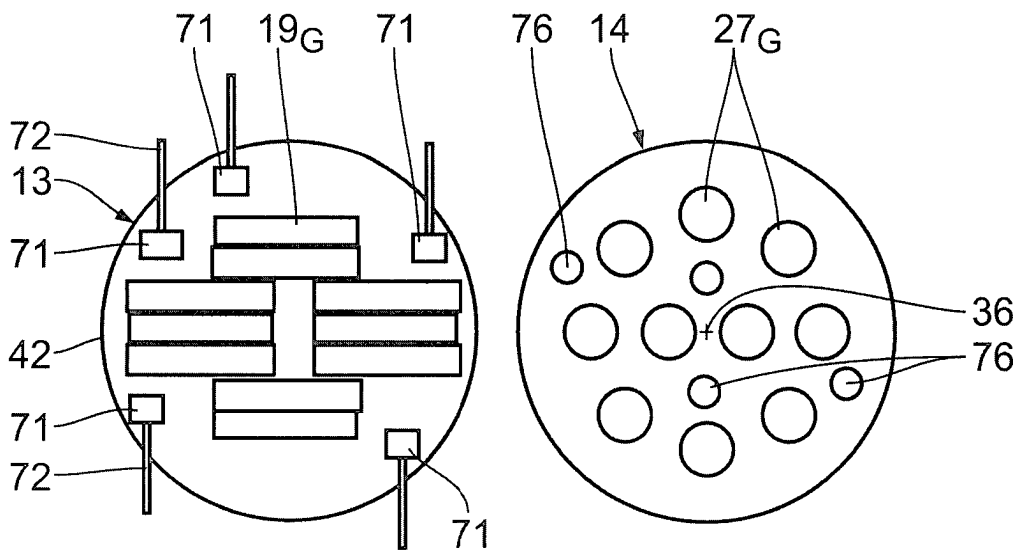


Fig. 20

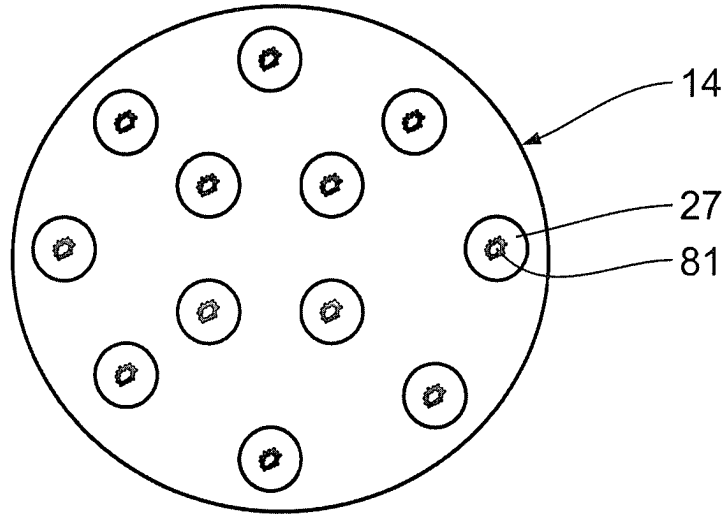


Fig. 21

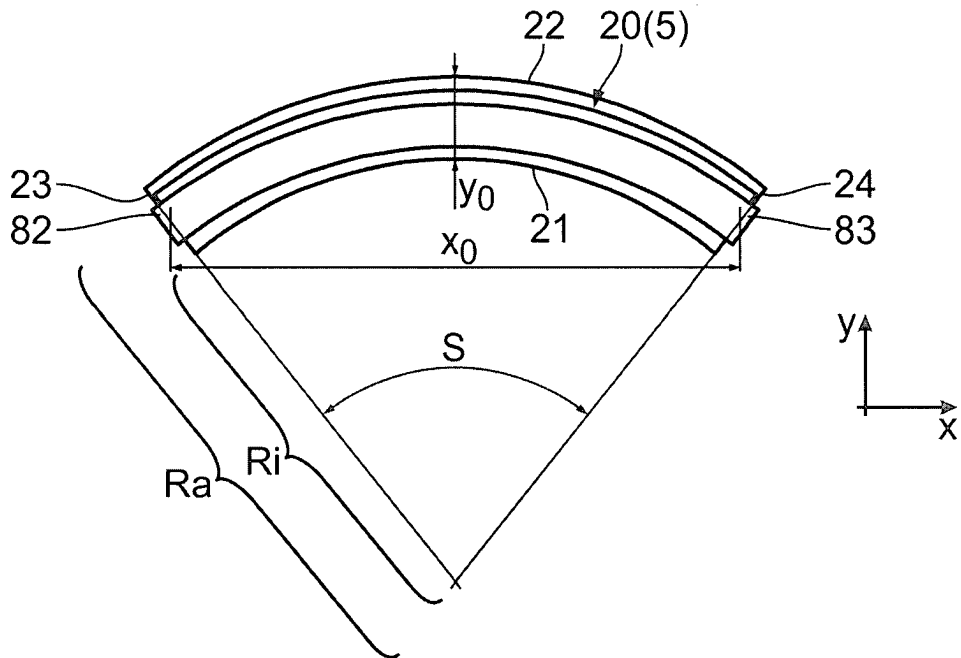


Fig. 22

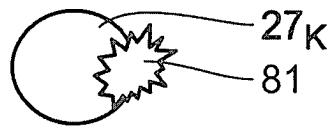


Fig. 23

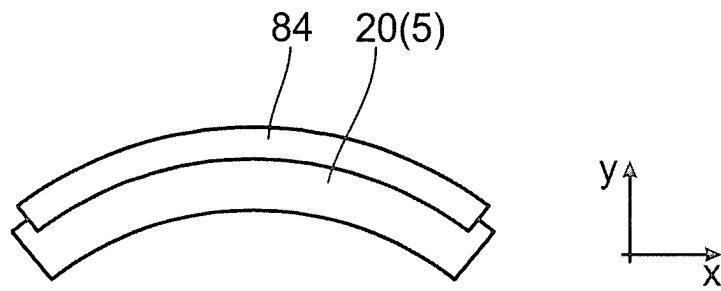


Fig. 24

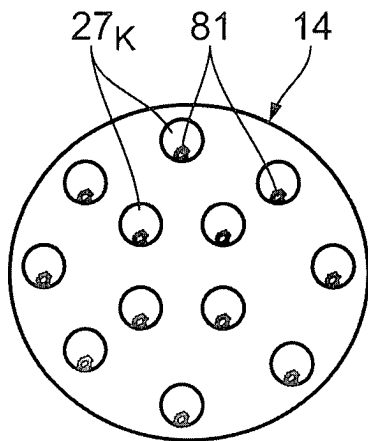


Fig. 25

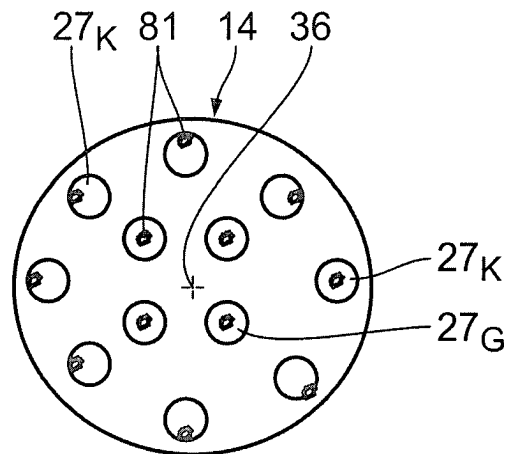


Fig. 26

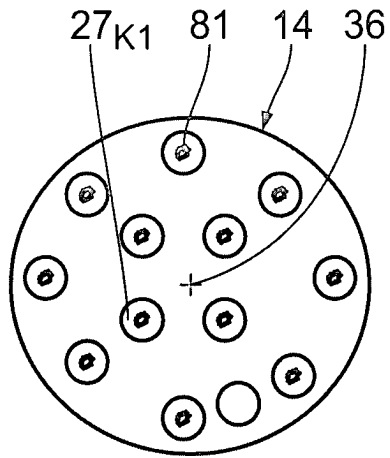


Fig. 27

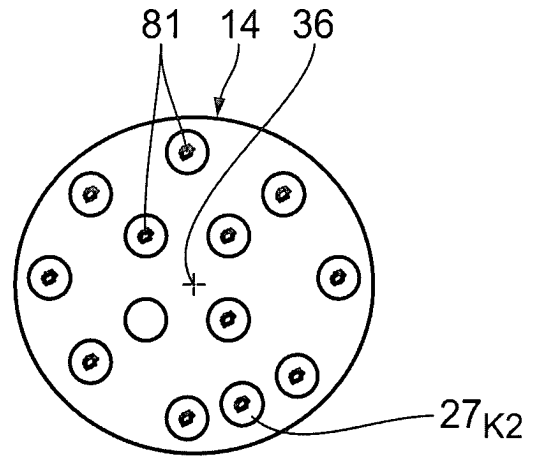


Fig. 28

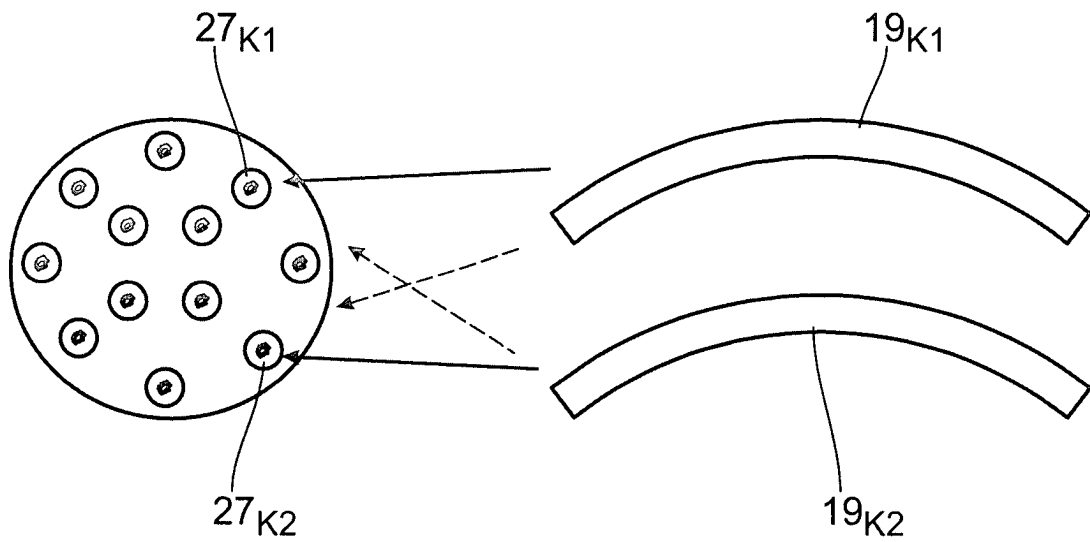


Fig. 29

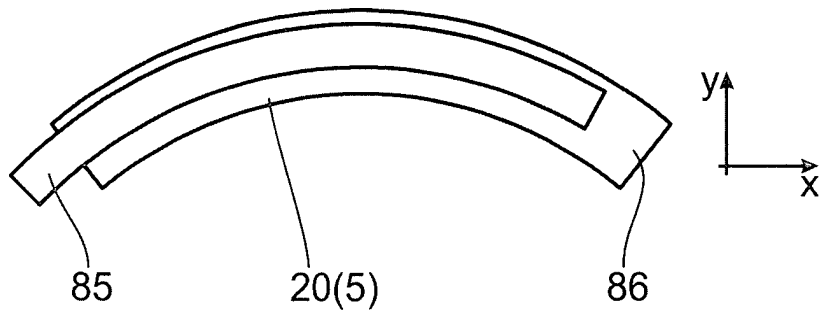


Fig. 30

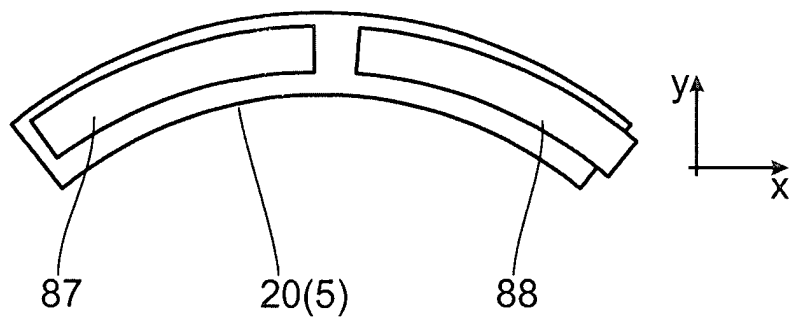


Fig. 31