

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Mai 2019 (31.05.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/101488 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/079893

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Oktober 2018 (31.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 221 143.1
27. November 2017 (27.11.2017) DE

(71) Anmelder: **CARL ZEISS SMT GMBH** [DE/DE]; Rudolf-Eber-Strasse 2, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder: **KIEREY, Holger**; Flamingoweg 13/1, 73434 Aalen (DE). **MERKEL, Wolfgang**; Betty-Friedan-Ring 27, 89231 Neu-Ulm (DE).

(74) Anwalt: **WITTE, WELLER & PARTNERPATENT-ANWÄLTE MBB / ZUSAMMENSCHLUSS EPA NR. 314**; Postfach 10 54 62, 70047 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: ARRANGEMENT FOR AN EUV LITHOGRAPHY SYSTEM

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG FÜR EINE EUV-LITHOGRAPHIEANLAGE

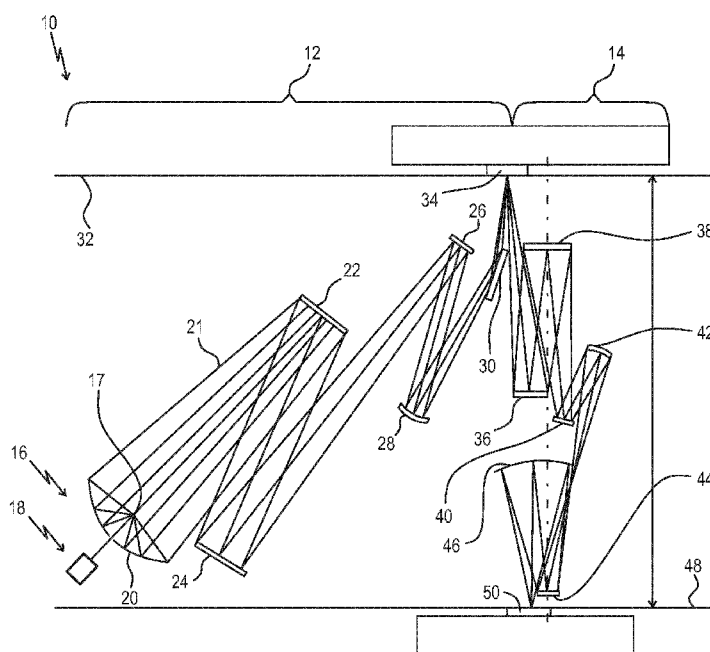


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an arrangement for an EUV lithography system comprising a reflective optical element (60) that has an optically effective surface (62) designed to reflect incident EUV radiation, and a filament arrangement (65) for producing a reagent which cleans said optically effective surface (62), wherein the filament arrangement (65) comprises at least one filament (66) in the form of a glow or heating element. The at least one filament (66) is positioned along said optically effective surface (62) of the reflective optical element (60), wherein a thickness and/or position of the at least one filament (66) is/are selected such that optical influence of the at least one filament (66) is minimised in the far field of the EUV radiation reflected by the optically effective surface (62).



WO 2019/101488 A1



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Eine Anordnung für eine EUV-Lithographieranlage weist ein reflektives optisches Element (60), das eine optisch wirksame Oberfläche (62) aufweist, die dazu ausgebildet ist, einfallende EUV-Strahlung zu reflektieren, und eine Filamentanordnung (65) zur Erzeugung eines die optisch wirksame Oberfläche (62) reinigenden Reagenzes auf, wobei die Filamentanordnung (65) zumindest ein Filament (66) aufweist, das als Glüh-oder Heizelement ausgebildet ist. Das zumindest eine Filament (66) ist entlang der optisch wirksamen Oberfläche (62) des reflektiven optischen Elements (60) angeordnet, wobei eine Dicke und/oder Positionierung des zumindest einen Filaments (66) derart gewählt ist/sind, dass ein optischer Einfluss des zumindest einen Filaments (66) im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche (62) reflektierten EUV-Strahlung minimiert ist.

Anordnung für eine EUV-Lithographieanlage

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2017 221 143.1 vom 27. November 2017 in Anspruch, deren gesamter Inhalt durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen ist.

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung für eine EUV-Lithographieanlage, mit einem reflektiven optischen Element, das eine optisch wirksame Oberfläche aufweist, die dazu ausgebildet ist, einfallende EUV-Strahlung zu reflektieren, und mit einer Filamentanordnung zur Erzeugung eines die optisch wirksame Oberfläche reinigenden Reagenzes, wobei die Filamentanordnung zumindest ein Filament aufweist, das als Glüh-oder Heizelement ausgebildet ist.

[0002] Eine Anordnung der eingangs genannten Art ist aus US 2010/0051827 A1 bekannt.

[0003] Allgemein dient eine Lithographieanlage beispielsweise zur Herstellung von mikrostrukturierten Halbleiterbauelementen. Mit der Lithographieanlage wird dabei ein Muster einer Maske auf einen Wafer mittels Projektionsstrahlung abgebildet. Bei der

lithographischen Herstellung von Halbleiterbauelementen ist die Auflösung, mit der eine Struktur auf das Substrat (Wafer) abgebildet werden kann, mitunter durch die Wellenlänge der Projektionsstrahlung begrenzt. Um integrierte Schaltkreise mit sehr hoher Struktur-dichte und kleinen Strukturabmessungen zu erhalten, ist daher vorgeschlagen worden, Projektionsstrahlung im extremen ultravioletten Spektralbereich (EUV) einzusetzen. EUV-Strahlung kann bspw. eine Wellenlänge von etwa 13 nm aufweisen.

[0004] Die EUV-Strahlungsquelle ist typischerweise eine Plasmaquelle. Zur Erzeugung eines Plasmas wird häufig ein sogenanntes Target mit langwelligem Laserlicht bestrahlt, wobei als Target beispielsweise Zinn (Sn) verwendet wird. Das erzeugte Plasma emittiert dann die EUV-Strahlung.

[0005] In EUV-Lithographieanlagen werden als optische Elemente ausschließlich reflektive optische Elemente verwendet, da es keine Linsenmaterialien gibt, die im EUV-Bereich Strahlung durchlassen. Die in einer EUV-Lithographieanlage vorhandenen reflektiven optischen Elemente müssen eine möglichst hohe Reflektivität aufweisen, um eine hinreichend hohe Gesamtreflektivität des optischen Systems der EUV-Lithographieanlage zu gewährleisten. Die Reflektivität und die Lebensdauer der reflektiven optischen Elemente kann durch Kontaminationen der optisch wirksamen Oberflächen der reflektiven optischen Elemente unerwünscht reduziert werden. Durch Kontaminationen besonders belastet ist dabei der Kollektorspiegel, der dem Target am nächsten angeordnet ist. Der Kollektorspiegel fängt die vom Plasma ausgehende EUV-Strahlung auf und sammelt diese zur Zuführung der EUV-Strahlung in den weiteren Strahlengang. An der optisch wirksamen Oberfläche des Kollektorspiegels können sich insbesondere Ablagerungen des Targetmaterials, beispielsweise Sn, und von chemischen Verbindungen desselben bilden. Aber auch andere Ablagerungen wie Kohlenstoffverbindungen können sich auf dem Kollektorspiegel und anderen reflektiven optischen Elementen der Lithographieanlage ablagern.

[0006] Zur Abreinigung von Kontaminationen der optisch wirksamen Oberflächen reflektiver optischer Elemente in EUV-Lithographieanlagen ist es bekannt, die optischen Oberflächen mit aktiviertem Wasserstoff, d.h. Wasserstoff, der beispielsweise in der Form von H^* , H^+ und/oder H_2^+ vorliegt, in Kontakt zu bringen. Hierdurch können Kontaminationen auf den optisch wirksamen Oberflächen in leicht flüchtige Verbindungen umgewandelt werden, die

an der optisch wirksamen Oberfläche nicht länger anhaften. Ein Reagenz im Sinne der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise aktivierter Wasserstoff sein.

[0007] Es ist wünschenswert, dass die optisch wirksamen Oberflächen der optisch reflektiven Elemente, beispielsweise mithilfe von aktiviertem Wasserstoff, auch während des Belichtungsbetriebs der Lithographieanlage gereinigt werden können. Hierzu sind verschiedene Ansätze im Stand der Technik bekannt. In dem oben genannten Dokument US 2010/0051827 A1 ist ein genesteter Kollektorspiegel beschrieben, der eine Mehrzahl von ineinander genesteten Spiegelschalen aufweist, wobei die optisch wirksamen Oberflächen der einzelnen Spiegelschalen im streifenden Einfall betrieben werden. Für die Abreinigung von Kontaminationen während des Betriebes wird unter anderem vorgeschlagen, eine Mehrzahl von Filamenten, die als Glühdrähte ausgebildet sind, auf einer rückseitigen Oberfläche der einzelnen Spiegelschalen anzuordnen, d.h. einer optisch nicht wirksamen Oberfläche, die von der optisch wirksamen Oberfläche der jeweiligen Spiegelschale abgewandt ist, so dass sich die Glühdrähte im Schattenbereich der EUV-Strahlung befinden. Hierdurch soll das optische Leistungsvermögen des Kollektorspiegels nicht beeinträchtigt werden. Dieser Ansatz ist jedoch für nicht-genestete Spiegel, insbesondere für Kollektorspiegel, die nur eine optisch wirksame Oberfläche für die Reflektion der EUV-Strahlung besitzen, nicht oder nur weniger geeignet. Eine Anordnung der Filamente auf der Spiegelrückseite hätte nämlich keinen ausreichenden Reinigungseffekt auf die optisch wirksame Oberfläche.

[0008] Andere Ansätze im Stand der Technik, wie beispielsweise in DE 10 2008 040 720 A1 beschrieben, sehen einen oder mehrere Reinigungsköpfe vor, die eine Zufuhr für ein Reinigungsgas, beispielsweise molekularen Wasserstoff, einen Glühdraht und eine Ableitung für atomaren und/oder molekularen Wasserstoff aufweisen, wobei der Auslass der Reinigungsvorrichtung so positioniert ist, dass er außerhalb des Reflexionsbereiches des zu reinigenden reflektiven optischen Elements angeordnet ist.

[0009] In US 2017/0064800 A1 wird vorgeschlagen, bei einem Kollektorspiegel, der für normalen Einfall der EUV-Strahlung ausgebildet ist, eine Mehrzahl von Filamenten in Form von Glühdrähten außerhalb der optisch wirksamen Oberfläche in unmittelbarer Nähe zum äußeren Randbereich der optisch wirksamen Oberfläche des Kollektorspiegels symmet-

risch um das Zentrum des EUV-Kollektorspiegels herum anzuordnen. Molekularer Wasserstoff wird dabei durch die heißen Glühdrähte in aktivierten Wasserstoff umgewandelt, beispielsweise in Wasserstoffradikale, die Sn, das sich auf der optisch wirksamen Oberfläche abgelagert hat, abätzen.

- [0010]** Trotz der zahlreichen Ansätze zur Reinigung optisch wirksamer Oberflächen in EUV-Lithographieanlagen besteht weiterhin ein Bedarf an einer Anordnung der eingangs genannten Art, die hinsichtlich der Reinigungswirkung auf die optisch wirksame Oberfläche des reflektiven optischen Elements verbessert ist.
- [0011]** Hinsichtlich der eingangs genannten Anordnung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass das zumindest eine Filament in unmittelbarer Nähe zu und entlang der optisch wirksamen Oberfläche des reflektiven optischen Elements angeordnet, wobei eine Dicke und/oder Positionierung des zumindest einen Filaments derart gewählt ist/sind, dass ein optischer Einfluss des zumindest einen Filaments zumindest im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierten EUV-Strahlung minimiert ist.
- [0012]** Im Stand der Technik wurde nicht erkannt, dass die Ätzrate des an einem heißen Filament erzeugten Reagenzes zur Reinigung der optisch wirksamen Oberfläche mit zunehmendem Abstand von dem Filament stark abnimmt. Daher löst sich die vorliegende Erfindung von dem Konzept, die Filamentanordnung außerhalb der optisch wirksamen Oberfläche anzuordnen. Die Filamentanordnung ist erfindungsgemäß in unmittelbarer Nähe der zu reinigenden optisch wirksamen Oberfläche des reflektiven optischen Elements angeordnet. Die Reinigungswirkung der Filamentanordnung ist somit deutlich verbessert. Da sich das oder die Filamente bei der erfindungsgemäßen Anordnung im Reflektionsbereich der optisch wirksamen Oberfläche befinden, ist bei der erfindungsgemäßen Anordnung weiterhin vorgesehen, den optischen Einfluss des zumindest einen Filaments durch geeignete Wahl der Dicke und/oder Positionierung des zumindest einen Filaments zumindest im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierten EUV-Strahlung zu minimieren. Unter Positionierung ist hier auch die Orientierung des zumindest einen Filaments zu verstehen. Unter "Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierten EUV-Strahlung" ist das Strahlungsfeld oder die Wellenfront der EUV-Strahlung fernab von dem reflektiven optischen Element zu verstehen. Entscheidend

ist nicht, ob das oder die Filamente einen optischen Einfluss auf die reflektierte EUV-Strahlung in unmittelbarer Nähe des reflektiven optischen Elements haben, sondern entscheidend ist, ob sich eine etwaige Störung der Wellenfront in der Bildebene des abbildenden Systems der EUV-Lithographieanlage, d.h. in der Ebene des zu belichtenden Wafers bemerkbar macht. Durch geeignete Wahl von Dicke und/oder Positionierung des zumindest einen Filaments entlang der optisch wirksamen Oberfläche können derartige abträgliche optische Einflüsse auf die reflektierte EUV-Strahlung so weit minimiert werden, dass die Wellenfront der EUV-Strahlung in der Waferebene innerhalb einer für den jeweiligen Belichtungsfall geforderten Spezifikation liegt.

- [0013]** Die Filamentanordnung kann ein einzelnes Filament aufweisen, das eine so große Länge aufweist, dass es über die optisch wirksame Oberfläche verteilt, beispielsweise mäandrierend, angeordnet werden kann. Die Filamentanordnung kann jedoch auch eine Mehrzahl einzelner Filamente aufweisen, die entlang der Oberfläche verteilt angeordnet sind, wobei die Filamente oder ein Teil der Filamente miteinander verbunden sein können.
- [0014]** Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Anordnung im Fall, dass das reflektive optische Element ein Kollektorspiegel einer EUV-Lichtquelle ist, wobei ein solcher Kollektorspiegel insbesondere ein Kollektorspiegel ist, der für normalen Einfall ("normal incidence") konzipiert ist.
- [0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dicke des zumindest einen Filaments weniger als 3 mm, vorzugsweise weniger als 2 mm, weiter vorzugsweise weniger als 1 mm.
- [0016]** Je kleiner die Dicke des zumindest einen Filaments ist, umso geringer ist der optische Einfluss desselben im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierten EUV-Strahlung.
- [0017]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das zumindest eine Filament in einem Abstand in einem Bereich von 5 mm bis 50 mm von der optisch wirksamen Oberfläche angeordnet.

- [0018]** Eine Beabstandung des zumindest einen Filaments von der optisch wirksamen Oberfläche hat zum einen den Vorteil eines geringeren optischen Einflusses auf die reflektierte EUV-Strahlung, und zum anderen ist der Wärmeeinfluss des zumindest einen Filaments auf die optisch wirksame Oberfläche hierdurch verringert. Der Wärmeeinfluss kann durch geeignete Kühlung des optischen Elements weiter reduziert oder beseitigt werden. Die Beabstandung kann in einem Bereich von 5 mm bis 30 mm, weiterhin in einem Bereich von 5 mm bis 20 mm liegen.
- [0019]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Filamentanordnung eine Mehrzahl an Filamenten auf, die entlang der optisch wirksamen Oberfläche gleichmäßig verteilt angeordnet sind.
- [0020]** Hierbei ist von Vorteil, dass sich über die optisch wirksame Oberfläche eine gleichmäßige Reinigungswirkung einstellt. Zum anderen können hierdurch auch über die optisch wirksame Oberfläche ungleichmäßig verteilte Wärmeeinflüsse der Filamente auf die optisch wirksame Oberfläche vermieden werden.
- [0021]** Hinsichtlich der Positionierung des zumindest einen Filaments entlang der optisch wirksamen Oberfläche werden nachfolgend bevorzugte Ausführungsformen beschrieben.
- [0022]** In einer Ausführungsform ist das zumindest eine Filament sich zwischen einem Zentrum der optisch wirksamen Oberfläche und einem radial äußeren Randbereich der optisch wirksamen Oberfläche im Wesentlichen radial erstreckend positioniert.
- [0023]** Wenn die Filamentanordnung eine Mehrzahl an Filamenten aufweist, kann die Filamentanordnung in Bezug auf das Zentrum der optisch wirksamen Oberfläche vorzugsweise zentral-radialsymmetrisch ausgebildet sein.
- [0024]** In einer weiteren Ausführungsform ist das zumindest eine Filament sich im Wesentlichen kreis- oder teilkreisförmig um das Zentrum der optisch wirksamen Oberfläche herum erstreckend positioniert.

- [0025]** Hierdurch kann eine bezüglich des Zentrums rotationssymmetrische Filamentanordnung bereitgestellt werden.
- [0026]** In einer noch weiteren Ausführungsform ist das zumindest eine Filament sich im Wesentlichen tangential zum Zentrum der optisch wirksamen Oberfläche erstreckend positioniert.
- [0027]** Im Zusammenhang mit der zuvor genannten Ausführungsform und/oder weiter oben genannten Ausführungsform einer radialen Positionierung ist es im Fall, dass das reflektive optische Element im Betrieb in einer Lithographieanlage stromaufwärts eines Facettenspiegels angeordnet ist, der Facetten aufweist, die in einer ersten Richtung eine größere Abmessung aufweisen als in einer zur ersten Richtung senkrechten zweiten Richtung, vorteilhaft, wenn sich das zumindest eine Filament in einer zur ersten Richtung der Facetten im Wesentlichen parallelen Richtung entlang der optisch wirksamen Oberfläche erstreckt.
- [0028]** Es hat sich gezeigt, dass der optische Einfluss im Fall einer geradlinigen Positionierung des zumindest einen Filaments besonders gering bzw. vernachlässigbar ist, wenn sich das oder die Filamente in Richtung der längeren Dimension der Facetten des Facettenspiegels erstrecken.
- [0029]** Der optische Einfluss kann auch dadurch minimiert werden, dass das zumindest eine Filament sich entlang eines Bereichs der optisch wirksamen Oberfläche erstreckt, von dem ein im Fernfeld nicht genutzter Teil der EUV-Strahlung reflektiert wird.
- [0030]** Bei dieser Maßnahme kann man sich zunutze machen, dass nicht die gesamte von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierte EUV-Strahlung zur Abbildung in die Waferebene beiträgt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn im weiteren Strahlengang der EUV-Strahlung segmentierte reflektive optische Elemente angeordnet sind, wie beispielsweise die bereits genannten Facettenspiegel, die nicht-reflektierende Bereiche, wie beispielsweise Lücken zwischen Spiegelsegmenten, aufweisen, so dass der Teil der EUV-Strahlung, der auf die nicht-reflektierenden Bereiche fällt, nicht weiter in Richtung

Waferebene geleitet wird. Durch Rückverfolgung des Strahlengangs von den nicht-reflektiven Bereichen zu dem zu reinigenden optischen Element, insbesondere Kollektorspiegel, lassen sich die Bereiche auf der zu reinigenden optisch wirksamen Oberfläche ermitteln, in denen das oder die Filamente angeordnet werden können, ohne einen störenden optischen Einfluss im Fernfeld zu entfalten.

- [0031]** In weiteren Ausführungsformen ist das zumindest eine Filament als Widerstandsheizelement ausgebildet.
- [0032]** Der Vorteil der Ausgestaltung des zumindest einen Filaments als Widerstandsheizelement mit entsprechender Spannungs- bzw. Stromversorgung hat gegenüber anderen Arten der Aufheizung des oder der Filamente, wie beispielsweise durch Wärmestrahlung, den Vorteil, dass die Filamente auf sehr hohe Temperaturen aufgeheizt werden können und somit das Reagenz, bspw. aktivierter Wasserstoff, wirksam erzeugt werden kann. Außerdem werden Streuwärmeeffekte durch externe Heizungen vermieden. Das oder die Filamente können mit Gleichspannung oder mit Wechselspannung betrieben werden.
- [0033]** Als Material für die Filamente kann insbesondere ein solches in Betracht gezogen werden, das bei hohen Temperaturen nicht oder nur wenig verdampft, wie beispielsweise Wolfram.
- [0034]** Weiter vorteilhaft ist es, wenn das zumindest eine Filament mit zumindest einem elektrischen Versorgungsleiter zur Versorgung des zumindest einen Filaments mit elektrischem Strom verbunden ist, wobei der zumindest eine Versorgungsleiter vorzugsweise als Halter für das zumindest eine Filament ausgebildet ist.
- [0035]** Der oder die elektrischen Versorgungsleiter können dabei eine größere Dicke aufweisen als das zumindest eine Filament. Beispielsweise kann ein Filament eine Dicke von 1 mm aufweisen, und der elektrische Versorgungsleiter eine Dicke von bis zu 3 mm. Der oder die Versorgungsleiter können vorteilhaft als Drähte ausgebildet sein.

- [0036]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich der zumindest eine Versorgungsleiter radial zwischen einem Zentrum und einem radial äußeren Randbereich der optisch wirksamen Oberfläche entlang der optisch wirksamen Oberfläche.
- [0037]** Diese Anordnung des zumindest einen Versorgungsleiters kann vorteilhafterweise bei einer der oben genannten Ausführungsformen der Positionierung des zumindest einen Filaments gewählt werden, gemäß der sich das oder die Filamente ebenfalls radial erstrecken, oder bei der sich das oder die Filamente kreis- oder teilkreisförmig um das Zentrum der optisch wirksamen Fläche erstrecken.
- [0038]** Die Polaritäten der elektrischen Spannung zwischen jeweils benachbarten Versorgungsleitern kann alternierend sein, was den Vorteil hat, dass sich von den Versorgungsleitern verursachte elektrische Felder gegenseitig aufheben, oder die Polaritäten der elektrischen Spannung kann unter den Versorgungsleitern gleich sein, was den Vorteil hat, dass für mehrere Versorgungsleiter ein gleichpoliger Anschluss verwendet werden kann, was den Aufbau vereinfacht, weil sich die Anzahl an erforderlichen Anschlüssen reduziert.
- [0039]** Bei einer der oben genannten Ausführungsformen hinsichtlich der Positionierung des zumindest einen Filaments, bei der sich das oder die Filamente linear, das heißt gerade entlang der optisch wirksamen Oberfläche erstrecken, erstrecken sich vorzugsweise auch der oder die Versorgungsleiter gerade, jedoch senkrecht zu den Filamenten entlang der optisch wirksamen Oberfläche.
- [0040]** Die elektrischen Versorgungsleiter können jedoch im Unterschied zu den Filamenten auch vollständig außerhalb der optisch wirksamen Oberfläche angeordnet sein, wie in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vorgesehen ist. In dieser Ausführungsform haben die elektrischen Versorgungsleiter keinerlei optischen Einfluss auf die EUV-Strahlung, die von der optisch wirksamen Oberfläche reflektiert wird. Im Zusammenhang mit der zuvor genannten Ausführungsform können ein oder mehrere zusätzliche elektrisch isolierte oder elektrisch nicht leitende Halteelemente zum In-Position-Halten des zumindest einen Filaments entlang der optisch wirksamen Oberfläche angeordnet sein. Das oder die

zusätzlichen Halteelemente dienen der Stabilisierung der Anordnung und Positionierung des zumindest einen Filaments.

- [0041]** Vorzugsweise werden das oder die Filamente mit einer Vorspannung betrieben, die verhindert, dass geladene Teilchen, insbesondere Ionen zur optisch wirksamen Oberfläche hin beschleunigt werden, wodurch die optisch wirksame Oberfläche beschädigt werden könnte.
- [0042]** Eine erfindungsgemäße EUV-Lithographieanlage weist eine Anordnung nach einer oder mehreren der vorstehend genannten Ausführungsformen auf.
- [0043]** Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.
- [0044]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.
- [0045]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden mit Bezug auf diese näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer EUV-Lithographieanlage;

Figuren

2A und 2B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 2A eine Draufsicht und Fig. 2B einen Querschnitt durch das reflektive optische Element zeigen;

Figuren

3A und 3B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 3A eine Draufsicht und Fig. 3B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen;

Figuren

4A und 4B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 4A eine Draufsicht und Fig. 4B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen;

Figuren

5A und 5B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 5A eine Draufsicht und Fig. 5B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen;

Figuren

6A und 6B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 6A eine Draufsicht und Fig. 6B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen;

Fig. 7 eine Facettenanordnung eines Facettenspiegels einer EUV-Lithographieanlage gemäß einem Beispiel;

Fig. 8 links ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten und rechts ein Diagramm, das den optischen Einfluss der Filamente auf die von dem reflektiven optischen Element reflektierte EUV-Strahlung in einer Bildebene veranschaulicht;

Fig. 9 links ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten und rechts ein Diagramm, das den optischen Einfluss der Filamente auf die von dem reflektiven optischen Element reflektierte EUV-Strahlung in einer Bildebene veranschaulicht;

Fig. 10 ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten und rechts ein Diagramm, das den optischen Einfluss der Filamente auf die von dem reflektiven optischen Element reflektierte EUV-Strahlung in einer Bildebene veranschaulicht;

Figuren

11A und 11B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 11A eine Draufsicht und Fig. 11B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen;

Figuren

12A und 12B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 12A eine Draufsicht und Fig. 12B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen; und

Figuren

13A und 13B ein reflektives optisches Element mit einer Anordnung von Filamenten gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, wobei Fig. 13A eine Draufsicht und Fig. 13B einen Querschnitt des reflektiven optischen Elements zeigen.

[0046] Fig. 1 zeigt eine mit dem allgemeinen Bezugszeichen 10 versehene EUV-Lithographieanlage. Die EUV-Lithographieanlage 10 kann zur Herstellung fein strukturierter Halbleiterbauelemente verwendet werden.

[0047] Die EUV-Lithographieanlage 10 weist ein Beleuchtungssystem 12 und ein Projektionsobjektiv 14 auf. Das Beleuchtungssystem 12 weist eine EUV-Strahlungsquelle 16 auf. Die EUV-Strahlungsquelle 16 ist beispielsweise eine plasmabasierte Strahlungsquelle, bei der ein Target 17, das beispielsweise durch Zinn (Sn)-Tröpfchen gebildet ist, mittels einer Anregungslichtquelle 18, beispielsweise einem Infrarot-Laser, zur Bildung

eines Plasmas angeregt wird. Das erzeugte Plasma emittiert EUV-Strahlung, die von einem Kollektorspiegel 20 gesammelt und einem EUV-Strahlengang 21 zugeführt wird.

[0048] Das Beleuchtungssystem weist in Strahlungsausbreitungsrichtung weitere Spiegel 22, 24, 26, 28 und 30 auf, über die die von der EUV-Strahlungsquelle 16 erzeugte EUV-Strahlung in eine Objektebene 32 gerichtet wird, in der ein reflektives Retikel 34 angeordnet ist.

[0049] Das Projektionsobjektiv 14 weist in Ausbreitungsrichtung der EUV-Strahlung eine Spiegelanordnung mit Spiegeln 36, 38, 40, 42, 44 und 46 auf, über die ein hier nicht dargestelltes Muster des Retikels 34 in eine Bildebene 48 abgebildet wird, in der ein Wafer 50, beispielsweise ein Halbleitersubstrat, angeordnet ist.

[0050] Aus der vorangegangenen Beschreibung ergibt sich, dass die EUV-Lithographieanlage 10 als optische Elemente ausschließlich reflektive optische Elemente aufweist, die vorstehend als Spiegel bezeichnet wurden.

[0051] Für die Leistungsfähigkeit der EUV-Lithographieanlage ist es wesentlich, dass die reflektiven optischen Elemente, das heißt die vorstehend genannten Spiegel, eine möglichst hohe Reflektivität aufweisen, um eine hinreichend hohe Gesamtreflektivität des optischen Systems der EUV-Lithographieanlage 10 zu gewährleisten. Die Reflektivität und die Lebensdauer der reflektiven optischen Elemente kann jedoch durch Kontaminationen der optisch wirksamen Oberflächen der reflektiven optischen Elemente unerwünscht reduziert werden.

[0052] Derartige Kontaminationen können beispielsweise Kohlenstoffverbindungen, aber auch Ablagerungen von atomaren Verbindungen des Targetmaterials des Targets 17 beinhalten. Es ist daher von Bedeutung, dass derartige Kontaminationen von den optisch wirksamen Oberflächen abgereinigt werden, wobei eine Abreinigung insbesondere während des Betriebs der EUV-Lithographieanlage 10 möglich sein sollte (In-situ-Reinigung). Zu diesem Zweck werden nachfolgend Ausführungsbeispiele von reflektiven optischen Elementen beschrieben, die eine Abreinigung von Kontaminationen während des Betriebs der EUV-Lithographieanlage 10 ermöglichen.

- [0053]** Das Grundprinzip der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele besteht in einer Filamentanordnung, die zumindest ein oder eine Mehrzahl an Filamenten aufweist, das oder die als Heiz- oder Glühdrähte ausgebildet sind, wobei das oder die Filamente entlang der optisch wirksamen Oberfläche des zu reinigenden reflektiven optischen Elements zur Erzeugung eines Reagenzes in unmittelbarer Nähe der optisch wirksamen Oberfläche angeordnet sind, um die optisch wirksame Oberfläche in situ zu reinigen. Das zu erzeugende Reagenz ist dabei beispielsweise aktivierter Wasserstoff, der aus molekularem Wasserstoff mittels des oder der im Betrieb heißen Filamente erzeugt wird. Das oder die Filamente müssen dabei nicht permanent zum Glühen gebracht werden, sondern dies kann auch in zeitlichen Intervallen erfolgen.
- [0054]** Da das oder die Filamente in unmittelbarer Nähe zu und entlang der optisch wirksamen Oberfläche des zu reinigenden reflektiven optischen Elements angeordnet sind, sollten sie dennoch einen so gering wie möglichen optischen Einfluss auf die von der optisch wirksamen Oberfläche reflektierte EUV-Strahlung im Fernfeld haben, insbesondere in der Bildebene 48 der EUV-Lithographieanlage 10.
- [0055]** Fig. 2A und 2B zeigen ein Ausführungsbeispiel einer Anordnung mit einem reflektiven optischen Element 60 gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung. Das reflektive optische Element 60 kann ohne Beschränkung der Allgemeinheit insbesondere der Kollektorspiegel 20 der EUV-Lithographieanlage 10 in Fig. 1 sein. Der Kollektorspiegel 20 ist aufgrund seiner Nähe zum Target 17 durch Ablagerungen des Targetmaterials des Targets 17 besonders durch Kontaminationen belastet.
- [0056]** Das reflektive optische Element 60 weist eine optisch wirksame Oberfläche 62 auf. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel, bei dem das reflektive optische Element 60 der Kollektorspiegel 20 der EUV-Lithographieanlage 10 ist, weist die optisch wirksame Oberfläche 62 ein Zentrum 64 auf, in dem die optisch wirksame Fläche 62 eine Durchbrechung aufweist, durch die das Anregungslicht der Anregungslichtquelle 18 durchtreten kann. Die optisch wirksame Oberfläche 62 des optischen Elements 60 ist konkav geformt, derart, dass auf die Oberfläche 62 einfallende EUV-Strahlung sammelnd reflektiert wird. Das Element 60 wird im normalen Einfall (normal incidence) betrieben.

- [0057]** Entlang der optischen wirksamen Oberfläche 62 sind mehrere Filamente 66 einer Filamentanordnung 65 gleichmäßig verteilt angeordnet, die als Glüh- oder Heizdrähte ausgebildet sind. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind insgesamt acht Filamente 66 entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 verteilt angeordnet.
- [0058]** Die Filamente 66 sind dabei so positioniert, dass sie sich radial zwischen dem Zentrum 64 und einem äußeren Randbereich 68 der optisch wirksamen Fläche 62 erstrecken.
- [0059]** Die Glühdrähte 66 können, wie hier gezeigt, gewandelt ausgeführt sein, wobei die Wendeln nicht eng aneinander liegen sollten, sondern zwischen jeweils benachbarten Wendeln eine Lücke vorhanden ist. Hierdurch wird die Abschattungswirkung der Filamente 66 auf die optisch wirksame Oberfläche 62 reduziert.
- [0060]** Die Dicke der einzelnen Filamente 66 wird dabei so gering wie möglich gewählt, zumindest sollte die Dicke der Filamente 66 jeweils kleiner als 3 mm sein, vorzugsweise sogar kleiner als 2 mm oder noch weiter vorzugsweise kleiner als 1 mm.
- [0061]** Die Filamente 66 können aus einem Material gefertigt sein, das auch bei sehr hohen Temperaturen nicht zur Verdampfung neigt. Ein geeignetes Material ist beispielsweise Wolfram.
- [0062]** Die Filamente 66 sind, wie aus Fig. 2B hervorgeht, von der optisch wirksamen Oberfläche 62 beabstandet, wobei ein Abstand von etwa 1 cm geeignet ist. Allgemein kann der Abstand in einem Bereich von 5 mm bis 50 mm gewählt werden.
- [0063]** Die Filamente 66 sind als Widerstandsheizelemente ausgebildet und werden durch eine (nicht gezeigte) Spannungsversorgungsquelle mit elektrischer Spannung beaufschlagt, wobei die Spannung Gleichspannung oder Wechselspannung sein kann. In Fig. 3A ist mit "+" und "-" beispielhaft die Polarität bzw. die Potentialverteilung der Spannungsversorgung gezeigt. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Polaritäten der elektrischen Spannung unter den Filamenten 66 gleich, wodurch die elektrische Kontaktierung der

Filamente 66 im Zentrum 64 einerseits und im Randbereich 68 andererseits vereinfacht ist.

- [0064]** Die Anordnung der Filamente 66 in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2A und 2B stellt eine zentrumssymmetrische Anordnung dar, bei der die Filamente 66 entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 mit gleichmäßigem Abstand, worunter hier der Winkelabstand zu verstehen sind, zueinander verteilt angeordnet sind.
- [0065]** Die Filamente 66 können im Randbereich 68 an einer Halterung 70 befestigt sein, und im zentrumsnahen Bereich an einem ringförmigen Steg 72, der die Durchbrechung im Zentrum 64 berandet.
- [0066]** Durch Beaufschlagen der Umgebung des reflektiven optischen Elements 60 mit beispielsweise molekularem Wasserstoff H_2 wird an den Filamenten 66, wenn diese durch Stromfluss aufgeheizt werden, beispielsweise aktivierter Wasserstoff H^* , H^+ , H_2^+ erzeugt, der Kontaminationen, beispielsweise Ablagerungen des Targetmaterials des Targets 17 durch Ätzen abreinigt, indem die Ablagerungen in flüchtige Verbindungen umgewandelt werden.
- [0067]** Figuren 3A und 3B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel, wobei gleiche Bezugszeichen wie in Figuren 2A und 2B für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Figuren 2A und 2B verwendet wurden.
- [0068]** Während sich die Filamente 66 in dem Ausführungsbeispiel in Figuren 2A und 2B über die gesamte radiale Erstreckung der optisch wirksamen Oberfläche 62 erstrecken, sind die Filamente 66 der Filamentanordnung 65 in Figuren 3A und 3B kürzer ausgebildet, dass heißt erstrecken sich entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 zwischen dem Zentrum 64 und dem Randbereich 68 nicht über die gesamte radiale Erstreckung der optisch wirksamen Oberfläche 62. Dies kann sich hinsichtlich des optischen Einflusses der Filamente 66 positiv auswirken. Die Filamente 66 sind mit elektrischen Versorgungsleitern 74 und 78 verbunden, die die Filamente 66 mit elektrischem Strom versorgen, und die außerdem die Filamente 66 im Abstand von der optisch wirksamen Oberfläche 62 in

Position halten. Die Versorgungsleiter 74, die als Drähte ausgebildet sein können, haben somit die Funktion der Halterung der Filamente 66 sowie deren Stromversorgung. Die Versorgungsleiter 74, 78 können eine größere Dicke als die Filamente 66 aufweisen. Die Leiter 74, 78 bleiben werden aufgrund ihres geringeren Widerstandes durch den Stromfluss nicht oder nur geringfügig erwärmt.

- [0069]** Die Versorgungsleiter 74, 78 erstrecken sich wie die Filamente 66 zwischen dem Zentrum 64 und dem radial äußeren Randbereich 68 radial.
- [0070]** Figuren 4A und 4B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel, wobei wiederum gleiche Bezugszeichen für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Figuren 2A und 2B verwendet wurden.
- [0071]** In dem Ausführungsbeispiel in Figuren 4A und 4B sind in radialer Richtung jeweils zwei Filamente 66 der Filamentanordnung 65 in Reihe angeordnet, die über einen zusätzlichen Versorgungsleiter 80 untereinander verbunden sind. Durch eine derartige Anordnung kann die Reinigungswirkung der Filamente 66 gegenüber dem vorherigen Ausführungsbeispiel erhöht werden, während gegenüber dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2A und 2B der optische Einfluss der Filamente 66 geringer ist.
- [0072]** Figuren 5A und 5B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem wiederum die gleichen Bezugszeichen für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Fig. 2A und 2B verwendet wurden.
- [0073]** Während in den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 2A, 2B, 3A, 3B und 4A, 4B zentrumssymmetrische Filamentanordnungen 65 gezeigt sind, sind in dem Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 5A und 5B die Filamente 66 rotationssymmetrisch um das Zentrum 64 herum entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 verteilt angeordnet. Die Filamente 66 erstrecken sich dabei kreisförmig um das Zentrum 64 der optisch wirksamen Oberfläche 62 herum. Die Filamente 66 erstrecken sich somit entlang von Kreislinien entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62.

- [0074]** Zur Halterung der Filamente 66 sind jeweils zwischen dem radial äußeren Randbereich 68 und dem Zentrum 64 sich radial erstreckende elektrische Versorgungsleiter 80 entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 verteilt angeordnet. Die Polaritäten ("+" "-") alternieren hier zwischen jeweils benachbarten der Leiter 80.
- [0075]** Figuren 6A und 6B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem wiederum gleiche Bezugszeichen für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Figuren 2A und 2B verwendet wurden.
- [0076]** Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel in 5A und 5B sind die Filamente 66 der Filamentanordnung 65 nicht entlang einer jeweiligen Vollkreislinie entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 verteilt angeordnet, sondern nur entlang von Teilkreislinien, wobei die Filamente 66 in vier Sektoren entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 angeordnet sind.
- [0077]** Die elektrischen Leiter 80 zur Versorgung der Filamente 66 mit Strom erstrecken sich radial zwischen dem Zentrum 64 und dem radial äußeren Randbereich 68 und dienen außerdem der Halterung der Filamente 66 im Abstand von der optisch wirksamen Oberfläche 62.
- [0078]** Nachfolgend wird beschrieben, wie sich die Positionierung, einschließlich Orientierung, und die Dicke der Filamente 66 auf den optischen Einfluss des zumindest einen Filaments 66 auf die von der optisch wirksamen Oberfläche 62 reflektierte EUV-Strahlung im Fernfeld auswirkt.
- [0079]** In einer EUV-Lithographieanlage wie der EUV-Lithographieanlage 10 in Fig. 1 wird typischerweise zumindest ein Facettenspiegel zur Einstellung einer gewünschten Beleuchtungsart des Retikels 34 in der Objektebene 32 verwendet. Üblicherweise wird ein Feldfacettenspiegel und ein Pupillenfacettenspiegel verwendet. Beispielsweise kann der Spiegel 22 in Fig. 1 ein Facettenspiegel sein.

- [0080]** Fig. 7 zeigt beispielhaft eine Facettenanordnung 90 eines Facettenspiegels. Die Facettenanordnung 90 weist eine Vielzahl von einzelnen Facetten 92 auf, die in Fig. 7 als weiße Rechtecke gezeigt sind. Die Facetten haben eine Erstreckung in einer ersten Richtung (x-Richtung), die größer ist als ihre Erstreckung in einer zweiten Richtung (y-Richtung). Die Facetten 92 geben eine Reflektionsfläche vor und können, wie hier gezeigt, in vier Spalten zu je sechs bis acht Facettengruppen 94, 95, 96, 97 gruppiert sein. Die Facettengruppen 94, 95, 96, 97 haben jeweils beispielsweise sieben Facetten 92.
- [0081]** Mit Bezug auf Figuren 8 bis 10 wird nachfolgend beschrieben, welchen optischen Einfluss die Positionierung der Filamente 66 und deren Dicke auf die von der optisch wirksamen Oberfläche 62 reflektierte EUV-Strahlung im Fernfeld, insbesondere in der Bildebene 48 der EUV-Lithographieanlage, haben, wenn sich im EUV-Strahlengang ein Facettenspiegel mit einer Facettenanordnung wie beispielsweise in Fig. 7 gezeigt befindet.
- [0082]** Fig. 8 zeigt den Fall, dass sich die Filamente 66 parallel zur kürzeren Abmessung der Facetten 92 erstrecken, d.h. in y-Richtung.
- [0083]** In Fig. 8 rechts ist ein Diagramm gezeigt, das die Gleichförmigkeit U der von der optisch wirksamen Oberfläche 62 des Kollektorspiegels 20 reflektierten EUV-Strahlung in der Waferebene W (Abszisse) zeigt.
- [0084]** Eine Linie 100 zeigt die für die Gleichförmigkeit U geforderte Spezifikation an. In dem Diagramm sind für eine Filamentdicke von 1 mm (Punkt 102), von 2 mm (Punkt 104) und von 3 mm (Punkt 106) die U-Werte der EUV-Strahlung in der Waferebene eingezeichnet. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, liegen die Werte für U für alle Filamentdicken 1mm, 2mm, 3mm außerhalb der geforderten Spezifikation, dass heißt die Abbildung in der Waferebene W erfüllt für alle drei Filamentdicken nicht die geforderte Spezifikation. Zu erkennen ist auch, dass mit zunehmender Dicke des zumindest einen Filaments 66 die Abbildungswerte zunehmend außer Spezifikation geraten.
- [0085]** Fig. 9 zeigt nun den Fall, dass sich die Filamente 66 parallel zur längeren Dimension (x-Richtung) der Facetten 92 in Fig. 7 erstrecken. Das Diagramm für den Parameter U zeigt

nun, dass die Gleichförmigkeit U der von der optisch wirksamen Oberfläche 62 des Kollektorspiegels 20 reflektierten EUV-Strahlung in der Waferebene W selbst bei einer Dicke des zumindest einen Filaments 66 von 3 mm (rechter Punkt im Diagramm) innerhalb der Spezifikation (Linie 100) liegt, dass heißt die Abbildung in der Waferebene W erfüllt bei dieser Orientierung des zumindest einen Filaments 66 die geforderte Spezifikation. Mit anderen Worten ist der optische Einfluss der Filamente 66 bei der zur längeren Dimension der Facetten 92 parallelen Positionierung im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche 62 reflektierten EUV-Strahlung minimal, so dass die geforderte Spezifikation der Abbildung erfüllt ist.

- [0086]** Fig. 10 zeigt den Fall, dass sich die Filamente 66 kreisförmig um das Zentrum 64 der optisch wirksamen Oberfläche 62 herum erstrecken.
- [0087]** Aus dem Diagramm in Fig. 10 geht hervor, dass die Spezifikation für U (Linie 100) zumindest bei einer Dicke der Filamente 66 von 1 mm (linker Punkt im Diagramm) näherungsweise erfüllt werden kann.
- [0088]** Figuren 11A und 11B zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines reflektiven optischen Elements 60, wobei für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Fig. 2A und 2B gleiche Bezugszeichen verwendet wurden.
- [0089]** Bei dem Ausführungsbeispiel in Figuren 11A und 11B erstrecken sich die Filamente 66 der Filamentanordnung 65 gerade und tangential zum Zentrum 64 der optisch wirksamen Oberfläche 62, wobei die Richtung der Filamente 66 parallel zur x-Richtung der längeren Abmessung der Facetten 92 gerichtet sein kann. Wie zuvor mit Bezug auf Fig. 9 beschrieben wurde, ist eine solche Positionierung der Filamente 66 in Bezug auf einen möglichen optischen Einfluss auf die EUV-Strahlung im Fernfeld und somit auf die Abbildung in die Bildebene 48 der EUV-Lithographieanlage 10 vorteilhaft. Elektrische Versorgungsleiter 110 verbinden die Filamente 66 untereinander und halten diese im Abstand zur optisch wirksamen Oberfläche 62 (siehe Fig. 11B). Weitere sich senkrecht zu den Filamenten 66 erstreckende Versorgungsleiter 112 dienen ebenso der Versorgung der Filamente 66 mit Strom, wobei mit "+" und "-" die Polaritäten der Anschlüsse veranschau-

licht sind, und sie können des Weiteren dem In-Position-Halten der Filamente 66 dienen. Da sich die Leiter 112 senkrecht zur Richtung der längeren Erstreckung der Facetten 92 erstrecken, dass heißt in y-Richtung, können diese vorteilhaft so positioniert werden, dass sie in Lücken 114, 116, 118 (siehe Fig. 7) zwischen den jeweiligen Facettengruppen 94, 96 angeordnet sind, wodurch ihr optischer Einfluss ebenfalls minimiert ist.

[0090] Dieses letztere Positionierungsprinzip kann in anderen Ausführungsbeispielen auch für die Filamente 66 selbst genutzt werden, indem die Filamente so positioniert werden, dass sie sich entlang eines oder mehrerer Bereiche der optisch wirksamen Oberfläche 62 erstrecken, von dem ein im Fernfeld nicht genutzter Teil der EUV-Strahlung reflektiert wird.

[0091] Fig. 12A und 12B zeigen eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels in Fig. 11A und 11B, bei der sich die Filamente 66 der Filamentanordnung 65 wie in Figuren 11A und 11B gerade und tangential zum Zentrum, beispielsweise in Richtung der längeren Erstreckung der Facetten 92 in Fig. 7, erstrecken (x-Richtung), wobei die Filamente 66 nun im Unterschied zum vorherigen Ausführungsbeispiel jeweils entlang der optisch wirksamen Oberfläche 62 durchgehend ausgebildet sind, während die Stromversorgung über die Versorgungsleiter 112 nach außerhalb der optisch wirksamen Oberfläche 62 verlegt ist. Hierdurch können Elemente über der optisch wirksamen Oberfläche 62, die sich in y-Richtung erstrecken, vermieden werden. Diese Anordnung aus Filamenten 66 und Versorgungsleitern 112 ist beispielsweise vorteilhaft, wenn die in Fig. 11A gezeigten Leiter 112 nicht so positioniert werden können, dass sie optisch in die Lücken 114, 116, 118 der Facettenanordnung 90 fallen.

Figuren 13A und 13B zeigen eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels in Fig. 12A und 12B, wobei wiederum gleiche Bezugszeichen für gleiche oder vergleichbare Elemente wie in Figuren 12A und 12B verwendet wurden. Bei dem Ausführungsbeispiel in Fig., 12A und 12B kann es bei Filamenten 66 von großer Länge vorkommen, dass diese zwischen Ihren Haltepunkten (Halterung 70 und Ringsteg 72) nicht hinreichend gestützt sind und die optisch wirksame Oberfläche 62 berühren können. Bei dem Ausführungsbeispiel in Figuren 13A und 13B sind zur Lösung dieses Problems zusätzliche Haltedrähte 120 vorgesehen, an denen die Filamente 66 gehalten sind, insbesondere wie in Fig. 13B

erkennbar ist. Die Haltedrähte 120 sind elektrisch nicht leitend, sondern als Isolatoren ausgebildet, oder als Metalldrähte mit einer Isolierung außenseitig ausgebildet. Die Haltedrähte 120 können sich wie die Filamente 66 vorteilhaft in x-Richtung erstrecken, dass heißt in Richtung der längeren Abmessung der Facetten 92 in Fig. 7, wodurch ihr optischer Einfluss im Fernfeld auf die EUV-Strahlung bzw. auf die Abbildung in die Bildebene 48 mittels der EUV-Strahlung minimiert ist, wie mit Bezug auf Fig. 8 beschrieben wurde.

Patentansprüche

1. Anordnung für eine EUV-Lithographieanlage, mit einem reflektiven optischen Element (60), das eine optisch wirksame Oberfläche (62) aufweist, die dazu ausgebildet ist, einfallende EUV-Strahlung zu reflektieren, und mit einer Filamentanordnung (65) zur Erzeugung eines die optisch wirksame Oberfläche (62) reinigenden Reagenzes, wobei die Filamentanordnung (65) zumindest ein Filament (66) aufweist, das als Glüh- oder Heizelement ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) in unmittelbarer Nähe zu und entlang der optisch wirksamen Oberfläche (62) des reflektiven optischen Elements (60) angeordnet ist, wobei eine Dicke und/oder Positionierung des zumindest einen Filaments (66) derart gewählt ist/sind, dass ein optischer Einfluss des zumindest einen Filaments (66) im Fernfeld der von der optisch wirksamen Oberfläche (62) reflektierten EUV-Strahlung minimiert ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des zumindest einen Filaments (66) weniger als 3 mm, vorzugsweise weniger als 2 mm, weiter vorzugsweise weniger als 1 mm beträgt.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) in einem Abstand in einem Bereich von 5 mm bis 50 mm von der optisch wirksamen Oberfläche (62) angeordnet ist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Filamentanordnung (65) eine Mehrzahl an Filamenten (66) aufweist, die entlang der optisch wirksamen Oberfläche (62) gleichmäßig verteilt angeordnet sind.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) sich zwischen einem Zentrum (64) der optisch wirksamen Oberfläche (62) und einem radial äußeren Randbereich (68) der optisch wirksamen Oberfläche (62) im Wesentlichen radial erstreckend positioniert ist.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) sich im Wesentlichen kreis- oder teilkreisförmig um ein Zentrum (64) der optisch wirksamen Oberfläche (62) herum erstreckend positioniert ist.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) sich im Wesentlichen tangential zu einem Zentrum (64) der optisch wirksamen Oberfläche (62) erstreckend positioniert ist.
8. Anordnung nach Anspruch 5 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das reflektive optische Element (60) im Betrieb in einer Lithographieanlage (10) stromaufwärts eines Facettenspiegels angeordnet ist, der Facetten (92) aufweist, die in einer ersten Richtung (x) eine größere Abmessung aufweisen als in einer zur ersten Richtung senkrechten zweiten Richtung (y), und dass sich das zumindest eine Filament (66) in einer zur ersten Richtung (x) der Facetten (92) im Wesentlichen parallelen Richtung erstreckt.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) sich entlang eines Bereichs der optisch wirksamen Oberfläche (62) erstreckt, von dem ein im Fernfeld nicht genutzter Teil der EUV-Strahlung reflektiert wird.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) als Widerstandsheizelement ausgebildet ist.
11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Filament (66) mit zumindest einem elektrischen Versorgungsleiter (74, 78, 80; 110, 112) zur Versorgung des Filaments (66) mit elektrischem Strom verbunden ist.
12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Versorgungsleiter (74, 78, 80; 110 112) als Halter für das zumindest eine Filament (66) ausgebildet ist.

13. Anordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass sich der zumindest eine Versorgungsleiter (74, 78, 80) radial zwischen einem Zentrum (64) und einem radial äußeren Randbereich (68) der optisch wirksamen Oberfläche (62) entlang der optisch wirksamen Oberfläche (62) erstreckt.
14. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sich der zumindest eine Versorgungsleiter (80; 112) senkrecht zu dem zumindest einen Filament (66) entlang der optisch wirksamen Oberfläche (62) erstreckt.
15. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Versorgungsleiter (112) außerhalb der optisch wirksamen Oberfläche (62) angeordnet ist.
16. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein vorzugsweise elektrisch isoliertes oder elektrisch nicht leitendes Halteelement (120) zum Halten des zumindest einen Filaments (66) angeordnet ist, das sich entlang der optisch wirksamen Oberfläche erstreckt.
17. Anordnung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung dazu ausgebildet ist, das zumindest eine Filament (66) mit einer Vorspannung zu beaufschlagen.
18. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das reflektive optische Element (60) ein Kollektorspiegel (20) einer EUV-Strahlungsquelle (16) ist.
19. EUV-Lithographieanlage, mit einer Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18.

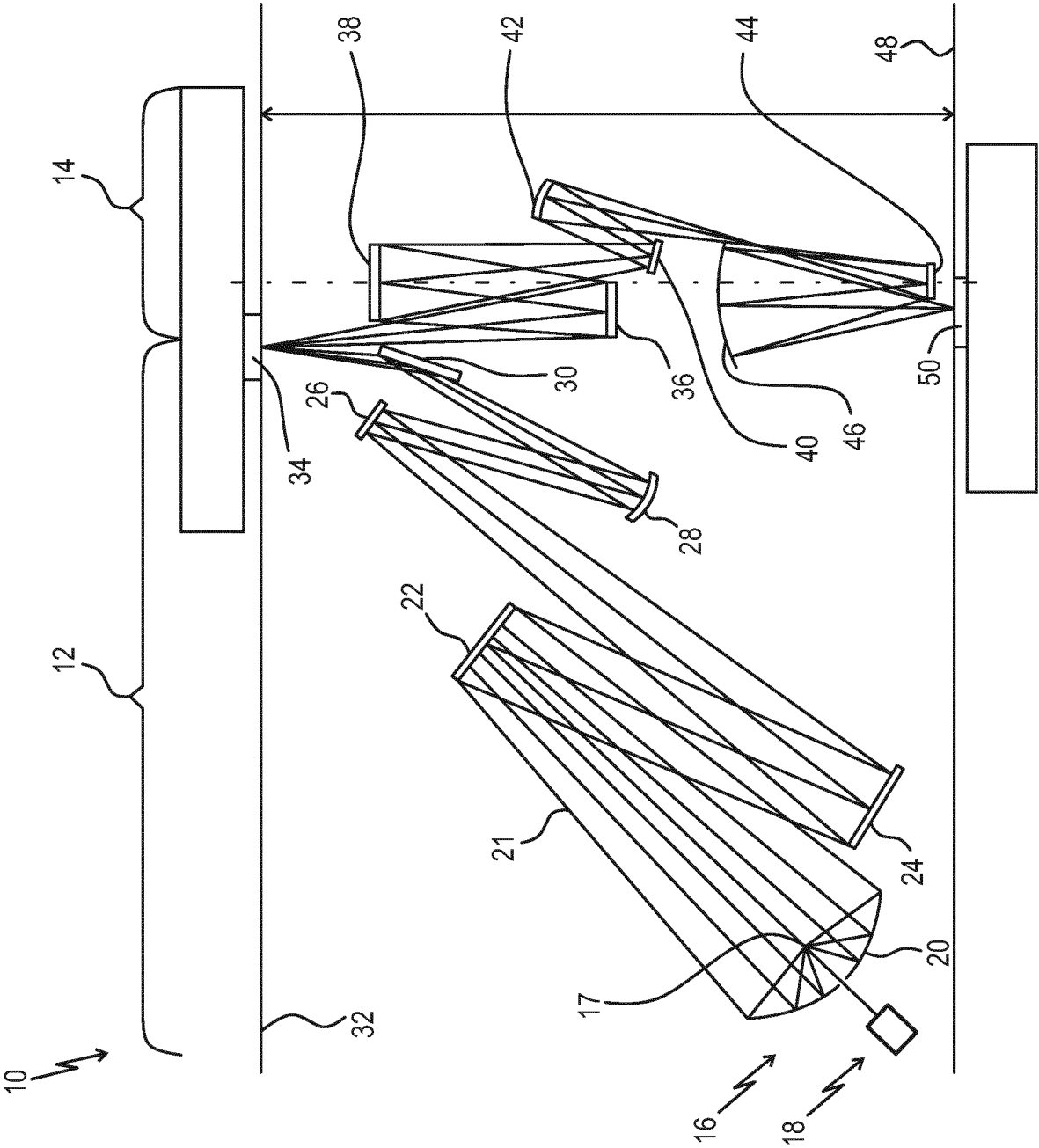


Fig. 1

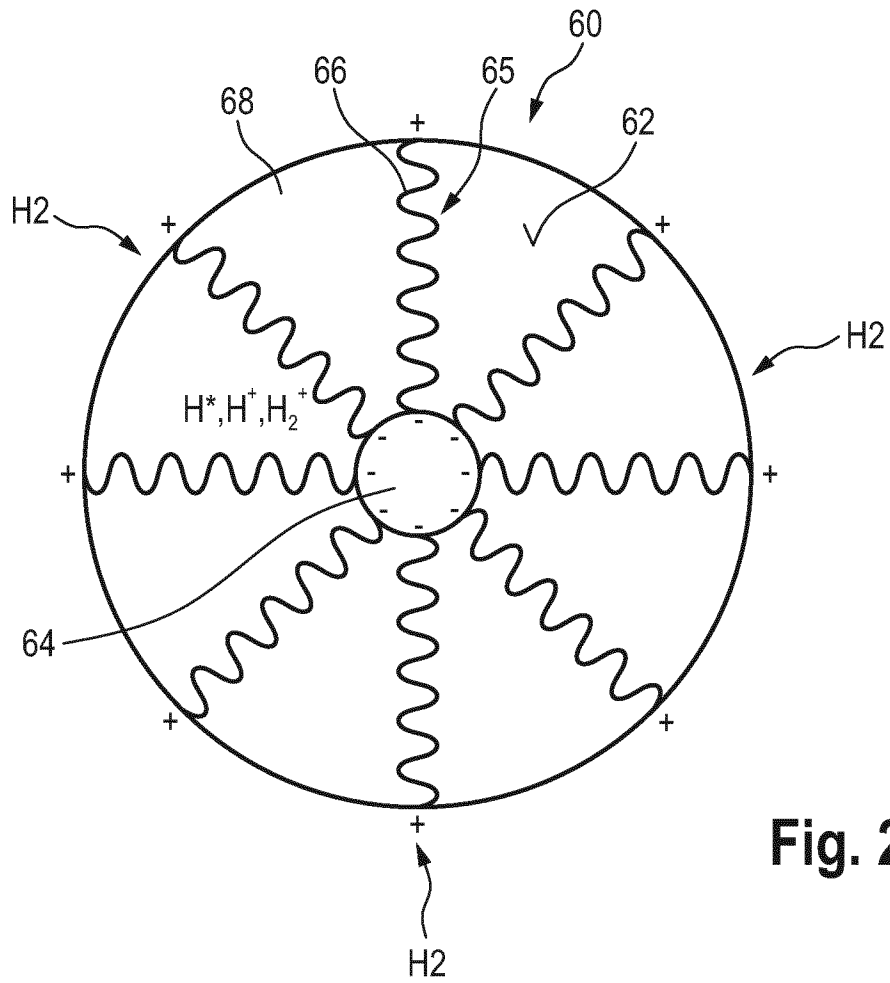


Fig. 2A

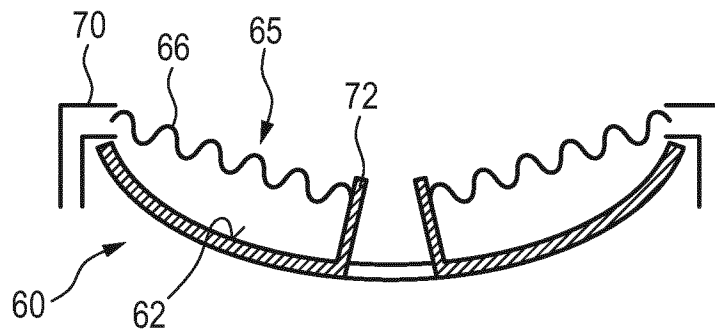


Fig. 2B

3/13

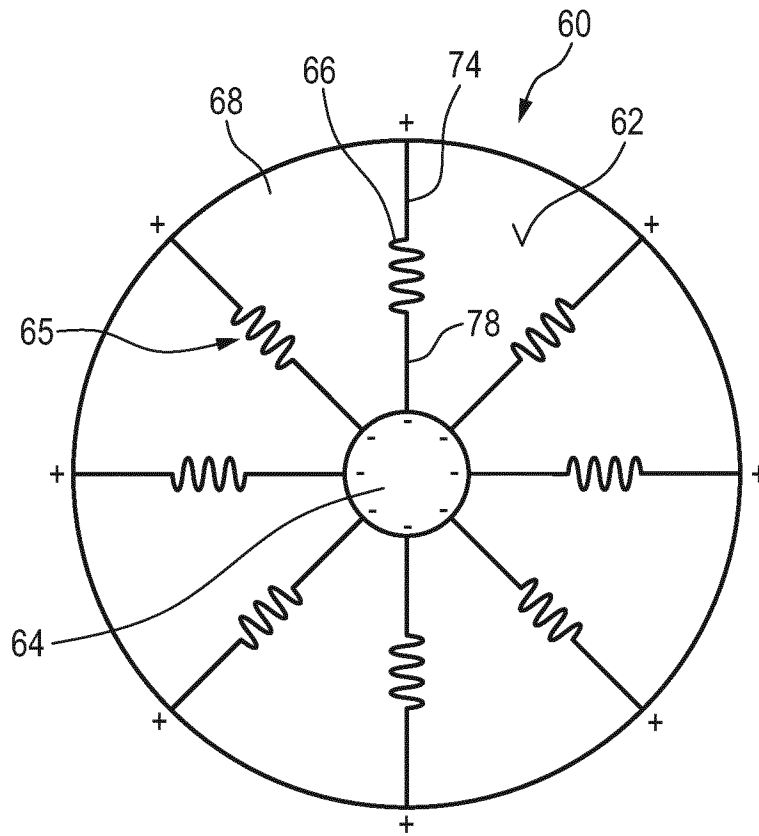


Fig. 3A

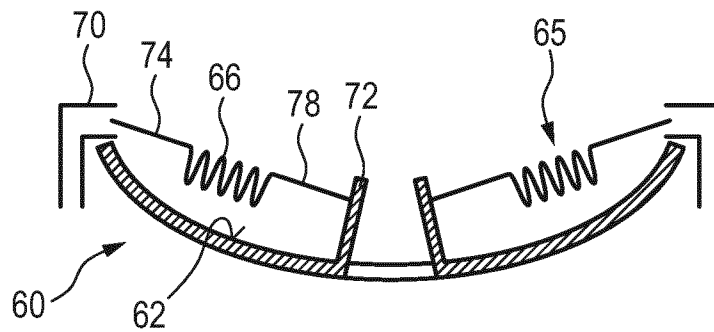


Fig. 3B

4/13

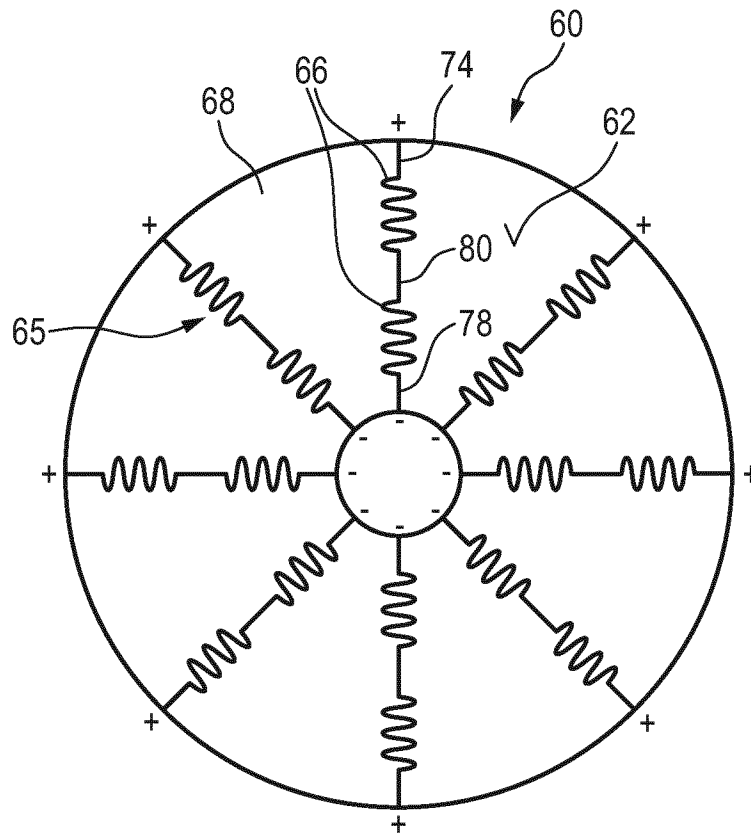


Fig. 4A

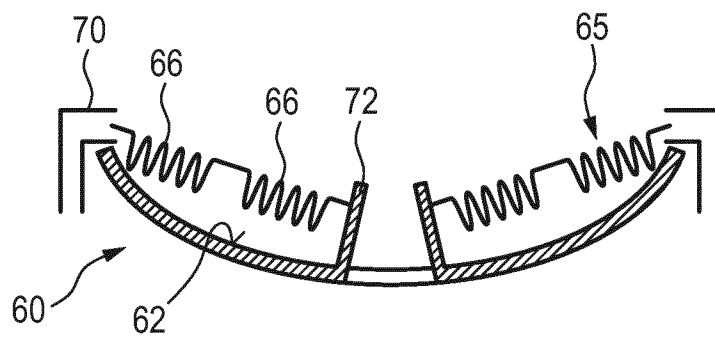


Fig. 4B

5/13

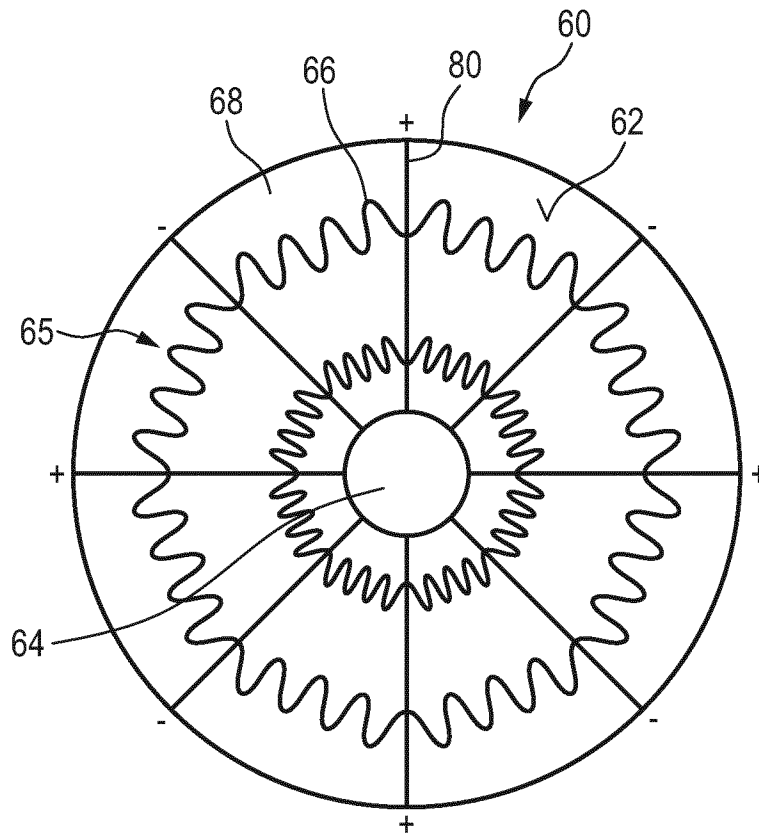


Fig. 5A

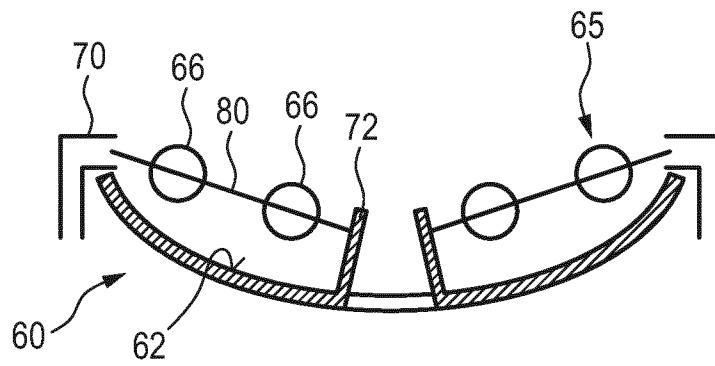


Fig. 5B

6/13

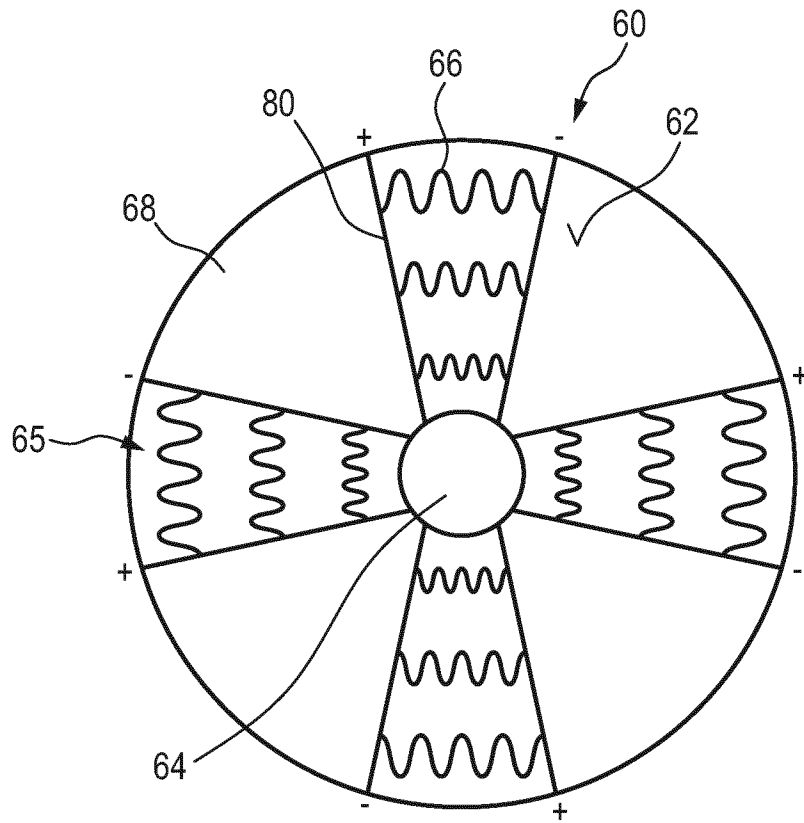


Fig. 6A

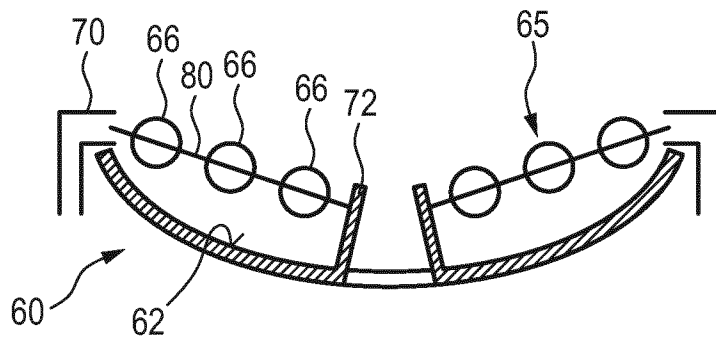


Fig. 6B

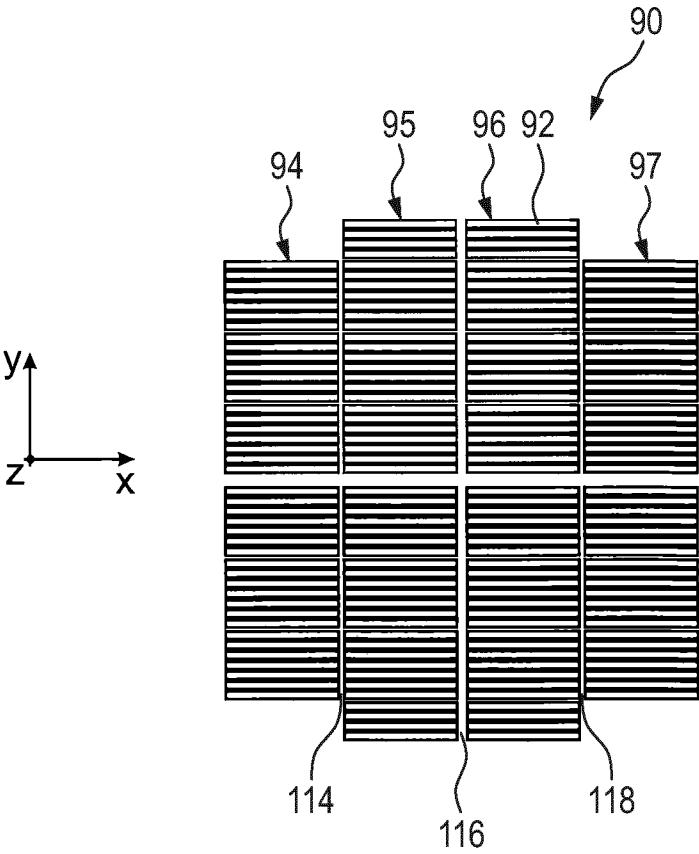


Fig. 7

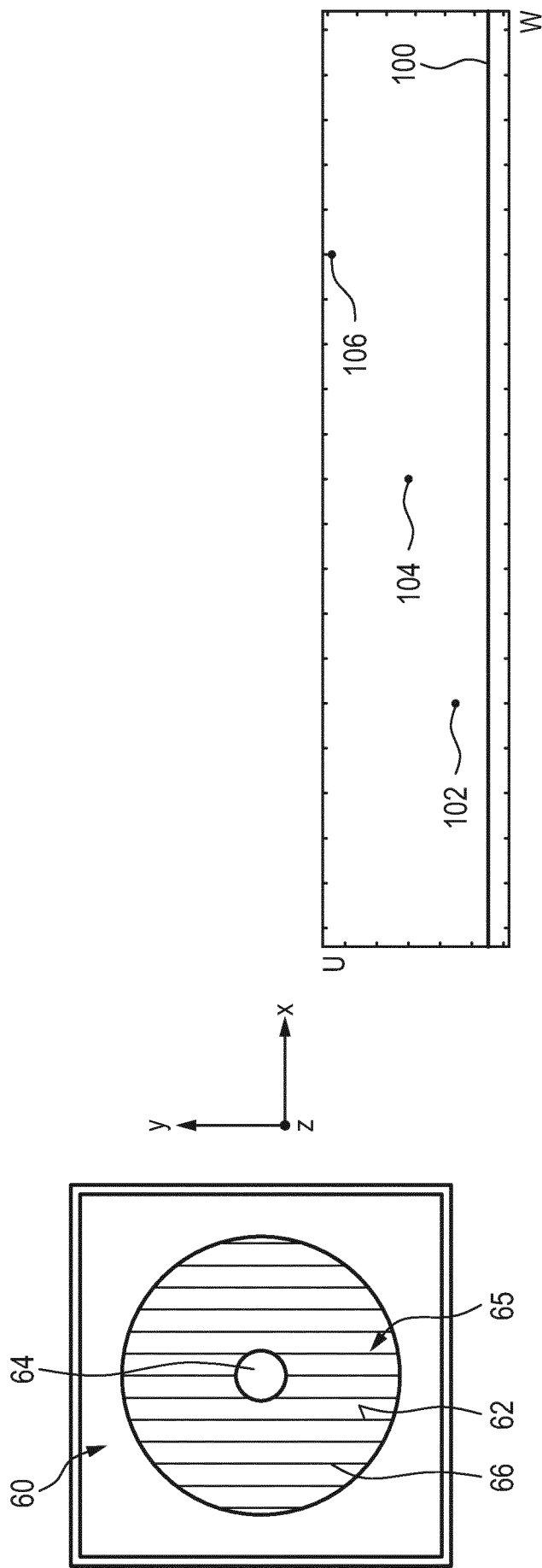


Fig. 8

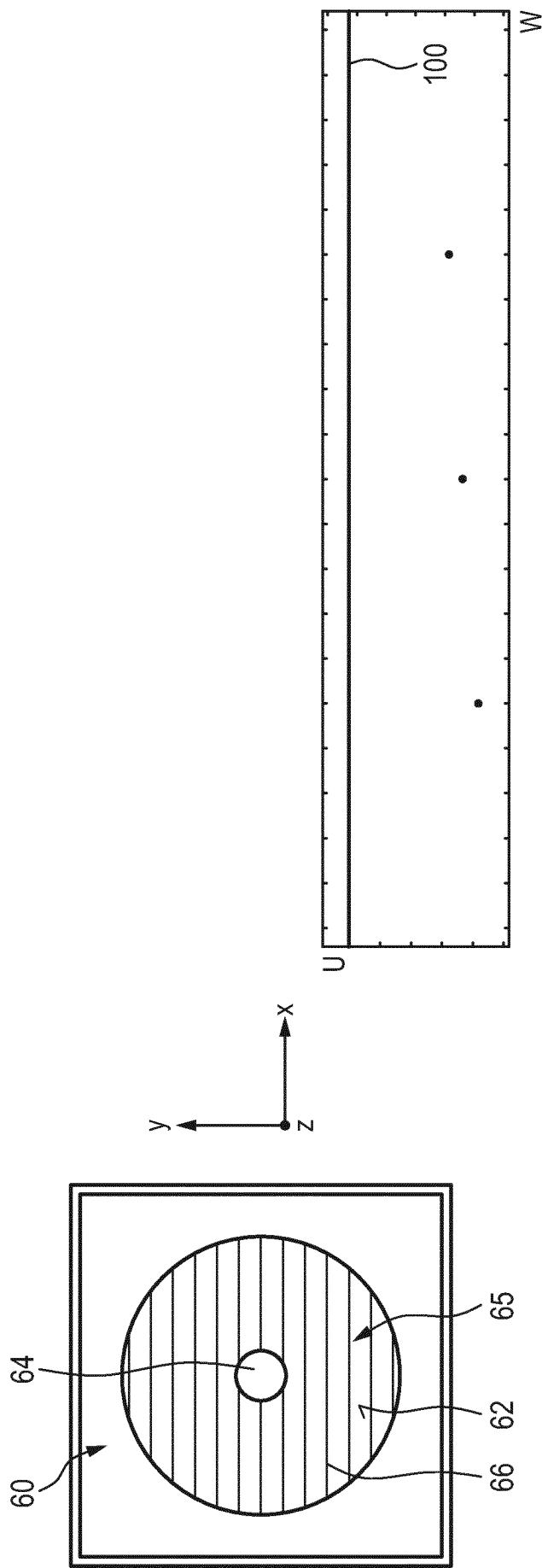


Fig. 9

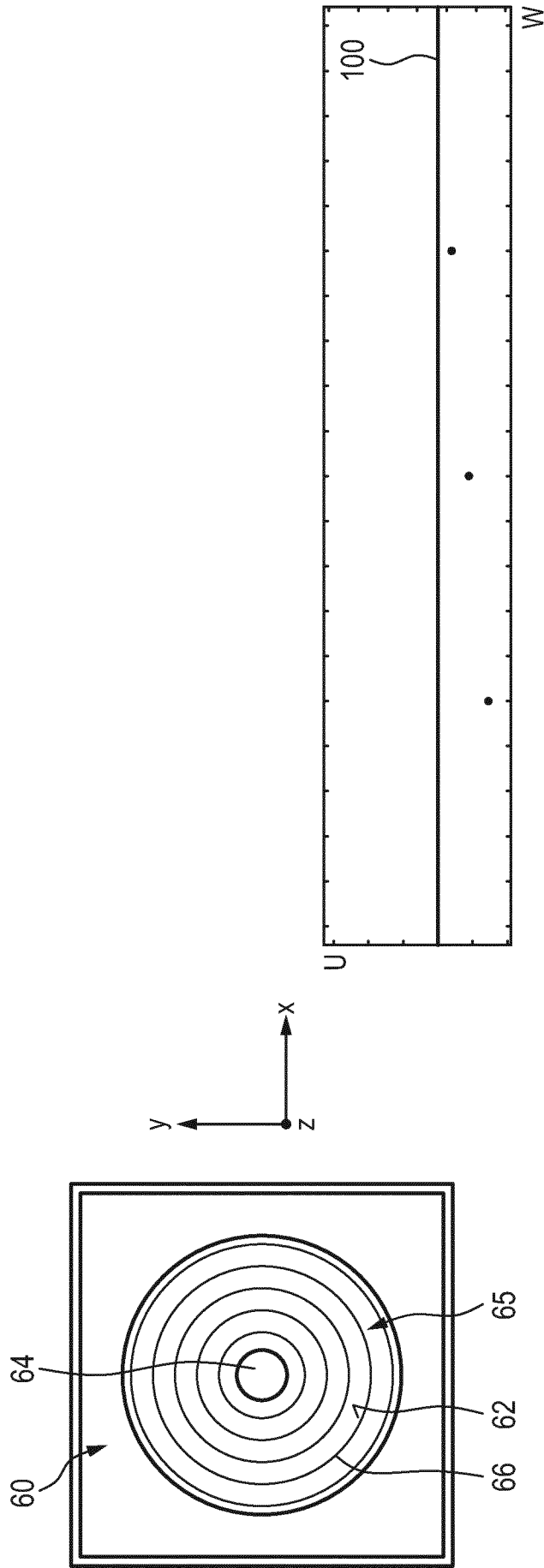


Fig. 10

11/13

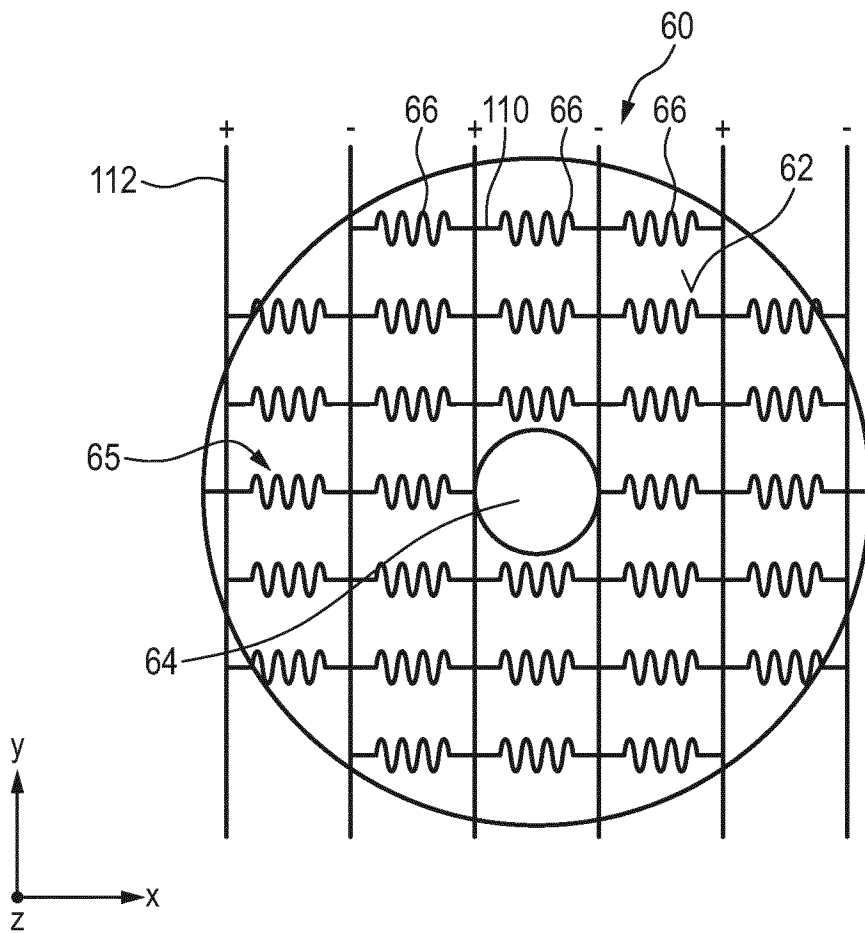


Fig. 11A

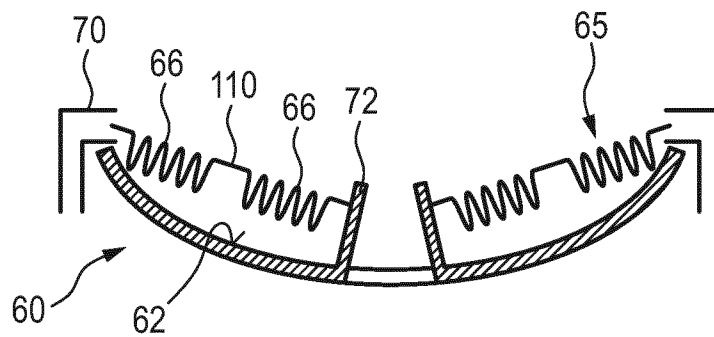


Fig. 11B

12/13

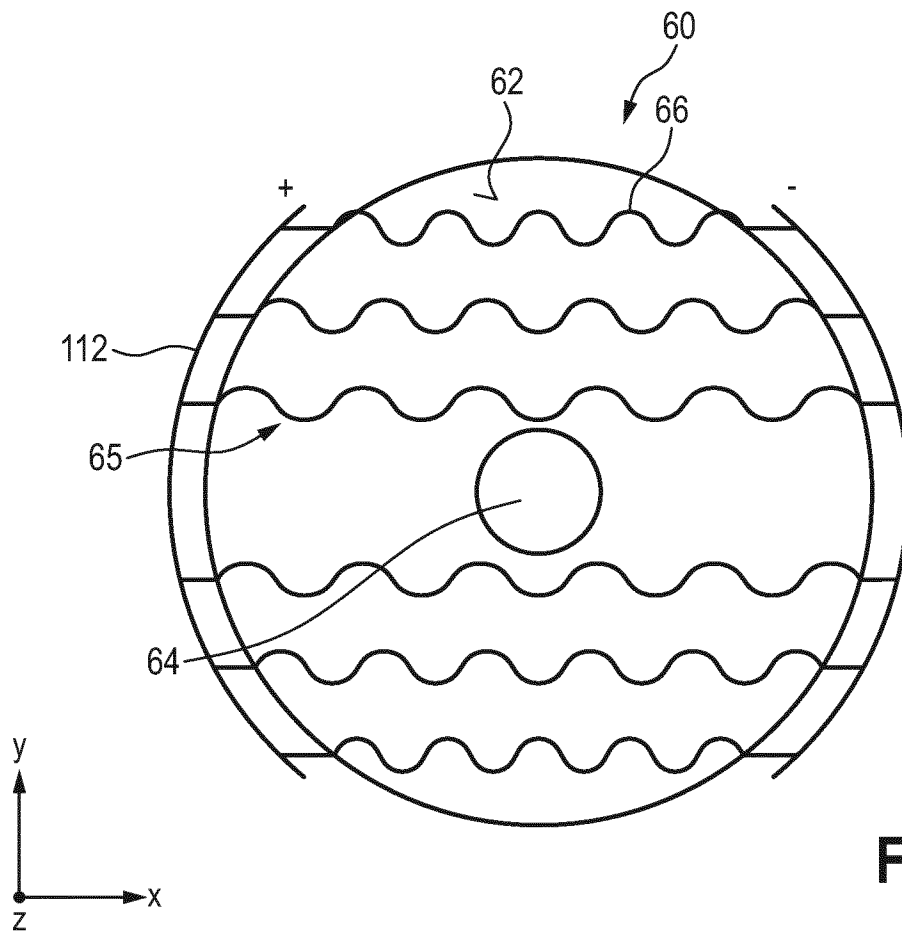


Fig. 12A

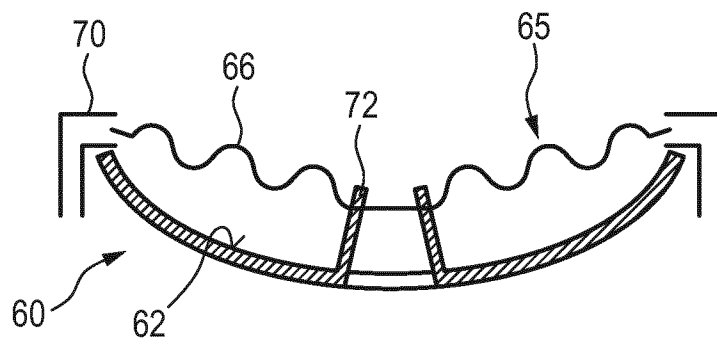


Fig. 12B

13/13

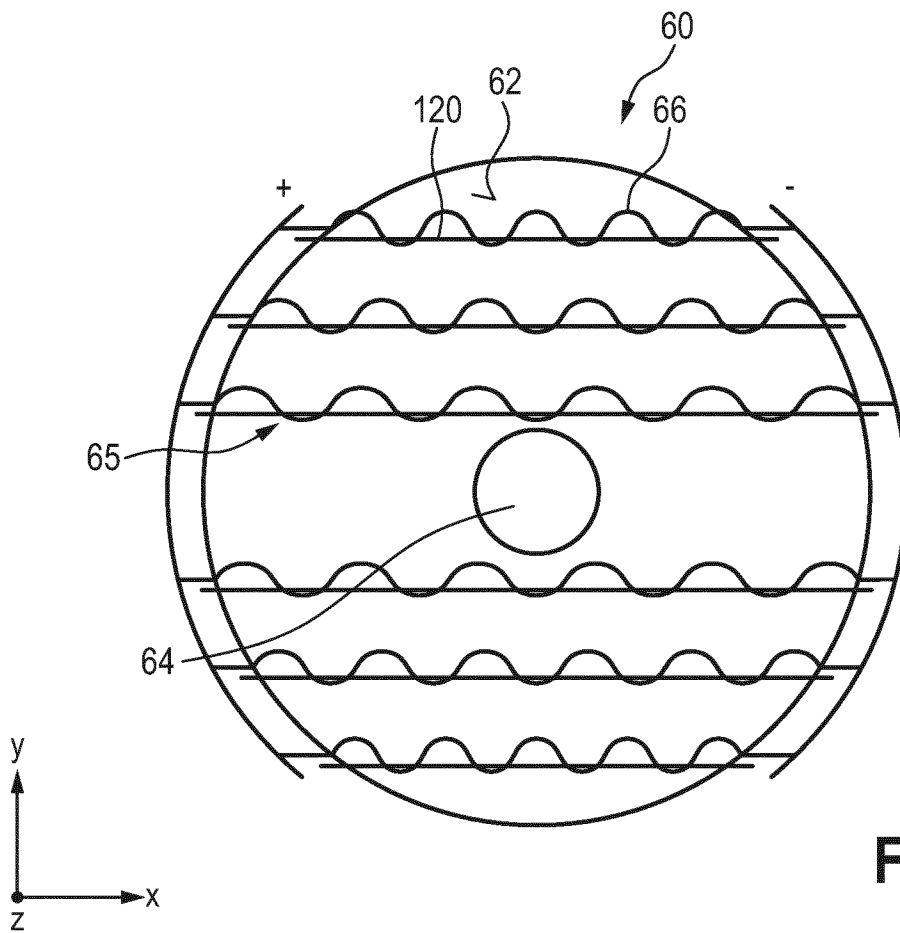


Fig. 13A

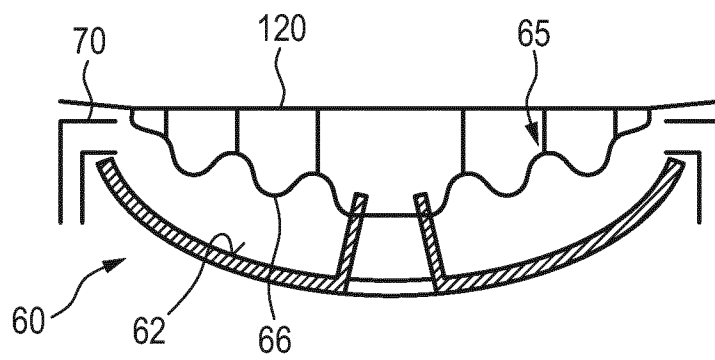


Fig. 13B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/079893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G03F 7/20**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	"Research Disclosure" <i>RESEARCH DISCLOSURE, KENNETH MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, UK, GB</i> , Vol. 597, No. 37, 01 January 2014 (2014-01-01), page 4 ISSN: 0374-4353, XP007142846	1-4,9-11,18,19
A	the whole document	5-8,12-17
A	US 2007145295 A1 (BANINE VADIM Y [NL] ET AL) 28 June 2007 (2007-06-28) paragraphs [0072] - [0076]; figures 5, 6	1-19
A	US 2014113235 A1 (TERASHIMA SHIGERU [JP]) 24 April 2014 (2014-04-24) paragraphs [0028] - [0038]; figure 1	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2019

Date of mailing of the international search report

04 March 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Eisner, Klaus

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/079893

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2007145295	A1	28 June 2007	JP	2007165874	A	28 June 2007
				US	2007145295	A1	28 June 2007
				US	2009072168	A1	19 March 2009
US	2014113235	A1	24 April 2014	JP	2014086516	A	12 May 2014
				US	2014113235	A1	24 April 2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G03F7/20
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G03F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	"Research Disclosure", RESEARCH DISCLOSURE, KENNETH MASON PUBLICATIONS, HAMPSHIRE, UK, GB, Bd. 597, Nr. 37, 1. Januar 2014 (2014-01-01), Seite 4, XP007142846, ISSN: 0374-4353	1-4, 9-11, 18, 19
A	das ganze Dokument	5-8, 12-17
A	----- US 2007/145295 A1 (BANINE VADIM Y [NL] ET AL) 28. Juni 2007 (2007-06-28) Absätze [0072] - [0076]; Abbildungen 5, 6	1-19
A	----- US 2014/113235 A1 (TERASHIMA SHIGERU [JP]) 24. April 2014 (2014-04-24) Absätze [0028] - [0038]; Abbildung 1	1-19



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Februar 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/03/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/079893

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 2007145295	A1	28-06-2007	JP	2007165874	A	28-06-2007	
			US	2007145295	A1	28-06-2007	
			US	2009072168	A1	19-03-2009	

US 2014113235	A1	24-04-2014	JP	2014086516	A	12-05-2014	
			US	2014113235	A1	24-04-2014	
