

(19)



(11)

EP 2 755 452 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.07.2014 Patentblatt 2014/29

(51) Int Cl.:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13006021.3**

(22) Anmeldetag: **20.12.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Bergmann, Klaus**
D-52134 Herzogenrath (DE)
• **Prümmer, Ralf**
52511 Geilenkirchen (DE)

(30) Priorität: **11.01.2013 DE 102013000407**

(74) Vertreter: **Gagel, Roland**
Patentanwalt Dr. Roland Gagel
Landsberger Strasse 480a
81241 München (DE)

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur
Förderung der
angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(54) **Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode in einer Gasentladungslampe**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode (1, 2) mit einem flüssigen Medium (4) in einer Gasentladungslampe, insbesondere zur Erzeugung von EUV-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung, sowie eine entsprechend ausgebildete Gasentladungslampe. Bei dem Verfahren wird die Randfläche (9) der rotierenden Elektrode (1, 2), auf die das flüssige Medium (4)

aufgebracht wird, durch äußere Bearbeitung mikrostrukturiert. Durch diese Mikrostrukturierung wird die Benetzbarkeit der Randfläche (9) für das flüssige Medium (4) deutlich verbessert. Weiterhin kann die Verteilung des flüssigen Mediums (4) auf der Randfläche (9) durch geeignete Wahl der Mikrostruktur (11) gezielt beeinflusst werden.

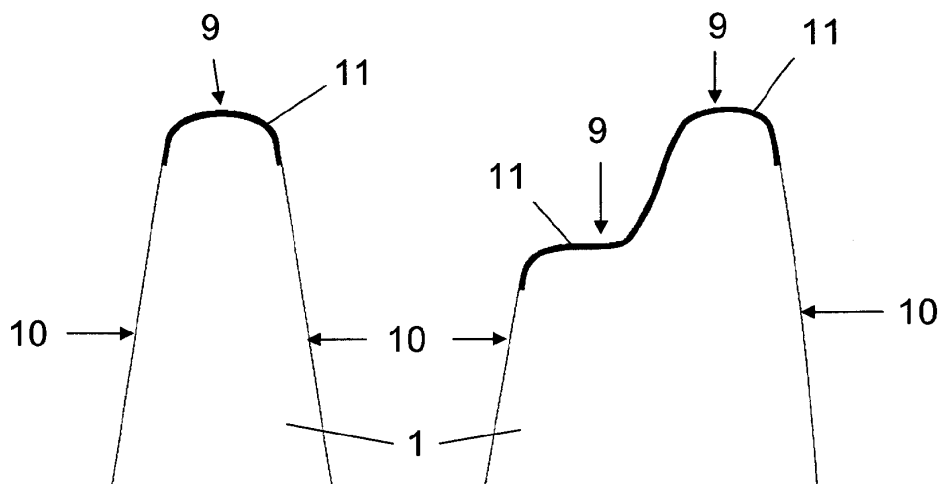


Fig. 2

EP 2 755 452 A1

Beschreibung

Technisches Anwendungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode mit einem flüssigen Medium in einer Gasentladungslampe, insbesondere zur Erzeugung von EUV-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung, in der das flüssige Medium auf eine Randfläche der rotierenden Elektrode aufgebracht wird. Die Erfindung betrifft auch eine Gasentladungslampe, bei der mindestens eine der Elektroden eine gemäß dem Verfahren verbesserte Benetzbarkeit aufweist.

[0002] Das vorgeschlagene Verfahren sowie die zugehörige Gasentladungslampe lassen sich bspw. in Anwendungen einsetzen, in denen Strahlung im extrem ultravioletten Spektralbereich (EUV) oder im Bereich der weichen Röntgenstrahlung benötigt wird, d.h. im Wellenlängenbereich zwischen etwa 1 nm und 20 nm. Dies betrifft bspw. die EUV-Lithographie oder die Messtechnik.

Stand der Technik

[0003] Aus der WO 2005/025280 A2 ist eine Gasentladungslampe zur Erzeugung von EUV-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung bekannt, bei der die Gasentladung in einem Metaldampf zwischen zwei rotierenden Elektroden erzeugt wird. Hierzu wird das geschmolzene Metall auf die rotierenden Elektroden aufgebracht und am Ort der Entladung durch einen Laserstrahl verdampft. Die beiden kreisscheiben- bzw. radförmig ausgebildeten Elektroden tauchen zur Aufnahme des Metalls in Container mit dem flüssigen Metall ein. Sie müssen aus einem Trägermaterial bestehen, das mit dem flüssigen Metall benetzt werden kann, z.B. aus Wolfram. Durch die Rotation der Elektroden wird gewährleistet, dass die komplette Randfläche der Elektroden und auch der größte Teil der Seitenflächen mit dem flüssigen Metall benetzt werden. Aus technologischen Gründen wird eine Dicke des flüssigen Metallfilms auf den Elektroden angestrebt, die zum einen hinreichend dünn ist, um die Ablösung von Tröpfchen bei hohen Rotationsgeschwindigkeiten der Elektroden zu vermeiden, und zum anderen hinreichend dick, um die thermische Belastung des Trägermaterials zu reduzieren und die Oberfläche gegen die Entladung zu schützen. In der Praxis wird daher am Ort der Entladung bzw. des Plasmas eine Dicke des flüssigen Metallfilms um 10 µm bis zu einigen 10 µm angestrebt. Diese Dicke wird in der Regel durch geeignete Abstreifer an den Seiten- und Randflächen der Elektroden kontrolliert. Die kritische Dicke des flüssigen Metallfilms am Ort des Plasmas hängt dann von der Einstellung der Abstreifer, der Geometrie der Elektroden sowie der Rotationsgeschwindigkeit ab.

[0004] Aus der WO 2012/007146 A1 ist ein Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit der Elektroden einer Gasentladungslampe bekannt, bei der die Elektro-

den zunächst in einem Vorbehandlungsschritt in Kontakt mit dem flüssigen Metall und anschließend bei einer Temperatur oberhalb von 800°C wärmebehandelt werden, um eine Verbindung des Trägermaterials der Elektrode und des flüssigen Metalls in einer Oberflächenschicht zu erreichen. Auch eine Abscheidung eines die Benetzbarkeit verbessernden zusätzlichen Materials wird vorgeschlagen.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode in einer Gasentladungslampe sowie eine Gasentladungslampe mit einer gut benetzbaren rotierbaren Elektrode anzugeben, die keine thermische Vorbehandlung der Elektrode mit dem aufzubringenden flüssigen Medium erfordern.

Darstellung der Erfindung

[0006] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren und der Vorrichtung gemäß den Patentansprüchen 1 und 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche oder lassen sich der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

[0007] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird die Randfläche der rotierenden Elektrode der Gasentladungslampe, auf die das flüssige Medium aufgebracht wird, durch äußere Bearbeitung mikrostrukturiert. Diese Mikrostrukturierung kann sich über die gesamte Randfläche der Elektrode oder auch nur über den Bereich erstrecken, von dem das flüssige Medium für die Gasentladung verdampft wird. Bei dem flüssigen Medium handelt es sich vorzugsweise um ein flüssiges Metall. Unter der Randfläche der Elektrode ist hierbei die im Abstand um die Rotationsachse umlaufende äußere Fläche zu verstehen, die sich zwischen den sich gegenüber liegenden Seitenflächen erstreckt. Vorzugsweise sind die Elektroden kreisscheibenförmig bzw. radförmig ausgebildet. Die Randfläche selbst kann auch ein makroskopisches Profil, bspw. eine Stufenform, im Querschnitt parallel zur Rotationsachse aufweisen.

[0008] Die Mikrostrukturierung der Randfläche der Elektrode erfolgt beim vorgeschlagenen Verfahren durch äußere Bearbeitung, bspw. durch mechanische Bearbeitung der Oberfläche oder durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung, vorzugsweise durch Bearbeitung mit einem oder mehreren Laserstrahlen. Selbstverständlich können für die Strukturierung auch andere Arten von energetischer Strahlung, bspw. Ionenstrahlen oder Elektronenstrahlen eingesetzt werden.

[0009] Die Strukturdimensionen der erzeugten Mikrostruktur werden vorzugsweise so gewählt, dass zumindest die Tiefe oder die Breite oder die Länge der Strukturen $\leq 300 \mu\text{m}$ beträgt. Die Mikrostruktur soll die Haftung des flüssigen Mediums auf dem Trägermaterial, d.h. dem Oberflächenmaterial der Elektrode, verbessern. Die Strukturdimensionen müssen dann so gewählt werden,

dass die Kapillarkräfte für das flüssige Medium so groß werden, dass sie die Haftung des flüssigen Mediums auf der Randfläche gegenüber einer glatten Randfläche erhöhen. Für eine Abschätzung geeigneter Dimensionen kann bspw. die sog. Bond-Konstante B herangezogen werden, die das Verhältnis der Kapillarkräfte zu den von außen wirkenden Kräften, wie bspw. der Schwerkraft oder der Fliehkraft bei einem rotierenden System, beschreibt. Die Bond-Konstante B ist gegeben durch:

$$B = \frac{\rho \cdot a \cdot r^2}{\sigma}$$

[0010] Dabei entsprechen ρ der Dichte des flüssigen Mediums, r der typischen Strukturgröße bzw. Strukturdimension, a der Beschleunigung und σ der Oberflächenspannung des flüssigen Mediums. Bei dem vorgeschlagenen Verfahren sowie der vorgeschlagenen Gasentladungslampe sollten die Kapillarkräfte sehr viel größer als die Fliehkraft auf der rotierenden Elektrode sein, d.h. vorzugsweise $B \ll 1$. Im Folgenden wird beispielhaft für diesen Fall die Strukturgröße r beim Einsatz von flüssigem Zinn als flüssigem Medium abgeschätzt. Flüssiges Zinn weist eine Oberflächenspannung von $\sigma = 500 \text{ mN/m}$ und eine Dichte von $\rho = 7,0 \text{ g/cm}^3$ auf. Für den Anwendungsfall einer drehenden, mit Zinn benetzten Elektrode mit einem typischen Radius $R = 10 \text{ cm}$ und einer Rotationsfrequenz von $f = 10 \text{ Hz}$ ergibt sich eine Beschleunigung an der Randfläche der Elektrode von $a = (2 \pi f)^2 \cdot R = 395 \text{ m/s}^2$. Die Bedingung $B \ll 1$ führt dann mit den angegebenen Materialkonstanten für flüssiges Zinn zu einer typischen Strukturgröße $r \ll 300 \text{ }\mu\text{m}$. Dieser Wert von $300 \text{ }\mu\text{m}$ kann als obere Grenze angesehen werden. Die bevorzugte Strukturgröße bzw. Strukturdimension auf der Randfläche der Elektrode wird daher in diesem Fall im Bereich von $10 \text{ }\mu\text{m}$ oder einiger $10 \text{ }\mu\text{m}$ bis wenige $100 \text{ }\mu\text{m}$ gewählt.

[0011] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung wird ausgenutzt, dass Strukturen mit Abmessungen von wenigen μm ein anderes Oberflächenverhalten als glatte Flächen zeigen. Die Mikrostrukturierung beeinflusst vor allem die Benetzbarkeit von flüssigkeitstragenden Bauteilen. Durch die Strukturierung der rotierenden Elektroden wird eine funktionalisierte Oberfläche im Mikromaßstab erhalten, die die Benetzung und Haftung eines flüssigen Mediums auf dieser Oberfläche gegenüber einer glatten Oberfläche erhöht. Die Struktur kann dabei auch so gewählt werden, dass sie den Flüssigkeitsfluss bei der Rotation steuert, bspw. in eine bestimmte Vorzugsrichtung lenkt oder für eine gleichmäßige Verteilung über der Fläche sorgt.

[0012] Die Mikrostruktur wird vorzugsweise so erzeugt, dass sie ein periodisches oder regelmäßiges geometrisches Muster aufweist. Beispielsweise kann eine Mikrostruktur mit kreuzförmigen, wabenförmigen, tra-

pezförmigen, pyramidenförmigen, kreisförmigen, ringförmigen und/oder linienförmigen Erhöhungen und/oder Vertiefungen erzeugt werden. Selbstverständlich ist diese Aufzählung nicht abschließend. Die Form der Mikrostruktur wird vielmehr so gewählt, dass sie jeweils die gewünschten Anforderungen erfüllt, bspw. neben der verbesserten Haftung auch eine schnelle Verteilung des flüssigen Mediums über der Oberfläche ermöglicht. In jedem Falle führt die Mikrostrukturierung zu einer verbesserten Benetzbarkeit und Haftung des Flüssigkeitsfilms auf der Randfläche der rotierenden Elektrode und ermöglicht damit höhere Drehfrequenzen und eine wiederum höhere Leistungseinkopplung am Elektrodensystem. Über die Mikrostrukturierung kann damit auch eine verbesserte Kontrolle der Filmdicke und eine homogene Verteilung des flüssigen Mediums auf der Elektrode erreicht werden. Eine homogenere Verteilung des flüssigen Mediums führt auch gleichzeitig zu einer Erhöhung der Standzeit des Elektrodensystems bzw. der Gasentladungslampe, in der das Elektrodensystem zum Einsatz kommt.

[0013] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren und der vorgeschlagenen Gasentladungslampe können auch die Seitenflächen oder zumindest an die Randfläche angrenzende Bereiche der Seitenflächen entsprechend mikrostrukturiert werden. Hierfür werden vorzugsweise die Seitenflächen mit einer anderen Mikrostruktur versehen als die Randflächen. Eine unterschiedliche Strukturierung ist auch in unterschiedlichen Bereichen der Randfläche möglich, insbesondere eine andere Mikrostrukturierung in dem Bereich, in dem das flüssige Medium durch einen Laserstrahl verdampft wird, als in den restlichen Bereichen.

[0014] Die vorgeschlagene Vorrichtung zur Erzeugung von Strahlung durch eine elektrisch betriebene Entladung, in der vorliegenden Patentanmeldung als Gasentladungslampe bezeichnet, weist zwei Elektroden auf, die an einer Stelle einen geringen Abstand für die Bildung einer Entladungsstrecke aufweisen und von denen mindestens eine Elektrode um eine durch ein Zentrum der Elektrode verlaufende Achse rotierbar gelagert und antreibbar ist. Vorzugsweise sind beide Elektroden entsprechend als Elektrodenräder ausgebildet und rotierbar gelagert. Die Vorrichtung weist auch eine entsprechende Einrichtung zum Aufbringen eines flüssigen Mediums auf eine Randfläche der einen oder beiden Elektroden auf. In einer Ausgestaltung umfasst diese Einrichtung ein Reservoir oder Behältnis mit dem flüssigen Medium, in das die jeweilige Elektrode eintaucht. Durch die Rotation nimmt die Elektrode dann das flüssige Medium auf der Randfläche auf und transportiert es zum Ort der Entladung. Selbstverständlich stehen auch andere Möglichkeiten zum Aufbringen des flüssigen Mediums auf die Oberfläche der Elektrode zur Verfügung, bspw. über eine Düse oder über eine speziell an das Elektrodenrad angepasste Teilumrandung. Die Vorrichtung kann dabei in gleicher Weise ausgestaltet sein, wie bspw. die in der Beschreibungseinleitung genannte Gasentladungslam-

pe der WO 2005/025280 A2. Die Vorrichtung umfasst dabei in bekannter Weise selbstverständlich auch eine Einrichtung zur Erzeugung der elektrischen Entladung über die beiden Elektroden sowie eine Einrichtung zur Verdampfung des flüssigen Mediums am Ort der Entladung, beispielsweise eine Lasereinheit. Bei der vorgeschlagenen Vorrichtung weist die Randfläche der mindestens einen Elektrode eine durch gezielte äußere Bearbeitung erzeugte Mikrostruktur auf. Diese Mikrostruktur und ihre möglichen Ausgestaltungen wurden bereits im Zusammenhang mit dem vorgeschlagenen Verfahren erläutert, so dass an dieser Stelle nicht mehr näher darauf eingegangen wird. Dies betrifft auch die Seitenflächen der mindestens einen rotierbaren Elektrode, die ebenfalls entsprechend mikrostrukturiert sein können.

[0015] Das vorgeschlagene Verfahren sowie die vorgeschlagene Gasentladungslampe kommen vorzugsweise in Bereichen zum Einsatz, in denen EW-Strahlung oder weiche Röntgenstrahlung erzeugt werden müssen. Durch die verbesserte Benetzbarkeit der rotierenden Elektrode bzw. Elektroden wird eine höhere Effizienz der Strahlungserzeugung ermöglicht. Die verbesserte Benetzbarkeit kann selbstverständlich auch noch durch zusätzliche Maßnahmen, bspw. eine zusätzliche Plasmabehandlung, erhöht werden, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Das vorgeschlagene Verfahren und die zugehörige Vorrichtung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 ein Beispiel für eine Gasentladungslampe, die gemäß der vorgeschlagenen Erfindung ausgestaltet sein kann;
- Fig. 2 zwei Beispiele für das Querschnittsprofil eines Elektrodenrades einer derartigen Gasentladungslampe;
- Fig. 3 verschiedene Beispiele für geometrische Muster der Mikrostruktur auf der Rand- oder den Seitenflächen der Elektroden;
- Fig. 4 drei Beispiele für eine linien- oder grabenförmige Mikrostruktur im Querschnitt; und
- Fig. 5 zwei Beispiele einer Mikrostrukturierung der Seitenflächen der Elektroden in Draufsicht auf die Seitenflächen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0017] Das vorgeschlagene Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit der rotierenden Elektroden kann bspw. bei einer Gasentladungslampe zur Erzeugung von

EUV-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung zum Einsatz kommen, wie sie schematisch in Figur 1 angedeutet ist. Diese Gasentladungslampe weist zwei Elektrodenräder 1, 2 (Kathode, Anode) auf, die in geringem Abstand zueinander angeordnet sind, so dass sie an einer Stelle einen Spalt für eine Entladungsstrecke bilden. Die beiden Elektrodenräder 1, 2 rotieren während des Betriebs der Gasentladungslampe um ihre Rotationsachsen und tauchen dabei in zwei Container 3 ein, die ein flüssiges Metall, im vorliegenden Beispiel flüssiges Zinn, enthalten. Aufgrund der Rotation in dem flüssigen Zinn wird ein dünner Zinnfilm 4 auf der äußeren Randfläche der Elektrodenräder gebildet. Die Elektrodenräder sind über das flüssige Zinnbad elektrisch mit einer Kondensatorbank 5 verbunden, über die sie mit einem gepulsten Stromfluss beaufschlagt werden. Die Gasentladung 8 wird durch Verdampfen eines Teils des flüssigen Zinnfilms mit einem gepulsten Laserstrahl 6 einer Laserquelle 7 gezündet, wie dies schematisch in der Figur angedeutet ist. Das Plasma 8 emittiert die gewünschte EUV-Strahlung oder weiche Röntgenstrahlung. Die Elektroden sind in einer Vakuumkammer angeordnet, die in der Figur nicht dargestellt ist. Weitere Elemente, wie bspw. Abstreifer zur Einstellung einer definierten Dicke des Zinnfilms 4 auf den Elektroden oder Abschirmungselemente sind ebenfalls Teil einer derartigen Gasentladungslampe. Beispiele für derartige Elemente können bspw. der WO 2005/025280 A2 entnommen werden.

[0018] Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch einen Randbereich eines der Elektrodenräder 1 einer derartigen Gasentladungslampe in zwei Beispielen. Die Randfläche 9 eines derartigen Elektrodenrades ist bei der vorgeschlagenen Gasentladungslampe gemäß dem vorgeschlagenen Verfahren mikrostrukturiert. Im vorliegenden Beispiel erstreckt sich diese Mikrostruktur 11 auch über einen kleinen Bereich der beiden Seitenflächen 10 des Elektrodenrades 1. Die Randfläche 9 des Elektrodenrades kann hierbei auch eine makroskopische Struktur in dem dargestellten Querschnitt aufweisen, wie dies im Beispiel des rechten Teils der Figur zu erkennen ist.

[0019] Die Figuren 3a bis 3f zeigen Ausschnitte aus unterschiedlichen Mikrostrukturen in Draufsicht auf die jeweilige Mikrostruktur 11 in schematischer Darstellung. Figur 3a zeigt eine Struktur mit einzelnen Kreuzen, die wie auch die anderen dargestellten Strukturen regelmäßig bzw. periodisch über der mikrostrukturierten Fläche verteilt sind. Figur 3b zeigt eine Struktur mit nebeneinander angeordneten Pyramiden, Figur 3c eine Struktur mit nebeneinander angeordneten Trapezen. Kreuzstrukturen lassen sich sehr einfach fertigen. Die Pyramiden stellen einen Spezialfall der Trapeze dar, weisen jedoch eine größere Oberfläche auf. Grundsätzlich lassen sich Trapeze mit einem verfügbaren Laserprofil für die Strukturierung sehr einfach fertigen. Figur 3d zeigt eine Grabenstruktur mit in der Darstellung von oben nach unten verlaufenden Gräben. Eine Grabenstruktur ermöglicht die Mischung verschiedener Längenskalen, da die Gräben in Längsrichtung auch unterbrochen sein können. In

Figur 3e ist eine Wabenstruktur dargestellt, Figur 3f zeigt eine Struktur mit Kreisen oder Ringen. Die Wabenstruktur führt zu einer hohen Stabilität des Flüssigkeitsfilms durch die mögliche Ausbreitung entlang der Wabenstruktur. Die Ring- oder Kreisstruktur lässt sich besonders einfach mathematisch beschreiben, um damit bspw. das Verhalten des Flüssigkeitsfilms simulieren zu können.

[0020] Grundsätzlich können die dargestellten Strukturen sowohl in Form von Erhöhungen, bspw. pyramidenförmigen Erhöhungen, oder auch in Form von Vertiefungen, bspw. pyramidenförmigen Vertiefungen, in der Mikrostruktur vorliegen.

[0021] Eine weitere einfache Strukturierung besteht in einem Linienmuster, bei der geradlinig verlaufende Gräben 12 in der Oberfläche erzeugt werden. Jeder Graben 12 weist in guter Näherung einen konstanten rechteckigen, runden oder dreiecksförmigen Querschnitt auf, wie dies in den drei Beispielen der Figur 4 angedeutet ist. Durch diese Strukturen, insbesondere die Art des Querschnitts, können Kontrollparameter für die Haftung und/oder Verteilung des flüssigen Films über der Oberfläche, wie bspw. das Volumen des Zinnfilms oder dessen Benetzbarkeit, gezielt beeinflusst oder verändert werden.

[0022] Figur 5 zeigt schließlich zwei Beispiele für eine Mikrostrukturierung der Seitenflächen 10 eines Elektrodenrades 1 in Draufsicht auf eine der beiden Seitenflächen. Im linken Teil der Figur wurde die gesamte Seitenfläche 10 des Elektrodenrades 1 mikrostrukturiert. Der rechte Teil der Figur zeigt ein Beispiel, bei der lediglich ein an die Randfläche angrenzender Bereich strukturiert wurde. Über die Art der Strukturierung der Seitenflächen 10 lässt sich der Zinnfluss über diese Seitenflächen zur Randfläche des Elektrodenrades gezielt beeinflussen. Damit kann bspw. das Zinn gezielt den Randflächen zugeführt werden, ohne große Tröpfchen zu bilden.

Bezugszeichenliste

[0023]

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 | erstes Elektrodenrad |
| 2 | zweites Elektrodenrad |
| 3 | Behälter mit flüssigem Zinn |
| 4 | Zinnfilm |
| 5 | Kondensatorbank |
| 6 | gepulster Laserstrahl |
| 7 | Laserlichtquelle |
| 8 | Plasma |
| 9 | Randfläche des Elektrodenrades |

- | | |
|------|----------------------------------|
| 10 | Seitenfläche des Elektrodenrades |
| 11 | Mikrostruktur |
| 5 12 | Graben |

Patentansprüche

- | | | |
|----|----|--|
| 10 | 1. | Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode (1, 2) mit einem flüssigen Medium (4) in einer Gasentladungslampe, insbesondere zur Erzeugung von EW-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung, in der das flüssige Medium (4) auf eine Randfläche (9) der rotierenden Elektrode (1, 2) aufgebracht wird, |
| 15 | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass die Randfläche (9) der Elektrode (1, 2) durch äußere Bearbeitung mikrostrukturiert wird. |
| 20 | 2. | Verfahren nach Anspruch 1, |
| | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass auch an die Randfläche (9) angrenzende Seitenflächen (10) der Elektrode (1, 2) in wenigstens einem an die Randfläche (9) angrenzenden Bereich mikrostrukturiert werden. |
| 25 | | |
| 30 | 3. | Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, |
| | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass durch die äußere Bearbeitung eine Mikrostruktur (11) mit einem periodischen geometrischen Muster in der Randfläche (9) und/oder den Seitenflächen (10) erzeugt wird. |
| 35 | 4. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, |
| | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass durch die äußere Bearbeitung eine Mikrostruktur (11) mit kreuzförmigen, wabenförmigen, trapezförmigen, pyramidenförmigen, kreisförmigen, ringförmigen, streifenförmigen und/oder linienförmigen Erhöhungen und/oder Vertiefungen in der Randfläche (9) und/oder den Seitenflächen (10) erzeugt wird. |
| 40 | | |
| 45 | 5. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, |
| | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass durch die äußere Bearbeitung eine Mikrostruktur (11) mit Strukturdimensionen in der Randfläche (9) und/oder den Seitenflächen (10) erzeugt wird, von denen wenigstens eine Breite, eine Länge oder eine Tiefe weniger als 300 µm beträgt. |
| 50 | | |
| 55 | 6. | Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, |
| | | dadurch gekennzeichnet, |
| | | dass die Randfläche (9) und/oder die Seitenflächen (10) durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung, insbesondere mit Laserstrahlung, mikrostrukturiert werden. |

7. Vorrichtung zur Erzeugung von Strahlung durch eine elektrisch betriebene Entladung, insbesondere zur Erzeugung von EUV-Strahlung oder weicher Röntgenstrahlung, mit zwei Elektroden (1,2), die einen geringen Abstand zur Bildung einer Entladungsstrecke aufweisen und von denen mindestens eine Elektrode (1, 2) um eine Achse rotierbar gelagert ist, und einer Einrichtung zum Aufbringen eines flüssigen Mediums (4) auf eine Randfläche (9) der mindestens einen Elektrode (1, 2) 5
dadurch gekennzeichnet,
dass die Randfläche (9) eine durch äußere Bearbeitung erzeugte Mikrostruktur (11) aufweist. 10
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, 15
dadurch gekennzeichnet,
dass die Einrichtung zum Aufbringen eines flüssigen Mediums (4) einen Behälter (3) zur Aufnahme des flüssigen Mediums (4) umfasst, in den die wenigstens eine Elektrode (1, 2) während der Rotation eintaucht. 20
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass beide Elektroden (1, 2) um jeweils eine Achse 25 rotierbar gelagert sind und in ihrer Randfläche (9) die Mikrostruktur (11) aufweisen.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, 30
dass Elektroden (1, 2) kreisscheibenförmig ausgebildet sind.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, 35
dass an die Randfläche (9) angrenzende Seitenflächen (1, 2) der Elektrode oder Elektroden (1, 2) in wenigstens einem an die Randfläche (9) angrenzenden Bereich ebenfalls mikrostrukturiert sind. 40
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mikrostruktur (11) ein periodisches geometrisches Muster aufweist. 45
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mikrostruktur (11) durch kreuzförmige, wellenförmige, trapezförmige, pyramidenförmige, kreisförmige, ringförmige, streifenförmige und/oder 50 linienförmige Erhöhungen und/oder Vertiefungen gebildet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, 55
dass die Mikrostruktur (11) Strukturdimensionen aufweist, von denen wenigstens eine Breite, eine Länge oder eine Tiefe weniger als 300 μm beträgt.
15. Elektrodenrad, das in einer Randfläche (9) eine durch äußere Bearbeitung erzeugte Mikrostruktur (11) aufweist und als Elektrode (1, 2) für eine Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 7 bis 14 ausgebildet ist.

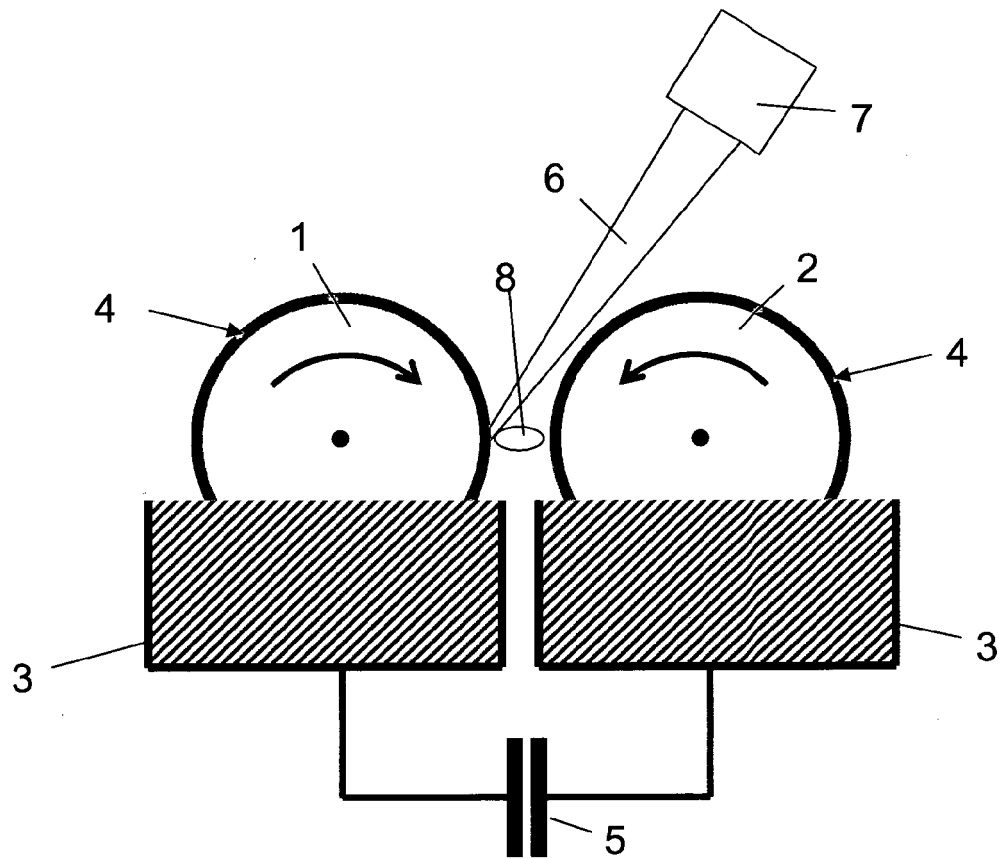


Fig. 1

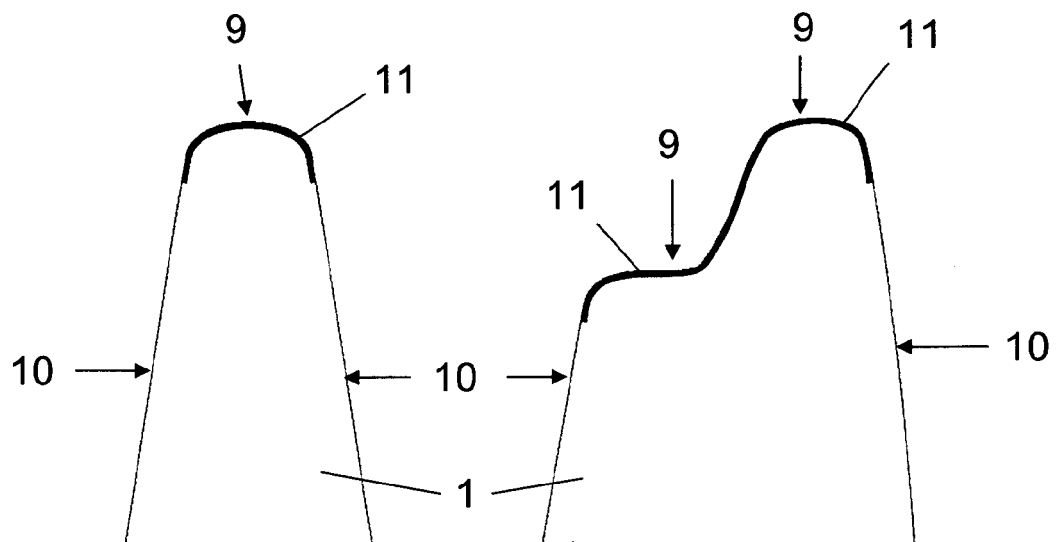
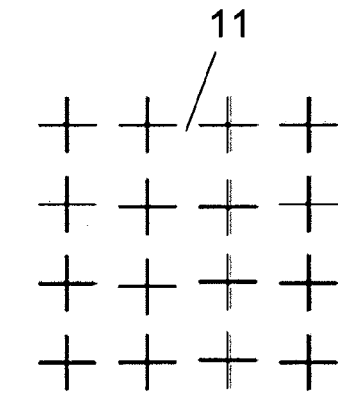
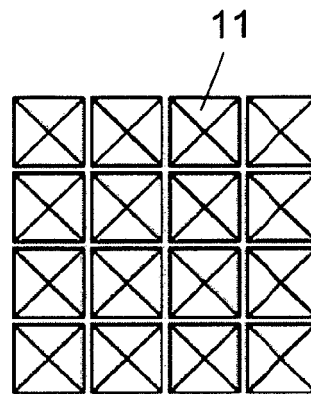


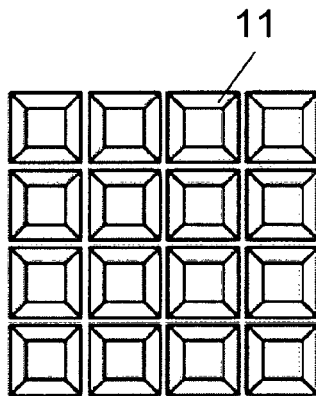
Fig. 2



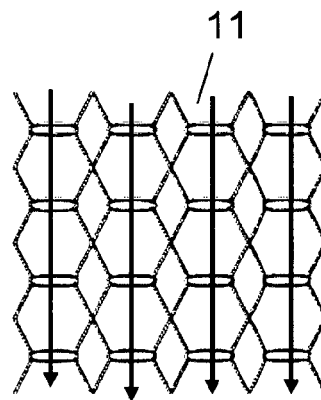
a)



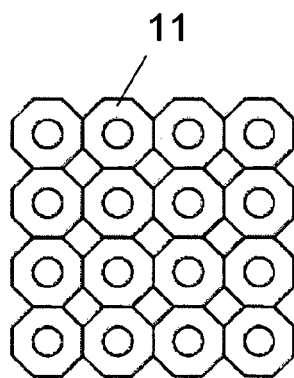
b)



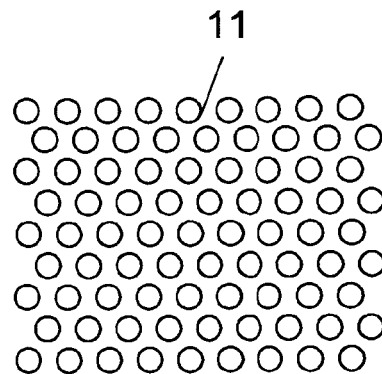
c)



d)



e)



f)

Fig. 3

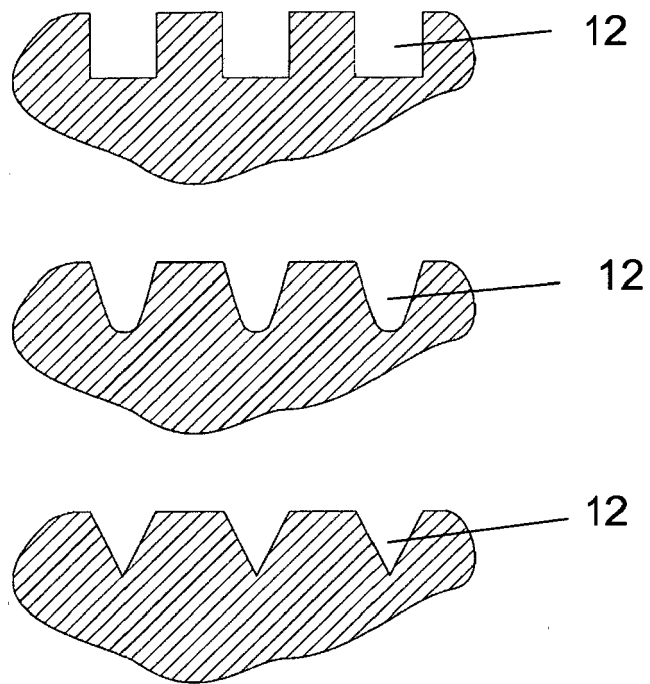


Fig. 4

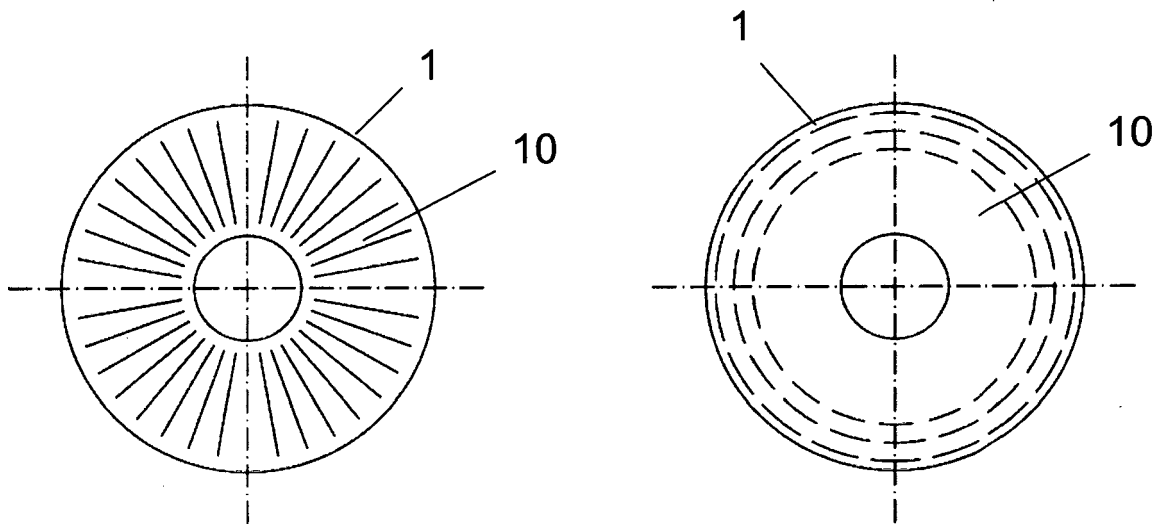


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 13 00 6021

5

10

15

20

25

30

35

40

45

2

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 170 020 A1 (USHIO ELECTRIC INC [JP]) 31. März 2010 (2010-03-31) * Absatz [0057]; Abbildungen 1,2 * -----	1,3,4, 7-10,12, 13,15	INV. H05G2/00
X	EP 2 203 033 A2 (USHIO ELECTRIC INC [JP]) 30. Juni 2010 (2010-06-30) * Absätze [0011] - [0016], [0110] - [0113]; Abbildungen 10(a), 10(b), 13 * -----	1,7-10, 15	
A	US 2008/197298 A1 (ABE TAMOTSU [JP] ET AL) 21. August 2008 (2008-08-21) * Absatz [0066]; Abbildung 1 * -----	1-15	
A	US 2010/166149 A1 (OKAMURA HIDEFUMI [JP]) 1. Juli 2010 (2010-07-01) * Absätze [0041], [0042]; Abbildung 4 * -----	1-15	
A	EP 1 665 907 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 7. Juni 2006 (2006-06-07) * Absatz [0055]; Abbildung 1 * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 2012/212158 A1 (METZMACHER CHRISTOF [BE] ET AL) 23. August 2012 (2012-08-23) * Absatz [0009]; Abbildung 2 * -----	1-15	H05G
A	WO 2005/101924 A1 (XTREME TECH GMBH [DE]; BORISOV VLADIMIR MIKHAILOVICH [RU]; VINOKHODOV) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) * Seite 8, Zeilen 10-14; Abbildungen 1,2 * -----	1-15	
A	EP 1 804 556 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 4. Juli 2007 (2007-07-04) * Absatz [0036]; Abbildungen 4,7 * -----	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. April 2014	Prüfer Chevrier, Dominique
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 13 00 6021

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-04-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 2170020	A1	31-03-2010	AT	512570 T	15-06-2011
			EP	2170020 A1	31-03-2010
			JP	4623192 B2	02-02-2011
			JP	2010080362 A	08-04-2010

EP 2203033	A2	30-06-2010	EP	2203033 A2	30-06-2010
			JP	4893730 B2	07-03-2012
			JP	2010153563 A	08-07-2010

US 2008197298	A1	21-08-2008	JP	5149514 B2	20-02-2013
			JP	2008204752 A	04-09-2008
			US	2008197298 A1	21-08-2008

US 2010166149	A1	01-07-2010	CN	101681779 A	24-03-2010
			JP	5140667 B2	06-02-2013
			US	2010166149 A1	01-07-2010
			WO	2008153089 A1	18-12-2008

EP 1665907	A2	07-06-2006	AT	356531 T	15-03-2007
			CN	1849850 A	18-10-2006
			DE	10342239 A1	16-06-2005
			EP	1665907 A2	07-06-2006
			JP	4667378 B2	13-04-2011
			JP	2007505460 A	08-03-2007
			KR	20060119962 A	24-11-2006
			TW	1382789 B	11-01-2013
			US	2007090304 A1	26-04-2007
			WO	2005025280 A2	17-03-2005

US 2012212158	A1	23-08-2012	CN	102598874 A	18-07-2012
			EP	2494854 A1	05-09-2012
			JP	2013509682 A	14-03-2013
			KR	20120112425 A	11-10-2012
			US	2012212158 A1	23-08-2012
			WO	2011051839 A1	05-05-2011

WO 2005101924	A1	27-10-2005	RU	2278483 C2	20-06-2006
			WO	2005101924 A1	27-10-2005

EP 1804556	A2	04-07-2007	EP	1804556 A2	04-07-2007
			JP	4474406 B2	02-06-2010
			JP	2007201438 A	09-08-2007
			US	2007152175 A1	05-07-2007

55

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2005025280 A2 [0003] [0014] [0017]
- WO 2012007146 A1 [0004]