



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.11.2019 Patentblatt 2019/47

(51) Int Cl.:
H01J 33/04 (2006.01) G21K 5/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19174559.5**

(22) Anmeldetag: **15.05.2019**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **16.05.2018 DE 102018111782**

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

(72) Erfinder:
• **Weidauer, André**
01259 Dresden (DE)
• **Rögner, Frank-Holm**
01277 Dresden (DE)
• **Dr. Mattausch, Gösta**
01454 Ullersdorf (DE)
• **Blüthner, Ralf**
01445 Radebeul (DE)
• **Vicente Gabas, Ignacio Gabriel**
01309 Dresden (DE)
• **Kubusch, Jörg**
01279 Dresden (DE)
• **Kirchhoff, Volker**
01829 Wehlen (DE)

(54) **VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN BESCHLEUNIGTER ELEKTRONEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen beschleunigter Elektronen, umfassend ein zylinderförmiges Elektronenaustrittsfenster (2) als Bestandteil eines zylinderförmigen Gehäuses, welches einen evakuierbaren Raum (3) umschließt; mindestens eine erste Kathode und eine Anode, mittels denen ein Glimmentladungsplasma im evakuierbaren Raum (3) erzeugbar ist, wobei Ionen aus dem Glimmentladungsplasma auf die Oberfläche mindestens einer zweiten Kathode (4) beschleunigbar und von der mindestens einen zweiten Kathode (4) emittierbare Elektronen in Richtung Elektronenaustrittsfenster (2) beschleunigbar sind, wobei die mindestens eine zweite Kathode (4) zylinderförmig oder stabförmig als zentrales Bauelement entlang der Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2) ausgebildet ist; das zylinderförmige Gehäuse als erste Kathode ausgebildet ist; die Anode als eine Anzahl drahtförmiger Elektroden (5) ausgebildet ist, wobei die drahtförmigen Elektroden (5) um die zweite Kathode (4) herum angeordnet sind und sich entlang der Zylinderlänge des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2) teilweise oder vollständig durch den evakuierbaren Raum (3) erstrecken; eine erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (6) die mindestens eine zweite Kathode (4) umschließt, wobei die erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (6) mit einem kleineren Maß von der zweiten Kathode (4) beabstandet ist als die drahtförmigen Elektroden (5).

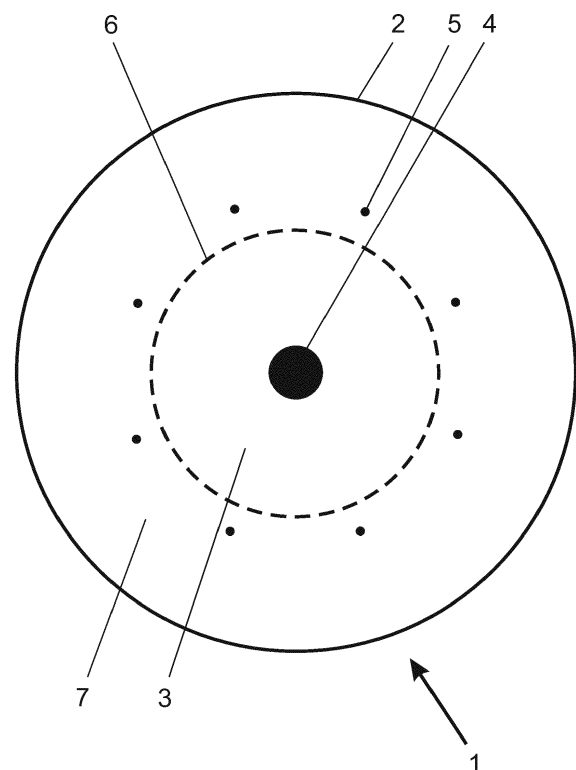


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen beschleunigter Elektronen. Insbesondere können mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung Innenwandungen von Hohlkörpern sowie Schüttgut und Fluide mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden.

[0002] Elektronenstrahltechnologie wird seit etlichen Jahrzehnten im Industriemaßstab zur chemischen Materialmodifikation sowie zur Desinfektion bzw. Sterilisierung von Oberflächen eingesetzt. Die Behandlung von Produkten kann wirtschaftlich vorteilhaft bei atmosphärischem Druck erfolgen, wozu die Elektronen zunächst im Vakuum freigesetzt, anschließend beschleunigt und schließlich durch ein Strahlaustrittsfenster, zumeist eine dünne Metallfolie, in die Behandlungszone ausgekoppelt werden müssen. Zum Durchdringen großtechnisch einsetzbarer, genügend robuster Elektronenaustrittsfenster sowie auch zum Sichern einer ausreichenden Behandlungstiefe im Produkt sind typischerweise Beschleunigungsspannungen >80 kV erforderlich.

[0003] Verschiedene Verfahren und Strahlquellen sind für eine Randschichtbehandlung flacher Produkte, wie Platten und Bänder, wohletabliert, während das allseitige Behandeln von Formkörpern, Schüttgütern und Fluiden nach wie vor Probleme bereitet. So ist ein allseitiges gleichmäßiges Beaufschlagen gekrümmter Oberflächen mit Elektronen geometrisch problematisch aufgrund von Abschattungseffekten, variabler Absorption von Elektronenenergie auf der Gasstrecke sowie Dosis-Inhomogenitäten wegen unterschiedlicher Projektionsverhältnisse.

[0004] Mit den bereits existierenden Quellsystemen, wie beispielsweise Axialstrahlern mit einer schnellen Ablenkeinheit oder Bandstrahlern mit einer langgestreckten Kathode, von denen beide Ausführungsformen mit einer geheizten thermionischen Kathode betrieben werden, ist eine allseitige Produktbehandlung nur umständlich, unter Nutzung zusätzlicher Einrichtungen oder mit einem hohen apparativen und/oder technologischen Aufwand möglich. Elektronenstrahlquellen auf Basis thermionischer Emittoren sind außerdem mechanisch kompliziert, schwierig zu skalieren und erfordern aufwändige Hochspannungsversorgungen und Hochvakuumssysteme. Bei einer Beschädigung des Strahlaustrittsfensters mit daraus resultierendem Zusammenbruch des Vakuums kommt es zur irreversiblen Schädigung des Kathodensystems und somit zu einem hohen Reparaturaufwand.

[0005] In DE 199 42 142 A1 ist eine Vorrichtung offenbart, bei der Schüttgut im mehrfachen freien Fall an einer Elektronenstrahleinrichtung vorbeigeführt und mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt wird. Aufgrund des Mehrfachdurchlaufs, verbunden mit einer zwischenzeitlichen Durchmischung des Schüttguts, ist die Wahrscheinlichkeit bei dieser Ausführungsform sehr hoch, dass die Partikel des Schüttgutes allseitig mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden. Der Mehrfach-

durchlauf erfordert allerdings einen hohen Zeitaufwand bei der Durchführung des Behandlungsprozesses. Nachteilig ist hierbei außerdem, dass die Vorrichtung für die Behandlung größerer Formteile ungeeignet ist.

[0006] Eine andere Lösung ist in DE 10 2006 012 666 A1 angegeben, welche drei Axialstrahler mit zugehöriger Ablenksteuerung und drei ebenfalls zugehörige Elektronenaustrittsfenster umfasst. Die drei Elektronenaustrittsfenster sind derart angeordnet, dass sie einen dreieckigen Freiraum vollumfänglich umschließen. Wird ein Substrat durch diesen Freiraum geführt, kann dieses in einem Behandlungsdurchgang in seinem Querschnitt vollumfänglich mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden. Hat das Substrat jedoch nicht den gleichen dreieckigen Querschnitt wie der von den drei Elektronenaustrittsfenstern umschlossene Freiraum, wird die Dosisverteilung der Beaufschlagung mit beschleunigten Elektronen auf der Oberfläche des Substrates inhomogen ausfallen. Der apparative Aufwand bei dieser Ausführungsform ist außerdem sehr hoch, wodurch diese Lösung auch sehr preisintensiv ist.

[0007] Aus WO 2007/107331 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der lediglich zwei Flächenstrahlerzeuger benötigt werden, zwischen denen ein Formteil zum Zwecke des Sterilisierens seiner Oberfläche hindurch bewegt und währenddessen mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden kann. Diese Vorrichtung weist außerdem mehrere Reflektoren aus Gold auf, mit denen von den Flächenstrahlerzeugern abgegebene Randstrahlen auf Oberflächenbereiche des Formteils reflektiert werden, die nicht im unmittelbaren Einwirkungsbereich der Flächenstrahlerzeuger liegen. Da die aus dieser Schrift bekannten Reflektoren aus reinem Gold bestehen, sind derartige Vorrichtungen ebenfalls sehr preisintensiv und beeinträchtigen somit deren Wirtschaftlichkeit. Da reflektierte Elektronen eine geringere Energie aufweisen als nicht reflektierte Elektronen, ist auch mit dieser Vorrichtung nur ein inhomogener Energieeintrag in ein Substrat möglich.

[0008] Eine ringförmige Vorrichtung zum Erzeugen beschleunigter Elektronen ist in DE 10 2013 111 650 B3 offenbart, bei welcher alle wesentlichen Komponenten, wie beispielsweise Kathode, Anode und Elektronenaustrittsfenster, ringförmig ausgebildet sind, so dass mittels einer solchen Vorrichtung ein ringförmiger Elektronenstrahl ausgebildet werden kann, bei welchem sich die beschleunigten Elektronen zum Ringinneren hin bewegen. Mittels einer solchen Vorrichtung können beispielsweise strangförmige Substrate, die durch die Ringöffnung der Vorrichtung hindurchbewegt werden, bezüglich des Substratquerschnittes vollumfänglich mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden. Nachteilig hierbei ist, dass derartige Vorrichtungen in ihrer Bauweise großvolumig sind und eine Elektronenbehandlung von Substraten lediglich im relativ geringen Volumen des Ringinneren vollzogen werden kann.

[0009] US 2008/0267354 A1 beschreibt ebenfalls ringförmige Vorrichtungen, mit denen eine hohe Dosis an

Röntgenstrahlen und nebenher auch Elektronenstrahlen erzeugt werden können. Aufgrund des Erzeugens einer hohen Dosis an Röntgenstrahlen sind derartige Vorrichtungen nicht geeignet zum Bestrahlen von Produkten, welche in die Nahrungskette von Menschen oder Nutz-
tieren eingehen.

[0010] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung zum Erzeugen beschleunigter Elektronen zu schaffen, mittels der die Nachteile des Standes der Technik überwunden werden können. Insbesondere soll eine Vorrichtung mit kompakter Bauform geschaffen werden, mit welcher beispielsweise Hohlkörper von innen aber auch Schüttgut mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden können.

[0011] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch Gegenstände mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung

[0013] In Fig. 1 ist ein Querschnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 schematisch dargestellt. Vorrichtung 1 umfasst zunächst ein Elektronenaustrittsfenster 2 in Form eines Hohlzylinders. Das zylinderförmige Elektronenaustrittsfenster 2 ist Bestandteil eines Gehäuses, welches die Form der Mantelflächen eines Zylinders aufweist und welches somit ebenfalls zylinderförmig ausgebildet ist wie das Elektronenaustrittsfenster 2. Das zylinderförmige Gehäuse umschließt einen evakuierbaren Raum 3.

[0014] Wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist, umfasst auch das zylinderförmige Elektronenaustrittsfenster einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ein mechanisches Stützgitter, an welchem eine Metallfolie befestigt ist. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 umfasst das Elektronenaustrittsfenster 2 ein in Fig. 1 nicht dargestelltes mechanisches Stützgitter aus Kupfer, an welchem eine Titanfolie befestigt ist.

[0015] Entlang der Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters erstreckt sich als zentraler Bestandteil einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mindestens eine Elektrode, welche die Form eines Stabes oder eines Hohlzylinders aufweist und welche somit stabförmig oder zylinderförmig ausgebildet ist. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 erstreckt sich entlang der Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters 2 eine stabförmige Elektrode 4. Auf einer Kreisbahn um die Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters 2 herum, sind drahtförmige Elek-

troden 5 mit gleichem Abstand zueinander angeordnet. Die drahtförmigen Elektroden 5 erstecken sich entlang der Zylinderlänge des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters vollständig oder teilweise durch den evakuierbaren Raum 3 und sind als Anode geschaltet. Im Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung 1 insgesamt acht drahtförmige Elektroden 5 auf.

[0016] Die Anzahl der drahtförmigen Elektroden einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist aber nicht auf acht festgelegt, sondern kann in anderen Ausführungsbeispielen alternativ auch kleiner oder größer als acht sein.

[0017] Die als Anode geschalteten drahtförmigen Elektroden einer erfindungsgemäßen Vorrichtung weisen bevorzugt ein leicht positives Spannungspotenzial im Bereich von +0,25 kV bis 5 kV bezüglich der elektrischen Masse der Vorrichtung 1 auf, wohingegen das zylinderförmige Gehäuse einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, einschließlich des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters und des Stützgitters, bevorzugt das elektronische Massepotenzial aufweisen.

[0018] Aufgrund der Spannungsdifferenz zwischen den als Anode geschalteten drahtförmigen Elektroden 5 und dem als erste Kathode fungierendem Gehäuse der Vorrichtung 1 wird ein Glimmentladungsplasma im evakuierbaren Raum 3 ausgebildet. Im Ausführungsbeispiel wird zum Zünden der Glimmentladung zwischen den drahtförmigen Elektroden 5 und dem als erste Kathode fungierendem Gehäuse der Vorrichtung 1 eine elektrische Spannung von 1 kV verwendet, welche nach dem Zünden der Glimmentladung zum Aufrechterhalten der Glimmentladung auf 0,3 kV absinkt.

[0019] An die zentrale, stabförmige oder zylinderförmige Elektrode 4 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann beispielsweise eine elektrische Spannung in einem Bereich von -60 kV bis -300 kV angelegt sein. Bevorzugt ist an der Elektrode 4 eine elektrische Spannung im Bereich von -80 kV bis -200 kV angelegt. Die Elektrode 4 fungiert somit als zweite Kathode einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0020] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst ferner eine erste gitterförmige Elektrode 6 in Form eines Hohlzylinders, welche die mindestens eine zweite Kathode 4 umschließt, wobei die erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode 6 mit einem kleineren Maß von der zweiten Kathode 4 beabstandet ist als die drahtförmigen Elektroden 5. Die erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode 6 weist ebenfalls das elektrische Massepotenzial der Vorrichtung 1 auf, schirmt die zweite Kathode 4 gegenüber dem Plasma ab und begrenzt somit den Raum für das Ausbreiten des Glimmentladungsplasmas auf das Volumen zwischen der ersten gitterförmigen und zylinderförmigen Elektrode 6 und dem Elektronenaustrittsfenster 2. Dieses Volumen, in welchem sich das Glimmentladungsplasma ausbreitet, wird nachfolgend auch als Plasmaraum 7 bezeichnet.

[0021] Aufgrund der Spannungsdifferenz zwischen der zweiten Kathode 4 und den als Anode fungierenden drahtförmigen Elektroden 5 werden Ionen aus dem

Glimmentladungsplasma in Richtung Kathode 4 beschleunigt, welche beim Auftreffen auf der Oberfläche der zweiten Kathode 4 Sekundärelektronen aus der zweiten Kathode 4 herauslösen. Die Sekundärelektronen werden wiederum entlang der Feldlinien des elektrischen Feldes senkrecht von der Oberfläche der zweiten Kathode 4 in Richtung der ersten gitterförmigen und zylinderförmigen drahtförmigen Elektroden 5 und schließlich zum Elektronenaustrittsfenster 2 beschleunigt.

[0022] Wegen der zentralen Anordnung der zylinderförmigen oder stabförmigen zweiten Kathode im zylinderförmigen Gehäuse einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, welches das zylinderförmige Elektronenaustrittsfenster umfasst, sind die Oberflächensenkrechten des Oberflächenbereichs der Kathode, aus dem Elektronen emittierbar sind, zum zylinderförmigen Elektronenaustrittsfenster hin ausgerichtet. Elektronen, welche das Elektronenaustrittsfenster einer erfindungsgemäßen Vorrichtung durchdringen, werden somit an die äußere Umgebung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung abgestrahlt. Bezüglich des Querschnitts einer erfindungsgemäßen Vorrichtung können daher Elektronen, ausgehend von der zentral angeordneten und als Emitter fungierenden zweiten Kathode, vollumfänglich nach außen abgestrahlt werden. Damit ist eine kompakte und relativ preiswerte Bauform geschaffen, mit welcher beispielsweise Schüttgut, Fluide oder Hohlrauminnenwandungen von Substraten mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden können. Hierzu kann die Zylinderachse einer zylinderförmigen erfindungsgemäßen Vorrichtung beispielsweise senkrecht ausgerichtet sein und um den Zylinderquerschnitt herum ein ringförmiger Vorhang aus Schüttgut im freien Fall vorbeigeführt werden. Nachteilig wirkt sich hierbei aus, dass das Schüttgut nicht in einem Durchlauf vollumfänglich mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden kann. Dieses Defizit ist aber mit einem Mehrfachdurchlauf ausgleichbar und stellt insbesondere bei geringen Schüttgutmengen eine wirtschaftliche Vorgehensweise zum Beaufschlagen von Schüttgut mit beschleunigten Elektronen dar.

[0023] Bei einer Ausführungsform ist um eine zylinderförmige erfindungsgemäße Vorrichtung herum noch ein zylinderförmiger Elektronenreflektor angeordnet, welcher einen ringförmigen Freiraum zwischen erfindungsgemäßer Vorrichtung und zylinderförmigen Elektronenreflektor begrenzt. Durch diesen ringförmigen Freiraum kann beispielsweise ein ringförmiger Vorhang von Schüttgut am Elektronenaustrittsfenster der erfindungsgemäßen Vorrichtung im freien Fall vorbeigeführt werden, wobei mit den am Elektronenreflektor reflektierten Elektronen der Schüttgutvorhang zumindest teilweise auch noch von der Rückseite her mit beschleunigten Elektronen beaufschlagt werden kann.

[0024] Wie zuvor beschrieben, grenzt das Glimmentladungsplasma innerhalb der Vorrichtung 1 an das Elektronenaustrittsfenster 2, was mit einem Ionenbombardement des Elektronenaustrittsfensters 2 einhergeht. Die dadurch auftretenden Sputtereffekte können mit der Zeit

eine Beschädigung des Elektronenaustrittsfensters 2 hervorrufen und die Vorrichtung 1 dadurch funktionsuntüchtig machen. Die Plasmaionen vom Elektronenaustrittsfenster fernzuhalten, ist daher vorteilhaft.

[0025] In Fig. 2 ist ein Querschnitt einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 8 schematisch dargestellt. Vorrichtung 8 umfasst zunächst einmal alle Bauelemente der Vorrichtung 1 aus Fig. 1 mit gleicher Funktionsweise. Zusätzlich weist Vorrichtung 8 eine zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode 9 auf, welche die mindestens eine zweite Kathode 4 umschließt, wobei die zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode 9 mit einem größeren Maß von der zweiten Kathode 4 beabstandet ist als die drahtförmigen Elektroden 5. Die zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode 9 weist vorzugsweise eine elektrische Spannung im Bereich vom elektrischen Massepotenzial bis +500 V auf. Dadurch wird der Plasmabereich 7 der Vorrichtung 8 auf ein Volumen zwischen der ersten gitterförmigen und zylinderförmigen Elektrode 6 und der zweiten gitterförmigen und zylinderförmigen Elektrode 9 begrenzt, durch welches sich die drahtförmigen Elektroden 5 teilweise oder vollständig erstrecken. Das Elektronenaustrittsfenster 2 der Vorrichtung 8 ist somit vom Glimmentladungsplasma abgeschirmt, was die Lebensdauer des Elektronenaustrittsfensters 2 verlängert.

[0026] Bei einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die elektrische Spannung an den drahtförmigen Elektroden 5 gepulst ausgebildet. Dadurch kann das Glimmentladungsplasma einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bei geringeren Drücken im evakuierbaren Raum aufrechterhalten werden.

[0027] Zum Kühlen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann auch die mindestens eine, als zweite Kathode fungierende Elektrode 4 mit mindestens einem Kanal durchzogen sein, durch welchen ein Kühlmittel fließt bzw. strömt. Die stabförmige zweite Kathode 4 aus den Fig. 1 und 2 weist deshalb eine in Fig. 1 und 2 nicht dargestellte zentrale durchgehende Bohrung auf, durch welche eine Kühlmittel fließt.

[0028] Wie zuvor schon beschrieben wurde, kann eine erfindungsgemäße Vorrichtung aufgrund ihres technisch relativ einfachen und unkomplizierten Aufbaus preiswert und kompakt hergestellt werden. Aufgrund des kompakten Aufbaus mit relativ kleinem Vakuumvolumen wird der evakuierbare Raum einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bei einer weiteren Ausführungsform lediglich beim Herstellungsprozess evakuiert, ein Arbeitsgas in den evakuierbaren Raum eingebracht und der evakuierbare Raum anschließend vakuumversiegelt.

[0029] Bei einer alternativen Ausführungsform kann eine erfindungsgemäße Vorrichtung aber auch erste Mittel zum Evakuieren des evakuierbaren Raums und zweite Mittel zum Zuführen eines Arbeitsgases in den evakuierbaren Raum aufweisen. Dabei können das Evakuieren des evakuierbaren Raums und das Zuführen des Arbeitsgases kontinuierlich oder mit zeitlicher Unterbrechung erfolgen. Die Zugänge für die ersten und zweiten Mittel

zum evakuierbaren Raum 3 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung werden vorzugsweise am Zylinderboden und/oder an der Zylinderdecke einer zylinderförmigen erfindungsgemäßen Vorrichtung angebracht.

[0030] Die vorhergehenden Beschreibungen von erfindungsgemäßen Vorrichtungen bezieht sich auf eine bevorzugte Ausführungsform, bei welcher die Querschnitte aller als zylinder-, ring- und stabförmig bezeichneten Bauelemente kreisrund ausgebildet sind. Alternativ können die Querschnitte der als zylinder-, ring- oder stabförmig bezeichneten Bauelemente bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung auch eine beliebige, von kreisrund abweichende, geometrische Form aufweisen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen beschleunigter Elektronen, umfassend ein zylinderförmiges Elektronenaustrittsfenster (2) als Bestandteil eines zylinderförmigen Gehäuses, welches einen evakuierbaren Raum (3) umschließt; mindestens eine erste Kathode und eine Anode, mittels denen ein Glimmentladungsplasma im evakuierbaren Raum (3) erzeugbar ist, wobei Ionen aus dem Glimmentladungsplasma auf die Oberfläche mindestens einer zweiten Kathode (4) beschleunigbar und von der mindestens einen zweiten Kathode (4) emittierbare Elektronen in Richtung Elektronenaustrittsfenster (2) beschleunigbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- a) die mindestens eine zweite Kathode (4) zylinderförmig oder stabförmig als zentrales Bauelement entlang der Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2) ausgebildet ist;
- b) das zylinderförmige Gehäuse als erste Kathode ausgebildet ist;
- c) die Anode als eine Anzahl drahtförmiger Elektroden (5) ausgebildet ist, wobei die drahtförmigen Elektroden (5) um die zweite Kathode (4) herum angeordnet sind und sich entlang der Zylinderlänge des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2) teilweise oder vollständig durch den evakuierbaren Raum (3) erstrecken;
- d) eine erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (6) die mindestens eine zweite Kathode (4) umschließt, wobei die erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (6) mit einem kleineren Maß von der zweiten Kathode (4) beabstandet ist als die drahtförmigen Elektroden (5).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (9) die mindestens eine zweite Kathode (4) umschließt, wobei die zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (9) mit einem größeren Maß von der zweiten Kathode (4) beab-

standet ist als die drahtförmigen Elektroden (5).

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt des zylinderförmigen Gehäuses, des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2), der zylinderförmigen oder stabförmigen zweiten Kathode (4), der ersten gitterförmigen und zylinderförmigen Elektrode (6) und der zweiten gitterförmigen und zylinderförmigen Elektrode (7) kreisrund und deren Zylindermittelachsen identisch sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zylinderförmige Elektronenaustrittsfenster (2) und die erste gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (6) elektrisches Massepotenzial aufweisen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite gitterförmige und zylinderförmige Elektrode (9) eine elektrische Spannung im Bereich vom elektrischen Massepotenzial bis +500 V aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylinderförmige oder stabförmige Kathode (4) mindestens einen Kanal aufweist, durch welchen ein Kühlmittel fließt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der evakuierbare Raum (3) vakuumversiegelt ist und ein Arbeitsgas aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** erste Mittel zum Evakuieren des evakuierbaren Raums und zweite Mittel zum Zuführen eines Arbeitsgases in den evakuierbaren Raum (3).
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die drahtförmigen Elektroden (5) auf einer Kreisbahn um die Zylinderachse des zylinderförmigen Elektronenaustrittsfensters (2) herum und mit gleichem Abstand zueinander angeordnet sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung an den drahtförmigen Elektroden gepulst ist.

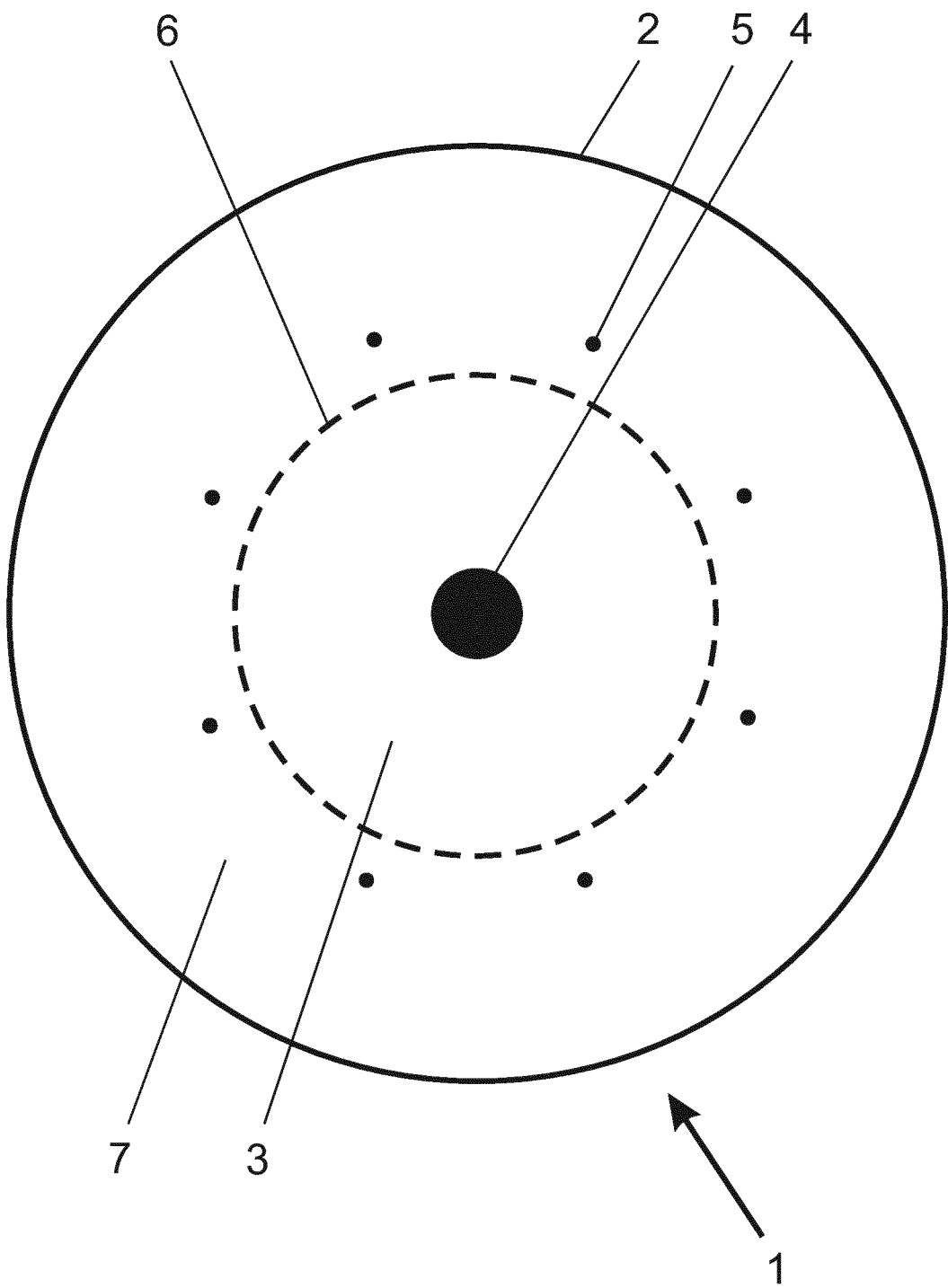


Fig. 1

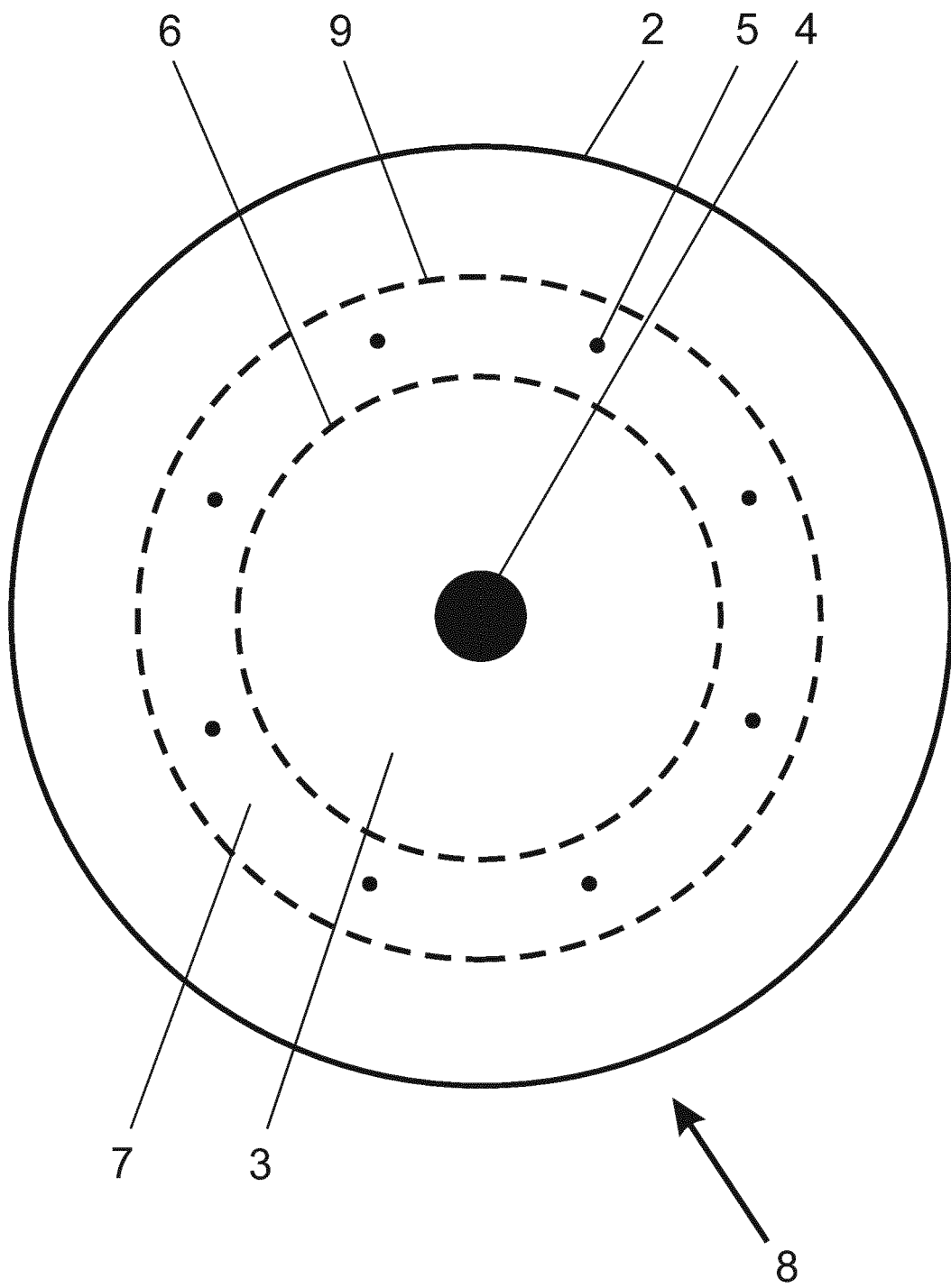


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 17 4559

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2005/225224 A1 (DALLY EDGAR B [US] ET AL) 13. Oktober 2005 (2005-10-13) * Zusammenfassung * * Abbildungen * * Absätze [0011] - [0026] * -----	1-10	INV. H01J33/04 G21K5/02
A	DE 10 2013 113688 B3 (FRAUNHOFER GES ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [DE]) 7. Mai 2015 (2015-05-07) * Zusammenfassung * * Abbildungen * * Absätze [0036] - [0052] * -----	1-10	
A	US 4 751 429 A (MINICH ROGER W [US]) 14. Juni 1988 (1988-06-14) * das ganze Dokument * -----	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01J H05G G21K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. August 2019	Prüfer Opitz-Coutureau, J
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 03.92 (P04C03)

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

EP 19 17 4559

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.

02-08-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2005225224 A1	13-10-2005	AU 2005236862 A1 CA 2562648 A1 EP 1741122 A2 JP 2007532899 A US 2005225224 A1 WO 2005104168 A2	03-11-2005 03-11-2005 10-01-2007 15-11-2007 13-10-2005 03-11-2005
20	DE 102013113688 B3	07-05-2015	CN 106029215 A DE 102013113688 B3 DK 3079803 T3 EP 3079803 A1 UA 114690 C2 US 2016374261 A1 WO 2015086246 A1	12-10-2016 07-05-2015 17-06-2019 19-10-2016 10-07-2017 29-12-2016 18-06-2015
25	US 4751429 A	14-06-1988	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

- DE 19942142 A1 [0005]
- DE 102006012666 A1 [0006]
- WO 2007107331 A1 [0007]
- DE 102013111650 B3 [0008]
- US 20080267354 A1 [0009]