



(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2017 103 165.9**

(51) Int Cl.: **H05H 1/30 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **24.05.2017**

(47) Eintragungstag: **22.06.2017**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **03.08.2017**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
**Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V.,
04318 Leipzig, DE**

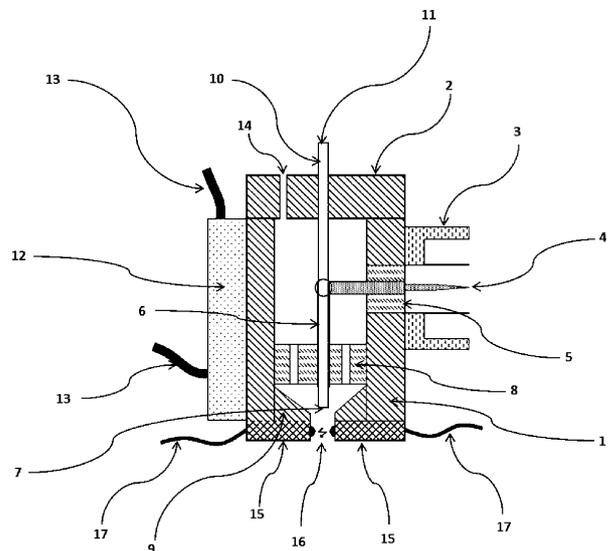
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles durch Anregung eines Gasstromes geeigneter Zusammensetzung mittels gepulster Hochfrequenzenergie, umfassend:

- einen Grundkörper (1), der einen Hohlraum mit einer Austrittsöffnung bereitstellt;
- einen im Hohlraum des Grundkörpers (1) angeordneten rohrförmigen Innenleiter (6), der über einen Kontaktanschluss mit Hochfrequenzenergie beaufschlagbar ist; und
- ein Rohr (10), das im rohrförmigen Innenleiter (6) verschiebbar gelagert, so dass die räumliche Lage eines Ende des Rohres (10) im Bereich der Austrittsöffnung des Hohlraums variabel ist und wobei das andere Ende des Rohres (10) durch eine Bohrung im Grundkörper (1) nach Außen geführt und mit einem Anschluss für Plasmagas versehen ist; dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner umfasst:
 - eine mit dem Grundkörper (1) verbundene Zündvorrichtung, die ausgelegt ist im Bereich der Austrittsöffnung einen Funken (16) zur Entzündung eines Plasmas zu erzeugen; und/oder
 - eine mit dem Grundkörper (1) verbundene Kühlvorrichtung.



Beschreibung

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles durch Anregung eines Gasstromes geeigneter Zusammensetzung und gepulster Hochfrequenzenergie mittels eines Koaxialleitersystems.

[0002] Der Einsatz von Plasmastrahlen zur lokalen Behandlung von Oberflächen (beispielsweise Ätzen, Beschichten, Reinigen und Aktivieren) erfordert in vielen Fällen eine Bewegung der Plasmastrahlquelle. Dabei werden hohe Dynamik und Positioniergenauigkeit bei geringen äußeren Abmessungen und geringes Gewicht der Bearbeitungseinheit gefordert, wobei Art und Dimensionierung des zugehörigen Bewegungssystems maßgeblich von der Masse der Plasmastrahlquelle abhängen.

[0003] So setzt beispielsweise der Einsatz sehr leichter und kompakter sowie hochdynamischer und genauer piezomotorischer Antriebe in der Regel voraus, dass die zu bewegendende Masse klein ist. Aus diesen Anforderungen ergibt sich der Bedarf an kompakten und leichten Plasmastrahlquellen zur Erzeugung von Plasmastrahlen. Wegen ihres einfachen Aufbaus eignen sich insbesondere koaxiale Anordnungen mit kapazitiver Ankopplung der Hochfrequenzenergie für eine Miniaturisierung. Ein solches sehr kompaktes System zur Erzeugung eines Mikrowellenplasmas wird in der WO 2005099322 A1 beschrieben.

[0004] Im Unterschied zu der dort beschriebenen Anordnung ist es jedoch zur Erzeugung sehr feiner Plasmastrahlen und für den Betrieb mit reaktiven Gasen vorteilhaft das primäre Plasmagas (beispielsweise Ar oder He) im Inneren des koaxialen Mittelleiters an dessen Ende zu transportieren, wo das Gas austritt und der Plasmastrahl gebildet wird. Dadurch lässt sich durch Einsatz entsprechender Düsen eine einfache Strahlformung vornehmen und elektrische Entladungen und Überschläge im Inneren des Systems werden vermieden.

[0005] Ein weiteres kompaktes, mikrowellenbasiertes System dieser Bauart wird auch in der US 2005/223992 A1 beschrieben. Die Dimension dieses Systems wird zumindest in einer Richtung durch die Länge $L = n\lambda/2 + \lambda/4$ mit $n = 1, 2, \dots$ bestimmt, wobei λ die Wellenlänge der Mikrowelle ist und wobei λ an Luft bei einer Anregungsfrequenz von 2,45 GHz ungefähr 120 mm beträgt. Wegen des vorhandenen Kurzschlusses zwischen Innen- und Außenleiter ist darüber hinaus ein Betrieb dieser Anordnung mit Hochfrequenzenergie (z. B. bei 13,56 MHz) nicht möglich.

[0006] Die im Gebrauchsmuster DE 20 2006 004 253 U1 beschriebene Miniatur-Plasmastrahlquelle erfüllt die Anforderungen an eine kompakte und leichte Plasmastrahlquelle, weist jedoch bei höheren Temperaturen Stabilitätsprobleme auf. Ferner ist die Zündung des Plasmas umständlich und muss bei der Verwendung reaktiver und/oder gesundheitsschädlicher Prozessgase aus Sicherheitsgründen automatisiert erfolgen.

[0007] Es besteht demnach ein Bedarf für eine verbesserte, sehr kompakte Anordnung zur Erzeugung feiner Plasmastrahlen, bevorzugt im atmosphärischen Druckbereich und unter Beteiligung reaktiver Prozessgase, die insbesondere mit gepulster Mikrowellenenergie betrieben werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Ein oder mehrere der angesprochenen Limitierungen des Standes der Technik lassen sich mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles beheben oder zumindest mindern. Die Vorrichtung umfasst:

- einen Grundkörper, der einen Hohlraum mit einer Austrittsöffnung bereitstellt;
- einen im Hohlraum des Grundkörpers angeordneten rohrförmigen Innenleiter, der über einen Kontaktanschluss mit Hochfrequenzenergie beaufschlagbar ist; und
- ein Rohr, das im rohrförmigen Innenleiter verschiebbar gelagert, so dass die räumliche Lage eines Ende des Rohres im Bereich der Austrittsöffnung des Hohlraums variabel ist und wobei das andere Ende des Rohres durch eine Bohrung im Grundkörper nach Außen geführt und mit einem Anschluss für Plasmagas versehen ist.

[0009] Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner umfasst:

- eine mit dem Grundkörper verbundene Zündvorrichtung, die ausgelegt ist im Bereich der Austrittsöffnung einen Funken zur Entzündung eines Plasmas zu erzeugen; und/oder
- eine mit dem Grundkörper verbundene Kühlvorrichtung zum Abtransport der durch den Betrieb der Plasmaquelle erzeugten Wärme.

[0010] Die Zündvorrichtung kann zwei in der Austrittsöffnung angeordnete Elektroden umfassen. Eine Spannungsversorgung der Elektroden kann über isolierte Kabel erfolgen, die mit dem Grundkörper verbunden sind.

[0011] Ferner ist bevorzugt, wenn der Grundkörper eine plane Außenoberfläche aufweist und die Kühlvorrichtung einen Kühlkörper umfasst, der flächig und direkt mit der planen Oberfläche des Grundkörpers in Kontakt steht.

[0012] Die Die Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles kann als ein winkelförmig angeordnetes Koaxialleitersystem ausgestaltet sein, das einen metallischen Grundkörper mit planen Kühlflächen umfasst. Der Grundkörper ist mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten zylindrischen Bohrungen versehen, die einen Hohlraum bilden, in dem sich ein winkelförmig angeordneter Innenleiter befindet, dessen Schenkel galvanisch miteinander verbunden sind und der über Einsätze aus isolierendem Material (beispielsweise Teflon oder Keramik) mittig bezüglich der Bohrungen zentriert wird. Ein Schenkel des winkelförmigen Koaxialleitersystems wird direkt oder über einen geeigneten Steckverbinder mit einem Hochfrequenzkabel zur Zuführung der Hochfrequenzenergie verbunden. Der Innenleiter des anderen Schenkels ist als Rohr ausgeführt und ermöglicht im Inneren die Aufnahme eines weiteren Rohres, das für gepulste Mikrowellenanregung (beispielsweise bei Anregungsfrequenzen > 900MHz, so 2,45 GHz) aus einem elektrisch leitfähigen Material (z. B. Kupfer, Edelstahl) besteht. Die Öffnung in Richtung dieses rohrförmigen Schenkels stellt die Austrittsöffnung der Plasmastrahlquelle dar. Über das bewegliche und leicht austauschbare innere Rohr, das gegenüber der Austrittsöffnung durch eine entsprechende Bohrung in der Wandung des zentralen Grundkörpers zentriert und nach außen geführt wird, erfolgt die Zuführung des primären Plasmagases an das Ende des rohrförmigen Schenkels oder im Fall der Mikrowellenanregung, gegebenenfalls auch darüber hinaus und stellt dann eine Verlängerung des Innenleiters dar.

[0013] An der Austrittsöffnung befindet sich eine vom Quellenkörper isolierte Zündvorrichtung, welche über einen elektrischen Impuls im Kilovoltbereich (kV) die Zündung des Plasmas aus der Ferne und/oder automatisiert ermöglicht. Die integrierte Zündung ist gerade beim Verwenden reaktiver und gesundheitsschädlicher Gase (z.B. Fluor, Chlor) aus Sicherheitsgründen erforderlich.

[0014] Bei Betrieb mit gepulster Mikrowelle wird das System dadurch abgestimmt, dass das innere Rohr solange verschoben wird, bis die rückgestreute Mikrowellenleistung minimal ist. Der zugehörige Abstand vom Ende des inneren Rohres an der Austrittsöffnung bis zur gegenüber liegenden Durchführung durch die Wandung des Grundkörpers, die gleichzeitig den mikrowellentechnischen Kurzschluss darstellt, beträgt in dieser Anordnung lediglich etwa $\lambda/4$.

[0015] Wegen der Reduzierung von λ im Bereich der dielektrischen Zentrierung entspricht das einer Länge von weniger als 30 mm. Die Dimension des Grundkörpers bzw. die Länge des Außenleiters ist im Bereich der Austrittsöffnung an die Länge des Innenleiters anzupassen und gegebenenfalls so zu verlän-

gern, dass eine Abstrahlung von Hochfrequenzenergie in die Umgebung verhindert wird.

[0016] In einer Variante verjüngt sich der Außenleiter, d.h. der Grundkörper, in Richtung der Austrittsöffnung und schließt (nahezu) bündig mit dem Innenleiter ab. Die Seitenflächen des Grundkörpers, welcher vorzugsweise quaderförmig aus einem wärmeleitfähigen Material aufgebaut ist, sind als glatte Flächen ausgebildet. Diese werden als Kontaktfläche für eine effektive Wasserkühlung genutzt.

[0017] In einer erweiterten Ausführungsform kann zusätzlich mindestens ein Anschluss für die Zuführung eines weiteres Gas angebracht werden, das zunächst in den Hohlraum strömt und dort gegebenenfalls parasitäre Entladungen unterdrückt und über den mit Schlitzen versehenen Zentrierkörper an der Austrittsöffnung peripher zum zentralen Gasstrom wieder ausströmt und in Abhängigkeit von der Art des Gases die Eigenschaften des Plasmas modifiziert.

[0018] Die Vorteile der erfindungsgemäßen Anordnung bestehen in der kompakten Bauform und der hohen Flexibilität der Plasmaerzeugung, die sich z. B. in dem einfachen Wechsel zwischen den Anregungsformen und der variablen Gestaltung der Gaszuführung ausdrückt. Die vorgesehene integrierte Zündung des Plasmas durch eine elektrische Zündvorrichtung ermöglicht einen sicheren Betrieb bei Verwendung reaktiver Gase. Seitenflächen in flacher Ausführung erreichen eine effektive Kühlung des Quellenkörpers und verhindern die thermische Veränderung bzw. Zerstörung der Plasmaquelle und Erhöhen die Langzeitstabilität des Plasmaprozesses.

[0019] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und einer dazugehörigen Zeichnung näher erläutert. Die einzige Figur lässt sich wie folgt beschreiben:

Ein quaderförmiger metallischer Grundkörper **1**, der den Außenleiter der koaxialen Anordnung darstellt, wird mit zwei zueinander senkrechten zylindrischen Bohrungen versehen, von denen eine zunächst durchgängig ist. Eine von den beiden aus der Durchgangsbohrung resultierenden Öffnungen wird mit einem metallischen Deckel **2** wieder verschlossen und dient mit einer kleinen Bohrung als Halterung für ein weiter unten noch näher erläutertes Rohr **10**. An der anderen Bohrung ist ein koaxialer Steckverbinder **3** mittig fest montiert. Ein Innenleiter des Steckverbinders **3** ist mit einem Stift **4** verbunden, der über eine Teflonscheibe **5** bezüglich der Bohrung zentriert ist und in den verbliebenen Hohlraum bis in die Mitte der Durchgangsbohrung hineinragt. Mittig entlang der Durchgangsbohrung angeordnet befindet sich ein rohrförmiger Innenleiter **6**, der an einem Ende mit dem freien Ende des Stifts **4**, das zu diesem Zweck mit einer entsprechenden konkav zylindrischen Stirnfläche versehen werden kann, galvanisch verbunden

ist. Der Innenleiter **6** wird über eine weitere im Grundkörper **1** angeordnete Teflonscheibe **8** zentriert gehalten. Die offene Seite der Durchgangsbohrung des Grundkörpers **1**, in die das andere Ende des Innenleiters **6** ragt, verjüngt sich von Innen nach Außen.

[0020] Der rohrförmige Innenleiter **6** dient zur Aufnahme des weiteren Rohres **10**, das über eine entsprechende Bohrung im Deckel **2** zentriert und nach außen geführt wird.

[0021] Am Einlass **11** des Rohres **10** wird das Plasmagas eingelassen, durch das Rohr **10** an das offene Ende der coaxialen Anordnung geführt, wo es über einen Auslass **7** wieder ausströmt. Als Plasmagase können Inertgase (z.B. He, Ar, Ne) sowie Gemische aus Inertgasen und halogenhaltigen Gasen, Sauerstoff, Stickstoff und/oder organischen Precursoren zur Schichtabscheidung Verwendung finden. Über einem weiteren Anschluss **14** kann ein zusätzliches Gas oder Gasgemisch in den Hohlraum des Grundkörpers **1** eingelassen werden und durch Kanäle in der Teflonscheibe **8** durch die Öffnung des Grundkörpers wieder austreten.

[0022] Der Steckverbinder **3** ist mit einem flexiblen Koaxialkabel verbunden, durch welches gepulste Mikrowellenleistung zugeführt wird.

[0023] Das Zünden der Plasmaentladung erfolgt durch Erzeugung eines Funkens **16** mittels zweier an der Austrittsöffnung des Grundkörpers **1** und in der Nähe des Auslasses **7** angeordneter Elektroden, die über vom Grundkörper **1** isolierte Kabel **15** mit der notwendigen Spannung versorgt werden. Aufgrund der hohen elektrischen Feldstärke am Ende des rohrförmigen Innenleiters **6** bzw. des Auslasses **7** entsteht dort ein Plasmastrahl, der aus Ionen, Elektronen, angeregten neutralen Atomen, Molekülen und Radikalen besteht. Dieses Plasma bildet auch eine Wärmequelle. Die Aufheizung des Grundkörpers **1** wird durch eine Wasserkühlung verhindert. Die Wasserkühlung umfasst einen Kühlkörper **12** mit Zuleitungen **13** für das Kühlmedium. Der Kühlkörper **12** steht in flächigem Kontakt mit der planen äußeren Oberfläche des Grundkörpers und sorgt über die Kontaktfläche für die notwendige Wärmeabfuhr und einen Betrieb der Plasmaquelle unter stabilen thermischen Bedingungen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 2005099322 A1 [0003]
- US 2005/223992 A1 [0005]
- DE 202006004253 U1 [0006]

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasma- oder Radikalstrahles durch Anregung eines Gasstromes geeigneter Zusammensetzung mittels gepulster Hochfrequenzenergie, umfassend:

- einen Grundkörper (1), der einen Hohlraum mit einer Austrittsöffnung bereitstellt;
- einen im Hohlraum des Grundkörpers (1) angeordneten rohrförmigen Innenleiter (6), der über einen Kontaktanschluss mit Hochfrequenzenergie beaufschlagbar ist; und
- ein Rohr (10), das im rohrförmigen Innenleiter (6) verschiebbar gelagert, so dass die räumliche Lage eines Ende des Rohres (10) im Bereich der Austrittsöffnung des Hohlraums variabel ist und wobei das andere Ende des Rohres (10) durch eine Bohrung im Grundkörper (1) nach Außen geführt und mit einem Anschluss für Plasmagas versehen ist;

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner umfasst:

- eine mit dem Grundkörper (1) verbundene Zündvorrichtung, die ausgelegt ist im Bereich der Austrittsöffnung einen Funken (16) zur Entzündung eines Plasmas zu erzeugen; und/oder
- eine mit dem Grundkörper (1) verbundene Kühlvorrichtung.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zündvorrichtung zwei in der Austrittsöffnung angeordnete Elektroden umfasst.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Spannungsversorgung der Elektroden über isolierte Kabel (15) erfolgt, die mit dem Grundkörper (1) verbunden sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundkörper eine plane Außenoberfläche aufweist und die Kühlvorrichtung einen Kühlkörper (12) umfasst, der flächig und direkt mit der planen Oberfläche in Kontakt steht.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

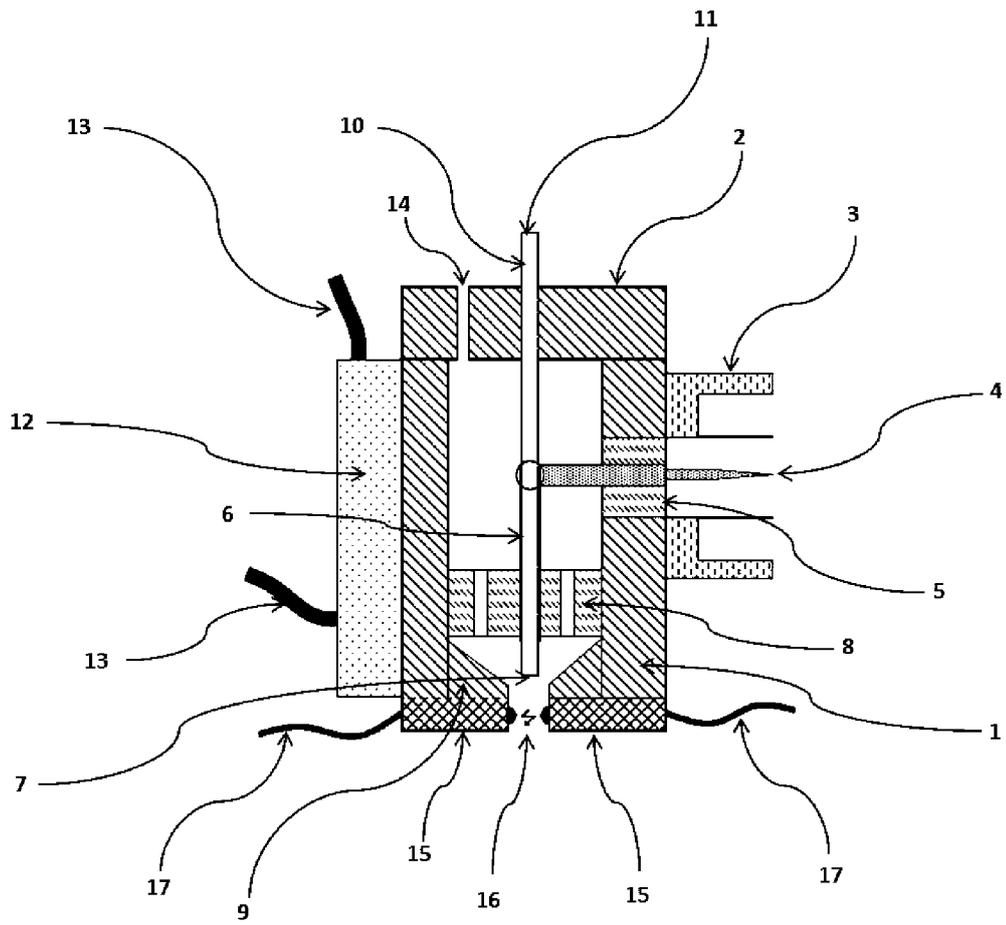


Fig. 1