

(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  
29. Juli 2010 (29.07.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/084166 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01N 27/70 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050713

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Januar 2010 (22.01.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 006 016.2  
23. Januar 2009 (23.01.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): PLASMATREAT GMBH [—/DE]; Bisamweg 10, 33803 Steinhagen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BUSKE, Christian [DE/DE]; Meschers Hof 14, 33803 Steinhagen (DE).

(74) Anwalt: COHAUSZ & FLORACK (24); Bleichstraße 14, 40211 Düsseldorf (DE).

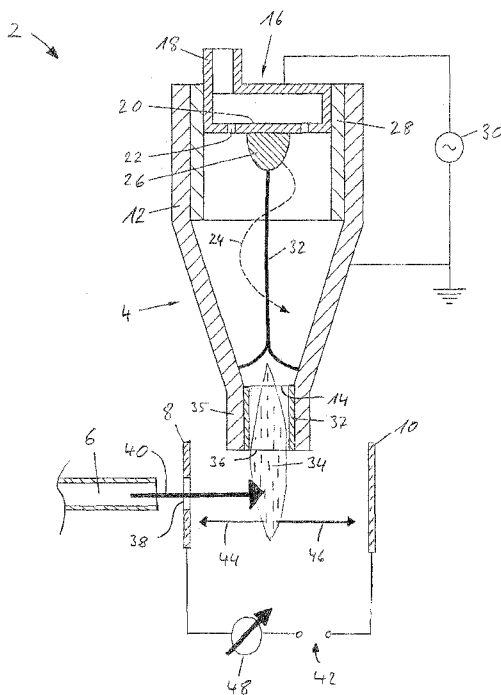
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING GASES THAT CAN BE IONIZED

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DETEKTION VON IONISIERBAREN GASEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting gases that can be ionized, in particular organic molecules, preferably hydrocarbons, wherein an atmospheric plasma jet (34) is produced, wherein a gas mixture (40) containing the gas that can be ionized is brought into interaction with the plasma jet (34), and wherein an electrical quantity is measured as a measure of the concentration of the gas that can be ionized in the gas mixture (40). The invention further relates to a device for detecting gases that can be ionized, comprising a gas inlet (6), means for ionizing a gas that can be ionized, a voltage source (42), two electrodes (8, 10), and means (48) for determining an amperage, wherein the two electrodes (8, 10) are connected to the voltage source (42), wherein the means (48) for determining an amperage are connected to the electrodes (8, 10) in such a way that the magnitude of the current flowing between the electrodes (8, 10) can be measured, and wherein as a means for ionizing a gas that can be ionized, a plasma nozzle (4) is provided to produce an atmospheric plasma jet (34).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von ionisierbaren Gasen, insbesondere organischen Molekülen, vorzugsweise Kohlenwasserstoffen, bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1

WO 2010/084166 A1

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

(34) erzeugt wird, bei dem ein das ionisierbare Gas enthaltendes Gasgemisch (40) mit dem Plasmastrahl (34) in Wechselwirkung gebracht wird und bei dem eine elektrische Größe als Maß für die Konzentration des ionisierbaren Gases in dem Gasgemisch (40) gemessen wird. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Detektion von ionisierbaren Gasen mit einem Gaseinlass (6), mit Mitteln zur Ionisation eines ionisierbaren Gases, mit einer Spannungsquelle (42), mit zwei Elektroden (8, 10) und mit Mitteln (48) zur Bestimmung einer Stromstärke, wobei die zwei Elektroden (8, 10) an die Spannungsquelle (42) angeschlossen sind, wobei die Mittel (48) zur Bestimmung einer Stromstärke so an die Elektroden (8, 10) angeschlossen sind, dass die Stärke des zwischen den Elektroden (8, 10) fließenden Stroms messbar ist, und wobei als Mittel zur Ionisation eines ionisierbaren Gases eine Plasmadüse (4) zur Erzeugung eines atmosphärischen Plasmastrahls (34) vorgesehen ist.

**VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DETEKTION VON IONISIERBAREN GASEN**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von  
5 ionisierbaren Gasen, insbesondere organischen Molekülen,  
vorzugsweise Kohlenwasserstoffen. Die Erfindung betrifft auch  
eine Vorrichtung zur Detektion von ionisierbaren Gasen mit  
einem Gaseinlass, mit Mitteln zur Ionisation eines  
ionisierbaren Gases, mit einer Spannungsquelle, mit zwei  
10 Elektroden und mit Mitteln zur Bestimmung einer Stromstärke,  
wobei die zwei Elektroden an die Spannungsquelle  
angeschlossen sind und wobei die Mittel zur Bestimmung einer  
Stromstärke so an die Elektroden angeschlossen sind, dass die  
Stärke des zwischen den Elektroden fließenden Stroms messbar  
15 ist.

Zur Detektion organischer Moleküle, beispielsweise von  
Kohlenwasserstoffen in einem Gasgemisch, wird häufig das  
Verfahren der Flammenionisationsdetektion eingesetzt. Bei  
20 einem solchen Verfahren wird das zu untersuchende Gasgemisch  
in eine Flamme, insbesondere in eine Knallgasflamme  
eingeleitet. Dort werden die ionisierbaren Bestandteile des  
Gasgemisches, also insbesondere organische Moleküle, durch  
die thermische Energie ionisiert. Die so entstehenden freien  
25 Elektronen und Ionen, beispielsweise  $\text{CHO}^+$ , bewegen sich dann  
entsprechend ihrer Ladung jeweils auf eine von zwei  
vorgesehenen Elektroden, zwischen denen eine Spannung  
angelegt ist, zu. Der auf diese Weise zwischen den Elektroden

fließende Strom ist ein Maß für den Anteil des ionisierbaren Gases, also der Konzentration der organischen Moleküle, am gesamten Gasgemisch.

5 Das Verfahren der Flammenionisationsdetektion hat den  
Nachteil, dass für die Erzeugung der Flamme die  
Bereitstellung von Wasserstoff und Sauerstoff erforderlich  
ist. Weiterhin wird die Umgebung des Brenners durch die  
Flamme stark aufgeheizt. Ein weiterer Nachteil besteht darin,  
10 dass ein Teil der organischen Moleküle durch die Flamme  
oxidiert wird. Diese tragen dann nicht zu dem zwischen den  
Elektroden fließenden Strom bei und werden somit auch nicht  
detektiert. Das Verfahren ist somit ungenau.

15 Die Bestimmung der Konzentration organischer Moleküle in  
einem Gasgemisch ist unter anderem bei Abgasen erforderlich.  
So sind bei Abgasanlagen beispielsweise gesetzlich bestimmte  
Maximalkonzentrationen bestimmter organischer Stoffe  
einzuhalten. Zur Einhaltung derartiger Normen werden im Stand  
20 der Technik häufig geregelte Abgasreinigungsanlagen  
eingesetzt. Die für die Regelung erforderliche Messgröße der  
Konzentration der organischen Moleküle im Abgas wird dabei  
zum Beispiel mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors  
bestimmt. Diese haben jedoch den Nachteil, dass zum Betrieb  
25 dieser Detektoren ein brennbares Gas, beispielsweise Knallgas  
erforderlich ist. Je nach Position des Detektors in der  
Abgasanlage ist es aber aufwändig, gefährlich bzw. sogar  
unmöglich eine Versorgung mit dem brennbaren Gas zu  
gewährleisten.

30

Die Bestimmung der Konzentration organischer Moleküle in  
einem Gasgemisch ist auch bei allgemeiner Gasanalytik

erforderlich, beispielsweise bei der Analyse eines  
Prozessgases. Der Nachteil bei der Verwendung von  
Flammenionisationsdetektoren liegt hier darin, dass das  
Prozessgas durch das nicht vollständig verbrannte brennbare  
5 Gas zum Betrieb der Flamme oder durch Verbrennungsprodukte  
verunreinigt wird. Dies kann negative Auswirkungen auf die  
der Analyse nachgelagerten Prozessschritte haben.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die technische Aufgabe  
10 zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion  
von ionisierbaren Gasen, insbesondere organischen Molekülen,  
vorzugsweise Kohlenwasserstoffen zur Verfügung zu stellen,  
die die oben genannten Nachteile zumindest teilweise  
vermeidet.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren  
gelöst, bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl erzeugt  
wird, bei dem ein das ionisierbare Gas enthaltendes  
Gasgemisch mit dem Plasmastrahl in Wechselwirkung gebracht  
20 wird und bei dem eine elektrische Größe als Maß für die  
Konzentration des ionisierbaren Gases in dem Gasgemisch  
gemessen wird.

Dadurch, dass das Gasgemisch mit einem atmosphärischen  
25 Plasmastrahl in Wechselwirkung gebracht wird, wird das darin  
enthaltene ionisierbare Gas durch den Plasmastrahl zumindest  
teilweise ionisiert. Die dadurch entstehenden freien  
Elektronen und Ionen stellen bewegliche Ladungsträger dar,  
durch die ein elektrischer Strom bewirkt wird, der als Maß  
30 für die Konzentration des ionisierbaren Gases in dem  
Gasgemisch gemessen wird. Die Ionisation des ionisierbaren  
Gases mit dem atmosphärischen Plasma hat gegenüber der

thermischen Ionisation mit einer Flamme den Vorteil, dass kein brennbares Gas, beispielsweise Knallgas bzw. Wasserstoff und Sauerstoff zur Verfügung gestellt werden muss, um die Flamme zu erzeugen. So kann als Arbeitsgas zur Herstellung  
5 des atmosphärischen Plasmas Luft verwendet werden. Diese steht in der Regel als Umgebungsluft zur Verfügung. Weiterhin wird die Umgebung des Plasmastrahls durch den Plasmastrahl weniger aufgeheizt als die Umgebung einer Flamme, insbesondere einer Knallgasflamme durch die Flamme selbst.

10

Unter der elektrischen Größe wird jede denkbare elektrische Größe, insbesondere eine Spannung, ein Strom, das elektrische Feld oder die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises verstanden.

15

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die elektrische Größe zwischen zwei Elektroden gemessen, wobei zwischen den Elektroden eine Spannung angelegt wird. Die Messung der elektrischen Größe wird auf diese Weise sehr  
20 einfach realisiert. So kann beispielsweise der zwischen den Elektroden fließende Strom, die Spannung oder die Kapazität der Elektrodenanordnung gemessen werden. Die Kapazität wird von den geladenen Teilchen beeinflusst, die sich zwischen den Elektroden befinden. Weiterhin können die Elektroden als  
25 Kapazität in einem Resonanzkreis integriert sein und dessen Resonanzfrequenz gemessen werden.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens wird dadurch erreicht, dass zwischen den Elektroden eine Spannung zwischen  
30 50 V und 350 V, insbesondere zwischen 50 V und 250 V, vorzugsweise zwischen 75 V und 150 V angelegt wird. Es hat sich gezeigt, dass das Verfahren besonders gut bei Spannungen

in diesen Spannungsbereichen durchgeführt werden kann. Bei einer zu hohen Spannung besteht die Gefahr, dass zwischen den Elektroden ein zu hoher Strom fließt, so dass die verwendete Apparatur zur Bestimmung der Stromstärke beschädigt werden  
5 kann. Bei einer zu niedrigen Spannung ist der zwischen den Elektroden fließende elektrische Strom sehr klein, so dass die Messung der Stromstärke größere relative Fehler aufweist. Weiterhin können die Ionen und Elektronen bei einer zu geringen Spannung stark durch die bei der Ionisation  
10 entstehende Raumladungszone zwischen den Elektroden beeinflusst werden.

Bei dem Verfahren kann zwischen den Elektroden entweder eine Gleichspannung oder eine Wechselspannung angelegt werden. Bei  
15 einer Gleichspannung wandern die bei der Ionisation frei werdenden Elektronen und Ionen jeweils immer zu derselben Elektrode. Auf diese Weise ist eine kontinuierliche Messung des zwischen den Elektroden fließenden Stroms möglich. Das Anlegen einer Wechselspannung hat den Vorteil, dass das  
20 Signal der Stromstärkenmessung über die Wechselspannung moduliert werden kann. Dies erlaubt es, das Messsignal beispielsweise durch eine Lock-In-Verstärkung von Störeinflüssen zu trennen. Zwischen den Elektroden kann auch eine Rechteckspannung angelegt werden, um die Messungen  
25 zeitlich zu diskretisieren.

Eine rauschärmere Messung wird in einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens dadurch erreicht, dass der Plasmastrahl im Wesentlichen potentialfrei ist. Dadurch wird  
30 durch den Plasmastrahl kein zusätzliches elektrisches Feld in den Bereich der Ionisation eingebracht, durch das die freien Elektronen und Ionen beeinflusst werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Plasmastrahl durch eine mit einer hochfrequenten Hochspannung erzeugten Bogenentladung hergestellt. Unter  
5 einer hochfrequenten Hochspannung wird dabei typischerweise eine Spannung im Bereich von 1 bis 50 kV, insbesondere 1 bis 15 kV bei einer Frequenz von 1 bis 100 kHz, insbesondere 10 bis 100 kHz, bevorzugt 10 bis 50 kHz verstanden. Ein derart  
10 hergestellter Plasmastrahl weist bei hoher Reaktivität eine besonders niedrige Temperatur auf, so dass die Umgebung des Plasmastrahls durch den Plasmastrahl nur geringfügig erwärmt wird.

Eine Beeinflussung des Gasgemisches durch das  
15 Detektionsverfahren wird in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform dadurch reduziert, dass zur Erzeugung des Plasmastrahls ein inertes Arbeitgas, vorzugsweise Stickstoff oder ein Edelgas, beispielsweise Argon oder Helium, verwendet  
20 wird. Auf diese Weise wird das Gasgemisch nicht durch nicht-inerte Arbeitsgase verunreinigt. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Verfahren zur Analytik von Gasströmen eingesetzt wird, wobei der Gasstrom nach der Analyse weiter  
25 verwendet wird, beispielsweise in einem nachfolgenden Prozessschritt. Dies bietet insbesondere auch Vorteile gegenüber den im Stand der Technik verwendeten Flammen, da der Gasstrom nicht durch nicht vollständig verbrannten Gase, beispielsweise Wasserstoff, oder durch die entstehenden  
30 Verbrennungsprodukte, beispielsweise Wasser oder Kohlendioxid, verunreinigt wird.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird das Gasgemisch aus einem Prozessgasfluss oder einem Abgasfluss

abgeleitet. Bei einem Prozessgasfluss ist die Kenntnis der im Gasgemisch enthaltenen Bestandteile wichtig, weil von diesen die Zusammensetzung, Beschaffenheit und Güte der mit dem Prozess hergestellten Produkte beeinflusst wird. Auch bei  
5 einem Abgasfluss, beispielsweise aus einem Verbrennungsprozess, ist die Kontrolle der darin enthaltenen organischen Bestandteile wichtig, beispielsweise zur Einhaltung gesetzlicher Emissionsgrenzwerte. Daher ist es vorteilhaft, das Gasgemisch aus einem Abgasfluss mit dem  
10 Plasmastrahl in Wechselwirkung treten zu lassen, um auf diese Weise die Konzentration des ionisierbaren Gases in dem Abgasfluss zu bestimmen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens ist  
15 dadurch gegeben, dass das Gasgemisch durch das Beaufschlagen einer verschmutzten Oberfläche mit dem Plasmastrahl erzeugt wird. Auf diese Weise erfüllt der Plasmastrahl gleichzeitig zwei Funktionen auf einmal. Durch den Plasmastrahl werden Verschmutzungen von der Oberfläche gelöst und dann als Gas in  
20 dem Plasmastrahl ionisiert. Der gemessene elektrische Strom stellt dann ein Maß für die von der Oberfläche entfernte Verschmutzung dar. Die Beaufschlagung der Oberfläche mit dem Plasmastrahl kann dann beispielsweise so lange durchgeführt werden, bis die Konzentration des ionisierbaren Gases unter  
25 einen gewissen Wert gesunken ist. Damit wird gewährleistet, dass bei der Reinigung der Oberfläche ein bestimmter Reinheitsgrad erreicht wird.

Bei einer leitenden, beispielsweise einer metallischen  
30 Oberfläche kann eine der Elektroden durch die Oberfläche ersetzt werden. In diesem Fall wird die Spannung zwischen der verbleibenden Elektrode und der Oberfläche angelegt.

Alternativ kann auch auf die verbliebene Elektrode dadurch verzichtet werden, dass die Spannung zwischen der Oberfläche und der Plasmadüse angelegt wird.

5 Eine von der bisher beschriebenen Analyse des Gasgemisches, basierend auf einer elektrischen Größe, abweichende Analyse wird in einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens dadurch erreicht, dass das im Wechselwirkungsbereich des  
Plasmastrahls mit dem Gasgemisch entstehende Licht analysiert  
10 wird und die Intensität des Lichtes in mindestens einem Spektralbereich als Maß für die Konzentration mindestens eines Stoffes im Gasgemisch bestimmt wird.

Im Bereich des Plasmas werden Stoffe des Gasgemisches,  
15 insbesondere einzelne Moleküle und Atome, durch die im Plasma enthaltene Energie angeregt und emittieren Licht. Da diese Stoffe ein charakteristisches wellenlängenabhängiges Emissionsverhalten aufweisen, lässt sich die Konzentration des Stoffes im Plasma anhand einer wellenlängenselektiven  
20 Analyse des vom Plasma abgestrahlten Lichtes bestimmen. Die Konzentration eines einzelnen Stoffes lässt sich dabei durch die Intensität des emittierten Lichtes in einem Spektralbereich ermitteln, in dem eine charakteristische Emissionswellenlänge des Stoffes liegt.

25

Bevorzugt wird zur Bestimmung der Spektren die Optische Emissionsspektroskopie (OES) eingesetzt, die eine weit verbreitete Technologie darstellt. Diese Spektroskopie besteht darin, einen Lichtstrahl mittels eines  
30 Beugungsgitters spektral zu zerlegen und anschließend mittels einer Zeilenkamera oder CCD-Kamera aufzuzeichnen. Die so ermittelten Spektren zeigen eine Intensitätsverteilung in

Abhängigkeit von der Wellenlänge, so dass eine wellenlängenselektive Analyse des aus dem Plasma gewonnenen Lichtes ermöglicht wird. Selbstverständlich können auch andere Spektroskopen verwendet werden.

5

In bevorzugter Weise ist es weiterhin möglich, die Konzentration eines Stoffes gleichzeitig auf zwei unterschiedliche Weisen zu bestimmen, also sowohl anhand einer elektrischen Größe als auch anhand der spektralen Lichtausbeute. Dadurch kann eine Erhöhung der Genauigkeit erreicht werden. Alternativ kann das eine Messsignal zur Kalibrierung des anderen Signals eingesetzt werden. Weiterhin ist es möglich, durch die Analyse des Lichtes die Konzentration von Stoffen zu bestimmen, die im Plasmastrahl nicht oder nicht vollständig ionisiert werden.

10  
15

Die Analyse des Lichtes ist besonders vorteilhaft bei der Beaufschlagung einer verschmutzten Oberfläche mit dem Plasmastrahl.

20

Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird weiterhin durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst.

Der Vorteil, als Mittel zur Ionisation von ionisierbaren Gasen eine Plasmadüse zur Erzeugung eines atmosphärischen Plasmastrahls vorzusehen, liegt darin begründet, dass zum Betrieb der Plasmadüse kein brennbares Gas, insbesondere Wasserstoff und/oder Sauerstoff bereitgehalten werden muss.

Als Arbeitgas zur Erzeugung des atmosphärischen Plasmastrahls kann Luft verwendet werden, welche beispielsweise aus der Umgebung der Vorrichtung entnommen

25  
30

werden kann. So ist ein Einsatz der Vorrichtung an Stellen  
möglich, an denen eine Versorgung mit einem brennbaren Gas  
oder die Versorgung mit einem anderen Arbeitsgas als Luft  
nicht möglich, aufwändig oder gefährlich ist. Der Gaseinlass  
5 kann so angeordnet sein, dass das Gasgemisch vor der  
Plasmadüse in den Plasmastrahl eingebracht wird. Es ist auch  
möglich, eine rohrartige Verlängerung des Auslassbereiches  
der Plasmadüse vorzusehen, in die das Gasgemisch eingeleitet  
wird.

10

Unter dem Gaseinlass wird also beispielsweise eine Zuleitung  
für das Gasgemisch verstanden. Alternativ kann die  
Vorrichtung jedoch auch so in einer Gasgemisch enthaltenden  
Umgebung, beispielsweise einem Gasfluss, angeordnet sein,  
15 dass das zu analysierende Gasgemisch durch Druck, Diffusion,  
Auftrieb oder auf ähnliche Weise zu der Vorrichtung gelangt.  
Der Gaseinlass wird dann durch mindestens eine offene,  
anströmbare Seite der Vorrichtung gebildet. Somit ist der  
Begriff des Gaseinlasses sehr breit zu verstehen.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist mit  
der Spannungsquelle eine Spannung zwischen 50 V und 350 V,  
insbesondere zwischen 50 V und 250 V, vorzugsweise zwischen  
75 V und 150 V erzeugbar. Es hat sich gezeigt, dass eine  
25 zwischen den Elektroden angelegte Spannung in diesen  
Spannungsbereichen für den Betrieb der Vorrichtung besonders  
gut geeignet ist.

30

Bei der Vorrichtung kann als Spannungsquelle eine  
Gleichspannungsquelle oder eine Wechselspannungsquelle  
vorgesehen sein. Mit einer Gleichspannungsquelle ist eine  
kontinuierliche Detektion der Konzentration des ionisierbaren

Gases möglich, mit einer Wechselspannungsquelle können Störeinflüsse unterdrückt werden.

Eine besonders kompakte und somit platzsparende Vorrichtung  
5 wird dadurch erreicht, dass die Plasmadüse zwischen den zwei  
Elektroden angeordnet ist. Durch diese Anordnung wird die  
Rekombination der durch die Ionisation des Gases  
freigesetzten Elektronen und Ionen verhindert, da die  
verschieden geladenen Teilchen sofort in entgegengesetzte  
10 Richtungen zu der entsprechend entgegengesetzt geladenen  
Elektrode abfließen. Der Gaseinlass ist dabei bevorzugt so  
angeordnet, dass das Gasgemisch aus einer Richtung in den  
Plasmastrahl geleitet wird, die nicht parallel, vorzugsweise  
im Wesentlichen senkrecht zu der durch die Richtung des  
15 Plasmastrahls und die Richtung einer Verbindungslinie  
zwischen den beiden Elektroden aufgespannten Ebene liegt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung  
ist die Plasmadüse im Bereich der Kathode angeordnet. Unter  
20 der Kathode wird dabei die positiv geladene Elektrode  
verstanden. Auf diese Weise werden die aufgrund ihrer  
geringeren beweglicheren Elektronen sofort abgesaugt, so dass  
die Gefahr der Rekombination mit den Ionen weiter verringert  
ist.

25 Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung wird  
dadurch erreicht, dass die Plasmadüse zwischen dem Gaseinlass  
und der Kathode angeordnet ist. Die Anode befindet sich auf  
der von der Plasmadüse abgewandten Seite der Kathode. Die  
30 Kathode weist bevorzugt eine Öffnung auf, durch die die Ionen  
in den Bereich zwischen der Kathode und der Anode gelangen  
können. In dieser Ausführungsform ist der Plasmastrahl somit

außerhalb des Zwischenraums zwischen Kathode und Anode. Somit wird das elektrische Feld zwischen Kathode und Anode nicht durch den Plasmastrahl beeinflusst.

5 Eine besonders geringe Temperatur des Plasmastrahls und eine dadurch bedingte geringe Aufheizung der Umgebung des Plasmastrahls wird in einer weiteren Ausführungsform der Vorrichtung dadurch erreicht, dass die Plasmadüse mindestens zwei Elektroden und eine Spannungsquelle zur Erzeugung einer  
10 hochfrequenten Hochspannung aufweist, wobei die Spannungsquelle an die mindestens zwei Elektroden angeschlossen ist.

Das Verfahren bzw. die Vorrichtung zur Detektion von  
15 ionisierbaren Gasen kann bei einer Abgasreinigungsanlage eingesetzt werden. Weist eine solche Anlage Mittel zur Beseitigung von ionisierbaren Molekülen, insbesondere organischen Molekülen, vorzugsweise Kohlenwasserstoffen und eine Vorrichtung zur Detektion von ionisierbaren Gasen auf,  
20 wobei die Mittel zur Beseitigung von ionisierbaren Molekülen und der Gaseinlass der Vorrichtung im Bereich einer Abgasleitung angeordnet sind, so können die Mittel zur Beseitigung von ionisierbaren Molekülen über den Wert der mit der Vorrichtung bestimmten Konzentration von ionisierbaren  
25 Gasen beispielsweise über zusätzliche Regelmittel geregelt werden. Das Verfahren bzw. die Vorrichtung kann in analoger Weise auch bei einem Prozess mit mindestens einem Prozessgasfluss zur Kontrolle und/oder Regelung der Prozessgaszusammensetzung eingesetzt werden.

30

Durch die Vorrichtung wird die Konzentration ionisierbarer Gase in dem Abgas-Gasgemisch detektiert. Die Mittel zur

Beseitigung dieser Gase kann durch die detektierte Konzentration so geregelt werden, dass die Konzentration einen bestimmten Grenzwert unterschreitet. Somit erlaubt eine solche Abgasreinigungsanlage, die Konzentration der ionisierbaren Gase zu regeln und beispielsweise festgelegte Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Dies ist erforderlich, da durch die Mittel zur Beseitigung der ionisierbaren Moleküle in der Regel keine vollständige Beseitigung möglich ist.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Vorrichtung strömungsaufwärts oder strömungsabwärts der Mittel zur Beseitigung von ionisierbaren Molekülen angeordnet. Bei der strömungsaufwärtigen Anordnung wird die Konzentration der ionisierbaren Gase vor deren Beseitigung ermittelt, so dass die Mittel ohne Verzögerung auf die Konzentrationen eingestellt werden können. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei zeitlich schnell schwankenden Konzentrationen. Bei der strömungsabwärtigen Anordnung wird die Konzentration der ionisierbaren Gase nach der Beseitigung, das heißt die Endkonzentration gemessen. Dadurch ist es einfacher, die Mittel auf bestimmte Grenzwerte einzuregeln. Unter der Beseitigung der ionisierbaren Moleküle ist in der Regel keine vollständige Beseitigung zu verstehen.

25 Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden in der Beschreibung von fünf Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei auf die beigelegte Zeichnung Bezug genommen wird. In der Zeichnung zeigen

30 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein erstes

Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen  
Verfahrens,

- Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der  
5 erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein zweites  
Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen  
Verfahrens,
- Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der  
10 erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein drittes  
Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen  
Verfahrens,
- Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel der  
15 erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein viertes  
Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen  
Verfahrens,
- Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der  
20 erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein fünftes  
Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen  
Verfahrens,
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur  
25 spektroskopischen Gasanalyse und
- Fig. 7 ein Diagramm eines Ausführungsbeispiels einer  
Abgasreinigungsanlage.
- 30 Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der  
erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie ein erstes  
Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die

Vorrichtung 2 weist eine Plasmadüse 4, einen Gaseinlass 6, eine erste Elektrode 8 und eine zweite Elektrode 10 auf. Die erste Elektrode 8 ist zwischen dem Gaseinlass 6 und der zweiten Elektrode 10 angeordnet. Die Plasmadüse 4 ist  
5 zwischen der ersten Elektrode 8 und der zweiten Elektrode 10 angeordnet.

Die Plasmadüse 4 weist ein Düsenrohr 12 aus Metall auf, das sich konisch zu einem Düsenrohrauslass 14 verjüngt. Am dem  
10 Düsenrohrauslass 14 entgegengesetzten Ende weist das Düsenrohr 12 eine Dralleinrichtung 16 mit einem Einlass 18 für ein Arbeitsgas auf, beispielsweise für Stickstoff oder Luft. Eine Zwischenwand 20 der Dralleinrichtung 16 weist einen Kranz von schräg in Umfangsrichtung angestellten  
15 Bohrungen 22 auf, durch die das Arbeitsgas verdrallt wird. Der stromabwärtige, konisch verjüngte Teil des Düsenrohres wird deshalb von dem Arbeitsgas in der Form eines Wirbels 24 durchströmt, dessen Kern auf der Längsachse des Düsenrohres verläuft.

20

An der Unterseite der Zwischenwand 20 ist mittig eine Elektrode 26 angeordnet, die koaxial in Richtung des verjüngten Abschnittes in das Düsenrohr hineinragt. Die Elektrode 26 ist elektrisch mit der Zwischenwand 20 und den  
25 übrigen Teilen der Dralleinrichtung 16 verbunden. Die Dralleinrichtung 16 ist durch ein Keramikrohr 28 elektrisch gegen das Düsenrohr 12 isoliert. Über die Dralleinrichtung 16 wird an die Elektrode 26 eine hochfrequente Hochspannung angelegt, die von einem Transformator 30 erzeugt wird. Der  
30 Einlass 18 ist über einen nicht gezeigten Schlauch mit einer unter Druck stehenden Arbeitgasquelle mit variablem Durchsatz verbunden. Das Düsenrohr 12 ist geerdet.

Durch die angelegte Spannung wird eine Hochfrequenzentladung in der Form eines Lichtbogens 32 zwischen der Elektrode 26 und dem Düsenrohr 12 erzeugt. Das Düsenrohr 12 stellt somit die zweite Elektrode dar. Unter einer Bogenentladung wird hier ein solcher Lichtbogen verstanden. Der Begriff "Lichtbogen" bzw. der in dieser Schrift synonym verwendete Begriff "Bogenentladung" wird hier als phänomenologische Beschreibung der Entladung verwendet, da die Entladung in Form eines Lichtbogens auftritt.

Aufgrund der drallförmigen Strömung des Arbeitsgases wird dieser Lichtbogen jedoch im Wirbelkern auf der Achse des Düsenrohres 12 kanalisiert, so dass er sich erst im Bereich des Düsenrohrauslasses 14 zur Wand des Düsenrohres 12 verzweigt. Das Arbeitsgas, das im Bereich des Wirbelkerns und damit in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens 32 mit hoher Strömungsgeschwindigkeit rotiert, kommt mit dem Lichtbogen in innige Berührung und wird dadurch zum Teil in den Plasmazustand überführt, so dass ein atmosphärischer Plasmastrahl 34 durch den Düsenrohrauslass 14, durch den Auslassbereich 35 und durch die Auslassöffnung 36 aus der Plasmadüse 4 austritt. Der Auslassbereich 35 kann optional ein isolierendes Keramikrohr 37 aufweisen.

Alternativ kann anstelle des Transformators 30 auch eine gesteuerte Gleichspannungsquelle vorgesehen sein. Diese weist vorzugsweise eine Stromregelung bzw. eine Strombegrenzung auf. Durch die angelegte Gleichspannung wird dann eine kurzzeitige Entladung in Form eines Funkens bzw. eine dauerhafte Entladung in Form eines Lichtbogens zwischen der Elektrode 26 und dem Düsenrohr 12 erzeugt.

Die erste Elektrode 8 weist eine Öffnung 38 auf. Durch diese Öffnung 38 gelangt ein durch den Gaseinlass 6 einströmendes Gasgemisch 40 in den Bereich zwischen der ersten Elektrode 8 und der zweiten Elektrode 10. Das Gasgemisch 40 tritt dort mit dem Plasmastrahl 34 in Wechselwirkung. Dadurch werden die Moleküle des ionisierbaren Gases in Ionen und Elektronen aufgespalten. Bei Kohlenwasserstoffen entstehen zum Beispiel  $\text{CHO}^+$ -Ionen.

10

Zwischen der ersten Elektrode 8 und der zweiten Elektrode 10 ist mit einer Spannungsquelle 42 eine Spannung von beispielsweise 100 V angelegt. Bei der Spannungsquelle 42 kann es sich um eine Gleichspannungsquelle handeln, wobei die erste Elektrode 8 an den Plus-Pol angeschlossen ist. Die erste Elektrode 8 stellt damit die Kathode dar. Die an den Minus-Pol angeschlossene zweite Elektrode 10 stellt entsprechende die Anode dar. Alternativ kann es sich bei der Spannungsquelle 42 auch um eine Wechselspannungsquelle handeln. Durch das elektrische Feld zwischen der ersten Elektrode 8 und der zweiten Elektrode 10 werden dann die freien Elektronen 44 von der ersten Elektrode 8 und die positiv geladenen Ionen 46 von der zweiten Elektrode 10 angezogen. Der dadurch fließende elektrische Strom wird über ein mit der Spannungsquelle 42 in Reihe geschaltetes Strommessgerät 48 gemessen. Der gemessene Stromwert ist ein Maß für die Konzentration des ionisierbaren Gases im Gasgemisch 40.

30 Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dieses

Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem vorherigen dadurch, dass zwischen der ersten Elektrode 8 und der zweiten Elektrode 10 ein Modul 49 angeschlossen ist. Das Modul 49 stellt dabei zusammen mit den Elektroden 8, 10 einen elektrischen Resonanzkreis dar. Beispielsweise weist das Modul 49 einen Widerstand und eine Induktivität auf. Die Elektrodenanordnung der Elektroden 8, 10 stellt im Wesentlichen eine Kapazität dar. Im Modul 49 kann auch eine zusätzliche Kapazität vorgesehen sein. Das Modul 49 kann weiterhin eine Spannungsquelle aufweisen, durch die der Resonanzkreis angeregt werden kann. Weiterhin sind im Modul Mittel vorgesehen, um die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises zu bestimmen. Durch die Ionen 46 bzw. durch die Elektronen 44 ändert sich die Kapazität der Elektrodenanordnung und somit die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises. Diese stellt somit ein Maß für die Ionen 46 bzw. die Elektronen 44 dar.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung 50 weist eine Plasmadüse 52, einen Gaseinlass 54, eine erste Elektrode 56 und eine zweite Elektrode 58 auf. Die Plasmadüse 52 unterscheidet sich von der in Fig. 1 gezeigten Plasmadüse 4 darin, dass die Plasmadüse 52 einen verlängerten Auslassbereich 60 aufweist. Der Gaseinlass 54 ist im Auslassbereich 60 angeordnet, so dass das durch den Gaseinlass 54 einströmende Gasgemisch noch im Auslassbereich 60 in den Plasmastrahl 34 gelangt.

Das in dem Gasgemisch enthaltene ionisierbare Gas wird in dem Plasmastrahl 34 ionisiert. Sobald das ionisierte Gas in den

Bereich zwischen der ersten Elektrode 56 und der zweiten Elektrode 58 gelangt ist, bewegen sich die beim Ionisieren entstandenen freien Elektronen 44 zur ersten Elektrode 56 und die positiv geladenen Ionen 46 zur zweiten Elektrode 58.

5 Durch das Einleiten des Gasgemisches in den Auslassbereich 60 wird verhindert, dass ein unionisierter Teil des ionisierbaren Gases in den Bereich zwischen die zwei Elektroden gelangt und dort beispielsweise die freien Elektronen 44 oder die Ionen 46 beeinflusst.

10

Natürlich kann zwischen den Elektroden 56, 58 alternativ zu der gezeigten Spannungsquelle 42 und dem Strommessgerät 38 auch ein Modul wie im zweiten Ausführungsbeispiel angeordnet werden.

15

Fig. 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung 70 weist eine wie in Fig. 1 dargestellte Plasmadüse 4, eine erste Elektrode 56 und eine zweite Elektrode 58 auf. Der Gaseinlass ist bei der Vorrichtung 70 als untere Öffnung 72 zwischen den zwei Elektroden ausgebildet. Die Vorrichtung 70 ist über einer Oberfläche 74 positioniert, welche Verschmutzungen 76 aufweist. Bei der Verschmutzung kann es sich beispielsweise um organische Verschmutzungen, insbesondere um Kohlenwasserstoffe handeln.

20

25

Der aus der Plasmadüse 4 austretende Plasmastrahl 34 verläuft durch den Bereich zwischen den zwei Elektroden und trifft auf die Oberfläche 74. Durch die im Plasmastrahl 34 zur Verfügung gestellte Energie wird die Verschmutzung 76 nach und nach von der Oberfläche 74 abgelöst. Die von der Oberfläche 74

30

abgelösten, ionisierbaren Moleküle vermischen dann mit dem Umgebungsgas zu einem Gasgemisch, welches durch die untere Öffnung 72 in die Vorrichtung 70 gelangt. Die Moleküle werden in dem Plasmastrahl 34 ionisiert. Die dadurch entstehenden freien Elektronen 44 bewegen sich zur ersten Elektrode 56 und die positiv geladenen Ionen 46 zur zweiten Elektrode 58.

Die Oberfläche 74 kann beispielsweise so lange mit dem Plasmastrahl 34 beaufschlagt werden, bis der mit dem Strommessgerät 48 gemessene elektrische Strom einen festgelegten Wert unterschreitet. Dadurch wird erreicht, dass die Beaufschlagung der Oberfläche 74 erst endet, wenn ein gewisser Teil der Verschmutzung 76 entfernt wurde.

Fig. 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung und ein fünftes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom vierten Ausführungsbeispiel dadurch, dass eine Elektrode 78 mit einer Öffnung 80 vorgesehen ist, durch die der Plasmastrahl 34 hindurch tritt. Weiterhin ist ein Modul 82 mit der Elektrode 78 und mit der Oberfläche 74 elektrisch verbunden. Die Oberfläche 74 stellt somit die zweite Elektrode dar. Die Oberfläche ist daher vorzugsweise elektrisch leitend. Das Modul 82 kann beispielsweise eine Spannungsquelle und ein Strommessgerät aufweisen. Alternativ kann das Modul 82 mit der Elektrodenanordnung der Elektrode 78 und der Oberfläche 74 einen Resonanzkreis bilden. Liegt an der Elektrode 78 eine relativ zur Oberfläche 74 negative Spannung an, so werden die bei der Ionisierung durch den Plasmastrahl 34 entstehenden Ionen 84 auf die Elektrode 74 zu bewegt. Die Elektronen

(nicht gezeigt) fließen über die Oberfläche 74 ab. Bei umgekehrter Polarität verhält es sich entsprechend umgekehrt.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur spektroskopischen Gasanalyse. Die Plasmadüse 85 unterscheidet sich von der in Fig. 1 gezeigten Plasmadüse 2 dadurch, dass zusätzlich an einer Halterung 86 befestigte optische Erfassungsmittel 87 vorgesehen sind, welches auf den Bereich ausgerichtet ist, in dem das Gasgemisch 40 mit dem Plasmastrahl 34 in Wechselwirkung gebracht wird. Das von den angeregten Stoffen aus diesem Bereich emittierte Licht wird zumindest teilweise von den Erfassungsmitteln 87 erfasst und über einen Lichtleiter 88 zu einem Spektrometer 89 geführt. Im Spektrometer 89 wird dann die Intensität in mindestens einem Spektralbereich gemessen und mit diesem Messwert die Konzentration mindestens eines Stoffes im Gasgemisch 40 ermittelt. Die Erfassungsmittel 87 können zur besseren Erfassung des Lichtes optional eine Sammeloptik aufweisen. Das Spektrometer 89 ist bevorzugt als Spektrometer für die Optische Emissionsspektroskopie ausgebildet. Als Erfassungsmittel 87 können auch ein energiedispersiver Detektor verwendet werden, so dass auf ein separates Spektrometer verzichtet werden kann. Die Erfassungsmittel 87 können weiterhin separat von der Plasmadüse 85 angeordnet werden.

Natürlich ist es möglich, die Merkmale der vorherigen Ausführungsbeispiele miteinander zu kombinieren. So kann das durch den Plasmastrahl 34 ionisierte bzw. angeregte Gasgemisch 40 beispielsweise in vorteilhafter Weise gleichzeitig über vorgesehene Elektroden, wie in den Figs. 1

bis 5 dargestellt, und spektroskopisch, wie in Fig. 6 dargestellt, analysiert werden.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm eines Ausführungsbeispiels einer  
5 Abgasreinigungsanlage. Die Abgasreinigungsanlage 90 weist eine Abgasführung 92 auf, in der ein Abgas 94 geführt wird. Bei dem Abgas 94 kann es sich beispielsweise um ein Abgasgemisch aus einem Verbrennungsprozess handeln, welches ein ionisierbares Gas enthält. Das Abgas 94 gelangt zunächst  
10 zu den Mitteln 96 zur Beseitigung von ionisierbaren Molekülen. Bei den Mitteln 96 kann es sich beispielsweise um einen regelbaren Katalysator handeln. Das Abgas 94 gelangt dann weiter zu einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 98 zur Detektion von ionisierbaren Gasen, in der die Konzentration  
15 des ionisierbaren Gases im Abgas 94 detektiert wird.

Die detektierte Konzentration des ionisierbaren Gases wird in eine Regeleinheit 100 gespeist, welche ein Regelsignal zur Regelung der Mittel 96 erzeugt. Die Regeleinheit ist dabei so  
20 eingerichtet, dass der Beseitigungsgrad der Mittel 96 bei einer zu hohen durch die Vorrichtung 98 detektierten Konzentration des ionisierbaren Gases erhöht wird. Dadurch wird gewährleistet, dass die Konzentration des ionisierbaren Gases im Abgas 94 nach dem Durchlaufen der  
25 Abgasreinigungsanlage 90 unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes liegt.

Alternativ ist es auch möglich, dass die Vorrichtung 98 stromaufwärts der Mittel 96 angeordnet wird.

30 Anstelle der Abgasreinigungsanlage kann das in Fig. 6 gezeigte Diagramm auch auf einen Prozessgasfluss bezogen

werden. Dabei sind statt der Abgasführung 92 eine  
Prozessgasführung und statt des Abgases 94 ein Prozessgas  
vorgesehen. Die Konzentration der ionisierbaren Moleküle im  
Prozessgas kann dann in analoger Weise durch die Mittel 96,  
5 die Vorrichtung 98 und die Regelung 100 geregelt werden. Auf  
diese Weise kann der geregelte Prozessgasfluss dem nächsten  
Prozessschritt zugeführt werden.

**P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Verfahren zur Detektion von ionisierbaren Gasen,  
insbesondere organischen Molekülen, vorzugsweise  
Kohlenwasserstoffen,  
5 - bei dem ein atmosphärischer Plasmastrahl (34) erzeugt  
wird,  
- bei dem ein das ionisierbare Gas enthaltendes Gasgemisch  
(40) mit dem Plasmastrahl (34) in Wechselwirkung gebracht  
wird und  
10 - bei dem eine elektrische Größe als Maß für die  
Konzentration des ionisierbaren Gases in dem Gasgemisch  
(40) gemessen wird.
  
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die elektrische Größe zwischen zwei Elektroden (8,  
10) gemessen wird, wobei zwischen den Elektroden eine  
Spannung angelegt wird.
  
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen den Elektroden (8, 10) eine Spannung  
zwischen 50 V und 350 V, insbesondere zwischen 50 V und  
250 V, vorzugsweise zwischen 75 V und 150 V angelegt  
25 wird.
  
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass

zwischen den Elektroden (8, 10) eine Gleichspannung oder eine Wechselspannung angelegt ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Plasmastrahl (34) im Wesentlichen potentialfrei ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Plasmastrahl (34) durch eine mit einer hochfrequenten Hochspannung erzeugten Bogenentladung (32) hergestellt wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Erzeugung des Plasmastrahls ein inertes Arbeitsgas, vorzugsweise Stickstoff oder ein Edelgas verwendet wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Gasgemisch (40) aus einem Prozessgasfluss oder einem Abgasfluss abgeleitet wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Gasgemisch (40) durch das Beaufschlagen einer verschmutzten Oberfläche (74) mit dem Plasmastrahl (34)  
30 erzeugt wird.

10. Vorrichtung zur Detektion von ionisierbaren Gasen,  
insbesondere organischen Molekülen, vorzugsweise  
Kohlenwasserstoffen,  
- mit einem Gaseinlass (6),  
5 - mit Mitteln zur Ionisation eines ionisierbaren Gases,  
- mit einer Spannungsquelle (42),  
- mit zwei Elektroden (8, 10) und  
- mit Mitteln (48) zur Bestimmung einer Stromstärke,  
- wobei die zwei Elektroden (8, 10) an die Spannungsquelle  
10 (42) angeschlossen sind und  
- wobei die Mittel (48) zur Bestimmung einer Stromstärke so  
an die Elektroden (8, 10) angeschlossen sind, dass die  
Stärke des zwischen den Elektroden (8, 10) fließenden  
Stroms messbar ist,  
15 **dadurch gekennzeichnet,**  
- dass als Mittel zur Ionisation eines ionisierbaren Gases  
eine Plasmadüse (4) zur Erzeugung eines atmosphärischen  
Plasmastrahls (34) vorgesehen ist.
- 20 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mit der Spannungsquelle (42) eine Spannung zwischen  
50 V und 350 V, insbesondere zwischen 50 V und 250 V,  
vorzugsweise zwischen 75 V und 150 V erzeugbar ist.
- 25
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Spannungsquelle (42) eine Gleichspannungsquelle  
vorgesehen ist.
- 30
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die Plasmadüse (4) zwischen den zwei Elektroden (8, 10) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Plasmadüse im Bereich der Kathode angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Plasmadüse (4) zwischen dem Gaseinlass und der Kathode (8) angeordnet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Plasmadüse (4) mindestens zwei Elektroden (26, 12) und eine Spannungsquelle (30) zur Erzeugung einer hochfrequenten Hochspannung aufweist, wobei die Spannungsquelle an die mindestens zwei Elektroden (26,  
20 12) angeschlossen ist.

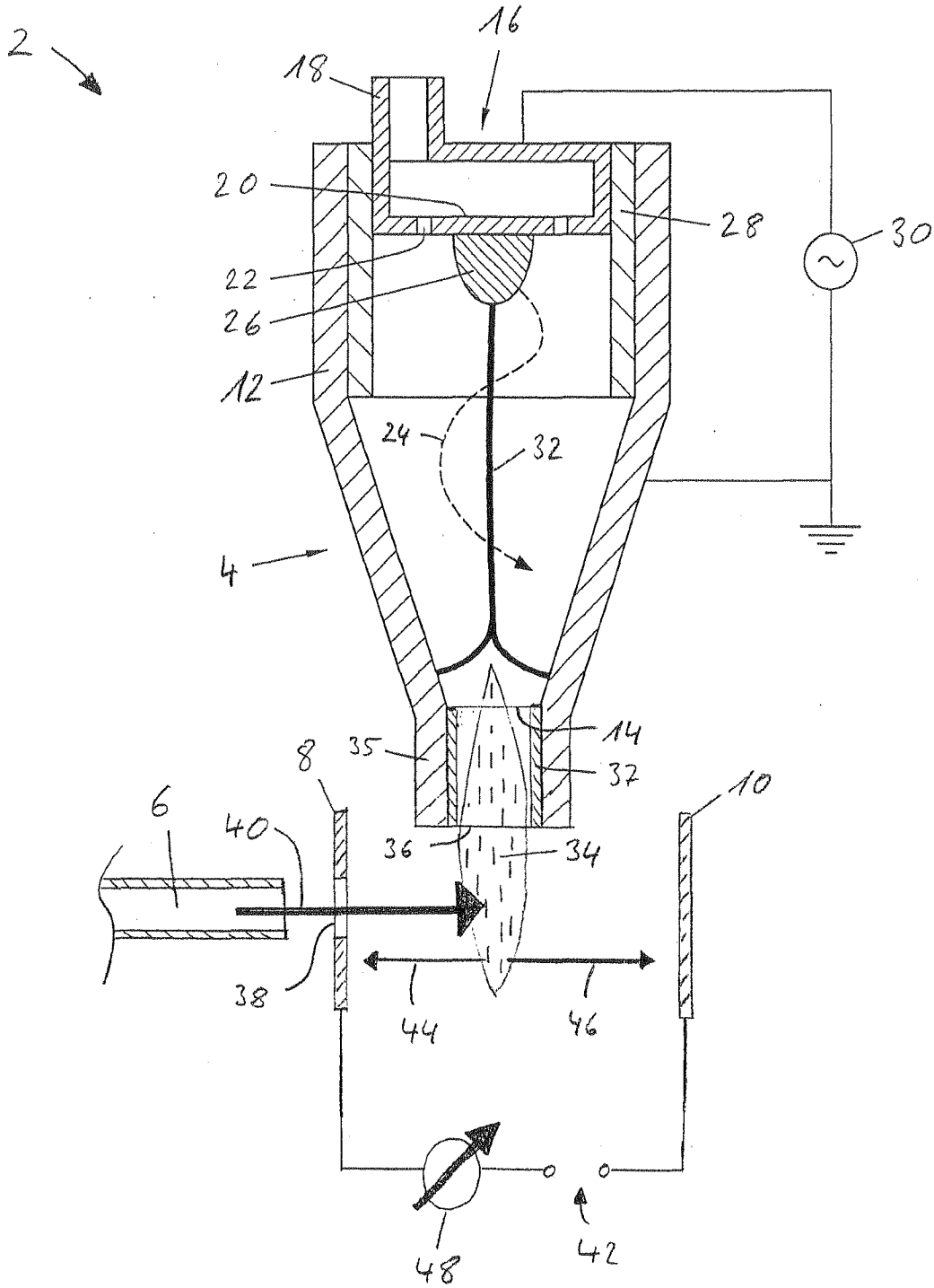


Fig. 1

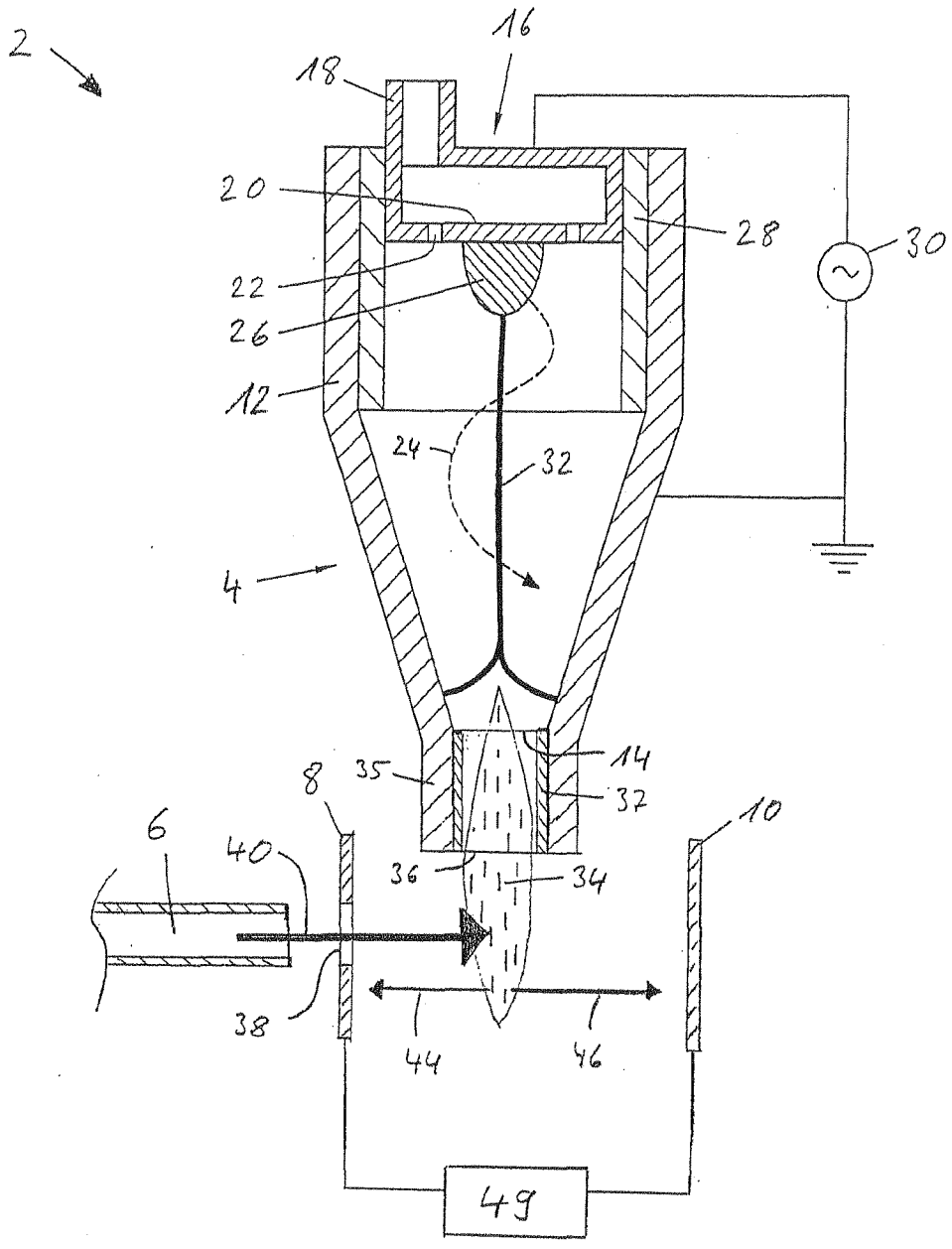


Fig. 2

50 →

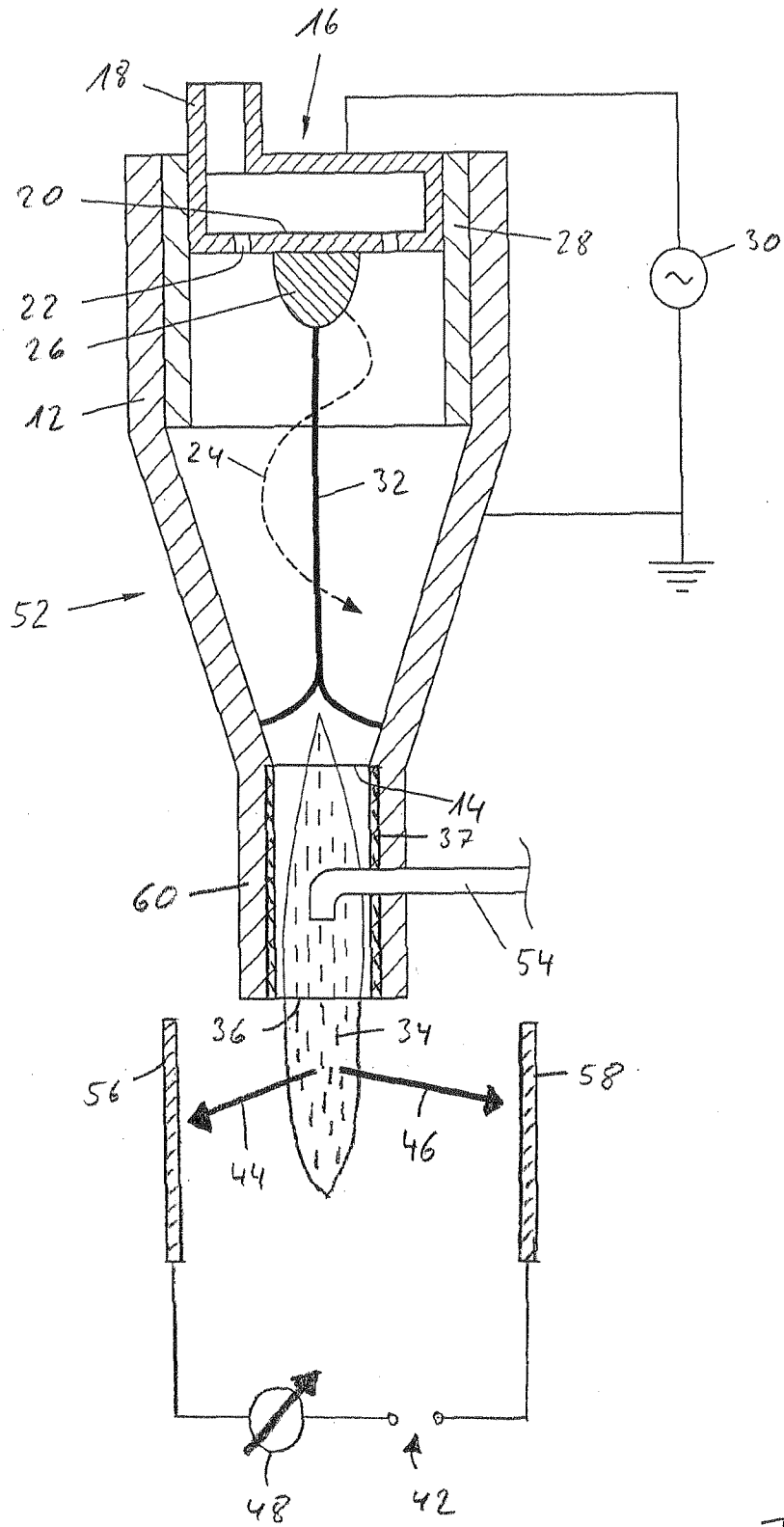


Fig. 3

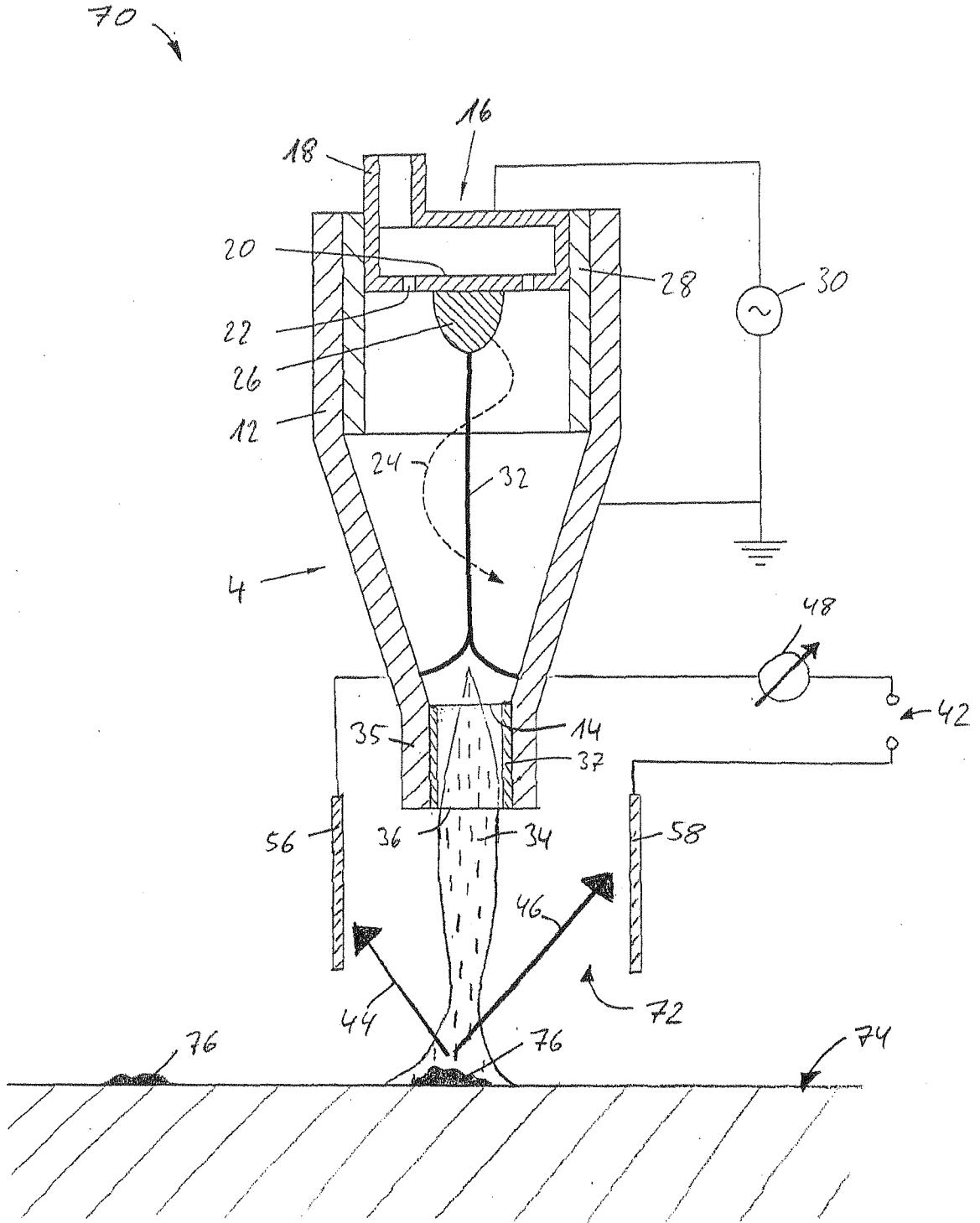


Fig. 4

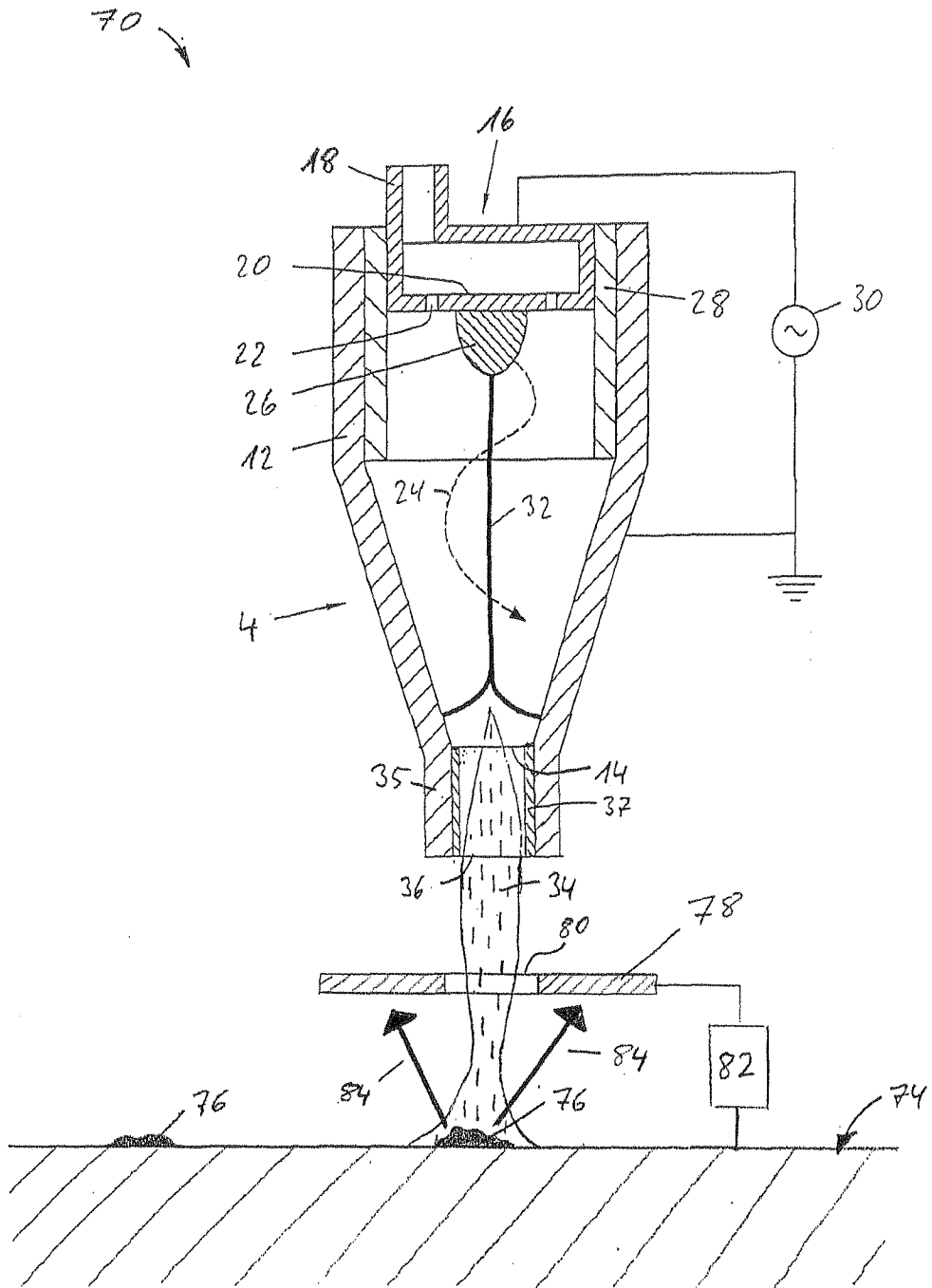


Fig. 5

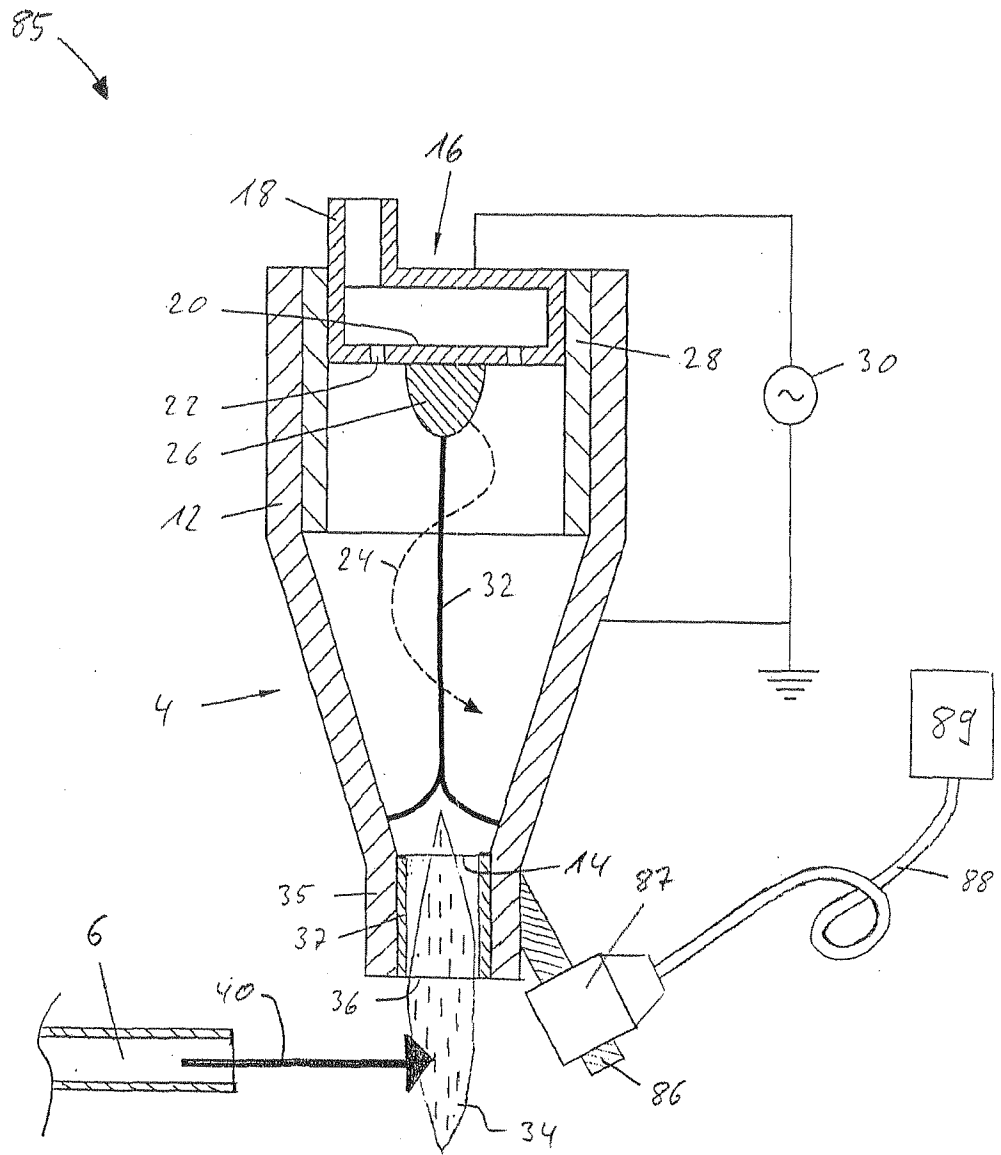


Fig. 6

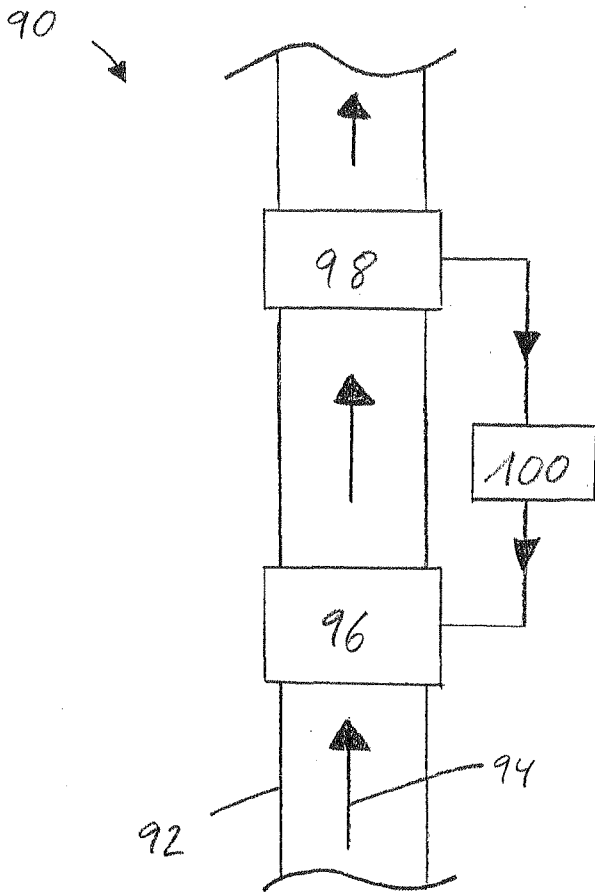


Fig. 7

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2010/050713

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

INV. G01N27/70  
ADD.

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)  
G01N

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 279 955 A1 (SCHLUMBERGER SERVICES PETROL [FR]; SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV [NL]; SC) 29 January 2003 (2003-01-29) paragraphs [0001], [0008], [0017], [0019], [0021], [0024], [0028] - [0031]; figure 1	1-8, 10-16
Y	EP 1 557 667 A1 (KUDRYAVTSEV ANATOLY ANATOLIEVI [RU]; TSYGANOV ALEXANDR BORISOVICH [SU]) 27 July 2005 (2005-07-27) paragraph [0066]; figure 8	1-16
Y	DE 10 2005 018926 A1 (PLASMA TREAT GMBH [DE]) 2 November 2006 (2006-11-02) paragraphs [0002] - [0005], [0008], [0014]; figure 1	1-16

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 document 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

16 April 2010

Date of mailing of the international search report

29/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meyer, Fred

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/050713

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1279955	A1	29-01-2003	AT 352781 T	15-02-2007
			DE 60126264 T2	22-11-2007
			WO 03010533 A1	06-02-2003
			US 2004189314 A1	30-09-2004
EP 1557667	A1	27-07-2005	AU 2003277767 A1	04-05-2004
			CN 1726391 A	25-01-2006
			JP 4408810 B2	03-02-2010
			JP 2006503292 T	26-01-2006
			WO 2004036206 A1	29-04-2004
			RU 2217739 C1	27-11-2003
			US 2006043279 A1	02-03-2006
DE 102005018926	A1	02-11-2006	EP 1875212 A1	09-01-2008
			WO 2006136467 A1	28-12-2006

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/050713

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. GOIN27/70 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) GOIN		
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, COMPENDEX, INSPEC		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 279 955 A1 (SCHLUMBERGER SERVICES PETROL [FR]; SCHLUMBERGER TECHNOLOGY BV [NL]; SC) 29. Januar 2003 (2003-01-29) Absätze [0001], [0008], [0017], [0019], [0021], [0024], [0028] - [0031]; Abbildung 1	1-8, 10-16
Y	EP 1 557 667 A1 (KUDRYAVTSEV ANATOLY ANATOLIEVI [RU]; TSYGANOV ALEXANDR BORISOVICH [SU]) 27. Juli 2005 (2005-07-27) Absatz [0066]; Abbildung 8	1-16
Y	DE 10 2005 018926 A1 (PLASMA TREAT GMBH [DE]) 2. November 2006 (2006-11-02) Absätze [0002] - [0005], [0008], [0014]; Abbildung 1	1-16
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" älteres Dokument, 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 anderen 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 16. April 2010		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 29/04/2010
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 Meyer, Fred

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/050713

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1279955	A1	29-01-2003	AT 352781 T 15-02-2007
			DE 60126264 T2 22-11-2007
			WO 03010533 A1 06-02-2003
			US 2004189314 A1 30-09-2004
EP 1557667	A1	27-07-2005	AU 2003277767 A1 04-05-2004
			CN 1726391 A 25-01-2006
			JP 4408810 B2 03-02-2010
			JP 2006503292 T 26-01-2006
			WO 2004036206 A1 29-04-2004
			RU 2217739 C1 27-11-2003
			US 2006043279 A1 02-03-2006
DE 102005018926	A1	02-11-2006	EP 1875212 A1 09-01-2008
			WO 2006136467 A1 28-12-2006