



(10) **DE 10 2010 044 252 B4** 2014.03.27

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 044 252.6**  
(22) Anmeldetag: **02.09.2010**  
(43) Offenlegungstag: **08.03.2012**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: **H05H 1/46 (2006.01)**  
**A61L 9/22 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Reinhausen Plasma GmbH, 93057, Regensburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Reichert & Kollegen, 93047, Regensburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Albrecht, Andreas, 93049, Regensburg, DE;**  
**Theophile, Eckart, Dr., 93173, Wenzenbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 26 725	A1
DE	195 25 754	A1
DE	196 35 232	A1
US	6 461 409	B1
US	2006 / 0 189 168	A1
US	4 737 885	A
EP	0 158 823	A2
EP	0 171 239	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (1) zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom (2) umfassend

- einen Reaktorraum (3), der von einer Einströmseite (3a) zu einer Ausströmseite (3b) von dem Gas durchströmbar ist,
- eine erste Elektrode (4a),

- ein Dielektrikum (5), das den Reaktorraum (3) zumindest gegen die erste Elektrode (4a) abschirmt, und

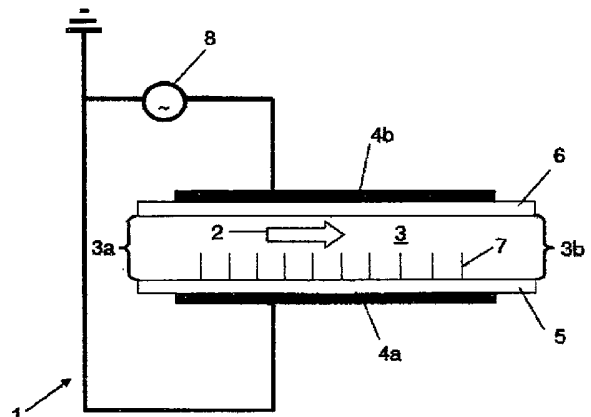
- eine zweite Elektrode (4b), wobei die zweite und die erste Elektrode (4b, 4a) gegen eine Spannungsquelle (8) schaltbar sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens zwei der ersten Elektrode (4a) zugeordnete Entladungselemente (7, 7a) aus elektrisch leitfähigem Material zumindest teilweise in den Reaktorraum (3) hinein ragen,
- die Entladungselemente (7, 7a) elektrisch gegeneinander und gegen die erste und zweite Elektrode (4a, 4b) isoliert sind,

- die zweite Elektrode (4b) derart zu den Entladungselementen (7, 7a) angeordnet ist, dass Entladungen (18) zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) in dem Reaktorraum (3) entstehen, und

- zwischen der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) des Reaktorraums (3) angeordnete Gasführungsmittel (12) den Gasstrom (2) in mehrere Teilströme (13) aufteilen und jedem Teilstrom (13) mindestens ein Entladungselement (7, 7a) zugeordnet ist.



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom umfassend einen Reaktorraum der von einer Einströmseite zu einer Ausströmseite von dem Gas durchströmbar ist, eine erste Elektrode, ein Dielektrikum, das den Reaktorraum zumindest gegen die erste Elektrode abschirmt und eine zweite Elektrode, wobei die zweite und die erste Elektrode gegen eine Spannungsquelle schaltbar sind.

**[0002]** Moderne oxidative Luft-Reinigungsverfahren setzen vermehrt nicht-thermische Plasmen zur Zerstörung und zum Abbau von Schadstoffen, wie beispielsweise Gerüchen, Allergenen und Keimen ein. Diese Plasmen erzeugen hochreaktive Radikale, die eine breite Palette gasgetragener Schadstoffe bei Umgebungsbedingungen umsetzen können.

**[0003]** Seit mehr als 100 Jahren ist die Plasmabehandlung von Luft nach dem Prinzip der dielektrisch behinderten Entladung, auch als Barriereentladung bezeichnet, bekannt. Großvolumige nichtthermische Plasmen lassen sich einfach mit Hilfe der dielektrisch behinderten Entladung erzeugen. Zwischen den an eine hohe Wechselspannung angeschlossenen Elektroden befindet sich das Dielektrikum, zumeist aus Glas. Das Dielektrikum behindert die Bewegung der Elektroden und unterbricht sie schließlich. Die Elektroden werden in ihrer Bewegung zur Anode durch das Dielektrikum nicht nur aufgehalten, sondern aufgestaut, wodurch sich ein Gegenfeld zu dem den Elektrodenstrom treibenden äußeren Feld aufbaut, das seinerseits so lange anwächst, bis sich das äußere Feld und das Gegenfeld gerade kompensieren und der Elektrodenstrom zum Erliegen kommt. Die Eigenschaften des dielektrischen Barrierematerials, sowie deren Form, bestimmen neben der Anordnung der Innen- und Aussenelektrode das Erscheinungsbild der Entladung, welches durch das Entstehen von Einzelentladungen, den so genannten Filamenten, geprägt ist. Diese Filamente treten kurzzeitig in großer Anzahl auf. Sie sind normalerweise über die gesamte Fläche der Plasma erzeugenden Elektrode verteilt.

**[0004]** Als Plasmaerzeuger zur oxidativen Behandlung von Luft wird insbesondere die so genannte "Siemens-Röhre" eingesetzt. Die Siemens-Röhre besteht aus einem rohrförmigen Dielektrikum, vorzugsweise aus Quarzglas oder Bor-O-Silikat. Die Innenwand des rohrförmigen Dielektrikums ist mit einer Innenelektrode ausgekleidet. Die aus leitfähigem Material bestehende Innenelektrode liegt eng und möglichst ohne Luftspalt an der inneren Glasoberfläche an. Auf der Mantelfläche des Dielektrikums ist eine Außenelektrode angeordnet, die von einem eng anliegenden Netz, zum Beispiel aus Stahlgewebe, gebildet wird. Wird nun eine hohe Wechselspannung von beispielsweise 3–6 KV an die Innen- und Außenelektrode angelegt, kommt es zu der dielektrisch behinderten Entladung. Dabei werden Ionen und Ozon ( $O_3$  und  $O_1$ ) erzeugt.

**[0005]** Bei der Plasmabehandlung eines Gasstroms mit einer "Siemens-Röhre" wird ein Luftstrom durch das rohrförmige Dielektrikum geführt. Zu diesem Zweck wird an der Innenelektrode ein Plasma gezündet. Das Plasma an der Innenelektrode entsteht nur in den äußeren Schichten der Luftströmung, die unmittelbar mit der Innenelektrode in Kontakt gelangen. Der weitaus größere Teil der Luftströmung reagiert lediglich mit dem Ozon und den Sauerstoff-Ionen, die bei der Entladung erzeugt werden.

**[0006]** Die äußeren Schichten der Luftströmung, die unmittelbar mit dem Plasma in Kontakt gelangen, werden wirksamer von Schadstoffen, insbesondere von Gerüchen und Keimen befreit, weil im Plasma die höchste Energie in Form von freien Elektronen, Radikalen und Ionen vorliegt. Des Weiteren erzeugt das Plasma eine intensive UV-Strahlung im Wellenlängenbereich  $< 300$  nm, die molekulare Bindungen von Luftschadstoffen wirkungsvoll aufbrechen kann.

**[0007]** Ein Problem bei der Plasmabehandlung eines Gasstroms nach dem Stand der Technik besteht darin, dass die Innenelektrode durch in dem Gasstrom enthaltene Schadstoffe schnell verschmutzt und damit an Wirksamkeit verliert. Ein Austausch der verschmutzten Innenelektrode ist nur mit hohem Aufwand und einer Unterbrechung der Plasmabehandlung möglich.

**[0008]** Aus der DE 197 17 160 A1 ist eine gattungsgemäße Vorrichtung zur plasma-chemischen Umsetzung von Abgasen bekannt, bei der im strömenden Gas eine Barriereentladung erzeugt wird. Die Vorrichtung umfasst einen Reaktorraum, der in Längsrichtung von einer Einströmseite zu einer Ausströmseite von dem zu behandelnden Abgas durchströmt wird. An der ersten Elektrode ist ein Dielektrikum angebracht, das den Reaktorraum von der ersten Elektrode abschirmt. Eine zweite Elektrode ist auf dem Dielektrikum in dem Reaktorraum angeordnet und als durchbrochenes Flächengebilde ausgebildet, wobei die zweite Elektrode gegen die erste Elektrode schaltbar ist. Zu diesem Zweck werden die beiden Elektroden mit einer Wechselspannungsquelle verbunden. Beim Anlegen der Wechselspannung kommt es im Spaltbereich zwischen den Strukturen

der durchbrochenen zweiten Elektrode und dem Dielektrikum zur Ausbildung der Gasentladung. Die Gasentladung wird also vornehmlich nahe der Oberfläche des Dielektrikums erzeugt. Das vorbeiströmende Abgas wird durch das durchbrochene Flächengebilde verwirbelt und tritt dabei kurzzeitig in den Anregungsbereich des Plasmas ein. Die zweite Begrenzung des Reaktorraums wird durch eine Wand gebildet. Zwischen dem Dielektrikum und der den Reaktorraum abschließenden Wand bildet sich keine Gasentladung aus. In Folge dessen kommen je nach Abstand der Wand mehr oder weniger große Teile des Gasstroms nicht unmittelbar mit dem Plasma in Kontakt und strömen daher unbehandelt durch den Reaktorraum.

**[0009]** Bei sämtlichen zum Stand der Technik gehörigen Vorrichtungen kommt der durch den Reaktorraum geführte Gasstrom lediglich teilweise unmittelbar mit dem Plasma in Kontakt, während der übrige Gasstrom lediglich mit dem im Plasma entstehenden Ozon angereichert und hierdurch gereinigt wird.

**[0010]** DE 100 26 725 A1 und US 2006/189168 A1 offenbaren jeweils eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Bei DE 100 26 725 A1 ist ein einziges Entladungselement in Form einer wellenförmigen, elektrisch leitenden Hilfelektrode vorgesehen, die nicht in den Reaktorraum hineinragt, sondern sich über ihre gesamte Höhe erstreckt. Bei US 2006/189168 A1 sind seriell angeordnete Elektrodeneinheiten vorgesehen, deren Entladungselemente jeweils in einen Reaktorraum hinragen. DE 100 26 725 A1, DE 196 35 232 A1, DE 195 25 754 A1, US 6,4614,09 B1, US 4,737,885 A1, EP 0 171 239 A1 und EP 0 158 823 A2 offenbaren weitere Vorrichtungen aus dem Stand der Technik.

**[0011]** Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom zu schaffen, bei der ein grösserer Teil des durch den Reaktorraum geführten Gasstroms, vorzugsweise der vollständige Gasstrom kurzzeitig einem Plasma ausgesetzt wird. Ausserdem soll ein Verfahren zur Erzeugung einer Barriereentladung in einer derartigen Vorrichtung vorgeschlagen werden.

**[0012]** Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, dass mindestens zwei der ersten Elektrode zugeordnete Entladungselemente aus elektrisch leitfähigem Material zumindest teilweise in den Reaktorraum hinein ragen, die Entladungselemente elektrisch gegeneinander und gegen die erste und zweite Elektrode isoliert sind und die zweite Elektrode derart zu den Entladungselementen angeordnet ist, dass Entladungen zwischen den Entladungselementen und der zweiten Elektrode in dem Reaktorraum entstehen.

**[0013]** Ein Verfahren zur Lösung der Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 15.

**[0014]** Die zumindest teilweise in den Reaktorraum hineinragenden Entladungselemente sind durch das Dielektrikum von der vorgeschalteten ersten Elektrode elektrisch getrennt.

**[0015]** Die zweite Elektrode, auch als Gegenelektrode bezeichnet, befindet sich vorzugsweise in dem bzw. an der Innenwand des Reaktorraums gegenüber den sich in den Reaktorraum erstreckenden Entladungselementen.

**[0016]** Die kapazitive Kopplung der Entladungselemente bewirkt eine gleichmäßige Verteilung der Filamente zwischen den Entladungselementen und der als Gegenelektrode geschalteten zweiten Elektrode. Die vollständige galvanische Entkopplung der Entladungselemente bewirkt, dass diese kapazitiv auf ein Niveau angehoben werden. Dies hat den Vorteil, dass die Gasentladung an einem der Entladungselemente das elektrische Potenzial des benachbarten Entladungselementes nicht verändert. In Folge dessen kann zum selben Zeitpunkt eine Gasentladung an mehreren Gasentladungselementen erfolgen.

**[0017]** Die zweite Elektrode ist derart zu den Entladungselementen angeordnet, dass Entladungen zwischen den Entladungselementen und der zweiten Elektrode in dem Reaktorraum entstehen. Die gleichzeitige Zündung ermöglicht es, einen Entladungsvorhang über den Querschnitt des Strömungswegs zu erzeugen, durch den der gesamte Gasstrom hindurchgeführt und dabei unmittelbar dem Plasma ausgesetzt wird.

**[0018]** Ein Vorteil der Anordnung besteht in der lokalen Anordnung der Filamente. Während bei einer planaren dielektrischen Barriere die Filamente von der gesamten Oberfläche (lokale Elektroden sind durch hohen Übergangswiderstand vom Nachbarelement getrennt) aus gezündet werden, können die Entladungsorte durch die Entladungselemente fokussiert werden.

**[0019]** Die kapazitive Kopplung der Entladungselemente an die erste Elektrode erfolgt vorzugsweise dadurch, dass die Entladungselemente an dem Dielektrikum angeordnet sind, das den Reaktorraum gegen die erste Elektrode abschirmt. Um die Gasentladung zwischen den Entladungselementen und der zweiten Elektrode zu begünstigen, sind die Entladungselemente vorzugsweise in Richtung der zweiten Elektrode ausgerichtet.

**[0020]** Die Entladung zwischen den Entladungselementen und der zweiten Elektrode kann weiter dadurch verbessert werden, dass zumindest der in den Reaktorraum hineinragende Teil der Entladungselemente stiftförmig ausgebildet ist, wobei die Stifte in dem Reaktorraum vorzugsweise in einer Spitze auslaufen. Hierdurch wird eine Konzentration bzw. Fokussierung der Ladung an dem freien Ende der Stifte bzw. deren Spitzen bewirkt. Zugleich werden die Leistungsaufnahme der Vorrichtung und der Ozonausstoß herabgesetzt.

**[0021]** Die stiftförmig ausgebildeten Entladungselemente ermöglichen eine gleichmäßige Verteilung der Gasentladungen in Richtung der zweiten Elektrode. Des Weiteren lässt sich der Abstand zwischen den freien Enden bzw. Spitzen der stiftförmigen Entladungselemente zu der zweiten Elektrode über die Stiftlänge bestimmen und dadurch die Homogenität der Entladung verbessern. Sofern die Entladungselemente als Biegeformteile bzw. Biegestanzteile ausgestaltet sind, lässt sich der Abstand zu der zweiten Elektrode und die Homogenität der Entladung durch deren Form und Anordnung verbessern.

**[0022]** Wenn die Entladungselemente teilweise in das Dielektrikum eingebettet sind, das den Reaktorraum gegen die erste Elektrode abschirmt, können die Gasentladungselemente beim Gießen des Dielektrikums mit diesem in einem Arbeitsgang verbunden werden. Insbesondere kann das Dielektrikum vollständig als Kunststoffspritzgussteil zum Beispiel aus PEEK, PA, PTFE, PE oder vergleichbaren Werkstoffen ausgeführt werden, wobei die Entladungselemente und/oder die erste und zweite Elektrode als Einlegeteil umspritzt werden.

**[0023]** Die Entladungselemente sowie die Elektroden bestehen aus leitfähigem Material, insbesondere Kupfer, Edelstahl oder anderen elektrisch gut leitenden Materialien. Die Entladungselemente können als Stanzteile oder Biegeformteile vorgefertigt werden.

**[0024]** Als Dielektrikum kommen je nach Herstellungsprozess Keramik, Glas, Kunststoff oder ein Verbundwerkstoff in Betracht.

**[0025]** Die zweite Elektrode wird konstruktiv vorteilhaft, insbesondere in Form einer Ringelektrode an der Innenfläche des Reaktorraums angeordnet. Zum Schutz der zweiten Elektrode vor negativen Einflüssen des Gasstroms in dem Reaktorraum, insbesondere vor Oxidation und Verschmutzung, ist es in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen, dass ein Dielektrikum den Reaktorraum auch gegen die zweite Elektrode abschirmt. Dabei kann es sich um dasselbe einstückig ausgebildete Dielektrikum handeln, das die erste Elektrode gegen den Reaktorraum abschirmt. Dieses einstückige Dielektrikum kann als Formteil einen Bestandteil des Strömungskanals bilden und zugleich die Plasma erzeugenden Komponenten aufnehmen.

**[0026]** Besonders effektiv und gezielt wird der den Reaktorraum durchströmende Gasstrom der Barriereentladung ausgesetzt, wenn zwischen der Einström- und Ausströmseite des Reaktorraums Gasführungsmittel angeordnet sind, die den Gasstrom in mehrere Teilströme aufteilen und jedem Teilstrom mindestens ein Entladungselement zugeordnet ist. Bevorzugte Gasführungsmittel umfassen mehrere, insbesondere konzentrisch zur Längsachse eines rohrförmigen Reaktorraums angeordnete Strömungskanäle. Die Entladungselemente sind entweder unmittelbar benachbart zu den Ausgängen der Strömungskanäle oder in den Strömungskanälen selbst angeordnet. Die Strömungskanäle weisen vorzugsweise sämtlich eine übereinstimmende Länge und Geometrie auf. Die Anordnung der Entladungselemente in Bezug zu den Ausgängen der Strömungskanäle bzw. innerhalb der Strömungskanäle stimmt ebenfalls vorzugsweise in sämtlichen Strömungskanälen überein.

**[0027]** Sofern die Entladungselemente benachbart zu den Ausgängen angeordnet sind, ist die zweite Elektrode vorzugsweise als ringförmige Elektrode angeordnet, die in Strömungsrichtung unmittelbar hinter den Ausgängen konzentrisch zu diesen angeordnet ist. Sofern die Entladungselemente innerhalb der Strömungskanäle angeordnet sind, ist die zweite Elektrode vorzugsweise mehrteilig ausgeführt und jeweils ein Teil der zweiten Elektrode in jedem Strömungskanal angeordnet. Jeder Teil der zweiten Elektrode muss gegen die Spannungsquelle geschaltet sein.

**[0028]** Um jeden Teilstrom möglichst wirksam dem Plasma auszusetzen sind in Draufsicht auf den Strömungsquerschnitt jedes Strömungskanals die zweite Elektrode und jedes Entladungselement gegenüberliegend angeordnet. Dabei ist es unschädlich, wenn die Entladungselemente und die zweite Elektrode in Rich-

tung des Strömungskanals geringfügig zueinander versetzt angeordnet sind. Insbesondere bei einem runden Strömungsquerschnitt der Strömungskanäle wird durch die in Bezug auf den Strömungsquerschnitt in Draufsicht gegenüberliegende Anordnung von Elektrode und Entladungselementen eine besonders gleichmäßige Ausbildung des Plasmas erreicht.

**[0029]** Eine besonders effektive Führung des Gasstroms in dem Reaktorraum wird dadurch erreicht, dass ein rohrförmiger Reaktorraum ein Formteil aufweist, insbesondere ein Kunststoffspritzgießteil. In dem Formteil sind die Strömungskanäle für das den Reaktorraum durchströmende Gas angeordnet, so dass dieses im Bereich der Strömungskanäle bei der Durchströmung des Reaktorraums von der Ein- zur Ausströmseite in eine der Anzahl der Strömungskanäle entsprechende Anzahl von Teilströmen aufgeteilt wird. Bevorzugt befinden sich sämtliche Auslässe der Strömungskanäle auf einem konzentrischen Kreis um die Längsachse des rohrförmigen Reaktorraums.

**[0030]** Ebenfalls konzentrisch zur Längsachse des rohrförmigen Reaktorraums ist benachbart zu jedem Auslass mindestens ein Entladungselement angeordnet. Die Entladungselemente befinden sich vorzugsweise auf einem konzentrischen Kreis mit kleinerem Durchmesser als der konzentrische Kreis, auf dem sich die Auslässe der Strömungskanäle befinden.

**[0031]** Die zweite Elektrode umgibt sämtliche Auslässe der Strömungskanäle unmittelbar in Strömungsrichtung hinter den Auslässen, so dass sich die Entladungen zwischen den Entladungselementen und der zweiten Elektrode als Entladungsvorhänge vor den Auslässen der Strömungskanäle ausbilden.

**[0032]** Nachfolgend wird die Erfindung von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

**[0033]** **Fig. 1** eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom,

**[0034]** **Fig. 2a** der Aufbau einer erfindungsgemäße Vorrichtung für den Einbau in eine Gasleitung im Schnitt,

**[0035]** **Fig. 2b** die Vorrichtung nach **Fig. 1** in Seitenansicht,

**[0036]** **Fig. 3a** ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung als Unterbauvariante in Seitenansicht sowie

**[0037]** **Fig. 3b** als Schnittdarstellung längs der Linie A-A nach **Fig. 3a**.

**[0038]** **Fig. 1** zeigt eine Vorrichtung (**1**) zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom (**2**), der durch einen Reaktorraum (**3**) von einer Einströmseite (**3a**) zu einer Ausströmseite (**3b**) geführt wird.

**[0039]** Der Reaktorraum wird an seiner Unterseite durch ein flächiges Dielektrikum (**5**) begrenzt, das den Reaktorraum gegen die an dessen Unterseite angebrachte plattenförmige erste Elektrode (**4a**) abschirmt.

**[0040]** Auf der Oberseite wird der Reaktorraum (**3**) durch ein weiteres Dielektrikum (**6**) begrenzt, das den Reaktorraum (**3**) auch gegen die zweite plattenförmige Elektrode (**4b**) abschirmt. Das zweite Dielektrikum (**6**) dient dem Schutz der zweiten Elektrode (**4b**) gegen Verunreinigungen. Grundsätzlich kann daher die Vorrichtung (**1**) auch ohne das zweite Dielektrikum (**6**) ausgeführt werden.

**[0041]** Seitlich wird der Reaktorraum durch in der Schnittdarstellung nach **Fig. 1** nicht dargestellte Seitenwände geschlossen. Gleichmäßig über die Oberfläche der plattenförmigen ersten Elektrode (**4a**) sind mehrere Reihen von jeweils zehn stiftförmigen Entladungselementen (**7**) angeordnet. Die stiftförmigen Entladungselemente (**7**) sind teilweise in das Dielektrikum (**5**) eingebettet und ragen teilweise in den Reaktorraum (**3**) hinein. Dabei sind die stiftförmigen Entladungselemente (**7**) in Richtung der zweiten Elektrode (**4b**) ausgerichtet.

**[0042]** Die erste und zweite Elektrode (**4a**, **4b**) sind gegen eine Spannungsquelle (**8**) geschaltet, die eine Wechselspannung oder gepulste Gleichspannung zwischen 1 kV bis 20 kV in einem Frequenzbereich von 50 Hz–500 kHz erzeugt. Die stiftförmigen Entladungselemente (**7**) sind indes durch das Dielektrikum (**5**), das insbesondere aus Kunststoff besteht, elektrisch gegeneinander und gegen die erste und zweite Elektrode (**4a**, **4b**) isoliert.

[0043] Zwischen den auf die zweite Elektrode (4b) ausgerichteten Entladungselementen (7) und der zweiten Elektrode (4b) entstehen Entladungen, durch die der Gasstrom (2) hindurchgeführt wird. Aufgrund der auf den Strömungsquerschnitt des Reaktorraums (3) abgestimmten Anordnung der Entladungselemente (7) sowie der zweiten Elektrode (4b) wird der Gasstrom (2) vollständig kurzzeitig in das Plasma überführt. Die dielektrische Barriere in Form des Dielektrikums (5) bewirkt, dass sämtliche stiftförmigen Entladungselemente (7) auf ein Ladungsniveau angehoben werden. Eine Gasentladung an der Spitze eines der Entladungselemente (7) verändert nicht das elektrische Potenzial benachbarter stiftförmiger Entladungselemente (7), so dass zeitgleich Gasentladungen an mehreren Entladungselementen (7) erfolgen können.

[0044] Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einbau in eine Rohrleitung, die von dem Gasstrom (2) durchströmt wird. Der Gasstrom (2) strömt an der Einströmseite (3a) in die Vorrichtung (1) ein und strömt nach der Plasmabehandlung an der Ausströmseite (3b) aus der Vorrichtung (1) aus. Die Vorrichtung (1) ist beispielsweise durch Flansche mit der nicht dargestellten Rohrleitung an der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) verbindbar. Sie lässt sich daher insbesondere für Reinigungszwecke rasch und unproblematisch austauschen. Der Reaktorraum (3) wird von einem hohlzylindrischen Rohr (9) mit auf der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) kreiszylindrischem Strömungsquerschnitt begrenzt.

[0045] Zwischen der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) ist ein Formteil (11) quer zur Strömungsrichtung des Gasstroms (2) in den Reaktorraum (3) angeordnet. Konzentrisch zur Längsachse (15) der Vorrichtung (1) sind insgesamt 14 Strömungskanäle (12) in dem Formteil (11) angeordnet, die den Gasstrom (2) in dem durch die Länge der Strömungskanäle (12) definierten Abschnitt des Reaktorraums (3) in mehrere Teilströme (13) aufteilen. In dem von den Strömungskanälen (12) umgebenen mittleren Bereich des Formteils (11) ist in Richtung der Einströmseite (3a) des Reaktorraums (3) eine plattenförmige erste Elektrode (4a) angeordnet. Die Längsachse (15) der Vorrichtung (1) verläuft durch den Mittelpunkt der ersten Elektrode (4a). Die erste Elektrode (4a) ist in einem zylindrischen Sackloch (16) in dem Formteil (11) eingelassen. Unmittelbar benachbart zu den Ausgängen (17) jedes Strömungskanals (12) ist jeweils ein stiftförmiges Entladungselement (7) in dem Formteil (11) angeordnet. Ein Abschnitt jedes stiftförmigen Entladungselementes (7) ist in das Formteil (11) aus dielektrischem Material eingebettet, während der verbleibende Abschnitt (7a) in den Reaktorraum (3) hineinragt. Der in den Reaktorraum (3) hineinragende Abschnitt (7a) ist in Fig. 1 erkennbar. Die stiftförmigen Entladungselemente (7) sind achsparallel und konzentrisch zur Längsachse (15) in das Formteil (11) eingelassen. Die zweite Elektrode (4b) ist als Ringelektrode ausgebildet und liegt an der Innenfläche des Rohres (9) an der Ausströmseite (3b) an.

[0046] In der Draufsicht auf den durch die Ausgänge (17) jedes Strömungskanals (12) definierten Strömungsquerschnitt der Strömungskanäle (12) sind die zweite Elektrode (4b) und das jeweils zugeordnete Entladungselement (7, 7a) auf gegenüberliegenden Seiten des Strömungskanals (12) angeordnet, wobei zwischen jedem in den Reaktorraum (3) hineinragende Abschnitt (7a) des Entladungselementes (7) und der ringförmigen zweiten Elektrode (4b) in Achsrichtung (15) ein geringfügiger Versatz besteht, der jedoch unschädlich für die Ausbildung der Entladungen (18) zwischen jedem Entladungselement (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) ist.

[0047] Die aus dielektrischem Material bestehende Bodenfläche des Sacklochs (16) schirmt den Reaktorraum (3) gegen die erste Elektrode (4a) in dem Sackloch (16) ab. Vorzugsweise wird auch der entgegen der Strömungsrichtung in dem Sackloch (16) befindliche Totraum mit dielektrischem Material gefüllt.

[0048] Aus der Seitenansicht nach Fig. 2b ist erkennbar, dass sich vor jedem Auslass die Entladungen (18) ähnlich einem Entladungsvorhang zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der die Ausgänge (17) umgebenden zweiten Elektrode (4b) ausbilden. In Folge dessen werden die Teilströme (13) des Gasstroms (2) durch die als Gasführungsmittel wirkenden Strömungskanäle (12) durch das Plasma hindurchgeführt. Hierdurch wird der gesamte Gasstrom (2) dem Plasma unmittelbar ausgesetzt.

[0049] Fig. 3a, Fig. 3b zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung (1), die als Unterbaugerät ausgeführt ist. Das den Reaktorraum (3) umfassende Gehäuse ist von unten an einer Platte, beispielsweise einer Tischplatte durch Schrauben oder Klipse befestigbar. An der Einströmseite (3a) des Reaktorraums (3) befindet sich ein ausreichend dimensionierter Freiraum (20), der einen elektrisch betriebenen, lediglich angedeuteten Lüfter (21) aufnimmt, dessen Lüfterrad um eine nicht dargestellte, in der Darstellung vertikale Achse rotiert. Der Lüfter (21) erzwingt den Gasstrom der Luft von der Einströmseite (3a) in Richtung der Ausströmseite (3b) durch den Reaktorraum (3).

[0050] Von der Seitenwand des Freiraums (20) erstrecken sich insgesamt drei Strömungskanäle (12) in Richtung der Ausströmseite (3b) des Reaktorraums (3), die wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2a, Fig. 2b

den Gasstrom (2) in mehrere Teilströme (13) aufteilen. Oberhalb der Ausgänge (17) sind in dem Gehäuse (19) der Vorrichtung (1) drei stiftförmige Entladungselemente (7) angeordnet, deren Abschnitte (7a) unmittelbar benachbart oberhalb der Ausgänge (17) in den Reaktorraum (3) hineinragen.

[0051] Das Dielektrikum (5) in Form des Gehäuses (19) aus dielektrischem Material schirmt die eingebettete erste Elektrode (4a) gegen den Reaktorraum (3) ab. Unterhalb der Ausgänge (17) befindet sich in Strömungsrichtung hinter den Ausgängen (17) die zweite Elektrode (4b), die als plattenförmige Elektrode ausgestaltet ist.

[0052] Wie insbesondere aus Fig. 3a erkennbar erstreckt sich die plattenförmige zweite Elektrode (4b) über die gesamte Breite des Reaktorraums (3) an der Ausströmseite (3b). Des Weiteren ist aus Fig. 3a erkennbar, dass in Draufsicht auf die Strömungsquerschnitte der Strömungskanäle (12) die zweite Elektrode (4b) und die drei Entladungselemente (7, 7a) auf gegenüberliegenden Seiten der Strömungskanäle (12) angeordnet sind. Durch diese Anordnung der zweiten Elektrode zu den Entladungselementen (7, 7a) ist sichergestellt, dass sich die Entladungen (18) vorhangartig zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) ausbilden und der gesamte in Teilströme (13) aufgeteilte Gasstrom (2) durch das Plasma hindurchgeführt wird.

[0053] Der gereinigte Gasstrom (2) verlässt an der Ausströmseite (3b) die Vorrichtung (1).

#### Bezugszeichenliste

Nr.	Bezeichnung
1	Vorrichtung
2	Gasstrom
3	Reaktorraum
3a	Einströmseite
3b	Ausströmseite
4a	erste Elektrode
4b	zweite Elektrode
5	Dielektrikum
6	Dielektrikum
7	Entladungselemente
7a	Abschnitt Entladungselement
8	Spannungsquelle
9	Rohr
10	
11	Formteil
12	Strömungskanäle
13	Teilstrom
14	
15	Längsachse
16	Sackloch
17	Ausgängen
18	Entladungen (Plasma)
19	Gehäuse
20	Freiraum
21	Lüfter

### Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom (2) umfassend
  - einen Reaktorraum (3), der von einer Einströmseite (3a) zu einer Ausströmseite (3b) von dem Gas durchströmbar ist,
  - eine erste Elektrode (4a),
  - ein Dielektrikum (5), das den Reaktorraum (3) zumindest gegen die erste Elektrode (4a) abschirmt, und
  - eine zweite Elektrode (4b), wobei die zweite und die erste Elektrode (4b, 4a) gegen eine Spannungsquelle (8) schaltbar sind,**dadurch gekennzeichnet**, dass
  - mindestens zwei der ersten Elektrode (4a) zugeordnete Entladungselemente (7, 7a) aus elektrisch leitfähigem Material zumindest teilweise in den Reaktorraum (3) hinein ragen,
  - die Entladungselemente (7, 7a) elektrisch gegeneinander und gegen die erste und zweite Elektrode (4a, 4b) isoliert sind,
  - die zweite Elektrode (4b) derart zu den Entladungselementen (7, 7a) angeordnet ist, dass Entladungen (18) zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) in dem Reaktorraum (3) entstehen, und
  - zwischen der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) des Reaktorraums (3) angeordnete Gasführungsmittel (12) den Gasstrom (2) in mehrere Teilströme (13) aufteilen und jedem Teilstrom (13) mindestens ein Entladungselement (7, 7a) zugeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Entladungselemente (7, 7a) an dem Dielektrikum (5) angeordnet sind, das den Reaktorraum (3) gegen die erste Elektrode (4a) abschirmt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Entladungselemente (7, 7a) in Richtung der zweiten Elektrode (4b) ausgerichtet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entladungselemente (7, 7a) teilweise in das Dielektrikum (5) eingebettet sind, das den Reaktorraum (3) gegen die erste Elektrode (4a) abschirmt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei zumindest der in den Reaktorraum (3) hinein ragende Abschnitt (7a) der Entladungselemente (7) stiftförmig ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Entladungselemente (7, 7a) in dem Reaktorraum (3) in einer Spitze oder Kante auslaufen.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Dielektrikum, das den Reaktorraum (3) gegen die erste und oder zweite Elektrode (4a, 4b) abschirmt, als Gussteil ausgeführt ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die erste Elektrode (4a) an dem Dielektrikum (5) befestigt oder unmittelbar benachbart dazu angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die zweite Elektrode (4b) an einer Innenfläche des Reaktorraums (3) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein Dielektrikum (6) den Reaktorraum (3) auch gegen die zweite Elektrode (4b) abschirmt.
11. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Gasführungsmittel mehrere, insbesondere konzentrisch zur Längsachse (15) eines rohrförmigen Reaktorraums (3) angeordnete, Strömungskanäle (12) umfassen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei in Draufsicht auf den Strömungsquerschnitt jedes Strömungskanals (12) die zweite Elektrode (4b) und jedes Entladungselement (7, 7a) auf gegenüberliegenden Seiten des Strömungskanals (12) angeordnet sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei je ein Entladungselement (7, 7a) unmittelbar benachbart zu einem Ausgang (17) des jeweils zugeordneten Strömungskanals (12) ist oder die Entladungselemente (7, 7a) in den Strömungskanälen (12) selbst angeordnet sind,



wobei die zweite Elektrode (4b) derart zu den Entladungselementen (7, 7a) angeordnet ist, dass die Entladungen (18) einen Entladungsvorhang zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der die Ausgänge (17) umgebenden zweiten Elektrode (4b) ausbilden,

wobei die Strömungskanäle (12) vorzugsweise sämtlich eine übereinstimmende Länge und Geometrie aufweisen und/oder die Anordnung der Entladungselemente (7, 7a) in Bezug zu den Ausgängen der Strömungskanäle (12) und/oder innerhalb der Strömungskanäle (12) ebenfalls vorzugsweise in sämtlichen Strömungskanälen (12) übereinstimmt.

14. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei ein elektrisch betriebener Lüfter (21) in einem Freiraum (20) an der Einströmseite (3a) des Reaktorraums (3) angeordnet ist, wobei der Lüfter (21) den Gasstrom (2) von der Einströmseite (3a) in Richtung der Ausströmseite (3b) durch den Reaktorraum (3) zwingt.

15. Verfahren zur Erzeugung einer Barriereentladung in einem Gasstrom (2), der durch einen Reaktorraum (3) von einer Einströmseite (3a) zu einer Ausströmseite (3b) geführt wird, wobei der Reaktorraum (3) eine erste Elektrode (4a), ein Dielektrikum (5), das den Reaktorraum (3) gegen die erste Elektrode (4a) abschirmt, und eine zweite Elektrode (4b) umfasst,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

– zumindest die erste Elektrode (4a) kapazitiv mit mindestens zwei der ersten Elektrode (4a) zugeordneten Entladungselementen (7, 7a) aus elektrisch leitfähigem Material, die zumindest teilweise in den Reaktorraum (3) hinein ragen, gekoppelt wird,

– Entladungen (18) zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) erzeugt werden, indem die zweite und die erste Elektrode (4a, 4b) gegen eine Spannungsquelle (8) geschaltet und die Entladungselemente (7, 7a) elektrisch gegeneinander und gegen die erste und zweite Elektrode (4a, 4b) isoliert werden, und

– der Gasstrom (2) in dem Reaktorraum (3) mit Hilfe von zwischen der Einström- und Ausströmseite (3a, 3b) des Reaktorraums (3) angeordneten Gasführungsmitteln (12) in mehrere Teilströme (13) aufgeteilt und zwangsweise durch die Entladungen (18) zwischen den Entladungselementen (7, 7a) und der zweiten Elektrode (4b) in dem Reaktorraum (3) hindurchgeführt wird,

– wobei jedem Teilstrom (13) mindestens ein Entladungselement (7, 7a) zugeordnet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

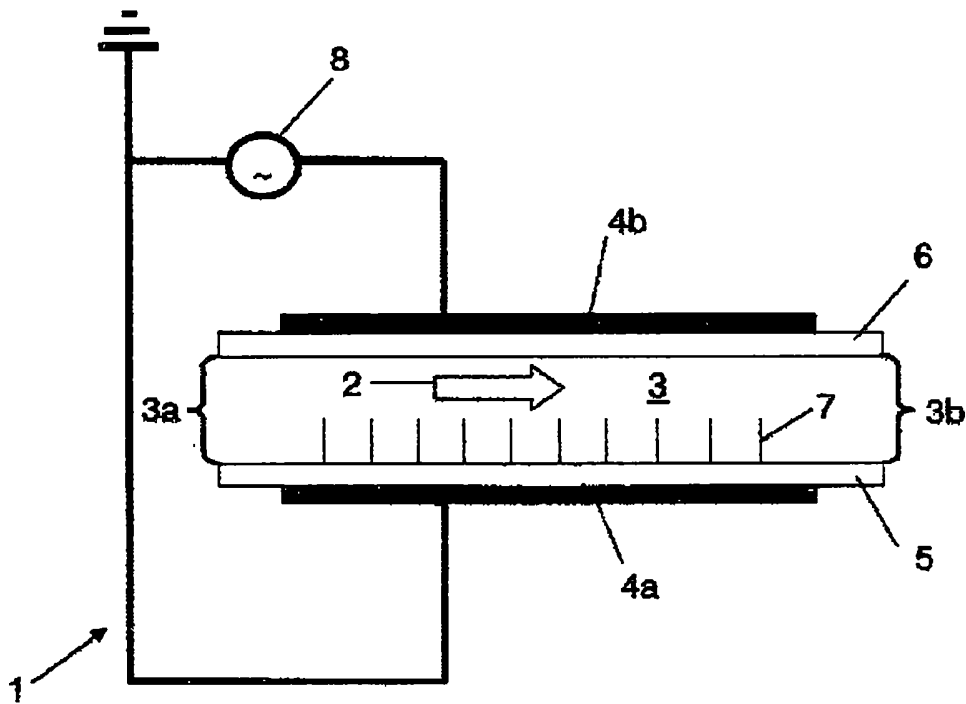


Fig. 1

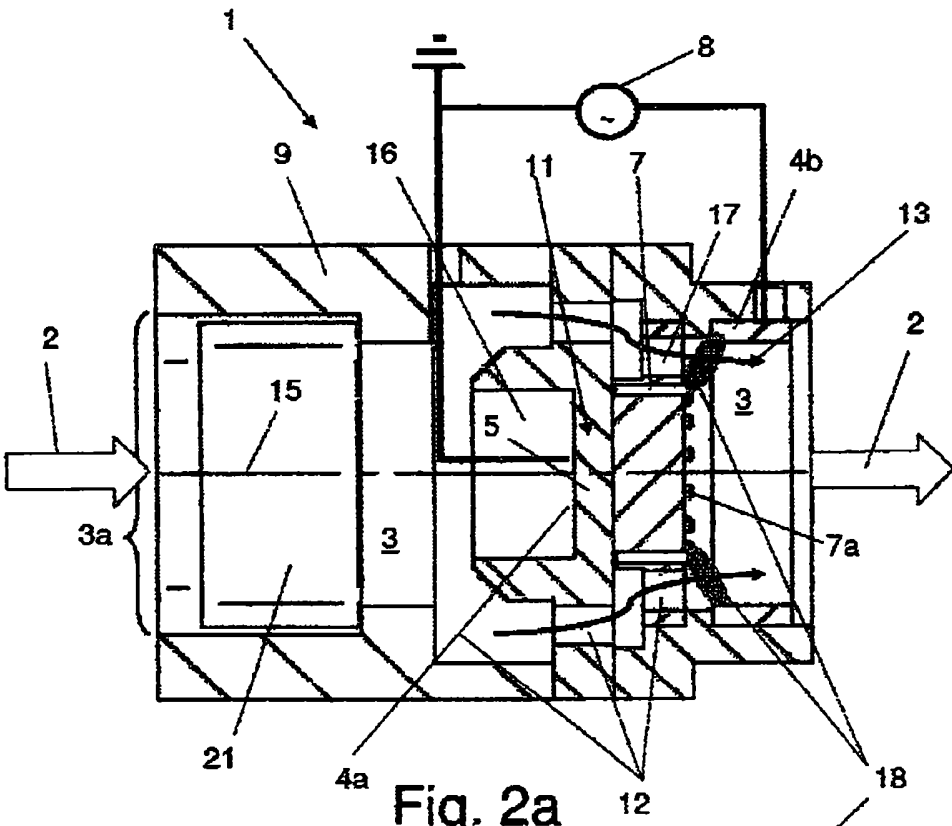


Fig. 2a

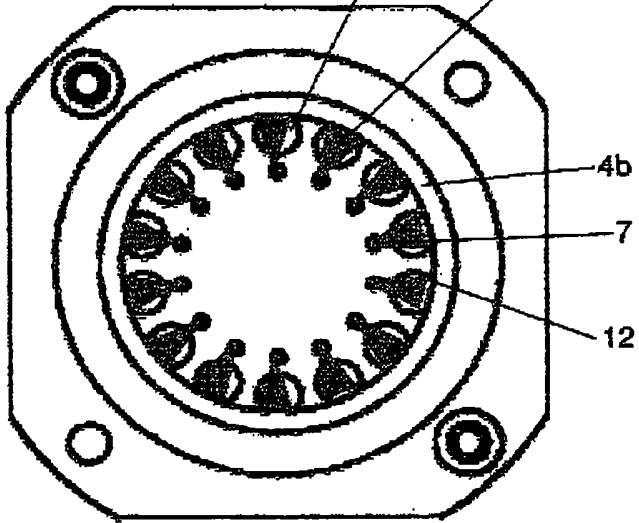


Fig. 2b

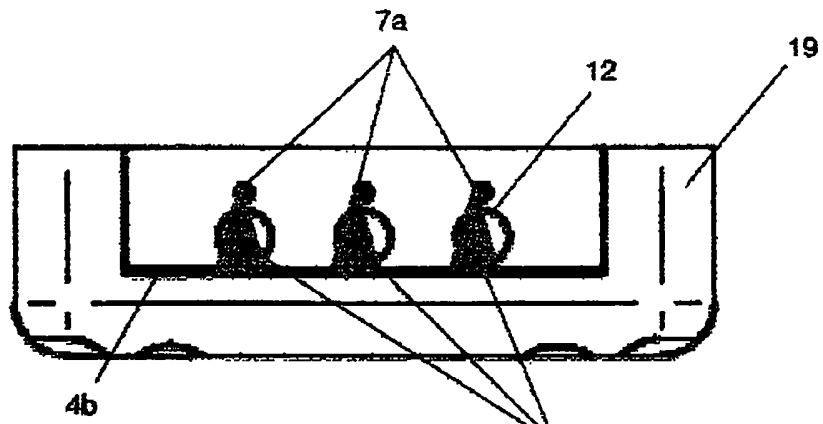


Fig. 3a

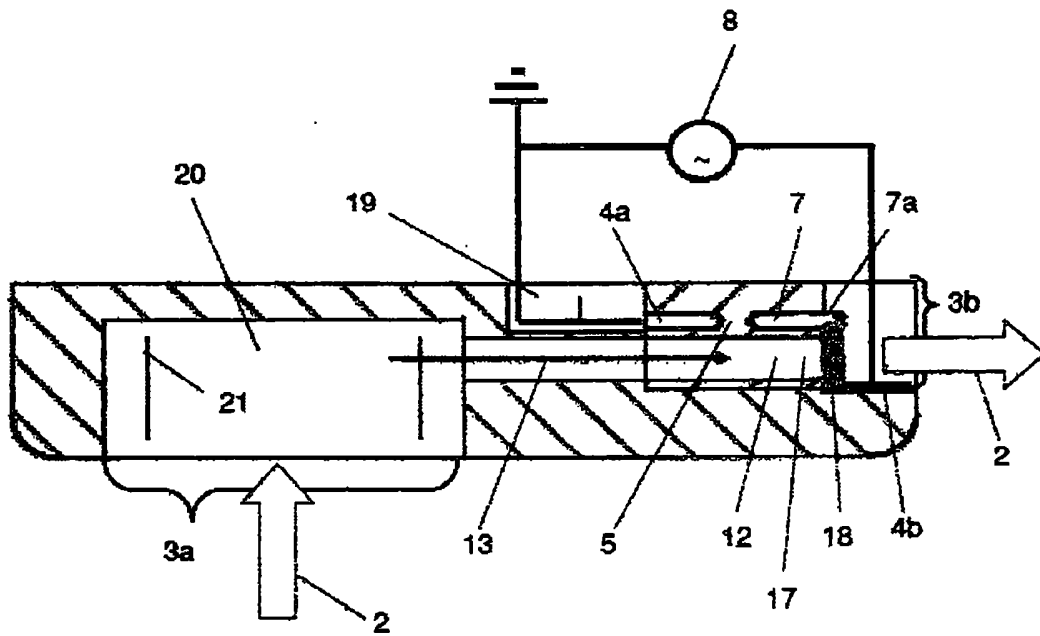


Fig. 3b