(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 529 601 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.03.2015 Patentblatt 2015/11

(21) Anmeldenummer: **11704740.7**

(22) Anmeldetag: **28.01.2011**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/051234

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/092298 (04.08.2011 Gazette 2011/31)

(54) **MINIATURISIERBARE PLASMAQUELLE**

MINIATURIZABLE PLASMA SOURCE

SOURCE DE PLASMA MINIATURISABLE

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

(30) Priorität: **29.01.2010 DE 102010001395**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.12.2012 Patentblatt 2012/49

(73) Patentinhaber: **Forschungsverbund Berlin E.V.**
12489 Berlin (DE)

(72) Erfinder:
- **KUEHN, Silvio**
  16348 Wandlitz (DE)
- **GESCHE, Roland**
  63500 Seligenstadt (DE)
- **PORTEANU, Horia-Eugen**
  13055 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Gulde & Partner**
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mbB
Wallstraße 58/59
10179 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 4 337 119
US-A1- 2006 266 637
US-A1- 2008 078 745

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 529 601 B1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine miniaturisierbare Plasmaquelle und deren Verwendung.

Stand der Technik

[0002] Plasma, d.h. wenigstens teilweise ionisiertes Gas, kann in einer Vielzahl von technischen Anwendungen verwendet werden wie beispielsweise Oberflächenbeschichtung, Oberflächenaktivierung, Sterilisation, Ätzverfahren und dergleichen mehr. Übliche Plasmaquellen sind jedoch teuer, groß, arbeiten bei niedrigen Gasdrücken und weisen eine hohe Leistungsaufnahme auf. Es besteht daher Bedarf an einer kostengünstigen miniaturisierbaren Plasmaquelle, welche bei atmosphärischem Druck und niedriger Leistungsaufnahme arbeitet.

Zusammenfassung der Erfindung

[0003] Die Erfindung führt daher eine Plasmaquelle mit einem Oszillator, welcher ein aktives Element und einen mit dem aktiven Element verbundenen Resonator besitzt, ein. Der Resonator weist einen Hohlkörper, einen Gaseinlass, einen an einem distalen Ende des Hohlkörpers um eine Längsachse des Hohlkörpers angeordneten Gasauslass und eine entlang der Längsachse des Hohlkörpers angeordnete Spule mit einer effektiven Länge von einem Viertel einer Wellenlänge bei einer Resonanzfrequenz des Resonators auf. Ein distales Ende der Spule ist relativ zum Gasauslass so angeordnet, dass sich eine Plasmastrecke zwischen dem als eine erste Plasmaelektrode fungierenden distalen Ende der Spule und dem als eine zweite Plasmaelektrode fungierenden Gasauslass des Hohlkörpers ausbilden kann. Erfindungsgemäß ist die Spule an einem proximalen Ende des Hohlkörpers aus dem Inneren des Hohlkörpers durch eine elektrisch kontaktfreie Durchführung herausgeführt, wobei "elektrisch kontaktfrei" bedeutet, dass im Bereich der Durchführung keine leitende Verbindung zwischen der Spule und dem Hohlkörper besteht. Ein proximales Ende der Spule kontaktiert den Hohlkörper an dessen Außenseite. Die Spule ist an einem zwischen dem proximalen Ende der Spule und der Durchführung gelegenen ersten Kontaktbereich mit einem ersten Tor des aktiven Elementes und an einem zwischen dem proximalen Ende der Spule und der Durchführung gelegenen zweiten Kontaktbereich mit einem zweiten Tor des aktiven Elementes gekoppelt. Der erste Kontaktbereich und der zweite Kontaktbereich sind dabei räumlich nicht identisch. Das erste Tor kann ein Ausgang des als Verstärker wirkenden aktiven Elementes und das zweite Tor ein Eingang des aktiven Elementes sein.

[0004] Die Plasmaquelle der Erfindung kann miniaturisiert und somit als tragbares Gerät ausgeführt werden. Indem das Plasma selbst im elektrischen Ersatzschaltbild Teil des Oszillators ist, wird ein sehr einfacher Aufbau der Plasmaquelle möglich. Das Plasma wirkt nach Zündung als Last und bestimmt die Resonanzeigenschaften des Resonators und des gesamten Schwingkreises mit. In Resonanz ohne gezündetes Plasma ist die Auskopplung aus dem Resonator über den zweiten Kontaktbereich zum zweiten Tor des aktiven Elementes hoch, so dass die Anordnung der Schaltungstopologie eines rückgekoppelten Verstärkers entspricht und zuverlässig anschwingt. Die Schwingung des rückgekoppelten Verstärkers erzeugt eine Feldstärke im Resonator, die für die Zündung des Plasmas benötigt wird. Dementsprechend wird das Plasma bei Erreichen einer von den jeweiligen Umständen wie Art des Gases etc. abhängigen Leistung gezündet.

[0005] Die Plasmaquelle der Erfindung bietet den zusätzlichen Vorteil, dass ein einfacher mechanischer Aufbau des Resonators möglich wird. Indem die Spule elektrisch kontaktfrei aus dem Hohlkörper nach außen geführt wird, kann sie außerhalb des Hohlkörpers mit einfachen Mitteln wie z.B. Micro-Strip-Leitungen realisiert werden, welche kostengünstig herstellbar sind. Der Resonator braucht außer der Spule im Inneren des Hohlkörpers keine weiteren Elemente aufzuweisen.

[0006] Der erste Kontaktbereich kann mit dem ersten Tor des aktiven Elementes über einen ersten Kondensator gekoppelt sein. Der erste Kondensator blockt nicht nur eine für die Arbeitspunkteinstellung des aktiven Elementes eventuell vorhandene Gleichspannung, sondern trägt auch zur Resonanz bei, was das Anschwingen des Oszillators vereinfacht. Es handelt sich daher bei dieser bevorzugten Ausführung um einen gekoppelten mehrkreisigen Schwingkreis.

[0007] Die Spule kann an dem zweiten Kontaktbereich mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes induktiv gekoppelt sein. Diese Ausführungsvariante bietet den Vorteil, dass die Signalrückkopplung auf das zweite Tor des aktiven Elementes automatisch beendet wird, wenn das Plasma zündet, da dann die gesamte vom aktiven Element in den Resonator eingekoppelte Wirkleistung für die Anregung des Plasmas verwendet wird und der Strom in der Spule im zweiten Kontaktbereich Null oder wenigstens näherungsweise Null wird, so dass kein für die induktive Kopplung benötigtes Magnetfeld mehr erzeugt wird.

[0008] Dabei kann die Plasmaquelle eine Rückkopplungsleitung aufweisen, welche in dem zweiten Kontaktbereich entlang der Spule und zu dieser beabstandet angeordnet und ausgebildet ist, die Spule induktiv mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes zu koppeln. Die Spule ist bevorzugt in dem außerhalb des Hohlkörpers gelegenen Teil nicht aufgewickelt, also als einfacher Leiter ausgeführt, so dass die Spule und die Rückkopplungsleitung einfach aneinander entlang geführt werden können.

[0009] Die Rückkopplungsleitung kontaktiert bevorzugt den Hohlkörper an dessen Außenseite.

[0010] Die Rückkopplungsleitung kann mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes über einen zweiten Kon-

densator gekoppelt sein.

[0011] Besonders bevorzugt ist die Spule zwischen der Durchführung und dem proximalen Ende der Spule als Micro-Strip-Leitung ausgeführt. Auch die Rückkopplungsleitung kann als Micro-Strip-Leitung ausgeführt sein.

[0012] Bevorzugt sind das erste Tor des aktiven Elementes mit einem ersten Anpassungsnetzwerk und das zweite Tor des aktiven Elementes mit einem zweiten Anpassungsnetzwerk verbunden. Dadurch kann die Leistungsübertragung zwischen den einzelnen Komponenten der Anordnung optimiert werden.

[0013] Das erste Anpassungsnetzwerk kann einen ersten veränderlichen Kondensator und das zweite Anpassungsnetzwerk einen zweiten veränderlichen Kondensator aufweisen. Diese Ausführungsvariante bietet den Vorteil, dass eine Justierung der Anpassung im Betrieb vorgenommen werden kann.

[0014] Die Plasmaquelle kann eine mit dem ersten Tor des aktiven Elementes verbundene erste Gleichstromzuführung und eine mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes verbundene zweite Gleichstromzuführung besitzen. Hierüber lässt sich der Arbeitspunkt des aktiven Elementes frei einstellen, wobei aufgrund des ersten und des zweiten Kondensators keine Einwirkung auf den Resonator besteht, dieser also seine Eigenschaften bei Änderung des Arbeitspunktes des aktiven Elementes nicht ändert.

[0015] Das aktive Element weist bevorzugt einen GaN-Transistor auf oder ist ein GaN-Transistor. GaN-Transistoren können die für den Betrieb einer Plasmaquelle benötigte Leistung auch bei hohen Schwingfrequenzen im Gigahertzbereich zur Verfügung stellen. Hierbei kann das zweite Tor des aktiven Elementes das Gate des GaN-Transistors sein.

[0016] Der GaN-Transistor ist bevorzugt in Source-Schaltung geschaltet. Dabei kann das erste Tor des aktiven Elementes die Drain des GaN-Transistors sein.

[0017] Der Hohlkörper des Resonators kann zylinderförmig ausgebildet sein. Dadurch entsteht eine Hohlleiterstruktur um die vorzugsweise entlang der Achse des Resonators ausgeführte Spule, welche besonders gute Resonanzeigenschaften besitzt.

[0018] Die Plasmaquelle kann eine mit dem Gaseinlass verbundene Gaszuführung, welche ausgebildet ist, ein Plasmagas durch den Gaseinlass in den Hohlkörper des Resonators zu pumpen, aufweisen. Durch das Pumpen von Plasmagas in den Hohlkörper des Resonators wird bei gezündetem Plasma ein kontinuierlicher Strom von Plasma aus dem Gasauslass des Resonators bewirkt, welches für eine Vielzahl von Anwendungen verwendet werden kann. Wird die Plasmaquelle beispielsweise mit einem Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch wie Luft betrieben, entstehen im Plasma Stickoxid und Ozon, wobei das Verhältnis zwischen Stickoxid und Ozon über das Verhältnis von Stickstoff und Sauerstoff beeinflusst werden kann. Dabei ist es auch möglich, nur entweder Ozon oder Stickoxid zu erzeugen. Ozon kann vorteilhaft für die Abtötung von Keimen verwendet werden, Stickoxid verbessert die Wundheilung.

[0019] Der Oszillator der Erfindung fungiert bei gezündetem Plasma bevorzugt als Reflexions-Oszillator. Abhängig vom Zustand des Plasmas (gezündet / nicht gezündet), kann das aktive Element in unterschiedlichen Betriebsarten betrieben werden wie z.B. Klasse A-, AB-, B- oder C-Betrieb.

[0020] Ein zweiter Erfindungsaspekt betrifft die Verwendung einer Plasmaquelle nach dem ersten Erfindungsaspekt für die Aktivierung, Reinigung, Sterilisation und Beschichtung von Oberflächen, zum Ätzen und zur Reinigung von Wasser und Abgasen.

[0021] Eine VHF-Plasmaquelle zur Erzeugung von Gasentladungen für Oberflächenbearbeitung wird in Dokument DE 4 337 119 A offenbart.

Kurzbeschreibung der Abbildungen

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Abbildungen von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Plasmaquelle;

Fig. 2 in zwei Unterabbildungen unterschiedliche Betriebszustände der erfindungsgemäßen Plasmaquelle;

Fig. 3 ein Schaltbild eine bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Plasmaquelle; und

Fig. 4 einen vergrößerten Ausschnitt des Schaltbildes von Fig. 3.

Ausführliche Beschreibung der Abbildungen

[0023] Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Plasmaquelle. Die erfindungsgemäße Plasmaquelle weist eine Oszillatorstruktur auf. Ein Ausgang eines aktiven Bauelementes 1, welches die für eine stabile Oszillation benötigte elektrische Verstärkung bereitstellt, ist über ein erstes Anpassungsnetzwerk 5 mit einem Resonator 2 verbunden. Der Resonator 2 besitzt die Aufgabe, die notwendige Zündfeldstärke zu erzeugen und die Frequenz der Oszillation festzulegen. Der Resonator 2 ist seinerseits wiederum über ein zweites Anpassungsnetzwerk 4 mit einem Eingang des aktiven Bauelementes 1 verbunden, so dass eine Rückkopplung entsteht. Der Resonator 2 bildet gleichzeitig die Plasmakammer der Plasmaquelle, wobei eine Ausführung bevorzugt wird, bei der ein Gas für die Erzeugung des Plasmas durch den Resonator 2 geleitet wird, welches so fortlaufend durch die Schwingung des Oszillators bei einem genügend hohen E-Feld gezündet wird. Das gezündete Plasma 3 beeinflusst die elektrischen Eigenschaften des Resonators 2 und wirkt auf Aus- und Eingang

des Resonators 2 zurück, weshalb es als Teil des Ersatzschaltbildes der Plasmaquelle dargestellt ist.

[0024] Fig. 2 zeigt in zwei Unterabbildungen unterschiedliche Betriebszustände der erfindungsgemäßen Plasmaquelle. In Fig. 2A ist der Zustand der Plasmaquelle vor Zündung des Gases und in Fig. 2B bei gezündetem Gas dargestellt. Im Leerlaufbetrieb, also im Zustand ohne gezündetes Gas, besitzt der Oszillator die Schaltungstopologie eines rückgekoppelten Verstärkers mit stark fehlangepasster Last. Das heißt, die Impedanz zum Resonator 2 hin besitzt einen großen Blindanteil und die zwischen dem ersten Anpassungsnetzwerk 5 und dem Resonator 2 übertragene komplexe Leistung P_1 ist ebenfalls sehr blind, d.h., ihr Imaginäranteil ist groß. Von der wenigen eingetragenen Wirkleistung $Re(P_1)$ wird ein großer Anteil in das gut angepasste zweite Anpassungsnetzwerk 4 gegeben, P_2 besitzt daher einen verhältnismäßig großen Realteil. Die Differenz $Re(P_2) - Re(P_1)$ wird durch die Verluste des Resonators 2 in Wärme umgesetzt, erzeugt aber auch die nötige Feldstärke im Resonator 2, um das Plasma 3 zu zünden. Mit der Plasmazündung (Fig. 2B) ändert sich die Impedanz Z mit großem Imaginärteil in einen überwiegend realen Widerstand. Die übertragene Leistung P_1 ist jetzt reell und stellt somit eine Wirkleistung dar. Die Leistung P_2 wird dagegen sehr blind und ein ausgeprägter Wirkleistungstransport vom Resonatorausgang zum Eingang des aktiven Bauelementes 1 fehlt nun. Der Oszillator arbeitet somit im Betriebszustand mit gezündetem Plasma als eine Art Reflexionsoszillator, wobei die reflektierende Last durch den Ausgang des Resonators 2 dargestellt wird und der Eingang des aktiven Bauelementes 1 die benötigte negative Impedanz anbietet. Der Eingang des Resonators 2 ist hingegen gut angepasst.

[0025] Fig. 3 zeigt ein Schaltbild eine bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Plasmaquelle. Die Gleichspannungen an Ein- und Ausgang des aktiven Bauelementes 1 kann von Spannungsquellen 14 und 15 über Abkoppelwiderstände 12 und 13 vorgegeben und somit der Arbeitspunkt des aktiven Bauelementes 1 eingestellt werden. Auf beiden Seiten des aktiven Bauelementes 1 sind bevorzugt Kondensatoren 10 und 11 mit einstellbarer Kapazität zwischen Ein- bzw. Ausgang des aktiven Bauelementes 1 und Masse geschaltet, welche als Anpassungsnetzwerke fungieren. Ein- und Ausgang des aktiven Bauelementes 1 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel über jeweils einen Koppelkondensator 8 bzw. 9 mit dem Resonator verbunden, welcher in der gezeigten bevorzugten Ausführungsform als zylindrischer Hohlkörper 6 ausgeführt ist, bei dem an gegenüberliegenden Stirnseiten ein Gaseinlass und ein Gasauslass für die Durchleitung des Plasmagases vorgesehen sind. Es sind jedoch auch Ausführungsformen ohne den ersten und/oder zweiten Kondensator vorstellbar. Entlang der Zylinderachse des zylindrischen Hohlkörpers 6 ist eine zu einer Spule 7 aufgewickelte $\lambda/4$-Leitung angeordnet, welche mit dem zylindrischen Hohlkörper 6 auf dessen Außenseite leitend verbunden ist. Sowohl der aufgewickelte Teil der $\lambda/4$-Leitung, als auch die außerhalb des Hohlkörpers 6 liegenden Teile der $\lambda/4$-Leitung werden hier als Spule 7 bezeichnet. Der zylindrische Hohlkörper 6 weist zudem eine Auskopplung auf, welche durch eine mit dem Koppelkondensator 9 verbundene und wenigstens teilweise entlang des außerhalb des Hohlkörpers 6 liegenden Teils der Spule 7 geführte Rückkopplungsleitung realisiert ist.

[0026] Fig. 4 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des Schaltbildes von Fig. 3. Gezeigt ist der Resonator mit dem Hohlkörper 6 und der Spule 7. Deutlicher als in Fig. 3 ist hier zu erkennen, dass die Spule 7 in einer elektrisch kontaktfreien Durchführung 16 durch den Hohlkörper 6 nach außen geführt wird. Dabei kann zwischen der Spule 7 und dem Hohlkörper 6 beispielsweise ein gasundurchlässiger Isolator angeordnet sein oder aber die Durchführung 16 als Gaseinlass genutzt werden. Die Spule 7 ist außerhalb des Hohlkörpers 6 bevorzugt als einfach zu realisierende Micro-Strip-Leitung ausgeführt und kontaktiert den Hohlkörper 6. Eine solche Anordnung lässt sich kostengünstiger und robuster herstellen als vorbekannte Resonatoranordnungen. In einem ersten Kontaktbereich 18, welcher zwischen der Durchführung 16 und dem mit dem Hohlkörper 6 leitend verbundenen Ende der Spule 7 angeordnet ist, ist die Spule 7 über einen ersten Kondensator mit dem ersten Tor des aktiven Elementes gekoppelt. Der erste Kontaktbereich 18 liegt außerhalb des Hohlkörpers 6 und in relativer Nähe zum Ende der Spule, welches jedoch einen Massepunkt darstellt und deshalb nicht gleichzeitig zur Einkopplung des Signals des aktiven Elementes dienen kann. Aus diesem Grund ist der erste Kontaktbereich 18 vom mit dem Hohlkörper 6 verbundenen Ende der Spule beabstandet. Ebenfalls zwischen der Durchführung 16 und dem mit dem Hohlkörper 6 verbundenen Ende der Spule befindet sich ein zweiter Kontaktbereich 17. Im gezeigten Beispiel befindet sich der zweite Kontaktbereich zwischen der Durchführung 16 und dem ersten Kontaktbereich 18. Der zweite Kontaktbereich 17 dient dazu, eine Rückkopplung zum aktiven Element herzustellen, welche das Anschwingen des Oszillators und das Zünden des Plasmas gewährleistet. Diese Rückkopplung wird bevorzugt induktiv realisiert, indem eine ebenfalls mit dem Hohlkörper 6 verbundene Rückkopplungsleitung 19, welche kostengünstig als Micro-Strip-Leitung ausgeführt sein kann, entlang eines Abschnittes der Spule 7 geführt wird, welcher außerhalb des Hohlkörpers 6 angeordnet ist. Die Rückkopplungsleitung 19 ist so induktiv mit der Spule 7 gekoppelt und leitet die von der Spule 7 aufgenommene Schwingung an das aktive Element zurück.

Patentansprüche

1. Eine Plasmaquelle mit einem Oszillator, welcher ein aktives Element (1) das eine elektrische Verstärkung bereitstellt, und einen mit dem aktiven Element (1) verbundenen Resonator (2) besitzt, wobei der Re-

sonator (2) einen Hohlkörper (6) mit einem distalen Ende und einem proximalen Ende, einen Gaseinlass, einen am distalen Ende des Hohlkörpers (6) um eine Längsachse des Hohlkörpers (6) angeordneten Gasauslass und eine entlang der Längsachse des Hohlkörpers (6) angeordnete Spule (7) mit einer effektiven Länge von einem Viertel einer Wellenlänge bei einer Resonanzfrequenz des Resonators (2) aufweist, wobei ein distales Ende der Spule (7) relativ zum Gasauslass so angeordnet ist, dass sich eine Plasmastrecke zwischen dem als eine erste Plasmaelektrode fungierenden distalen Ende der Spule (7) und dem als eine zweite Plasmaelektrode fungierenden Gasauslass des Hohlkörpers (6) ausbilden kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (7) am proximalen Ende des Hohlkörpers (6) aus dem Inneren des Hohlkörpers (6) durch eine elektrisch kontaktfreie Durchführung (16) herausgeführt ist und ein proximales Ende der Spule (7) den Hohlkörper (6) an dessen Außenseite kontaktiert, wobei die Spule (7) an einem zwischen dem mit dem Hohlkörper leitend verbundenen Ende der Spule (7) und der Durchführung gelegenen ersten Kontaktbereich (18) mit einem ersten Tor des aktiven Elementes (1) und an einem zwischen dem mit dem Hohlkörper leitend verbundenen Ende der Spule und der Durchführung gelegenen zweiten Kontaktbereich (17) mit einem zweiten Tor des aktiven Elementes (1) gekoppelt ist.

2. Die Plasmaquelle von Anspruch 1, bei der der erste Kontaktbereich (18) mit dem ersten Tor des aktiven Elementes (1) über einen ersten Kondensator (8) gekoppelt ist.

3. Die Plasmaquelle von einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die Spule (7) an dem zweiten Kontaktbereich (17) mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes (1) induktiv gekoppelt ist.

4. Die Plasmaquelle von Anspruch 3, mit einer Rückkopplungsleitung (19), welche in dem zweiten Kontaktbereich (17) entlang der Spule (7) und zu dieser beabstandet angeordnet und ausgebildet ist, die Spule (7) induktiv mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes (1) zu koppeln.

5. Die Plasmaquelle von Anspruch 4, bei der die Rückkopplungsleitung (19) den Hohlkörper (6) an dessen Außenseite kontaktiert.

6. Die Plasmaquelle von einem der Ansprüche 4 oder 5, bei der die Rückkopplungsleitung (19) mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes (1) über einen zweiten Kondensator (9) gekoppelt ist.

7. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Spule (7) zwischen der Durchführung (16) und dem proximalen Ende der Spule (7) als Micro-Strip-Leitung ausgeführt ist.

8. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das erste Tor des aktiven Elementes (1) mit einem ersten Anpassungsnetzwerk (4) und das zweite Tor des aktiven Elementes (1) mit einem zweiten Anpassungsnetzwerk (5) verbunden sind.

9. Die Plasmaquelle von Anspruch 8, bei der das erste Anpassungsnetzwerk (4) einen ersten veränderlichen Kondensator (10) und das zweite Anpassungsnetzwerk (5) einen zweiten veränderlichen Kondensator (11) aufweisen.

10. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer mit dem ersten Tor des aktiven Elementes (1) verbundenen ersten Gleichstromzuführung (14) und einer mit dem zweiten Tor des aktiven Elementes (1) verbundenen zweiten Gleichstromzuführung (15).

11. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das aktive Element (1) einen GaN-Transistor aufweist oder ein GaN-Transistor ist.

12. Die Plasmaquelle von Anspruch 11, bei der der GaN-Transistor in Source-Schaltung geschaltet ist.

13. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Hohlkörper (6) des Resonators (2) zylinderförmig ausgebildet ist.

14. Die Plasmaquelle von einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer mit dem Gaseinlass verbundenen Gaszuführung, welche ausgebildet ist, ein Plasmagas durch den Gaseinlass in den Hohlkörper (6) des Resonators (2) zu pumpen.

15. Verwendung einer Plasmaquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche für die Aktivierung, Reinigung, Sterilisation und Beschichtung von Oberflächen, zum Ätzen und zur Reinigung von Wasser und Abgasen.

Claims

1. A plasma source comprising an oscillator which includes an active element (1) providing an electrical amplification and a resonator (2) connected to the active element (1), which resonator (2) has a hollow body (6) with a distal end and a proximal end, a gas inlet, a gas outlet arranged on the distal end of the hollow body (6) about a longitudinal axis of the hollow body (6), and a coil (7) arranged along the longitu-

dinal axis of the hollow body (6), the effective length of said coil being a quarter of the wavelength at a resonance frequency of the resonator (2), wherein a distal end of the coil (7) is arranged in such a manner relative to the gas outlet that a plasma path can form between the distal end of the coil (7) acting as a first plasma electrode and the gas outlet of the hollow body (6) acting as a second plasma electrode, **characterized in that** the coil (7), at the proximal end of the hollow body (6), is run out of the interior of the hollow body (6) through an electrically contact-free passage (16) and a proximal end of the coil (7) contacts the hollow body (6) on the outside thereof, wherein the coil (7) is coupled to a first port of the active element (1) at a first contact region (18) located between the end of the coil (7) conductively connected to the hollow body and the passage and to a second port of the active element (1) at a second contact region (17) located between the end of the coil conductively connected to the hollow body and the passage.

2. The plasma source according to claim 1, wherein the first contact region (18) is coupled to the first port of the active element (1) through a first capacitor (8).

3. The plasma source according to either of claims 1 or 2, wherein the coil (7) is inductively coupled to the second port of the active element (1) at the second contact region (17).

4. The plasma source according to claim 3, comprising a feedback line (19) which is arranged and formed in the second contact region (17), along and spaced apart from the coil (7), to inductively couple the coil (7) to the second port of the active element (1).

5. The plasma source according to claim 4, wherein the feedback line (19) contacts the hollow body (6) on the outside thereof.

6. The plasma source according to either of claims 4 or 5, wherein the feedback line (19) is coupled to the second port of the active element (1) through a second capacitor (9).

7. The plasma source according to any one of the preceding claims, wherein the coil (7) is designed as a micro-strip line between the passage (16) and the proximal end of the coil (7).

8. The plasma source according to any one of the preceding claims, wherein the first port of the active element (1) is connected to a first matching network (4) and the second port of the active element (1) is connected to a second matching network (5).

9. The plasma source according to claim 8, wherein the first matching network (4) comprises a first variable capacitor (10) and the second matching network (5) comprises a second variable capacitor (11).

10. The plasma source according to any one of the preceding claims, comprising a first direct current supply (14) connected to the first port of the active element (1) and a second direct current supply (15) connected to the second port of the active element (1).

11. The plasma source according to any one of the preceding claims, wherein the active element (1) comprises a GaN transistor or is a GaN transistor.

12. The plasma source according to claim 11, wherein the GaN transistor is a common-source transistor.

13. The plasma source according to any one of the preceding claims, wherein the hollow body (6) of the resonator (2) is cylindrical.

14. The plasma source according to any one of the preceding claims, comprising a gas supply connected to the gas inlet, which gas supply is designed to pump a plasma gas through the gas inlet into the hollow body (6) of the resonator (2).

15. The use of a plasma source according to any one of the preceding claims for activating, cleaning, sterilizing and coating surfaces, for etching, and for cleaning water and exhaust gases.

Revendications

1. Source de plasma, avec un oscillateur qui possède un élément actif (1) qui fournit une amplification électrique et un résonateur (2) relié à l'élément actif (1), le résonateur (2) présentant un corps creux (6) avec une extrémité distale et une extrémité proximale, une entrée de gaz, une sortie de gaz disposée à l'extrémité distale du corps creux (6) autour d'un axe longitudinal du corps creux (6) et une bobine (7) disposée le long de l'axe longitudinal du corps creux (6) ayant une longueur effective d'un quart de la longueur d'ondes à une fréquence de résonance du résonateur (2), une extrémité distale de la bobine (7) étant disposée par rapport à la sortie de gaz de telle sorte qu'une voie de plasma peut se former entre l'extrémité distale de la bobine (7) fonctionnant en tant que première électrode à plasma et la sortie de gaz du corps creux (6) fonctionnant en tant que deuxième électrode à plasma, **caractérisée en ce que** la bobine (7), à l'extrémité proximale du corps creux (6), peut sortir de l'intérieur du corps creux (6) à travers un passage (16) exempt de contacts électriques, et une extrémité proximale de la bobine (7) entre en contact avec le corps creux (6) sur son côté

extérieur, la bobine (7) étant, au niveau d'une première zone de contact (18) située entre l'extrémité de la bobine (7) reliée en conduction au corps creux et le passage, couplée à une première porte de l'élément actif (1) et étant, au niveau d'une deuxième zone de contact (17) située entre l'extrémité de la bobine (7) reliée en conduction au corps creux et le passage, couplée à une deuxième porte de l'élément actif (1).

2. Source de plasma selon la revendication 1, dans laquelle la première zone de contact (18) est couplée à la première porte de l'élément actif (1) par le biais d'un premier condensateur (8).

3. Source de plasma selon une des revendications 1 ou 2, dans laquelle la bobine (7) est, sur la deuxième zone de contact (17), couplée par induction à la deuxième porte de l'élément actif (1).

4. Source de plasma selon la revendication 3, avec une ligne de réaction (19) qui est disposée dans la deuxième zone de contact (17) le long de la bobine (7) et à distance de celle-ci, et qui est constituée pour coupler la bobine (7) par induction à la deuxième porte de l'élément actif (1).

5. Source de plasma selon la revendication 4, dans laquelle la ligne de réaction (19) entre en contact avec le corps creux (6) sur son côté extérieur.

6. Source de plasma selon une des revendications 4 ou 5, dans laquelle la ligne de réaction (19) est couplée à la deuxième porte de l'élément actif (1) par le biais d'un deuxième condensateur (9).

7. Source de plasma selon une des revendications précédentes, dans laquelle la bobine (7) est réalisée en tant que circuit micro-strip entre le passage (16) et l'extrémité proximale de la bobine (7).

8. Source de plasma selon une des revendications précédentes, dans laquelle la première porte de l'élément actif (1) est reliée à un premier réseau d'adaptation (4), et la deuxième porte de l'élément actif (1) est reliée à un deuxième réseau d'adaptation (5).

9. Source de plasma selon la revendication 8, dans laquelle le premier réseau d'adaptation (4) présente un premier condensateur (10) variable, et le deuxième réseau d'adaptation (5) présente un deuxième condensateur (11) variable.

10. Source de plasma selon une des revendications précédentes, avec une première alimentation électrique continue (14) reliée à la première porte de l'élément actif (1) et avec une deuxième alimentation électrique continue (15) reliée à la deuxième porte de l'élément actif (1).

11. Source de plasma selon une des revendications précédentes, dans laquelle l'élément actif (1) présente un transistor GaN ou est un transistor GaN.

12. Source de plasma selon la revendication 11, dans laquelle le transistor GaN est monté dans une configuration source.

13. Source de plasma selon une des revendications précédentes, dans laquelle le corps creux (6) du résonateur (2) est constitué sous forme cylindrique.

14. Source de plasma selon une des revendications précédentes, avec une alimentation en gaz, reliée à l'entrée de gaz, qui est constituée pour pomper un gaz plasma à travers l'entrée de gaz vers l'intérieur du corps creux (6) du résonateur (2).

15. Utilisation d'une source de plasma selon une des revendications précédentes pour l'activation, le nettoyage, la stérilisation et le revêtement de surfaces pour la gravure et pour le nettoyage d'eau et des gaz résiduaires.

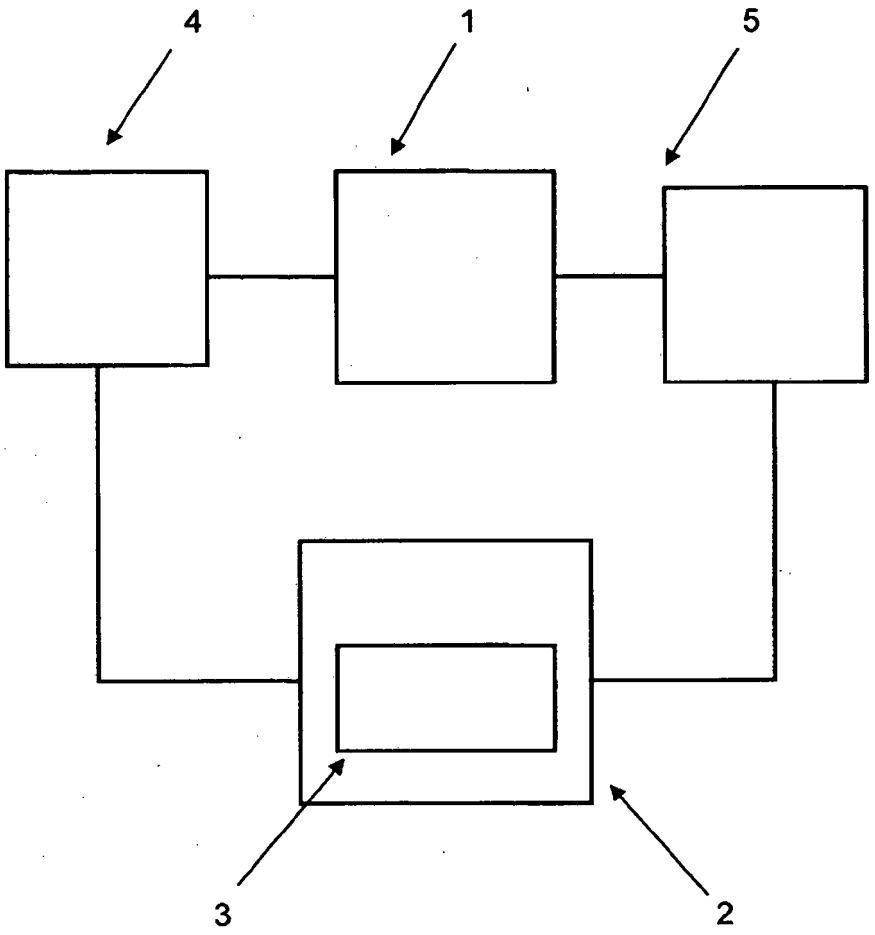


Fig. 1

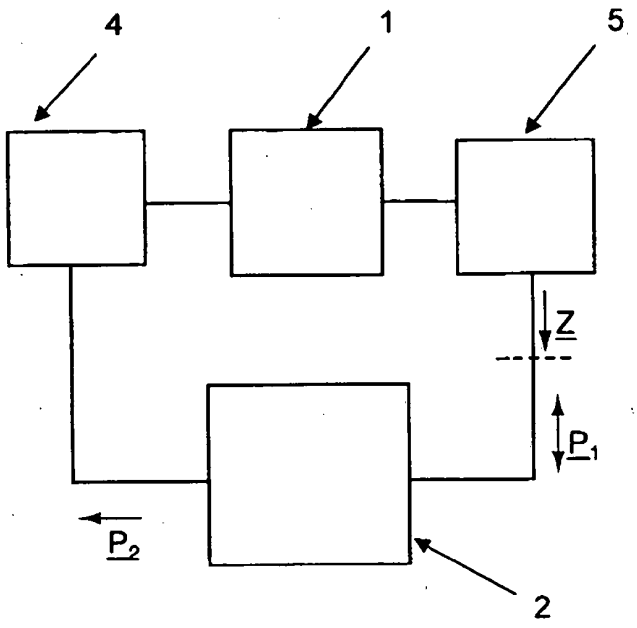


Fig. 2A

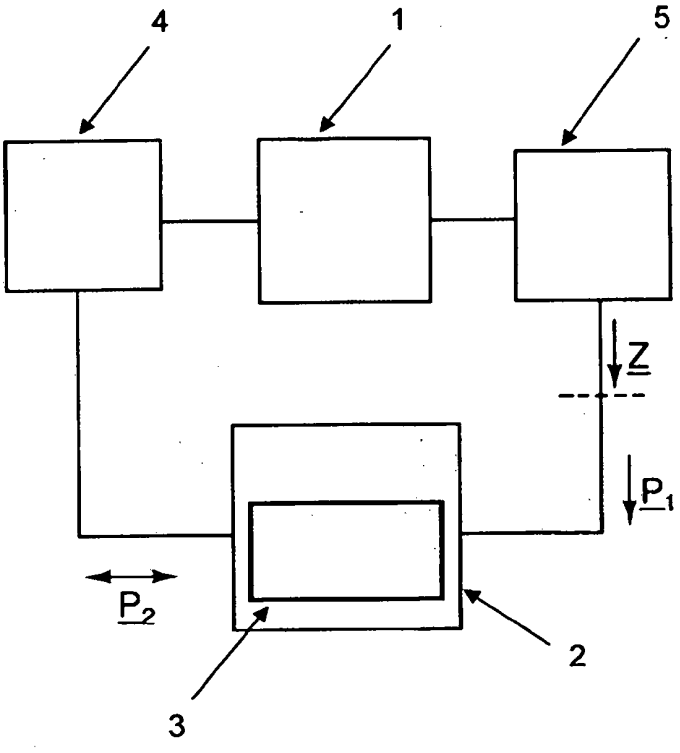


Fig. 2B

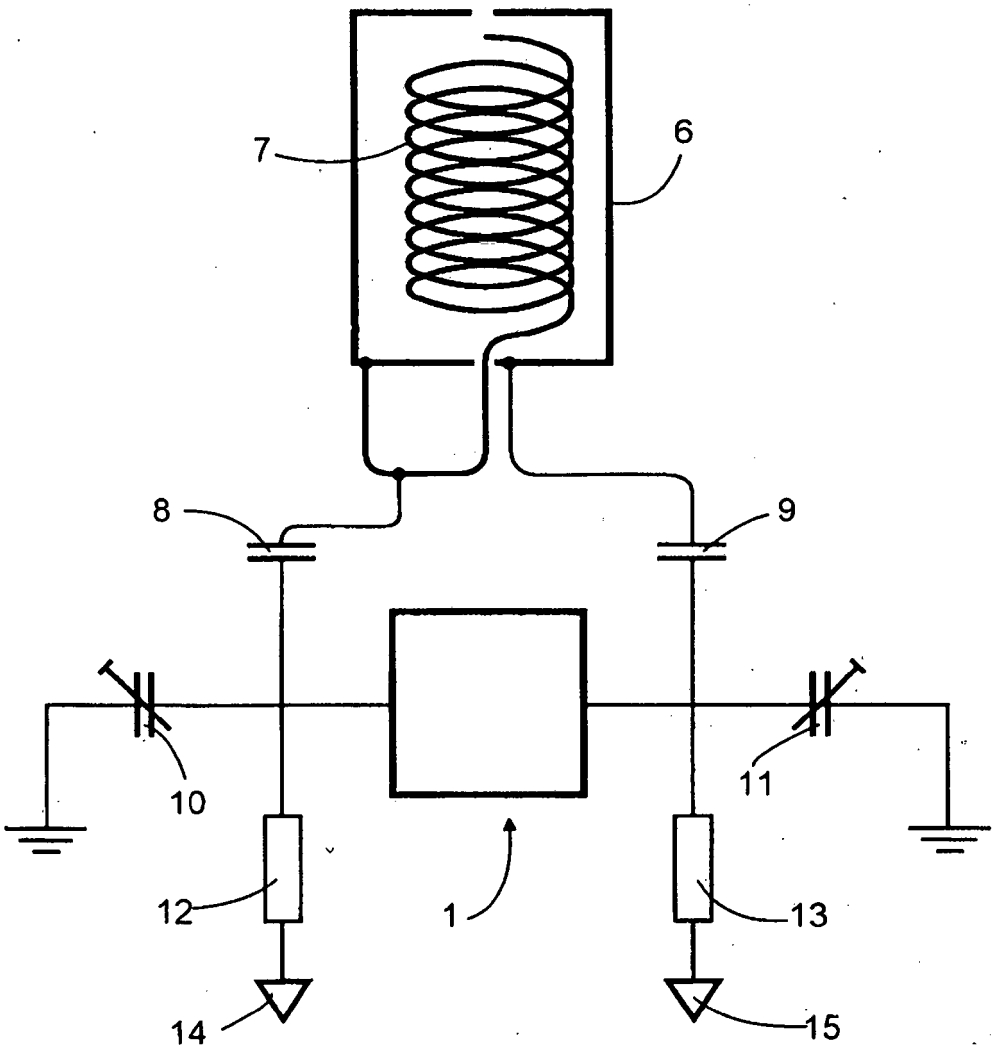


Fig.3

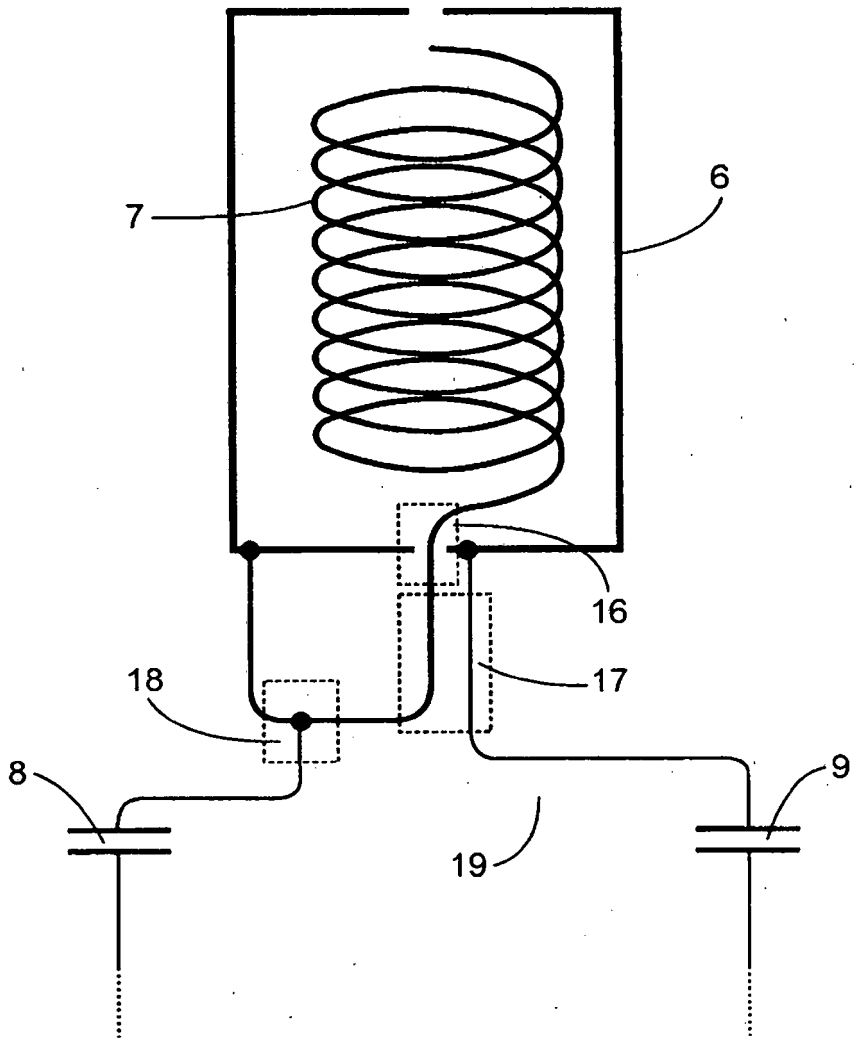


Fig.4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4337119 A **[0021]**