

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87110646.4

51 Int. Cl. 4: **H01J 27/16**

22 Anmeldetag: 23.07.87

30 Priorität: 24.09.86 DE 3632340

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.03.88 Patentblatt 88/13

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **Leybold-Heraeus GmbH**
Bonner Strasse 498 Postfach 51 07 60
D-5000 Köln 51(DE)

72 Erfinder: **Müller, Jürgen, Dr.**
Goldgrubenstrasse 8
D-6000 Frankfurt (Main) 50(DE)

74 Vertreter: **Schickedanz, Willi, Dipl.-Ing.**
Langener Strasse 70
D-6050 Offenbach/Main(DE)

54 **Induktiv angeregte Ionenquelle.**

57 Die Erfindung betrifft eine induktiv angeregte Ionenquelle mit einem Gefäß (1), um das eine Spule (2) geschlungen ist. Das Gefäß (1) besteht aus chemisch inertem Material und dient zur Aufnahme des zu ionisierenden Stoffs. An die Spule (2), deren beide Enden geerdet sind, ist ein Hochfrequenzgenerator (12) mit seinem einen Anschluß angeschlossen, während sein anderer Anschluß (22) ebenfalls geerdet ist. Die Länge der Spule (2), die als elektrisch lange Leitung aufzufassen ist, beträgt $n \cdot \lambda/2$, wobei λ die Wellenlänge der Spannung des Hochfrequenzgenerators (12) und n eine ganze Zahl ist.

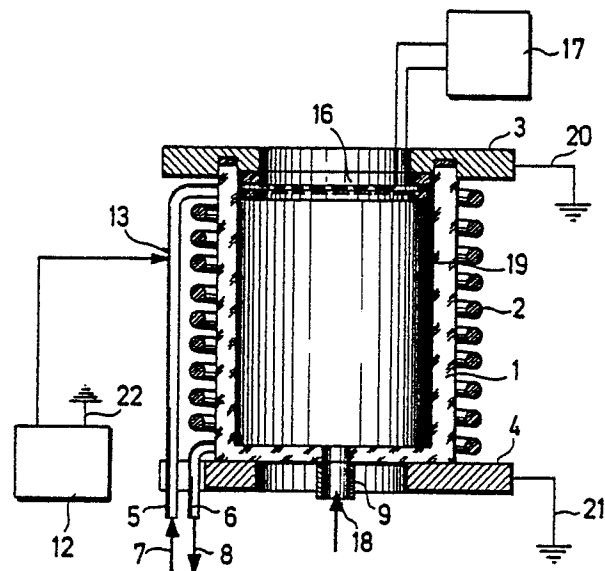


FIG. 3

INDUKTIV ANGEREGTE IONENQUELLE

Die Erfindung betrifft eine induktiv angeregte Ionenquelle mit einem Gefäß für die Aufnahme von zu ionisierenden Stoffen, insbesondere von Gasen, wobei die zu ionisierenden Stoffe von einem Wellenleiter umgeben sind, der mit einem Hochfrequenzgenerator in Verbindung steht, und wobei die beiden Enden des Wellenleiters auf gleichem Potential liegen.

Mit Hilfe von Ionenquellen wird ein Strahl von Ionen, d. h. von elektrisch geladenen Atomen oder Molekülen, erzeugt. Die den jeweiligen Anforderungen angepaßten verschiedenen Typen von Ionenquellen benutzen zur Ionisation neutraler Atome oder Moleküle meist eine Form der Gasentladung.

Die älteste, sehr einfache Ionenquelle ist die Kanalstrahl-Ionenquelle oder Kanalstrahlröhre. Hierbei "brennt" zwischen zwei Elektroden, die eine Spannung von einigen 1000 Volt führen, eine Gasentladung bei einem Druck von 10^{-1} bis 1 Pa, in der die Ionisation durch Elektronen- oder Ionenstoß erfolgt. Diese Ionenquelle, bei der die Elektroden in das Plasma eintauchen, wird auch Ionenquelle mit kapazitiver Anregung bezeichnet.

Eine andere Art der Ionenerzeugung wird mit Hilfe der Hochfrequenz-Ionenquelle realisiert. Hierbei werden die Ionen durch eine Hochfrequenzentladung im MHz-Bereich bei etwa 10^{-2} Pa erzeugt, die zwischen zwei besonders geformten Elektroden brennt oder von einer äußeren Spule erzeugt wird. Die Ionen werden mittels einer besonderen Extraktionsmethode aus dem Plasma herausgezogen und fokussiert (H. Oechsner: Electron cyclotron wave resonances and power absorption effects in electrodeless low pressure H.F. plasmas with superimposed static magnetic field, Plasma Physics, 1974, Band 16, S. 835 bis 841; J. Freisinger, S. Reineck, H.W. Loeb: the RF-Ion source RIG 10 for intense hydrogen ion beams, Journal de Physique, Colloque C7, Supplement au n°7, Tome 40, Juli 1979, S. C7-477 bis C7-478; I. Ogawa: Electron cyclotron resonances in a radio-frequency ion source, Nuclear Instruments and Methods 16, 1962, S. 227 bis 232).

Nachteilig ist bei vielen bekannten Ionenquellen mit induktiver Anregung indessen, daß sie eine erhebliche HF-Verlustleistung besitzen. Diese HF-Verlustleistung tritt dadurch auf, daß die HF-Spule, die um das Gefäß geschlungen ist, in welchem sich das Plasma befindet, an den HF-Generator angepaßt werden muß. Zwischen dem HF-Generator und der HF-Spule ist zu diesem Zweck ein Anpaßnetzwerk vorgesehen, das die Generatorleistung an die Verbraucherleistung, d. h. an die Spulenleistung anpaßt (vgl. z. B. DE-OS 25 31 812, Bezugszahl 40 in den Figuren). Diese Anpassung

besteht darin, daß der Wellenwiderstand der durch das Plasma belasteten Spule in den Wellenwiderstand der Senderleitung transformiert wird. In der Anpaßschaltung tritt hierbei eine Verlustleistung von 20 % bis 50 % der vom HF-Generator abgegebenen Gesamtleistung auf.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Ionenquelle mit induktiver Anregung besteht darin, daß die Anbringung von Zusatzmagneten in der Umgebung des Gefäßes, in dem sich das Plasma befindet, erschwert ist, weil die HF-Spule relativ viel Raum beansprucht und weil sich die Magnete im Magnetfeld der HF-Spule aufheizen. Derartige Zusatzmagnete werden benötigt, um das Plasma von bestimmten Stellen der Gefäßwand fernzuhalten oder um das Plasma zu verdichten (vgl. EP-A-0169744). Außerdem ist die Kühlung der Spulen aufgrund des Umstands problematisch, daß diese Spulen einerseits hohl und mit Kühlwasser durchspült und andererseits auf HF-Potential liegen, wodurch platzaufwendige Potentialabbaustrecken benötigt werden, um das Potential von einem hohen Wert auf einen niedrigen Wert zu bringen. Da der Potentialabbau in der Regel über eine Verlängerung der Spule erfolgt, tritt eine erhöhte Verlustleistung auf.

Es ist weiterhin bekannt, Induktionsspulen in einer Stromrichteranlage als Hohlleiter auszubilden und mit einer Flüssigkeit zu kühlen (DE-OS 25 44 275). Derartige flüssigkeitsgekühlte Induktionsspulen werden indessen auch bei Hochfrequenz-Induktionsplasmabrennern verwendet (DE-AS 21 12 888).

Schließlich ist auch noch eine Vorrichtung zum Durchführen einer Reaktion zwischen einem Gas und einem Material in einem elektromagnetischen Feld bekannt, die eine Reaktionskammer zur Aufnahme des Gases und des Materials, eine zusammengesetzte Spule mit zwei miteinander verbundenen Spulenabschnitten, deren Windungen in entgegengesetzten Richtungen gewickelt sind, eine Hochfrequenzquelle und eine Einrichtung zum Verbinden der Hochfrequenzquelle mit der Spule aufweist (DE-OS 22 45 753). Bei dieser Vorrichtung sind die beiden Enden der Spule untereinander verbunden, so daß sie auf gleichem Potential liegen. Außerdem ist der eine Anschluß der Hochfrequenzquelle an eine Stelle der Spule angeschlossen, die sich zwischen den beiden Enden der Spule befindet. Der geerdete Anschluß der Hochfrequenzquelle liegt jedoch auf einem anderen Potential als die Enden der Spule. Nachteilig ist auch bei dieser Vorrichtung, daß ein Anpassungsnetzwerk erforderlich ist.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, bei einer induktiv angeregten Ionenquelle nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 eine Anordnung zu schaffen, welche auf ein besonderes Anpaß-Netzwerk verzichtet.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Länge des Wellenleiters im wesentlichen $n \cdot \lambda/2$ beträgt, wobei $\lambda = c/f$ ist und n eine ganze Zahl, c eine Konstante und f die Frequenz des Hochfrequenzgenerators bedeuten.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß die Leistungsverluste einer induktiv angeregten Ionenquelle erheblich reduziert werden können. Außerdem ist es möglich, das Kühlwasser problemlos auf Erdpotential zu- und abzuführen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung der äußeren mechanischen Form der erfindungsgemäßen Ionenquelle;

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen elektrischen Schaltungsanordnung;

Fig. 3 eine Schnittdarstellung durch die erfindungsgemäße Ionenquelle mit den zugehörigen elektrischen Anschlüssen;

Fig. 4 eine Schnittdarstellung durch eine Variante der erfindungsgemäßen Ionenquelle;

Fig. 5 eine besondere Anschaltung einer variablen Kapazität an eine Spule der erfindungsgemäßen Ionenquelle.

In der Fig. 1 ist ein evakuiertes Gefäß 1 dargestellt, das mit einer elektrisch leitenden Hochfrequenz-Spule 2 umgeben und mit einer oberen kreisringförmigen Abschlußplatte 4 abgeschlossen ist. Die Enden 5, 6 der Hochfrequenzspule 2 sind über entsprechende Durchbrüche in der unteren Abschlußplatte 4 auf ein nicht dargestelltes Kühlsystem geführt. Dieses Kühlsystem bewirkt, daß durch das Ende 5 der als Hohlrohr ausgebildeten Hochfrequenzspule 2 eine Kühlflüssigkeit eingeführt und durch das Ende 6 dieser Spule 2 wieder herausgeführt wird. Die Hochfrequenzspule 2 besteht beispielsweise aus Kupferrohr, das hier zwar außerhalb des Gefäßes angeordnet ist, aber auch in dieses integriert oder innerhalb des Gefäßes angeordnet sein kann. Das Ein- und Ausströmen der Kühlflüssigkeit ist hierbei durch die Pfeile 7 und 8 angedeutet. Als Kühlflüssigkeit wird vorzugsweise Wasser verwendet. Die Hochfrequenzspule 2 hat in dem Ausführungsbeispiel neun Windungen, einen Durchmesser von ca. 120 mm und eine Höhe von ca. 130 mm. Ihre Länge beträgt $\lambda/2$, wobei λ auf die Frequenz eines Hochfrequenzgenerators bezogen ist. Unter Spulenlänge wird die Länge des ausgezogenen Spulendrahts verstanden und nicht

etwa die Spulenlänge. Es versteht sich, daß die Hochfrequenzspule 2 auch andere als die hier angegebenen Abmessungen haben kann. Außerdem muß sie nicht um das Gefäß 1 geschlungen sein, sondern kann sich beispielsweise auch an der Innenwand des Gefäßes 1 befinden oder in die Gefäßwand integriert sein. An der Unterseite des Gefäßes 1 ist ein Stutzen 9 vorgesehen, durch den das zu ionisierende Gas in das Gefäß 1 gelangt. Die elektrische Einkopplung der HF-Leistung erfolgt über ein mit einem Hochfrequenz-Generator verbundenes Kabel 10, das mit einer Schelle 11 an die Spule 2 angeschlossen ist.

In der Fig. 2 ist, von den Abschlußplatten 3, 4 abgesehen, im wesentlichen die elektrische Schaltung der erfindungsgemäßen Ionenquelle dargestellt. Sind die Abschlußplatten 3, 4 ihrerseits gut leitend miteinander verbunden, so können die Spulenenden 5, 6 auch an einer eigenen Platte 3, 4 allein befestigt sein. Man erkennt in der Fig. 2 einen über eine Leitung 22 geerdeten Hochfrequenz-Generator 12, der über das Kabel 10 an die Hochfrequenzspule 2 angeschlossen ist. Der elektrische Anschlußpunkt des Generators 12 ist mit 13 bezeichnet. An einer anderen Stelle der Spule 2 befindet sich ein weiterer elektrischer Anschlußpunkt 14, an den ein Kondensator 15 mit veränderlicher Kapazität angeschlossen ist. Dieser Kondensator kann jedoch auch weggelassen werden, wenn die Resonanzfrequenz des aus der Spule 2 und dem eingeschlossenen Plasma bestehenden Resonators genau auf die Frequenz des Hochfrequenzgenerators 12 abgestimmt ist.

In der Regel ist diese genaue Abstimmung jedoch schwierig durchzuführen, so daß es einfacher ist, durch Verändern der Kapazität des Kondensators 15 den Schwingkreis auf Resonanz zu bringen.

Der HF-Generator 12, die untere Abschlußplatte 4 und der Kondensator 15 sind über die Leitungen 21, 22, 23 mit Erde bzw. Masse verbunden. Die Erdung erfolgt vorzugsweise über ein kurzes, breites und gut leitendes Kabel, das z. B. aus Silber besteht.

Die Spule hat, hochfrequenzmäßig betrachtet, nicht nur eine Induktivität, sondern auch eine inhärente Kapazität. Induktivität und Kapazität bilden zusammen die Resonanz-Frequenz der Spule 2, wobei sich die Induktivität und die Kapazität über den sogenannten Induktionsbelag und den Kapazitätsbelag bestimmen. Die Spule 2 ist folglich als ein Wellenleiter aufzufassen, auf dem sich Wellen vom Lecher-Typ ausbreiten (vgl. K. Simonyi: Theoretische Elektrotechnik, Berlin 1956, S. 313 bis 363, oder H.-G. Unger: Elektromagnetische

Wellen auf Leitungen, Heidelberg, 1980). Die Wendung der Spule 2 ist gegenüber ihrer Drahtlänge hierbei als eine untergeordnete Einflußgröße zu betrachten.

Auf die Resonanzfrequenz der Hochfrequenzspule 2, die durch die im Gefäß 1 befindlichen Ionen beeinflusst werden kann, wird die Ausgangsfrequenz des HF-Generators 12 gelegt. Somit wird die gesamte verbrauchte Leistung im eigentlichen Resonanz-Kreis und nicht an einer Impedanz-Anpassung verbraucht, d. h. es tritt praktisch keine Verlustleistung auf. Unter dem eigentlichen Resonanzkreis wird hierbei die Kombination aus Erregerspule und Plasma verstanden, also die durch das Plasma belastete Erregerspule. Zu diesem eigentlichen Resonanzkreis zählt gegebenenfalls auch noch ein Hochfrequenz-Abschirmgehäuse. Auf die Darstellung eines solchen Abschirmgehäuses wurde bei der Darstellung der Fig. 2 verzichtet, weil das Aussehen dieser Gehäuse sowie ihr Einfluß auf den Gesamt-Resonanzkreis bekannt ist.

Durch die erwähnten Maßnahmen ist eine Leistungsanpassung in dem Sinn, daß die Leistung des Hochfrequenz-Generators 12 optimal auf die Spule 2 gegeben wird, jedoch noch nicht verbunden.

Diese Leistungsanpassung ist jedoch mittels einer geeigneten Wahl des Anschlußpunktes 13 der Leitung 10 an die Spule 2 möglich. Der Anschlußpunkt 13 wird so ausgewählt, daß der Quotient aus Spannung und Strom an dem Punkt 13 gleich dem Wellenwiderstand der Leitung 10 ist. Mißt man diesen Quotienten fortlaufend und vergleicht ihn mit dem bekannten Wellenwiderstand, so kann mit Hilfe einer Regelschaltung ein elektrischer Antrieb so gesteuert werden, daß er den Punkt 13 stets in eine Position bringt, in welcher die oben erwähnte Bedingung gilt. Auf diese Weise ist es möglich, die Leistungsanpassung zu automatisieren.

Bei der Darstellung der Fig. 2 ist der Hochfrequenz-Generator 12 keineswegs kurzgeschlossen, wie es bei einer niederfrequenzmäßigen Betrachtung den Anschein haben könnte. Vielmehr ist das gerade Stück der Spule 2, das vom Anschlußpunkt 13 bis zur Platte 4 reicht, mit einem Induktivitäts- und einem Kapazitätsbelag behaftet, der einen hochfrequenzmäßigen Kurzschluß verhindert.

Statt die Frequenz des Frequenzgenerators 12 auf die Eigen- oder Resonanzfrequenz der Spule 2 zu legen, ist es auch möglich, die Resonanzfrequenz der Spule 2 an die vorgegebene Frequenz des Hochfrequenz-Generators 12 anzupassen. Hierzu ist der Kondensator 15 vorgesehen, der an die Spule 2 angeschlossen ist. Durch Verstellen dieses Kondensators 15, der an den Symmetrie-

punkt 14 der Spule 2 angeschlossen ist, wird die Resonanzfrequenz des Systems Spule 2 / Kondensator 15 verändert. Mittels dieser Änderung der Resonanzfrequenz kann der Einfluß der Ionen auf die Spulen-Resonanzfrequenz ausgeglichen werden.

Wird die Spule 2 bzw. das System Spule 2 / Kondensator 15 mit einer Wechselspannung beaufschlagt, deren Frequenz gleich der Resonanzfrequenz der Spule 2 bzw. des Systems Spule 2 / Kondensator 15 oder einer Harmonischen hiervon ist, so sind die momentanen Ströme und Spannungen auf der Spule 2 wie ganzzahlige Vielfache von halben Wellenlängen verteilt. Dabei kommen auf den Spulenenden 5,6 stets Strombäuche und Spannungs-knoten zu liegen; d.h. die Spulenenden 5,6 befinden sich auf Erdpotential. Das Kühlwasser kann also problemlos auf Erdpotential zu- und abgeführt werden. Bei Resonanz gibt es auf der Spule immer mindestens zwei Punkte, an denen das Verhältnis von Spannung und Strom gleich dem Wellenwiderstand der Leitung 10 ist. Schließt man die Leitung 10 an einen solchen Punkt 13 an, so wird die Leistung des Hochfrequenzgenerators 12 verlustfrei eingekoppelt. Durch Verschieben dieses Einkoppelpunktes 13 ist es möglich, Veränderungen der Eigenfrequenz der Spule 2, die sich durch verschiedene Plasmadichten, d.h. verschiedene Belastungen der Spule 2, ergeben, auszugleichen.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung wird die gesamte auftretende magnetische Feldenergie in der Spule 2 konzentriert, so daß deren Magnetfeld das Plasma sehr effektiv zusammenhält und komprimiert. Natürlich kann die Spule auch anders, z.B. mäanderförmig, ausgebildet sein, um andere Feldkonfigurationen, z.B. ein "cusp"-Feld oder multipolares Feld zu erzeugen, wie es in der Fig. 2 der EP-A-0169744 gezeigt ist.

In der Fig. 3 ist die erfindungsgemäße Anordnung noch einmal im Schnitt dargestellt. Das Gefäß 1, das zylindrisch ausgebildet ist und aus einem chemisch inerten Material besteht, ist von der Spule 2 umgeben und weist an seinem oberen Ende ein Extraktionsgittersystem 16 auf, das mit einem Extraktionsnetzteil 17 verbunden ist. An dem unteren Ende des Gefäßes 1 ist der Einlaßstutzen 9 mit seinem Gaszufuhrkanal 18 vorgesehen. Wird im Entladungsraum 19 des Gefäßes 1 ein Druck zwischen etwa 2×10^{-2} Pa und 50 Pa eingestellt, so kann über die Anschaltung des Hochfrequenz-Generators 12 eine Entladung gezündet werden. Die hierbei entstehenden Ionen werden durch das Extraktionsgittersystem 16 abgesaugt, wenn an diesem Gittersystem 16 eine geeignete Spannung des Extraktionsnetzteils 17 anliegt. Das Extraktionsgittersystem 16 liegt - im Gegensatz zu den kreis-

ringförmigen Abschlußplatten 3,4, die über die Leitungen 20,21 geerdet sind bzw. im Gegensatz zum Hochfrequenz-Generator 12, der über die Leitung 22 geerdet ist - nicht an Erdpotential.

Obwohl bei der Erfindung Resonanzerscheinungen eine wichtige Rolle spielen, unterscheidet sie sich dennoch von anderen Schaltungen für induktiv gekoppeltes Niederdruckplasma, die ebenfalls mit Resonanzen arbeiten, erheblich. Bei dem oben bereits angegebenen bekannten Resonanzinduktor muß eine Anpassung mittels Kapazitäten und Induktivitäten vorgenommen werden. Aber auch bei einer Speisung der Spule bzw. des Induktors über eine unsymmetrische Leitung, beispielsweise ein Koaxialkabel, muß dieses Kabel symmetriert und an die Induktorimpedanz angepaßt werden. Bei der vorliegenden Erfindung entfallen Anpassungsnetzwerke und Impedanztransformationen. Weder ist eine Impedanztransformation mittels HF-Übertrager, noch über eine π -Transformation oder eine T-Transformation erforderlich.

In der Fig. 4 ist eine Variante der in der Fig. 3 dargestellten Ionenquelle gezeigt. Bei dieser Ausführungsform ist die Grund-Resonanzfrequenz der Spule 2 von ursprünglich ca. 50 MHz durch Verdoppelung ihrer Länge auf etwa die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes auf ca. 25 MHz abgesenkt. Die Verdoppelung der Spulenlänge wird hierbei durch eine zweite Spulenlage erreicht, die mit 25 bezeichnet ist. Der Wickelsinn der beiden Spulenlagen 25, 26 kann gegenläufig sein, wodurch besonders vorteilhafte Effekte erzielt werden.

Die Effizienz der Ionenquelle wird durch einen geringen Abstand von Resonanz- und Anregungsfrequenz verbessert. Außerdem nimmt mit der Windungszahl der Spule die Induktivität zu, was zu einer Verbesserung der Schwingkreisgüte führt.

Mit der doppelagigen Wicklung der Spule 2 kann ein Zünden ohne Druckstoß erreicht werden, d. h. es ist eine rein elektrische Zündung möglich.

Die Fig. 5 zeigt eine Variante der in der Fig. 2 gezeigten Anschaltung eines Kondensators 27 an die Spule. Der Kondensator 27 ist hierbei an zwei Punkten 28, 29 mit der Spule 2 verbunden, während der Oszillator 12 am "50-Ohm-Punkt" 30 der Spule 2 liegt. Durch diese Anschaltung wird die HF-Ionenquelle auf niedrigem Spannungsniveau abgestimmt. Der Einfluß des Kondensators 27 auf die Abstimmung ist hierbei zwar geringer, und es tritt auch eine gewisse Verzerrung der Strom- und Spannungsverteilung auf, doch kann die Kondensatorleitung 31 wegen der niedrigeren Spannung länger ausgeführt werden. Der hiermit erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß der Kondensator nicht mehr direkt auf der Ionenquelle sitzen

muß, sondern in einem gewissen Abstand von dieser angeordnet werden kann, ohne daß hierbei wesentliche Leistungsverluste durch an hoher Spannung liegende Streukapazitäten auftreten.

Ansprüche

1. Induktiv angeregte Ionenquelle mit einem Gefäß für die Aufnahme von zu ionisierenden Stoffen, insbesondere von Gasen, wobei die zu ionisierenden Stoffe von einem Wellenleiter umgeben sind, der mit einem Hochfrequenzgenerator in Verbindung steht, und wobei die beiden Enden des Wellenleiters auf gleichem Potential liegen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge des Wellenleiters (2) im wesentlichen $n \cdot \lambda / 2$ beträgt, wobei $\lambda = c/f$ ist und n eine ganze Zahl, c eine Konstante und f die Frequenz des Hochfrequenzgenerators (12) bedeuten.

2. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine doppelagige Wicklung (25, 26) der Spule (2) vorgesehen ist, so daß die Spulenlänge verdoppelt wird.

3. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Potential, auf dem die Enden (5, 6) des Wellenleiters (2) und der eine Anschluß (22) des Hochfrequenzgenerators (12) liegen, Erdpotential ist.

4. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die eine Wicklungslage (25) gegensinnig zur anderen Wicklungslage gewickelt ist.

5. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenz des Hochfrequenzgenerators (12) auf die Eigenfrequenz des aus dem Wellenleiter (2) und dem zu ionisierenden Stoff bestehenden Systems abgestimmt ist.

6. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Eigenfrequenz des aus Wellenleiter (2) und zu ionisierendem Stoff bestehenden Systems auf die Frequenz des Hochfrequenzgenerators (12) abgestimmt ist.

7. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abstimmung der Eigenfrequenz des aus dem Wellenleiter (2) und dem zu ionisierenden Stoff bestehenden Systems mit Hilfe eines variablen Kondensators (15) erfolgt.

8. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anschluß des Kondensators (15) im elektrischen Symmetriepunkt (14) des Wellenleiters (2) erfolgt.

9. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eine Anschluß des Kondensators (15) an der Spule (2) und der andere Anschluß dieses Kondensators (15) an Erde liegt.

5

10. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenz des Hochfrequenzgenerators (12) mit der Frequenz einer Harmonischen der Spule (2) des aus Wellenleiter (2) und zu ionisierendem Gas bestehenden Systems übereinstimmt.

10

11. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wellenleiter eine als Hohlrohr ausgebildete Spule (2) ist, durch die ein Kühlmittel strömt.

15

12. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühlmittel Wasser ist.

13. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Punkt (13) für die Einspeisung der Hochfrequenzleistung des Hochfrequenzgenerators (12) in den Wellenleiter (2) so gewählt wird, daß an ihm der Quotient aus Spannung und Stromstärke im jeweiligen Betriebszustand der Ionenquelle gleich dem Wellenwiderstand der Generatorleitung (10) ist.

20

25

14. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einstellung des Punktes (13) für die Einspeisung der Hochfrequenzleistung automatisch erfolgt.

30

15. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gefäß (1) die Form eines Hohlzylinders aufweist und mit einer oberen und einer unteren Abschlußplatte (3 bzw. 4) abgeschlossen ist, wobei die obere Abschlußplatte (3) mit einem Extraktionsgitter (16) und die untere Abschlußplatte (4) mit einem Öffnungsstutzen (9) für die Gaszufuhr versehen ist und wobei die Enden (5, 6) des Wellenleiters (2) über eine Abschlußplatte (3 bzw. 4) geerdet sind.

35

40

16. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wellenleiter (2) zusätzlich von einem Gleichstrom durchflossen ist, der ein die Ionen führendes Magnetfeld erzeugt.

45

17. Induktiv angeregte Ionenquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein variabler Kondensator (27) vorgesehen ist, der mit seinem einen Anschluß auf Erdpotential liegt und mit seinem anderen Anschluß an zwei verschiedenen Punkten (28, 29) der Spule (2) angeschlossen ist.

50

55

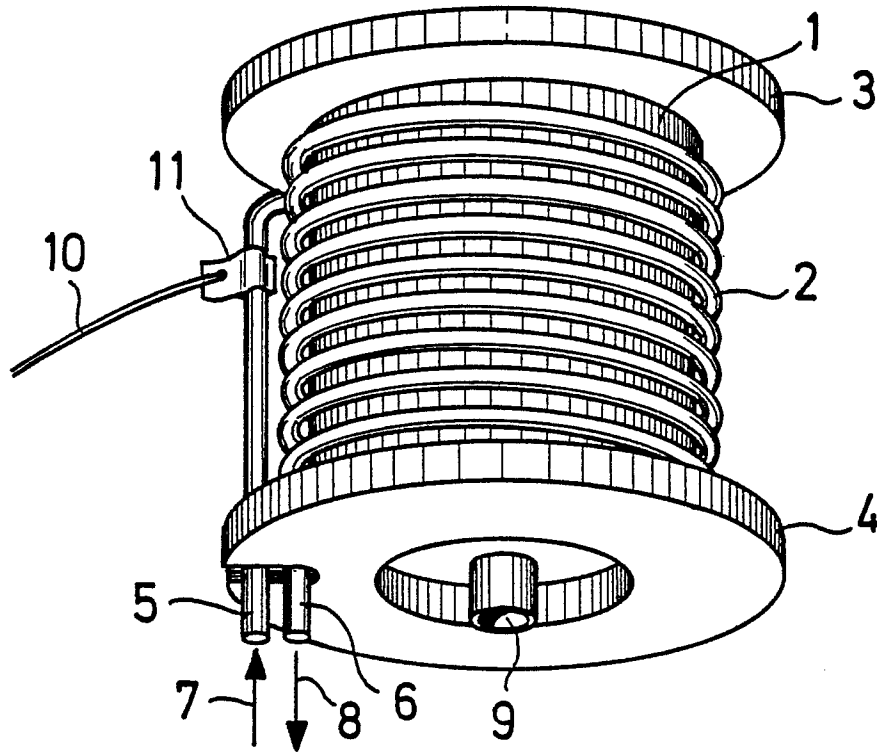


FIG. 1

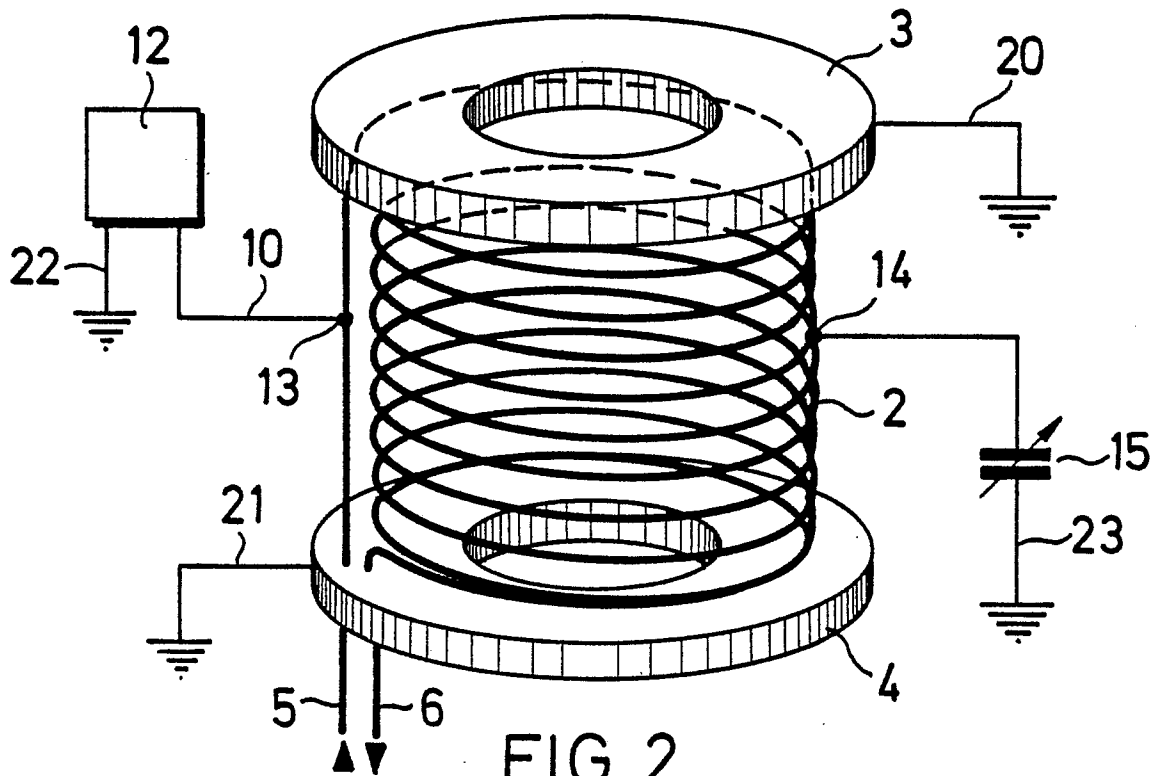


FIG. 2

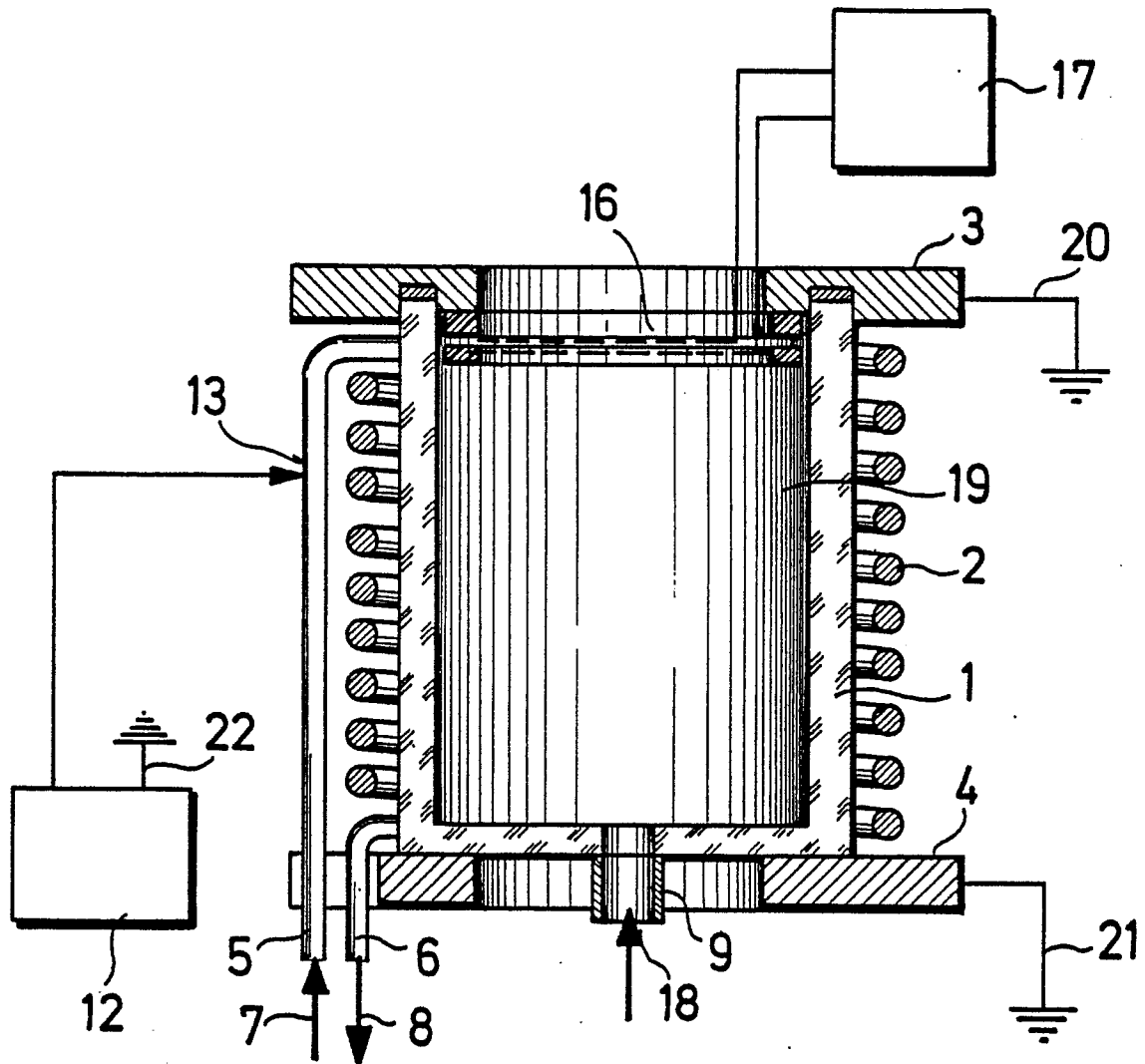


FIG. 3

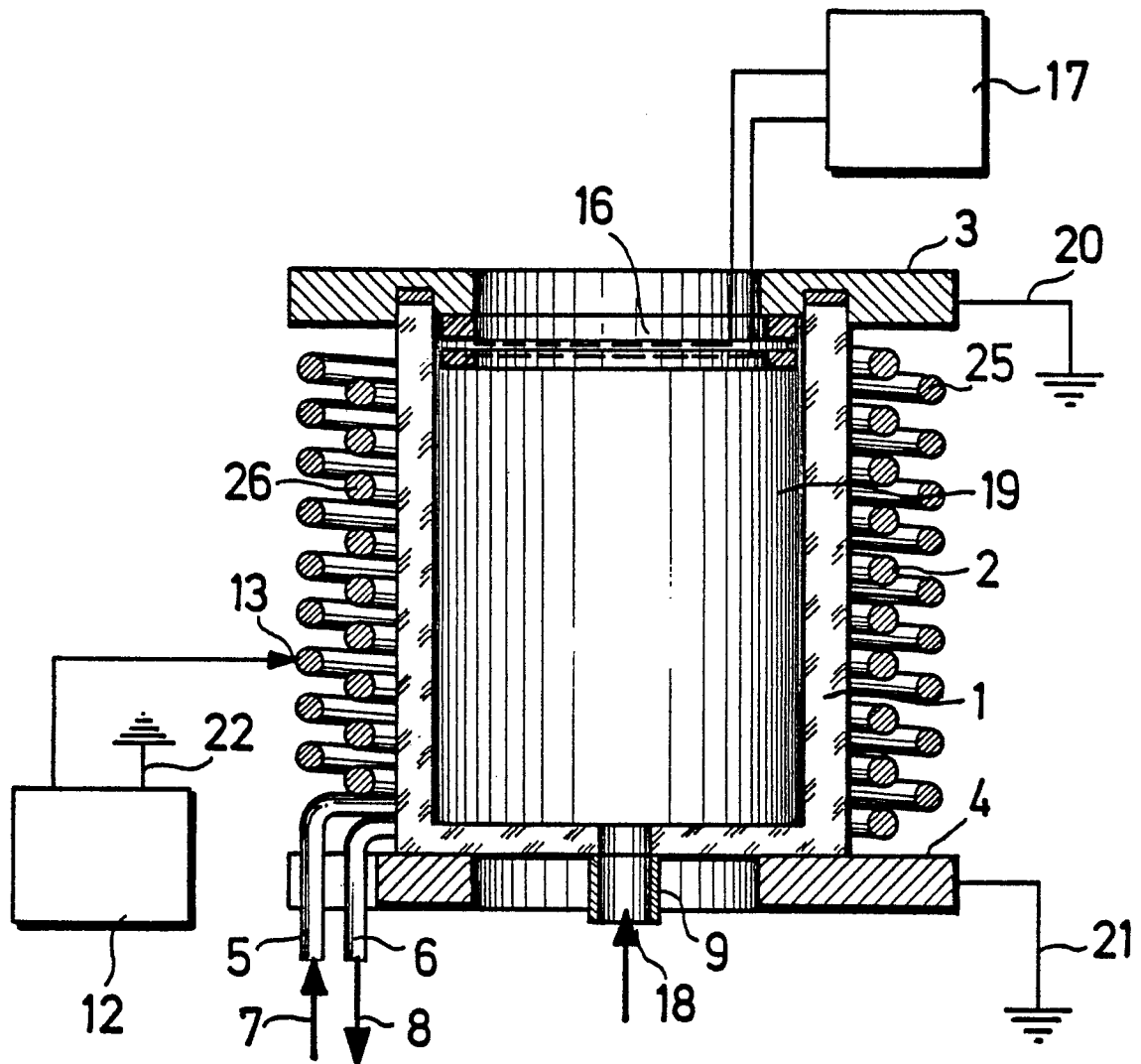


FIG.4

