

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50453/2020
(22) Anmeldetag: 22.05.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2021

(51) Int. Cl.: **H05H 1/30** (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)
H01P 3/12 (2006.01)

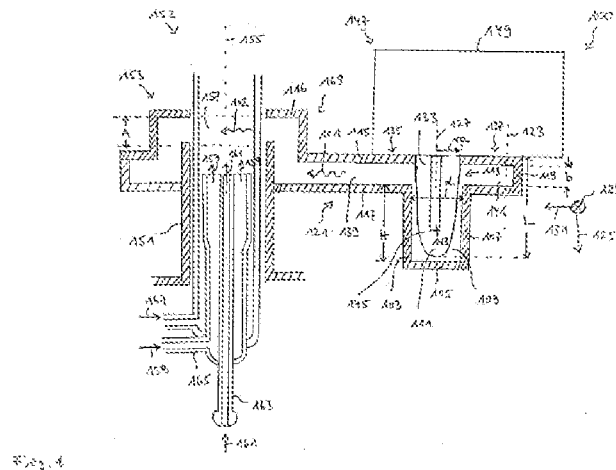
(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011058921 A1
WO 2008151335 A1
DE 19982291 C2
US 2013020939 A1

(71) Patentanmelder:
Anton Paar GmbH
8054 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Kotzian Heimo
8020 Graz (AT)
Wilsche Helmar
8010 Graz (AT)
Finsterwalder Paul
8054 Seiersberg-Pirka (AT)

(54) **Hohlleiter-Einkoppleinheit**

(57) Beschrieben wird eine Vorrichtung (100, 200, 300) zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle (101), aufweisend: Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107), die einen Innenraum (109) begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich (111) einer Antenne (113) einer Mikrowellenquelle (147), insbesondere seitlich ringförmig sowie stirnseitig, zu umgeben; Hohlleiter- Begrenzungswände (115, 117, 119), von denen zumindest zwei (115, 117) parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117, 119) einen, insbesondere quaderförmigen, Hohlleiter (121) mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene (123) durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne (113) erstreckende Richtung (125) und eine zweite sich senkrecht zu der ersten Richtung erstreckende Richtung (129) definiert ist, wobei gilt: $25 > a/b > 3$, wobei a: eine Breite des Hohlleiters (121) entlang der zweiten Richtung (129) ist, b: eine Höhe des Hohlleiters (121) entlang der ersten Richtung (125) ist, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, eine Mikrowelle (101) von dem Innenraum (109) der Antennen- Umgebungswände (103, 105, 107) in den Hohlleiter (121) hinein fortschreiten zu lassen.



Z u s a m m e n f a s s u n g

Beschrieben wird eine Vorrichtung (100, 200, 300) zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle (101), aufweisend: Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107), die einen Innenraum (109) begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich (111) einer Antenne (113) einer Mikrowellenquelle (147), insbesondere seitlich ringförmig sowie stirnseitig, zu umgeben; Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117, 119), von denen zumindest zwei (115, 117) parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Hohlleiter-Begrenzungswände einen, insbesondere quaderförmigen, Hohlleiter (121) mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene (123) durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne erstreckende Richtung (125) und eine zweite sich senkrecht zu der ersten Richtung erstreckende Richtung (129) definiert ist, wobei gilt: $25 > a/b > 3$, wobei a: eine Breite des Hohlleiters (121) entlang der zweiten Richtung (129) ist, b: eine Höhe des Hohlleiters (121) entlang der ersten Richtung (125) ist, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, eine Mikrowelle (101) von dem Innenraum (109) der Antennen- Umgebungswände (103, 105, 107) in den Hohlleiter (121) hinein fortschreiten zu lassen.

(Figur 1)

Hohlleiter-Einkoppeleinheit

5 Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle, welche insbesondere ausgebildet ist, durch die in dem Hohlleiter geführte Mikrowelle ein Plasma zu induzieren, um zum Beispiel
10 eine Probe spektroskopisch zu untersuchen. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren eines Führens einer elektromagnetischen Mikrowelle.

Hintergrund der Erfindung

15 DE 4028525 A1 offenbart eine Mikrowellen-Plasmaquellenvorrichtung mit einer Kombination eines ebenen Wellenleiters und eines zylindrischen coaxialen Wellenleiters. Dabei wird Mikrowellenleistung einem Körper eines Entladeplasmas effizient zugeführt, das im Inneren einer Entladeröhre erzeugt wird, die entlang der Mittenachse eines inneren Leiters des zylindrischen coaxialen Wellenleiters
20 angeordnet ist.

DE 4004560 A1 offenbart Mikrowellen-induzierte Plasmaquellen mit einem coaxialen Wellenleiter aus einem zylindrischen äußeren Leiter und einem inneren Leiter, wobei der innere Leiter aus einer spiralförmigen Spule gebildet ist, wobei
25 ein Entladungstubus vorgesehen ist, der eine Doppeltubusstruktur hat und in die spiralförmige Spule in deren axialer Richtung eingesetzt ist.

US 2003/000823 A1 offenbart eine Emissionssteuerung zur Verbrennung von Gasverbindungen mittels einer Mikrowellen-Plasmafackel. Ein
30 Oxidationsmechanismus in der Plasmaflamme eliminiert Kontaminanten.

US 2005/163696 A1 offenbart eine Synthese von Kohlenstoff-Nanoröhren. Dabei wird eine Massensynthese von Kohlenstoff-Nanoröhren in einer Gasphase durchgeführt, wobei eine Mikrowellen-Plasmafackel bei Atmosphärendruck
35 verwendet wird.

US 2007/007257 A1 offenbart einen Mikrowellen-Plasmabrenner, wobei eine Hochtemperatur-Plasmaflamme mittels einer Injektion von gasförmigen, flüssigen oder fest-pulverförmigen Kohlenwasserstoffen in ein Plasma erzeugt wird, welches durch Mikrowellen erzeugt wird.

5

US 2017/095787 A1 offenbart eine Mikrowellen-Plasmafackel, wobei ein Plasmagenerator, ein Mikrowellengenerator und zumindest ein Plasmaquellengasinjektor vorgesehen sind. Dabei umfasst der Mikrowellengenerator einen Wellenleiter und der Plasmagenerator umfasst eine

10 Entladeröhre, wobei die Entladeröhre durch einen Wellenleiter senkrecht zu dem Wellenleiter hindurchtritt.

WO 2011/147230 A1 offenbart einen Mikrowellen-Plasmazünder mit einer Mikrowellen-Resonanzkavität, einer Quarzglasröhre, einem tangentialen

15

Luftzuführgerät und einem Flussgerät für pulverisierte Kohle, wobei ein Bereich mit der größten Mikrowellen-Feldintensität innerhalb der Quarzglasröhre einen Mikrowellen-Plasmaerzeugungsbereich bildet, in welchen ein pulverisierter Kohlefluss durch das Kohleflussgerät axial geführt wird.

20

Der Stand der Technik offenbart somit relativ komplexe und voluminöse Ausrüstungen zum Führen einer Mikrowelle einer Mikrowellenquelle zu zum Beispiel einem Mikrowellen-Applikator, in dem die Mikrowelle beispielsweise zur Erzeugung von ionisierten Probenatomen oder Probenmolekülen verwendet wird, um die Probe spektroskopisch zu untersuchen.

25

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle vorzuschlagen, welche insbesondere geeignet ist, um (in besonderen Ausgestaltungen) die Mikrowelle zu einem Plasmaerzeugungsbereich (z.B. innerhalb eines zylindrischen

30 Hohlleiters) zu führen, um eine Probe für eine spektroskopische Untersuchung zu ionisieren, wobei die Komplexität und die Größe der Vorrichtung im Vergleich zum Stand der Technik vereinfacht bzw. reduziert ist. Ferner ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Mikrowellen-Applikator bereitzustellen, welcher eine kompaktere Dimension aufweist.

35

Zusammenfassung der Erfindung

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen spezifiziert.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle bereitgestellt, aufweisend: Antennen-Umgebungswände, die einen Innenraum begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich einer Antenne einer Mikrowellenquelle, insbesondere seitlich ringförmig sowie stirnseitig, zu umgeben; Hohlleiter-Begrenzungswände, von denen zumindest zwei parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Hohlleiter-Begrenzungswände einen, insbesondere quaderförmigen, Hohlleiter mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne erstreckende Richtung und eine zweite sich senkrecht zu der ersten Richtung erstreckende Richtung definiert ist,

wobei gilt: $25 > a/b > 3$, wobei

a: eine Breite des Hohlleiters entlang der zweiten Richtung ist,

b: eine Höhe des Hohlleiters entlang der ersten Richtung ist,

wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, eine Mikrowelle von dem Innenraum der Antennen- Umgebungswände in den Hohlleiter hinein fortschreiten zu lassen.

Die Vorrichtung wird im Kontext der vorliegenden Anmeldung auch als Wellenleiter-Einkoppeleinheit bzw. Hohlleiter-Einkoppeleinheit bezeichnet. Die Hohlleiter-Einkoppeleinheit kann auch als "Launcher" bezeichnet werden. Die Vorrichtung ist insbesondere geeignet, die Mikrowelle zu einem Mikrowellen-Applikator zu führen, wobei weitere Komponenten vorgesehen sein können. Die Mikrowelle kann zum Beispiel eine Frequenz von 1 GHz bis 300 GHz aufweisen, was einer Wellenlänge von ca. 1 mm bis 30 cm entspricht.

Der Mikrowellen-Applikator kann zum Beispiel ausgebildet sein, mittels des in der Vorrichtung geführten Plasmas eine zu untersuchende Probe zu ionisieren, um sie nachfolgend spektroskopisch untersuchen zu können, z.B. hinsichtlich Zusammensetzung, Konzentration, etc. In einem Mikrowellen-Applikator, der ferner in der Vorrichtung umfasst sein kann, kann die Mikrowelle zur Erzeugung

eines Plasmas zur elektronischen Anregung von Probenmolekülen bzw. Probenatomen verwendet werden. Beim Zurückfallen der Elektronen von den angeregten Zuständen wird elektromagnetische Strahlung emittiert, welche charakteristisch für die untersuchte Probe ist. Die charakteristische elektromagnetische Strahlung (z.B. im optischen und/oder infrarot- und/oder ultravioletten Bereich) kann mittels eines Spektrometers in verschiedene Frequenz- bzw. Wellenlängenkomponenten aufgetrennt werden und mittels eines Detektors können die verschiedenen Frequenz- bzw. Wellenlängenkomponenten hinsichtlich ihrer Intensität registriert werden. Daraus kann zum Beispiel eine Zusammensetzung der Probe bestimmt werden.

Die Vorrichtung (bzw. die erzeugte Mikrowelle) kann jedoch nicht nur zur spektroskopischen Analyse einer Probe verwendet werden, sondern auch für andere Zwecke verwendet werden. Zum Beispiel kann die Mikrowelle zum Heizen einer Probe in der Synthese- und Aufschlusschemie verwendet werden.

Sowohl die Antennen-Umgebungswände als auch die Hohlleiter-Begrenzungswände können jeweils einstückig oder mehrstückig ausgeführt sein. Die Antennen-Umgebungswände können im Rahmen dieser Anmeldung auch als zum Beispiel zylindrische Metallhülle ausgebildet sein. Von der Antenne kann in den Innenraum, welcher von den Antennen-Umgebungswänden begrenzt ist, eine Mikrowelle abgestrahlt werden, welche von der Mikrowellenquelle erzeugt worden ist. Dabei kann die Antenne durch den Hohlleiter hindurch ragen und über diesen hinausstehen, jedoch von den Antennen-Umgebungswänden umgeben sein. Die Antennen-Umgebungswände können insbesondere auf einen zum Beispiel kreisförmigen Rand einer Hohlleiter-Begrenzungswand aufgesetzt sein. Die Hohlleiter-Begrenzungswände können zum Beispiel eine Aussparung (z.B. rechteckig, quadratisch oder kreisförmig) aufweisen, wobei durch die Aussparung die Antenne hindurchtreten kann. Auf den Rand der Aussparung einer der Hohlleiter-Begrenzungswände können zum Beispiel die Antennen-Umgebungswände aufgesetzt sein, um zum Beispiel einen Endbereich der Antenne kuppelförmig zu umgeben. Die Antennen-Umgebungswände können den Endbereich der Antenne zu jeder Richtung hin umgeben, zum Beispiel axial sowie auch radial umgeben. Die Antennen-Umgebungswände können zum Beispiel teilweise als Zylindermantelflächen (z.B. als Rohr mit kreisförmiger Querschnittsform) ausgeführt sein, die insbesondere stirnseitig eine

Abschlusswand bzw. Deckfläche aufweisen. Eine Abschlusswand bzw. Deckfläche kann jedoch auch fehlen, z.B. kann ein die Antennen-Umgebungswände bildendes Rohr in Verlängerung des Endes der Antenne offen sein. Die Antennen-Umgebungswände können zum Beispiel eine Zylindersymmetrie aufweisen, wobei
5 die Symmetrieachse mit einer Längsachse der Antenne zusammenfallen kann.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umschließen die Antennenumgebungswände die Antenne nicht vollständig, sondern können eine oder mehrere Öffnungen und/oder Bohrungen aufweisen. In den
10 Umgebungswänden können z.B. eine oder mehrere Öffnungen vorgesehen sein, um z.B. Temperaturmessungen mittels Pyrometer und/oder Glasfaser-Optik durchführen zu können (z.B. zur Feststellung von Überschlügen).

Die stirnseitige Umgebungswand (sofern vorhanden) der Antenne könnte z.B.
15 Löcher aufweisen, z.B. perforiert sein. Die Antennenumhüllung kann auch als langer Dämpfungsrohrabschnitt ausgeführt sein, welcher stirnseitig offen bleibt.

Durch eine (etwaig vorhandene) Öffnung(en) in den Antennen-Umgebungswänden kann Mikrowellen-Leistung z.B. mittels eines weiteren
20 Wellenleiters entnommen werden.

Die Längsrichtung der Antenne kann zum Beispiel als die Richtung der größten Ausdehnung der Antenne aufgefasst werden, insbesondere als eine Längsrichtung eines Antennenstabes. Die Antenne kann durch leitendes Material
25 und/oder dielektrisches Material gekennzeichnet sein. Die Antenne kann elektrisch mit einem Teil der Mikrowellenquelle gekoppelt sein, um die elektromagnetische Energie, welche in der Mikrowellenquelle erzeugt ist, als eine Mikrowelle abzustrahlen. Die Antenne sowie die Mikrowellenquelle kann, muss jedoch nicht Teil der Vorrichtung sein.

30 Der Hohlleiter kann zum Beispiel einen leicht ovalen Querschnitt aufweisen oder einen zumindest approximativ rechteckigen oder einen genau rechteckigen Querschnitt aufweisen. In herkömmlichen Hohlleitern kann das Verhältnis einer Breite und einer Höhe des Hohlleiters bei dem Wert 2 liegen. Der Hohlleiter
35 gemäß dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist jedoch eine gegenüber einem herkömmlichen Hohlleiter verringerte Höhe auf. Wenn die

Vorrichtung zum Beispiel verwendet wird, um in einem Plasmaerzeugungsbereich zum Beispiel im Brennraum einer Plasmaentladungsröhre ein Plasma zu erzeugen, kann die verringerte Höhe b des Hohlleiters vorteilhaft sein, da diese verringerte Höhe einer Ausdehnung entlang der ersten Richtung des

5 Plasmaerzeugungsbereichs entsprechen kann oder gleichen kann. Somit kann auf einen sogenannten "Taper-Bereich" (einen keilförmigen bzw. Höheveränderlichen Kopplungsabschnitt bzw. Hohlleiterabschnitt), in dem sich die Höhe eines Hohlleiters zu dem Mikrowellen-Applikator hin verringert, verzichtet werden. Hierdurch kann die Konstruktion vereinfacht und kompakter gestaltet
10 werden. Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfassen die Hohlleiter-Begrenzungswände ausschließlich ebene Hohlleiter-Begrenzungswände.

Dadurch ist eine kompakte Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen
15 Mikrowelle bereitgestellt, wobei die Mikrowelle jenseits des Hohlleiters für verschiedene Zwecke verwendet werden kann.

Die Höhe b kann z.B. größer oder gleich 5 mm oder 6 mm betragen.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Länge (L) der
20 Antenne größer als die Höhe (b) des Hohlleiters, wobei insbesondere die Höhe (b) des Hohlleiters entlang einer Länge des Hohlleiters senkrecht zu der Querschnittsebene im Wesentlichen konstant ist, und/oder wobei insbesondere eine Querschnittsform und -größe des Hohlleiters entlang einer Länge des Hohlleiters senkrecht zu der Querschnittsebene im Wesentlichen konstant ist.

25 Die Antenne kann sich durch den Hohlleiter hindurch über den Hohlleiter hinaus erstrecken. Damit kann die Antenne in ihrer Länge gemäß den Erfordernissen der abzustrahlenden Mikrowelle dimensioniert werden. In anderen

Ausführungsformen kann zum Beispiel die Länge der Antenne kleiner oder gleich
30 der Höhe des Hohlleiters sein. Wenn die Höhe des Hohlleiters entlang einer Länge des Hohlleiters (z.B. auch senkrecht zu der ersten Richtung und senkrecht zu der zweiten Richtung) konstant ist, kann die Konstruktion des Hohlleiters vereinfacht sein, indem der Hohlleiter zum Beispiel als ein quaderförmiger Hohlleiter ausgeführt sein kann. Auch ist eine Herstellung des Hohlleiters
35 vereinfacht, wenn die Querschnittsform entlang der Länge des Hohlleiters im Wesentlichen konstant ist.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände senkrecht zu der ersten Richtung ausgerichtet und entlang der ersten Richtung beabstandet angeordnet, wobei sich die Antenne von einem Basisbereich zu dem Endbereich erstreckt und wobei eine erste der zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände im Basisbereich der Antenne ausgebildet ist und eine zweite der zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände zwischen dem Basisbereich und dem Endbereich der Antenne ausgebildet ist.

Zwischen den zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswänden kann vorteilhaft die Mikrowelle geführt werden, insbesondere gemäß einer gewünschten Mode. Die zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände können um die Höhe des Hohlleiters voneinander beabstandet sein. Die Breite des Hohlleiters und/oder die Höhe des Hohlleiters kann sich zum Beispiel auf ein Außenmaß oder ein Innenmaß beziehen. Der Basisbereich der Antenne kann zum Beispiel mit der Mikrowellenquelle gekoppelt, insbesondere elektrisch verbunden sein. Die erste der zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände kann zum Beispiel am Gehäuse der Mikrowellenquelle montiert sein. Diese erste Hohlleiter-Begrenzungswand kann zum Beispiel eine Öffnung bzw. Aussparung aufweisen, durch welche der Basisbereich der Antenne geführt sein kann. Die zweite der zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-Begrenzungswände kann ebenfalls eine Aussparung bzw. Öffnung aufweisen, welche insbesondere von gleicher (oder unterschiedlicher) Ausdehnung bzw. Größe und/oder Form ist wie die Öffnung in der ersten Hohlleiter-Begrenzungswand, um ebenfalls die Antenne in einem Bereich zwischen dem Basisbereich und dem Endbereich hindurchführen zu können. Die Antenne kann somit teilweise (zwischen dem Endbereich und dem Basisbereich) in dem Hohlleiter angeordnet sein, welcher durch die Hohlleiter-Begrenzungswände eingeschlossen ist bzw. gebildet ist, und teilweise, insbesondere zumindest in dem Endbereich, innerhalb des Innenraums angeordnet sein, welcher von den Antennen-Umgebungswänden zumindest teilweise begrenzt ist.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die zwei parallelen Hohlleiter-Begrenzungswände zumindest teilweise durch zumindest eine abgerundete Hohlleiter-Begrenzungswand verbunden und/oder eine dritte und eine vierte Hohlleiter-Begrenzungswand der Hohlleiter-Begrenzungswände sind parallel zueinander angeordnet, sind senkrecht auf der ersten und der zweiten der Hohlleiter-Begrenzungswand orientiert und verbinden die erste Hohlleiter-Begrenzungswand mit der zweiten Hohlleiter-Begrenzungswand.

Die Querschnittsform des Hohlleiters ist nicht auf eine (exakt) rechteckige Querschnittsform begrenzt, sondern kann zum Beispiel auch leicht oval sein bzw. abgerundete Kanten aufweisen, welche zum Beispiel einen gebogenen Abschnitt, zum Beispiel Kreisabschnitt, aufweisen können. In einer besonderen Ausführungsform sind die erste, die zweite, die dritte und eine vierte Hohlleiter-Begrenzungswand vorgesehen, welche jeweils eben sind und paarweise parallel zueinander angeordnet sind. Damit kann eine besonders einfache herstellbare Ausführung gebildet sein. In diesem Fall hat der Hohlleiter eine exakt rechteckige Querschnittsform, wobei deren Breite größer ist als deren Höhe.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erstrecken sich die Hohlleiter-Begrenzungswände zu einer ersten und einer zweiten Seite der Antenne hin senkrecht zur ersten Richtung, um einen ersten Teil und einen zweiten Teil des Hohlleiters zu bilden, wobei auf der zweiten Seite ein Abschlusswandteil, insbesondere senkrecht zur ersten und zweiten Hohlleiter-Begrenzungswand orientiert, vorgesehen ist, um den zweiten Teil des Hohlleiters abzuschließen. Das Abschlusswandteil kann als Kurzschlusswand dienen, an welcher die eingekoppelte Mikrowelle reflektiert wird. Der Abstand der Kurzschlusswand zur Antennenachse kann bis zu einem Viertel der Wellenlänge λ der Mikrowelle in dem Hohlleiter betragen.

Durch die Kurzschlusswand bildet sich im Inneren des Hohlleiters eine stehende Welle des Mikrowellenfeldes aus, dessen Wellenlänge von den Dimensionen des Hohlleiters und von der Frequenz der eingespeisten Mikrowelle abhängt. Beträgt der Abstand von der Antennenachse bis zur Abschlusswandteil $\lambda/4$, so findet an dem metallischen Abschlusswandteil eine 180° Phasenverschiebung statt, wodurch sich eine konstruktive Überlagerung ergibt. In einem konkreten

Ausführungshohlleiterbeispiel beträgt der Abstand Antennenachse –
Abschlusswandteil (Kurzschlusswand) 21,5 mm.

Die erste und die zweite Seite (von der Antenne aus betrachtet) kann sich
5 entlang einer dritten Richtung erstrecken, welche senkrecht sowohl auf der
ersten Richtung als auch auf der zweiten Richtung steht. Die dritte Richtung kann
entlang einer Länge des Hohlleiters verlaufen bzw. definiert werden. Die in dem
ersten Teil des Hohlleiters geführte Mikrowelle kann zur weiteren Verwendung
aus dem ersten Teil herausgeführt werden und zum Beispiel einem Mikrowellen-
10 Applikator zugeführt werden, der je nach der gewünschten Anwendung
ausgebildet sein kann.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gilt: $22 > a/b > 5$,
und/oder wobei die Breite des Hohlleiters zwischen 70 mm und 120 mm,
15 insbesondere zwischen 80 mm und 110 mm beträgt, und/oder wobei die Höhe
des Hohlleiters zwischen 5 mm und 15 mm, insbesondere zwischen 5 mm und 12
mm beträgt, und/oder wobei eine Länge des Hohlleiters senkrecht zu der
Querschnittsebene mindestens einem Viertel bis einem Halben der Wellenlänge
der Mikrowelle in dem Hohlleiter beträgt. Somit können je nach Anwendungsfall
20 verschiedene Geometrien von Breite, Höhe und Länge des Hohlleiters unterstützt
sein. Insbesondere können Höhe und Breite des Hohlleiters gemäß einem
Verwendungszweck der Mikrowelle bzw. einer Geometrie nachgeordneter
Komponenten ausgewählt werden.

25 Bei diesen bevorzugten a/b Verhältnissen ist z.B. ein bevorzugter Hohlleiter mit
 $a=109$ mm oder $a=86$ mm abgebildet, der kleinere als bekannte Höhen
aufweist, z.B. $b=5$ mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm, 11 mm, 12 mm, 13
mm, 14 mm oder 15 mm.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gilt: $15 > a/b > 10$.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist zumindest ein Teil
der Antennen-Umgebungswände mit zumindest einem Teil der Hohlleiter-
35 Begrenzungswände (z.B. unmittelbar) verbunden, und/oder wobei die Antennen-

Umgebungswände eine einen zylinderförmigen Abschnitt und/oder ebene Abschnitte aufweisende Mantelflächenwand und eine (z.B. kreisförmige oder rechteckige) Stirnwand aufweisen, die verbunden sind, und/oder wobei die Antennen-Umgebungswände zusammen mit der Antenne insbesondere als

5 Koaxialleiter wirken.

Wenn zumindest ein Teil der Antennen-Umgebungswände mit zumindest einem Teil der Hohlleiter-Begrenzungswände (insbesondere unmittelbar) verbunden ist, kann die Konstruktion vereinfacht werden und es kann insbesondere auf einen im

10 Stand im Technik verwendeten keilförmigen Bereich eines Hohlleiters, dessen Querschnittsform bzw. Querschnittsgröße sich entlang einer Längsrichtung verjüngt, verzichtet werden. Eine zylinderförmige oder im wesentlichen zylinderförmige Mantelflächenwand kann vorteilhaft eine zylindersymmetrische Antenne ringförmig umgeben. Die Stirnwand kann den Innenraum, in dem sich

15 die Antenne befindet, in axiale Richtung (d.h. parallel zu der Längsrichtung der Antenne) abschließen bzw. begrenzen. Die Stirnwand kann zum Beispiel als ebene, insbesondere kreisförmige Stirnwand ausgebildet sein, kann jedoch auch eine komplizierte unregelmäßige Form aufweisen. Wenn die Antennen-Umgebungswände zusammen mit der Antenne als Koaxialleiter wirken, kann eine

20 effektive Führung der Mikrowelle von der Mikrowellenquelle hin in den Hohlleiter hinein gewährleistet sein.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein (z.B. radialer) Abstand zwischen einer inneren Oberfläche der zylinderförmigen

25 Mantelflächenwand und einer äußeren Oberfläche der Antenne im Wesentlichen konstant (in Umfangsrichtung um die Längsrichtung der Antenne).

Die Antenne kann in einem geringen Abstand von der Mantelflächenwand umgeben sein, um so auch die Dimension der Vorrichtung gering zu halten.

Maßnahmen zur Verhinderung eines elektrischen Überschlages von der Antenne zu einer der Antennen-Umgebungswände können vorgesehen sein, wie etwa

30 Isolationsmaterial, Keramikmaterial, Füllmaterial aus Kunststoff, etc. Das Füllmaterial kann insbesondere durch Polytetrafluorethen gebildet sein. Ebenso können die inneren Abstände zwischen der Außenoberfläche der Antenne und einer Innenoberfläche der Antennen-Umgebungswände geeignet gewählt

35 werden.

Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der von den Antennen-Umgebungswänden begrenzte Innenraum zumindest teilweise mit Durchschlagsfestigkeit erhöhendem Material, insbesondere Kunststoff, angefüllt, insbesondere als innere Auskleidung an den Antennen-Umgebungswänden. Damit können Störungen und Beschädigungen der Vorrichtung bzw. der Antenne vermieden werden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner einen Metallkolben auf, welcher entlang der ersten Richtung in dem von den Antennen-Umgebungswänden begrenzte Innenraum verschiebbar ist. Der Metallkolben kann eine Querschnittsfläche aufweisen, welche einer Querschnittsfläche des Innenraums gleicht, welcher durch die Antennen-Umgebungswände begrenzt wird. Die Querschnittsfläche und/oder Querschnittsform der Antennen-Begrenzungswände, insbesondere der Mantelflächenwand braucht sich entlang der ersten Richtung nicht zu ändern, sondern kann im Wesentlichen konstant sein. Damit kann durch Verschieben des Metallkolbens entlang der ersten Richtung die Höhe des von den Antennen-Begrenzungswänden begrenzten Innenraums eingestellt werden, insbesondere um eine Eingangsimpedanz und eine Ausgangsimpedanz der Kombination des Hohlleiters und des Innenraums zur optimalen Abstrahlung von der Antenne und Einkopplung der Mikrowelle in den Hohlleiter hinein zu gewährleisten.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat die Antenne einen für Magnetronantennen üblichen Radius von 8 mm bis 28 mm, insbesondere zwischen 8 mm und 16 mm, und/oder wobei die Antenne eine Länge von 25 mm bis 60 mm, insbesondere zwischen 40 mm und 50 mm hat, und/oder wobei die Antenne im Wesentlichen Zylindersymmetrie aufweist, deren Symmetrieachse mit der der zylinderförmige Mantelflächenwand zusammenfällt. Damit sind verschiedene Geometrien je nach Anwendungsfall unterstützt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Antenne einen elektrischen Leiter und Dielektrikum, insbesondere ein Keramikmaterial auf, das den Leiter zumindest teilweise umgibt. Das Keramikmaterial kann die

Abstrahleigenschaften der Antenne je nach Bedarf anpassen und kann auch zu einer Vermeidung von Überschlügen beitragen.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der elektrische
5 Leiter als Antennenstab ausgebildet, wobei das Keramikmaterial kuppelförmig den Antennenstab einschließlich eines Antennenstabendes umschließt. Diese Ausführungsform kann z.B. bei Mikrowellenleistung von größer als 1,5 kW eingesetzt werden. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der elektrische Leiter als Antennenstab ausgebildet, und wobei das
10 Keramikmaterial ringförmig den Antennenstab in einem Basisbereich umschließt, wobei ferner eine Metallkappe vorgesehen ist, die in einem Endbereich des Antennenstabes auf den Antennenstab aufgesetzt ist. Diese Ausführungsform kann z.B. bei Mikrowellenleistung von kleiner als 1,5 kW eingesetzt werden. Damit sind verschiedene Ausgestaltungen der Antenne unterstützt, die je nach
15 Anwendungsfall vorgesehen sein können.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Hohlleiter ausgebildet, eine TE-Mode, insbesondere TE₁₀-Mode von Mikrowellen zu führen und/oder wobei eine Summe einer Höhe (H) der Mantelflächenwand und der
20 Höhe (b) des Hohlleiters größer ist als eine Länge (L) der Antenne.

Insbesondere kann somit eine Stirnwand der Antennen-Begrenzungswände relativ nahe an einem axialen Ende der Antenne angeordnet sein, um die Vorrichtung kompakt zu halten. Der Abstand zwischen einem axialen Ende der
25 Antenne und einer Stirnwand der Antennen-Begrenzungswände muss jedoch so gewählt werden, um Überschlüge zwischen Antenne und Antennen-Begrenzungswand zu vermeiden.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bestehen die
30 Antennen-Umgebungswände und/oder die Hohlleiter-Begrenzungswände aus Mikrowellen reflektierenden Materialien und weisen zumindest teilweise eines der Folgenden auf: Aluminium; Messing; Edelstahl, Kupfer, Silber, oder Legierungen der vorgenannten. Damit sind herkömmlich verfügbare Materialien unterstützt, um eine kostengünstige Herstellung zu ermöglichen.

35

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner eine Mikrowellenquelle auf, insbesondere Magnetron, mit der Antenne, die von den Antennen-Umgebungswänden zumindest teilweise in einem Endbereich der Antenne umgeben ist, und einem Gehäuse, wobei zumindest eine der

5 Hohlleiter-Begrenzungswände, insbesondere die erste Hohlleiter-Begrenzungswand, zumindest teilweise an dem Gehäuse der Mikrowellenquelle angebracht ist. Die Antenne kann zum Beispiel elektrisch mit einem Inneren der Mikrowellenquelle verbunden sein, etwa mit einem Resonator innerhalb der Mikrowellenquelle. Somit sind herkömmlich verfügbare Magnetrons zur

10 Erzeugung der Mikrowelle unterstützt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist zumindest eine Maßnahme zur Reduktion einer Wärmeübertragung zwischen der Mikrowellenquelle und dem Mikrowellenapplikator und/oder den Hohlleiter-

15 Begrenzungswänden vorgesehen ist, insbesondere zumindest eines der Folgenden umfassend: Wärmefalle; Isolationsmaterial; Kühlung. Derartige Maßnahmen können einzeln oder in jeder Kombination vorgesehen sein. Sind derartige Wärmeübertragungsisolationsmaßnahmen vorgesehen, so kann die Stabilität der Mikrowellenquelle verbessert werden.

20

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung ferner einen durch mindestens eine Zylinderwand, insbesondere durch zwei teilweise ineinander angeordnete Zylinderwände, gebildeten (zylindrischen) koaxialen Hohlleiter auf, dessen Zylindersymmetrieachse parallel (oder nicht

25 parallel) zu der Längsachse der Antenne orientiert ist und der mit dem im Wesentlichen rechteckigen Hohlleiter, insbesondere ersten Teil des Hohlleiters, derart verbunden ist, um eine Modustransformation der aus dem im Wesentlichen rechteckigen Hohlleiter in den (zylindrischen) koaxialen Hohlleiter eingeführten Mikrowelle (von TE zu TEM) zu bewirken, wobei durch die in dem

30 (zylindrischen) koaxialen Wellenleiter geführte Mikrowelle in einem Plasmaerzeugungsbereich eine Plasma durch Ionisation eines (z.B. strömenden) Gases (z.B. N₂, Ar) gebildet werden kann.

Der (zylindrische) koaxiale Hohlleiter kann als ein Teil eines Mikrowellen-

35 Applikators angesehen werden. Damit kann eine Probe spektroskopisch

untersucht werden, nachdem sie mittels des Plasmas elektronisch angeregt worden ist, wobei das Plasma mittels der Mikrowelle erzeugt ist, welche durch den im Wesentlichen rechteckigen Hohlleiter in den Plasmaerzeugungsbereich hinein eingetreten ist.

5

Insbesondere kann die Höhe des Hohlleiters an eine Ausdehnung des Plasmaerzeugungsbereichs angepasst werden, so dass auf eine Verringerung oder Vergrößerung einer Querschnittsfläche eines Hohlleiters entlang einer Längsrichtung verzichtet werden kann.

10

Es sollte verstanden werden, dass Merkmale, welche individuell oder in irgendeiner Kombination in Bezug auf eine Vorrichtung zum Führen einer Mikrowelle erläutert, beschrieben, bereitgestellt oder vorgesehen sind, ebenso, individuell oder in irgendeiner Kombination, für ein Verfahren eines Führens einer Mikrowelle angewendet werden können, und umgekehrt, gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

15

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren eines Führens einer elektromagnetischen Mikrowelle (101) bereitgestellt, aufweisend:

20

Erlauben eines Fortschreitens einer Mikrowelle (101) von einem Innenraum (109) in einen Hohlleiter (121) hinein, wobei die Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107) den Innenraum (109) begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich (111) einer Antenne (113) einer Mikrowellenquelle (147), zumindest teilweise zu umgeben; wobei Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117, 119), von denen zumindest zwei (115, 117) parallel zueinander angeordnet sind, den Hohlleiter (121) mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene (123) durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne erstreckende Richtung (125) und eine zweite sich senkrecht zu der ersten Richtung erstreckende Richtung (129) definiert ist,

25

30

wobei gilt: $25 > a/b > 3$, wobei
a: eine Breite des Hohlleiters (121) entlang der zweiten Richtung (129) ist,
b: eine Höhe des Hohlleiters (121) entlang der ersten Richtung (125) ist.

35

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung von Ausführungsformen. Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen oder illustrierten Ausführungsformen beschränkt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

5 Figur 1 illustriert in einer Seitenschnittansicht eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

10 Figur 2 illustriert in einer Seitenschnittansicht eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

15 Figur 3 illustriert in einer Seitenschnittansicht eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle gemäß einer noch weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

20 Figur 4 illustriert in einer schematischen, perspektivischen Ansicht eine Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

25 Elemente oder Strukturen in den Zeichnungen, welche in ihrer Struktur und/oder Funktion ähnlich sind, sind in den verschiedenen Figuren mit Bezugszeichen bezeichnet, welche sich lediglich in der ersten Ziffer unterscheiden. Die Beschreibung eines Elementes, welches im Zusammenhang mit einer Ausführungsform nicht im Detail beschrieben ist, kann einer Beschreibung dieses entsprechenden Elementes in einer anderen Ausführungsform entnommen
30 werden.

35 Die in Figur 1 in einer seitlichen Schnittansicht schematisch illustrierte Vorrichtung 100 zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle 101 weist Antennen-Umgebungswände 103, 105, 107 auf, die einen Innenraum 109 begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich 111 einer Antenne 113 zu

umgeben. Die Vorrichtung 100 weist ferner Hohlleiter-Begrenzungswände 115, 117, 119 auf sowie in Figur 1 nicht illustrierte weitere Hohlleiter-Begrenzungswände, welche (in der Zeichenebene liegend) die Begrenzungswände 115, 117 miteinander verbinden, um somit im Inneren einen Hohlleiter 121 mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt (in einer Schnittebene senkrecht zu der Zeichenebene der Figur 1) zu bilden. Dabei ist eine Querschnittsebene 123 durch eine erste Richtung 125, die sich entlang einer Längsrichtung 127 der Antenne 113 erstreckt, und eine zweite Richtung 129 definiert, welche sich senkrecht zu der ersten Richtung 125 erstreckt und in Figur 1 senkrecht auf der Zeichenebene steht. ‚a‘ bezeichnet eine Breite des Hohlleiters 121 entlang der zweiten Richtung 129 und ‚b‘ bezeichnet eine Höhe des Hohlleiters 121 entlang der ersten Richtung 125. Es gilt $25 > a/b > 3$. Die Breite a des Hohlleiters 121 ist somit wesentlich größer als die Höhe b des Hohlleiters 121. Die Vorrichtung 100 ist ausgebildet, die Mikrowelle 101 von dem Innenraum 109 der Antenne-Umgebungswände 103, 105, 107 in den Hohlleiter 121 hinein fortschreiten zu lassen.

In einer nicht dargestellten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist eine (Durchgangs)Öffnung (z.B. zentral) in der stirnseitigen Antenne-Umgebungswand 105 vorgesehen, um einen Temperatursensor innerhalb des Innenraums 109 anzuordnen und ein Kabel (z.B. optisches Kabel), das Temperaturmesssignale führt, aus dem Innenraum durch die Öffnung hindurch nach außen zu einem Steuergerät führen zu können. Eine derartige Öffnung kann auch für die in Fig. 2, 3 und 4 illustrierten Ausführungsformen vorgesehen sein.

In der in Figur 1 illustrierten Vorrichtung 100 ist die Länge L der Antenne 113 größer als die Höhe b des Hohlleiters 121. Ferner ist die Höhe b des Hohlleiters 121 entlang einer Länge (entlang einer dritten Richtung 131), welche senkrecht ist zu der Querschnittsebene 123, im Wesentlichen konstant. Ferner ändert sich nicht eine Querschnittsform und/oder -größe des Hohlleiters 121 entlang der Länge des Hohlleiters (d.h. entlang der dritten Richtung 131).

Die Hohlleiter-Begrenzungswände umfassen zwei parallel zueinander angeordnete Hohlleiter-Begrenzungswände, nämlich eine erste Hohlleiter-Begrenzungswand 115 und eine zweite Hohlleiter-Begrenzungswand 117, welche parallel zueinander angeordnet sind und entlang der ersten Richtung 125

voneinander beabstandet sind, nämlich um die Höhe b des Hohlleiters 121. Die erste Hohlleiter-Begrenzungswand 115 geht von einem Basisbereich 133 der Antenne 113 aus und die zweite Hohlleiter-Begrenzungswand 117 geht von einem Bereich zwischen dem Basisbereich 133 und dem Endbereich 111 der Antenne 113 aus.

Die Vorrichtung 100 umfasst ferner eine in der Figur 1 nicht dargestellte dritte und eine vierte Hohlleiter-Begrenzungswand, welche ebenfalls parallel zueinander angeordnet sind und senkrecht auf der ersten Hohlleiter-Begrenzungswand 115 und der zweiten Hohlleiter-Begrenzungswand 117 stehen und diese erste und die zweite Hohlleiter-Begrenzungswand miteinander verbinden.

Die Hohlleiter-Begrenzungswände 115, 117 erstrecken sich zu einer ersten Seite 135 der Antenne 113 hin sowie zu einer zweiten Seite 137 der Antenne 113 hin, um einen ersten Teil 139 und einen zweiten Teil 141 des Hohlleiters 121 zu bilden. Auf der zweiten Seite 137 ist ein Abschlusswandteil 119 (z.B. als Kurzschlusswand/-platte für die Mikrowelle wirkend) vorgesehen, um den zweiten Teil 141 des Hohlleiters 121 abzuschließen.

Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, sind die Antennen-Umgebungswände 103, 107 direkt oder unmittelbar mit der zweiten Hohlleiter-Begrenzungswand 117 verbunden. Die Antennen-Umgebungswände 103, 107 sind zum Beispiel durch eine zylindrische Mantelflächenwand gebildet, können somit einstückig ausgebildet sein. Ferner bildet die Antennen-Umgebungswand 105 eine Stirnwand, um den Innenraum 109 in axialer Richtung 127 (parallel zur ersten Richtung 125) zu verschließen. Der Innenraum 109 kann teilweise oder vollständig mit Durchlagsfestigkeit-erhöhendem Material, insbesondere Kunststoff, angefüllt sein.

Ein Radius r_a der Antenne 113 kann zum Beispiel zwischen 8 mm und 16 mm betragen und die Länge L der Antenne 113 kann zum Beispiel zwischen 40 mm bis 50 mm betragen. Ferner kann die Antenne 113 Zylindersymmetrie haben, wobei die Zylindersymmetrieachse mit der Längsachse 127 der Antenne zusammenfällt. Die Antenne 113 umfasst einen elektrischen Leiter 143 sowie ein Keramikmaterial 145, das den Leiter 143 zumindest teilweise umgibt. In der in

Figur 1 illustrierten Ausführungsform umschließt das Keramikmaterial 145 in Form einer Kuppel den Antennenstab 143 vollständig.

Die Summe einer Höhe H (von der Innenseite des Hohlleiter-Begrenzungswand 117 bis Innenseite der stirnseitigen Antennenumgebungswand 105 gemessen) der Mantelflächenwand 103, 107 und der Höhe b (als Abstand zwischen Innenseiten der Hohlleiter-Begrenzungswände 115, 117 gemessen) des Hohlleiters 121 ist größer als die Länge L der Antenne 113.

- Die Vorrichtung 100 umfasst ferner eine Mikrowellenquelle 147, insbesondere ein Magnetron, mit der Antenne 113, die von den Antennen-Umgebungswänden 103, 107, 105 zumindest in dem Endbereich 111 der Antenne 113 umgeben ist. Die Mikrowellenquelle 147 umfasst ferner ein Gehäuse 149, wobei die erste Hohlleiter-Umgebungswand 115 an dem Gehäuse 149 der Mikrowellenquelle 147 angebracht ist. Nicht dargestellt in Figur 1 sind mögliche Maßnahmen zur Reduktion einer Wärmeübertragung zwischen der Mikrowellenquelle 147 und den Antennen-Umgebungswänden und/oder den Hohlleiter-Begrenzungswänden.

- Die Vorrichtung 100 umfasst ferner einen Plasmaapplikator 152, welcher einen durch zumindest eine Zylinderwand 151 gebildeten zylindrischen Hohlleiter 153 umfasst, dessen Zylindersymmetrieachse 155 parallel zu der Längsachse 127 der Antenne 113 (und somit auch parallel zu der ersten Richtung 125) orientiert ist. Der zylindrische Hohlleiter 153 ist mit dem im Wesentlichen rechteckig-Querschnittigen Hohlleiter 121 über Verbindungswände 116 verbunden, um eine Modustransformation der aus dem im Wesentlichen rechteckig Querschnittigen Hohlleiter 121 in den zylindrischen Hohlleiter 151 eingeführten Mikrowelle 101 zu bewirken.

- Durch die in dem zylindrischen Hohlleiter 153 geführte Mikrowelle 102 wird in einem Plasmaerzeugungsbereich 157 ein Plasma durch Ionisation eines strömenden Plasmagases 167 (z.B. Stickstoff oder Argon) gebildet. Die Probe 161 wird mittels eines Trägergases (z.B. Argon) in einer Quarzglasröhre 163 entlang der ersten Richtung 125 geführt. Das Hilfsgas 159 (z.B. Stickstoff oder Argon) wird in einem Quarzglasführungssystem 165 (um die Quarzglasröhre 163 herum angeordnet) geführt und hält das heiße Plasma von den inneren Rohren

163 und 165 fern. Das strömende Hilfsgas dient auch zur Höhenjustierung des Plasmas.

Figur 2 illustriert in einer schematischen Schnittansicht eine Vorrichtung 200 gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei ein Plasmaapplikator, wie er in Figur 1 mit Bezugsziffer 152 beschrieben ist, nicht dargestellt ist, jedoch ähnlich ausgeführt sein kann wie der Plasmaapplikator 152, welcher in Figur 1 illustriert ist.

Die Vorrichtung 200, welche in Figur 2 dargestellt ist, zeigt Ähnlichkeiten zu der in Figur 1 illustrierten Vorrichtung 100, wobei jedoch die Antenne 213 anders ausgeführt ist als die in Figur 1 illustrierte Antenne 113. Die Antenne 213 der in Figur 2 illustrierten Vorrichtung 200 umfasst ebenfalls einen Antennenstab 243, jedoch keine Keramikcupel 145, wie die in Figur 1 illustrierte Antenne 113. Stattdessen umfasst die Antenne 213 einen Keramikring 269 in dem Basisbereich 233, um in diesem Basisbereich 233 den Antennenstab 243 ringförmig zu umgeben, insbesondere einzubetten. Oberhalb des Basisbereiches 233 zu dem Endbereich 211 hin ist eine Metallkappe 271 auf den Antennenstab 243 aufgesetzt. In diesem Bereich umfasst die Antenne 213 keine Keramik.

Figur 3 illustriert in einer schematischen Querschnittsansicht eine weitere Vorrichtung 300 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche Ähnlichkeiten mit der in Figur 1 illustrierten Vorrichtung 100 aufweist. Im Unterschied zu der in Figur 1 illustrierten Vorrichtung 100 umfasst jedoch die in Figur 3 illustrierte Vorrichtung 300 ferner einen Metallkolben 373, welcher entlang der ersten Richtung 325 in dem von den Antennen-Umgebungswänden 303, 305, 307 begrenzten Innenraum 309 verschiebbar ist, um somit die Höhe H dieses Innenraums 309 einzustellen. Damit kann eine effektivere Leistungsübertragung der Mikrowelle von der Antenne 313 in den im Wesentlichen rechteckig querschnittigen Hohlleiter 321 bewirkt werden.

Figur 4 illustriert in einer schematischen perspektivischen Ansicht eine Vorrichtung 400 zum Führen einer Mikrowelle gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der im Wesentlichen rechteckig-querschnittige Hohlleiter 421 umfasst wiederum eine erste Hohlleiter-Begrenzungswand 415 und eine zweite Hohlleiter-Begrenzungswand 417, welche

parallel zueinander sind und in der ersten Richtung 425 voneinander beabstandet sind. Diese parallelen Hohlleiter-Begrenzungswände 415, 417 sind jedoch durch abgerundete (d.h. nicht-ebene) Hohlleiter-Begrenzungswände 416 verbunden. In Figur 4 ist die zylinderförmige Antennen-Umgebungswand 403 erkennbar, sowie
5 die Stirnwand 405, welche die zylindrische Mantelflächenwand 403 in axialer Richtung, d.h. entlang der Längsrichtung 427 der Antenne 413, abschließt.

Die Hohlleiter-Einkoppeleinheit (auch Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle genannt) kann es ohne zusätzliche voluminöse
10 Komponenten, wie beispielsweise *Tapern*¹ erlauben, direkt in Verbindung mit Mikrowellen-Applikatoren mit einer geringen Hohlleiterhöhe eingesetzt zu werden. Wärmeflüsse vom Mikrowellen-Applikator bzw. dem Hohlleiter-Einkoppler können durch entsprechende Isolationsmaßnahmen begrenzt werden. Die Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle kann zum
15 Beispiel in der analytischen Chemie in der Elementanalyse eingesetzt werden. Dabei kann ein Mikrowellen-induziertes Plasma in einem entsprechenden Mikrowellen-Applikator, zum Beispiel Mikrowellen-Applikator 152 verwendet werden. Die Elementanalyse stellt typischerweise an eine Plasma-Anregungsquelle hohe Anforderungen an Stabilität der das Plasma aufrecht
20 erhaltenden Strahlungsleistung. Dabei wird der Parameter Leistungsstabilität (power output stability) bei den Hochfrequenzgeneratoren spezifiziert, wobei zu erfüllende Werte bei $< 0.1\%$ der aktuell erzeugten Leistung liegen. Die reproduzierbare Erzeugung von Ionen durch das Plasma bei unveränderten Betriebsparametern (Hochfrequenzleistung, Gasflüsse, etc.) über einen
25 ausreichend langen Zeitraum (einige Stunden) ist für das Analyseverfahren wesentlich, damit die durch eine Kalibration zu einem Zeitpunkt hergestellte Beziehung zwischen einer durch die Plasma-Anregung erzeugten Anzahl an Photonen eines Elements einer bestimmten Konzentration bei einer elementspezifischen Wellenlänge stets zur gleichen Anzahl an gesammelten
30 Zählraten an den jeweiligen Detektorpixeln in einem Spektrometer führt.

Durch entsprechende Wärmeisolationsmaßnahmen zwischen der Plasmaquelle und den Hohlleiter-Begrenzungswänden kann die Leistungsstabilität wie gewünscht erreicht werden. Auch kann durch diese Maßnahmen die
35 Kurzzeitstabilität verbessert werden. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung haben als Vorteil eine Kompaktheit einer Hohlleiter-Einkoppeleinheit,

wobei die Leistungsstabilität der erzeugten Hochfrequenzstrahlung erfüllt ist. Die Leistungen der Plasmaquelle können in der Größenordnung einiger Kilowatt liegen und können zu Temperaturerhöhungen in nachgeordneten oder damit verbundenen Komponenten führen. Die Wärmeisolutionsmaßnahmen können diese Temperaturwärmeflüsse vermindern. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das Magnetron oder allgemein die Mikrowellenquelle durch eine Luft-Kühlung bzw. eine Wasser-Kühlung gekühlt werden.

Herkömmlich haben für eine Mikrowellenfrequenz von beispielsweise 2,45 GHz Hohlleiter standardisiert eine Hohlleiter-Breite a von 86,36 mm und eine Hohlleiter-Höhe b von 43,18 mm. Herkömmliche Antennen von Magnetronen können eine Höhe von etwa 26 mm bis ca. 47mm aufweisen und ragen in herkömmliche Hohlleiter-Einkoppeleinheiten hinein, ohne darüber hinauszustehen. Herkömmlich erfordert das Anpassen des Hohlleiter-Querschnittes b (d.h. der Höhe) für den eigentlichen Plasma-Applikator (in welchem die Höhe zum Beispiel 8 mm beträgt) einen Hohlleiter-Standard (mit einer Höhe von 43,18 mm) mit einem reflexionsarmen kontinuierlichen Übergang über vielfache von halben Wellenlängen (typischerweise 1 bis 3 je nach angestrebter Qualität der Anpassung) in Ausbreitungsrichtung bei gegebener Hohlleiter-Breite a . Somit werden herkömmlich ‚Taper‘ verwendet, um die Standardhohlleiter-Höhe von etwa 43 mm auf die Höhe von etwa 8 mm eines typischen Plasma-Applikators anzupassen. Dies ist mit einem hohen Konstruktionsaufwand verbunden. Die größere Masse und das größere Volumen des herkömmlichen ‚Tapers‘ des Wellen-Applikators führt zu längeren Einschwingzeiten, weswegen eine Wartezeit bis zur Erreichung der spezifizierten Leistungsstabilität relativ hoch ist.

Daher weist die Hohlleiter-Einkoppeleinheit (auch als Waveguide-Launcher bzw. als Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle bezeichnet) einen Hohlleiter mit verringerter Höhe auf, typischerweise etwa 8 mm, wobei die Breite bei herkömmlichen z.B. etwa 86 mm bleiben kann.

In einer Ausführungsform wird die Mikrowellenstrahlung von der Antenne am Keramikring des Magnetrons in den Leiter eingekoppelt. Die Neugestaltung der Hohlleiter-Einkoppeleinheit in der erforderlichen reduzierten Hohlleiter-Höhe erspart große Zusatzaufwände in Form von Komponenten wie Tapern in

Verbindung mit Standard-Launchern. Somit ist die Kompaktheit der Vorrichtung bzw. der Hohlleiter-Einkoppeleinheit erreicht. Ferner ist ein geringerer Anteil an Wandstromverlusten durch die kleinere gesamte den Mikrowellenraum umgebende metallische Hülle des Hohlleiters erreicht. Die Vorrichtung kann zum
5 Beispiel über einen Flansch mit einem Magnetron verbunden werden.

Die Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Welle kann mit einem Magnetron verwendet werden, dessen Antenne aus Keramikring und Metallkappe besteht als auch Ausführungen über 1,5 kW Leistung mit Antennenstab und
10 Keramikkuppel. Eine bevorzugte Ausführungsform weist eine vollständige oder eine teilweise Füllung des Mikrowellenraumes mit Dielektrika abweichend von Luft auf.

Thermische Entkopplung bzw. Verminderung des Wärmeflusses vom Plasma-
15 Applikator oder zur Hohlleiter-Einkoppeleinheit bzw. zur Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle bzw. zum Magnetron und dessen Magnetsystem kann durch die Reduktion der für die Wärmeleitung relevanten Querschnitte, abschnittsweise Werkstoffwechsel (Material mit deutlich schlechterer Wärmeleitfähigkeit) und/oder Wärmefallen, mit Luft oder Kunststoff
20 gefüllt, bevorzugt auf der Flanschseite zum Magnetron durch passive Gestaltungsmaßnahmen erreicht werden. Eine Luft- und/oder Wasser-Kühlung können für das Magnetron vorgesehen sein, um Temperaturänderungen an den Ferrit-Magneten zu reduzieren.

25 Zum Beispiel können die Lufträume unter dem Magnetron zwischen dem Magnetron und den Hohlleiter-Begrenzungswänden vorgesehen sein, diese können zum Beispiel in die Hohlleiter-Begrenzungswände eingefräst sein. In anderen Ausführungsformen kann eine Schnittstelle für Richtkoppler vorgesehen sein (für Messzwecke, Steuerung oder Regelung). Ferner kann der Hohlleiter zum
30 Beispiel mit Flüssigkeitskühlung gekühlt werden, z.B. können in den Hohlleiter-Begrenzungswänden Kühlkanäle vorgesehen sein. Teile der Hohlleiter-Begrenzungswände und/oder der Antennen-Umgebungswände können auch Kühlrippen aufweisen, um einen Teil der Wärmeenergie an die Umgebungsluft abzuführen.

Zur Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit und damit der Möglichkeit einer weiteren Reduktion der Hohlleiter-Höhe b ist ein Einsatz isolierender Dielektrika im Hohlleiter möglich. Als Mikrowellen-Applikator kann weiters zum Beispiel ein Applikator zum Mikrowellen-Aufschluss, oder zur Mikrowellen-Synthese
5 vorgesehen sein.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung offenbaren ein Wellenleiterkonzept zur Einkopplung und Überleitung von Mikrowellen-Strahlung eines Magnetrons in den Brennraum einer Plasma-Fackel. Anwendung findet das
10 Wellenleiter-Konzept bzw. die Hohlleiter-Einkoppeleinheit bzw. die Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle in der optischen Emissionsspektrometrie mit Mikrowellen-induziertem Plasma MIP-OES im Bereich der Spurenanalytik. Mögliche Anwendungen sind Mikrowellen-Aufschluss-Reaktoren, Mikrowellen-Synthese-Reaktoren.

15 Die Mikrowellen-Leistungseinführung in einen Plasmabrennraum einer Entladeröhre eines Mikrowellen-induzierten Plasma-Gerätes kann eine hohe Leistung aufweisen. Das Plasma kann mit hinreichend hoher Temperatur und Dichte erzeugt werden, um eine direkte Analyse von wässrigen Proben
20 durchzuführen. Dabei kann eine Stelle mit ausreichend hoher Mikrowellen-Feldstärke innerhalb des Quarzglasrohres bzw. innerhalb des Plasma-Erzeugungsbereiches oder innerhalb des zylindrischen Hohlleiters einen Mikrowellen-Plasmaerzeugungsbereich bilden. Übliche Plasmaentladeröhren, welche auch als Plasma-Fackeln bezeichnet werden, können eine kurze Baulänge
25 zwischen den Gasanschlüssen für Kühlgas und Hilfsgas und dem eigentlichen Brennraum des Plasmas haben. Die Baulängen der Plasma-Fackeln können zum Beispiel 140 mm betragen. Die axiale Baulänge der Plasmafackel im Bereich des Plasmaerzeugungsbereichs kann in etwa zwischen 6 und 10 mm betragen. Um eine ausreichend hohe Feldstärke der Mikrowelle in dem Mikrowellen-
30 Plasmaerzeugungsbereich zu konzentrieren, muss ein die Mikrowelle führender Hohlleiter in etwa diese Höhendimensionen aufweisen. Im Stand der Technik wurde diese Höhenreduktion durch Einführung sogenannter 'Taper', d.h. keilförmiger bzw. kegelförmiger Hohlleiter, bewerkstelligt. Dies führt jedoch zu einer erhöhten Komplexität und Größe der Apparaturen.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Hohlleiter-Abschnitt mit veränderlicher Querschnittsfläche vermieden. Stattdessen wird ein einziger Hohlleiter (z.B. mit unveränderlicher Querschnittsfläche) mit reduzierter Höhe verwendet (z.B. 8 mm Höhe, z.B. 86 mm Breite) und die

5 Mikrowellenleistung wird direkt in diesen Hohlleiter eingekoppelt. Die Neugestaltung der Hohlleiter-Einkoppeleinheit erspart daher unverhältnismäßig große Zusatzaufwände in Form von Komponenten wie Tapern und Standard-Launchern. Der vorgeschlagene Hohlleiter arbeitet sowohl mit Magnetronen, deren Antenne aus Keramik und Metallkappe besteht als auch mit Ausführungen
10 über 1,5 kW mit Antennenstab und Keramikkuppel.

Ein im Hohlleiter überstehendes Ende der Antenne kann gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer Metallhülle (auch als Antennen-Umgebungswände genannt) umgeben werden. Die Hohlleiter-
15 Einkoppeleinheit weist daher im oberen Bereich eine Öffnung zur Einkopplung der Magnetron-Antenne auf. Die Antenne ragt über den Hohlleiter hinaus und ist bevorzugt von einer zylindrischen Metallhülle umgeben. Die Metallhülle bildet mit der metallischen Antenne des Magnetrons bis zum Ende der Antenne im Querschnitt einen Koaxialleiter und somit sind Bedingungen gegeben, die eine
20 Wellenausbreitung ermöglichen. Die Metallhülle kann bevorzugt zylindrisch sein, sie kann jedoch auch rechteckig ausgeführt sein. Der Innendurchmesser d und die Höhe H der Metallhülle können geeignet für den Einsatz von Magnetronen mit Keramikantenne ausgeführt sein. Damit ist eine Mindesthöhe H der Metallhülle durch die Antennenlänge L minus der Hohlleiter-Höhe b gegeben. Der
25 Innendurchmesser d muss ausreichend groß sein, um die Antenne zu umgeben. Der Durchmesser der Antenne kann etwa 28 mm betragen und die Länge der Keramikantenne kann typischerweise 47 mm betragen.

Bei dem Einsatz von Magnetronen bis 1,5 kW können die Dimensionen der
30 Antenne auch geringer ausfallen. Bevorzugt wird bei dieser Ausführungsvariante die Mikrowellen-Strahlung direkt am Keramikring des Magnetrons in den Launcher eingekoppelt. Die Metallhülle kann mit Mikrowellen-geeigneten Kunststoffen wie PTFE gefüllt oder ausgekleidet sein, um eine elektrische Durchschlagsfestigkeit zu erhöhen. Durch eine etwaig vorhandene Keramikkuppel
35 auf einem Antennenstab kann eine Isolation verbessert werden, um somit Überschläge zu verhindern. Wenn ein Metallkolben zur Veränderung der Größe

des durch die Antenne-Umgebungswände gebildeten Innenraums vorgesehen ist, kann eine Einstellung der Impedanz erreicht werden, um somit eine effektive Auskopplung der Mikrowelle in den Hohlleiter zu erreichen.

- 5 Die Länge des Hohlleiters kann zum Beispiel einem Viertel bis einem Halben der Hohlleiter-Wellenlänge der Mikrowelle entsprechen. Typischerweise ist nach Durchlaufen dieser Strecke ein Grundmodus im Rechteck-Hohlleiter-Abschnitt ausgebildet. Bei einer Mikrowelle mit einer Frequenz von 2,45 GHz kann die Hohlleiter-Breite $a = 86$ mm und Hohlleiter-Höhe $b = 8$ mm betragen. Die
- 10 Vorrichtung zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle kann die Mode des Generatorausgangs der Mikrowellenquelle in die Mode des Hohlleiters transformieren. Die Antennen-Umgebungswände können einstückig oder mehrstückig mit den Hohlleiter-Begrenzungswänden gebildet sein.
- Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung stellen eine Hohlleiter-
- 15 Einkoppleinheit bereit mit reduzierter Bauhöhe und mit einer Öffnung zur direkten Einkopplung der Mikrowellen-Leistung über einen Koppelstift/Antenne, die über den Hohlleiter hinausragt und zumindest teilweise von einer zylindrischen Metallhülle umgeben ist.
- 20 Es wird darauf hingewiesen, dass raumbezogene Begriffe, wie beispielsweise "vorne" und "hinten", "oben" und "unten", "links" und "rechts", etc. verwendet werden, um die Beziehung eines Elements zu einem anderen Element oder zu anderen Elementen zu beschreiben, wie in den Figuren veranschaulicht.
- Demnach können die raumbezogenen Begriffe für Ausrichtungen gelten, welche
- 25 sich von den Ausrichtungen unterscheiden, die in den Figuren dargestellt sind.

Es wird angemerkt, dass der Begriff "aufweisen" nicht andere Elemente ausschließt und dass das "ein" nicht eine Mehrzahl ausschließt. Auch können Elemente, die in Zusammenhang mit unterschiedlichen Ausführungsbeispielen

30 beschrieben sind, kombiniert werden. Es sollte auch angemerkt werden, dass Bezugszeichen in den Ansprüchen nicht als den Schutzbereich der Ansprüche beschränkend ausgelegt werden sollen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung (100, 200, 300) zum Führen einer elektromagnetischen Mikrowelle (101), aufweisend:

5 Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107), die einen Innenraum (109) zumindest teilweise begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich (111) einer Antenne (113) einer Mikrowellenquelle (147) zu umgeben;

 Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117, 119), von denen zumindest zwei (115, 117) parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Hohlleiter-
10 Begrenzungswände einen, insbesondere quaderförmigen, Hohlleiter (121) mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene (123) durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne erstreckende Richtung (125) und eine zweite sich senkrecht zu der ersten Richtung erstreckende Richtung (129) definiert ist,

15 wobei gilt: $25 > a/b > 3$,
 wobei

a: eine Breite des Hohlleiters (121) entlang der zweiten Richtung (129) ist,

b: eine Höhe des Hohlleiters (121) entlang der ersten Richtung (125) ist,

wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, eine Mikrowelle (101) von dem Innenraum
20 (109) der Antennen- Umgebungswände (103, 105, 107) in den Hohlleiter (121) hinein fortschreiten zu lassen.

2. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch, wobei die Antennen-
Umgebungswände (103, 105, 107) den Endbereich (111) der Antenne (113)
25 seitlich ringförmig sowie stirnseitig umgeben.

3. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

 wobei eine Länge (L) der Antenne (113) größer ist als die Höhe (b) des Hohlleiters (121),

30 wobei insbesondere die Höhe (b) des Hohlleiters (121) entlang einer Länge des Hohlleiters (121) senkrecht zu der Querschnittsebene (123) im Wesentlichen konstant ist, und/oder

 wobei insbesondere eine Querschnittsform und -größe des Hohlleiters (121) entlang einer Länge des Hohlleiters senkrecht zu der Querschnittsebene
35 (123) im Wesentlichen konstant ist.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei die zwei parallel zueinander angeordneten Hohlleiter-
Begrenzungswände senkrecht zu der ersten Richtung (125) ausgerichtet sind und
entlang der ersten Richtung (125) beabstandet angeordnet sind,

5 wobei sich die Antenne von einem Basisbereich (133) zu dem Endbereich
(111) erstreckt und

wobei eine erste (115) der zwei parallel zueinander angeordneten
Hohlleiter-Begrenzungswände bei dem Basisbereich (133) ausgeht,

wobei eine zweite (117) der zwei parallel zueinander angeordneten
10 Hohlleiter-Begrenzungswände zwischen dem Basisbereich (133) und dem
Endbereich (111) der Antenne (113) ausgeht.

5. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch,

wobei die zwei parallelen Hohlleiter-Begrenzungswände (415, 417)
15 zumindest teilweise durch zumindest eine abgerundete Hohlleiter-
Begrenzungswand (416) verbunden sind und/oder

wobei eine dritte und eine vierte Hohlleiter-Begrenzungswand der
Hohlleiter-Begrenzungswände parallel zueinander angeordnet sind, senkrecht auf
der ersten (115) und der zweiten (117) der Hohlleiter-Begrenzungswand
20 orientiert sind und die erste Hohlleiter-Begrenzungswand (115) mit der zweiten
Hohlleiter-Begrenzungswand (117) verbinden.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei sich die Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117) zu einer ersten
25 (135) und einer zweiten Seite (137) der Antenne hin senkrecht zur ersten
Richtung (125) erstrecken, um einen ersten Teil (139) und einen zweiten Teil
(141) des Hohlleiters (121) zu bilden,

wobei auf der zweiten Seite (137) ein Abschlusswandteil (119),
insbesondere senkrecht zur ersten und zweiten Hohlleiter-Begrenzungswand
30 orientiert, vorgesehen ist, um den zweiten Teil (141) des Hohlleiters
abzuschließen.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei gilt: $22 > a/b > 5$, und/oder

35 wobei die Breite (a) des Hohlleiters zwischen 70 mm und 110 mm,
insbesondere zwischen 80 mm und 110 mm beträgt, und/oder

wobei die Höhe (b) des Hohlleiters zwischen 5 mm und 15 mm,
insbesondere zwischen 5 mm und 12 mm beträgt, und/oder

wobei eine Länge des Hohlleiters (121) senkrecht zu der
Querschnittsebene mindestens einem Viertel bis einem Halben der Wellenlänge
5 der Mikrowelle (101) in dem Hohlleiter (121) beträgt.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei zumindest ein Teil der Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107)
mit zumindest einem Teil der Hohlleiter-Begrenzungswände (117) verbunden ist,
10 und/oder

wobei die Antennen-Umgebungswände eine einen zylinderförmigen
Abschnitt und/oder ebene Abschnitte aufweisende Mantelflächenwand (103, 107;
403) und eine Stirnwand (105) aufweisen, die verbunden sind, und/oder

wobei die Antennen-Umgebungswände (103, 107, 105) zusammen mit der
15 Antenne insbesondere als Koaxialleiter wirken.

9. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der von den Antennen-Umgebungswänden (103, 105, 107)
begrenzte Innenraum (109) zumindest teilweise mit Durchschlagsfestigkeit
20 erhöhendem Material, insbesondere Kunststoff, angefüllt ist, insbesondere als
innere Auskleidung an den Antennen-Umgebungswänden.

10. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:

einen Metallkolben (373), welcher entlang der ersten Richtung (325) in
25 dem von den Antennen-Umgebungswänden (303, 307) begrenzten Innenraum
(309) verschiebbar ist.

11. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Antenne (113) einen Radius (r_a) von 8 mm bis 28 mm,
30 insbesondere zwischen 8 mm und 16 mm hat, und/oder

wobei die Antenne eine Länge (L) von 30 mm bis 60 mm, insbesondere
zwischen 40 mm und 50 mm hat, und/oder

wobei die Antenne (113) im Wesentlichen Zylindersymmetrie aufweist,
deren Symmetrieachse (127) mit der der zylinderförmigen Mantelflächenwand
35 (103, 107) zusammenfällt.

12. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei die Antenne (113) einen elektrischen Leiter (143) und ein
Dielektrikum aufweist, das den Leiter zumindest teilweise umgibt.

5 13. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch,
wobei der elektrische Leiter als Antennenstab (143) ausgebildet ist, und
wobei das Keramikmaterial (145) kuppelförmig den Antennenstab einschließlich
eines Antennenstabendes umschließt.

10 14. Vorrichtung gemäß einem der zwei vorangehenden Ansprüche,
wobei der elektrische Leiter als Antennenstab (243) ausgebildet ist, und
wobei das Keramikmaterial (269) ringförmig den Antennenstab in einem
Basisbereich (233) umschließt, wobei ferner eine Metallkappe (271) vorgesehen
15 ist, die in einem Endbereich (211) des Antennenstabes auf den Antennenstab
aufgesetzt ist.

15. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei der Hohlleiter (121) ausgebildet ist, eine TE-Mode, insbesondere
TE₁₀-Mode von Mikrowellen zu führen und/oder

20 wobei eine Summe einer Höhe (H) der Mantelflächenwand und der Höhe
(b) des Hohlleiters größer ist als eine Länge (L) der Antenne.

16. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die
Antennen-Umgebungswände und/oder die Hohlleiter-Begrenzungswände
25 zumindest teilweise eines der Folgenden aufweisen: Aluminium; Messing;
Edelstahl, Kupfer, Silber, oder Legierungen der vorgenannten.

17. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
eine Mikrowellenquelle (147), insbesondere Magnetron, mit der Antenne
30 (113), die von den Antennen-Umgebungswänden (103, 105, 107) zumindest in
einem Endbereich der Antenne umgeben ist, und einem Gehäuse (149),
wobei zumindest eine der Hohlleiter-Begrenzungswände, insbesondere die
erste Hohlleiter-Begrenzungswand (115), zumindest teilweise an dem Gehäuse
(149) der Mikrowellenquelle angebracht ist.

35

18. Vorrichtung gemäß dem vorangehenden Anspruch,

wobei zumindest eine Maßnahme zur Reduktion einer Wärmeübertragung zwischen der Mikrowellenquelle und den Antennen-Umgebungswänden und/oder den Hohlleiter-Begrenzungswänden vorgesehen ist, insbesondere zumindest eines der Folgenden umfassend:

- 5 Wärmefalle;
- Isolationsmaterial;
- Kühlung.

19. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend:
10 einen durch mindestens eine Zylinderwand (151), insbesondere durch zwei teilweise ineinander angeordnete Zylinderwände, gebildeten zylindrischen koaxialen Hohlleiter (153),
 der mit dem im Wesentlichen rechteckig-querschnittigen Hohlleiter (121), insbesondere ersten Teil (139) des Hohlleiters, derart verbunden ist, um eine
15 Modustransformation der aus dem im Wesentlichen rechteckig-querschnittigen Hohlleiter (121) in den zylindrischen koaxialen Hohlleiter (153) eingeführten Mikrowelle zu bewirken,
wobei durch die in dem zylindrischen Wellenleiter geführte Mikrowelle in einem Plasmaerzeugungsbereich (157) eine Plasmafackel durch Ionisation eines Gases
20 (167) gebildet werden kann.

20. Verfahren eines Führens einer elektromagnetischen Mikrowelle (101), aufweisend:

- Erlauben eines Fortschreitens einer Mikrowelle (101) von einem
25 Innenraum (109) in einen Hohlleiter (121) hinein,
 wobei Antennen-Umgebungswände (103, 105, 107) den Innenraum (109) begrenzen, um darin zumindest einen Endbereich (111) einer Antenne (113) einer Mikrowellenquelle (147), insbesondere seitlich ringförmig sowie stirnseitig, zu umgeben;
- 30 wobei Hohlleiter-Begrenzungswände (115, 117, 119), von denen zumindest zwei (115, 117) parallel zueinander angeordnet sind, den Hohlleiter (121) mit im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt bilden, wobei eine Querschnittsebene (123) durch eine erste sich entlang einer Längsrichtung der Antenne erstreckende Richtung (125) und eine zweite sich senkrecht zu der
35 ersten Richtung erstreckende Richtung (129) definiert ist,
 wobei gilt: $25 > a/b > 3$,

wobei

a: eine Breite des Hohlleiters (121) entlang der zweiten Richtung (129) ist,

b: eine Höhe des Hohlleiters (121) entlang der ersten Richtung (125) ist.

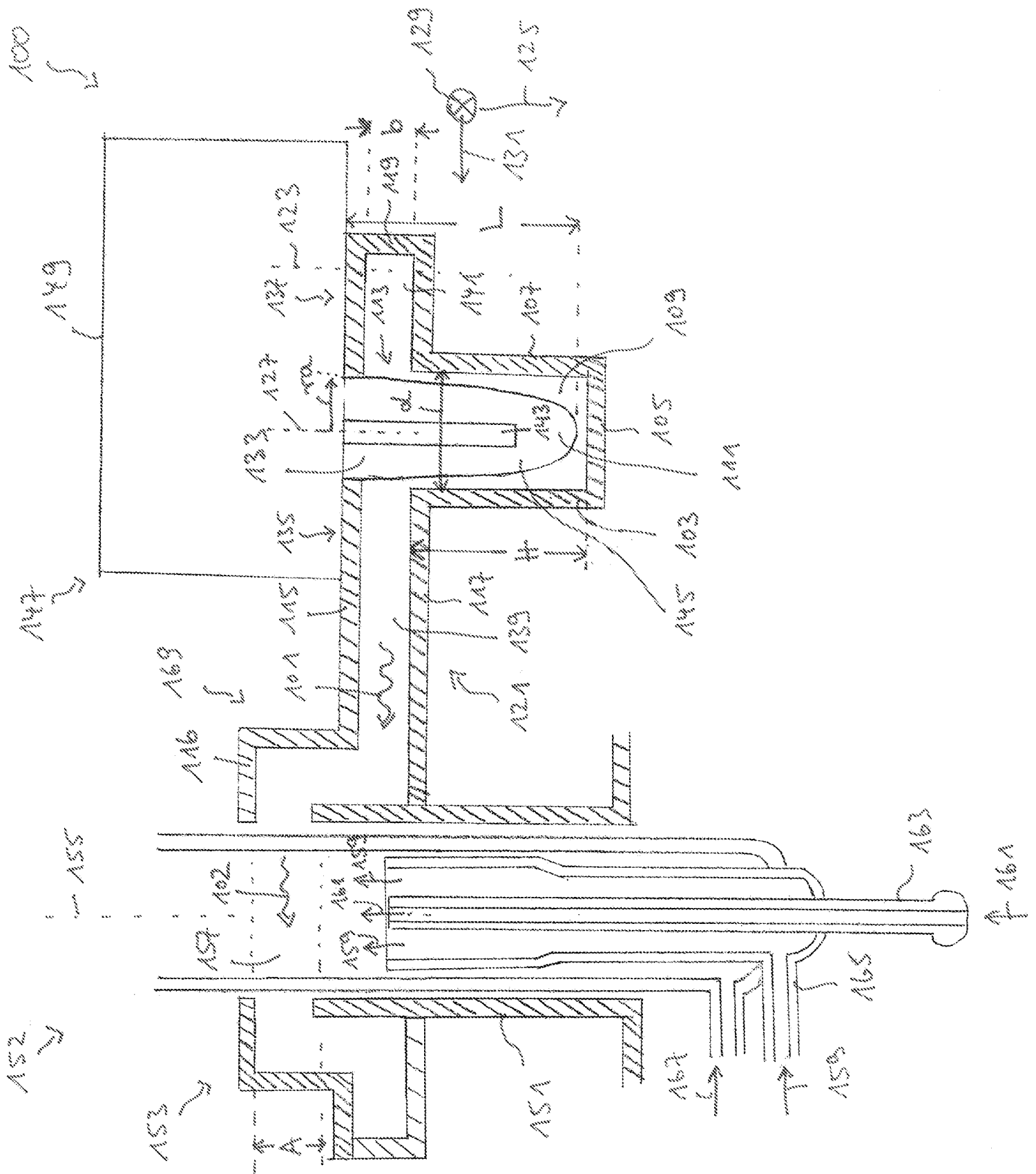


Fig. 1

200

249

247

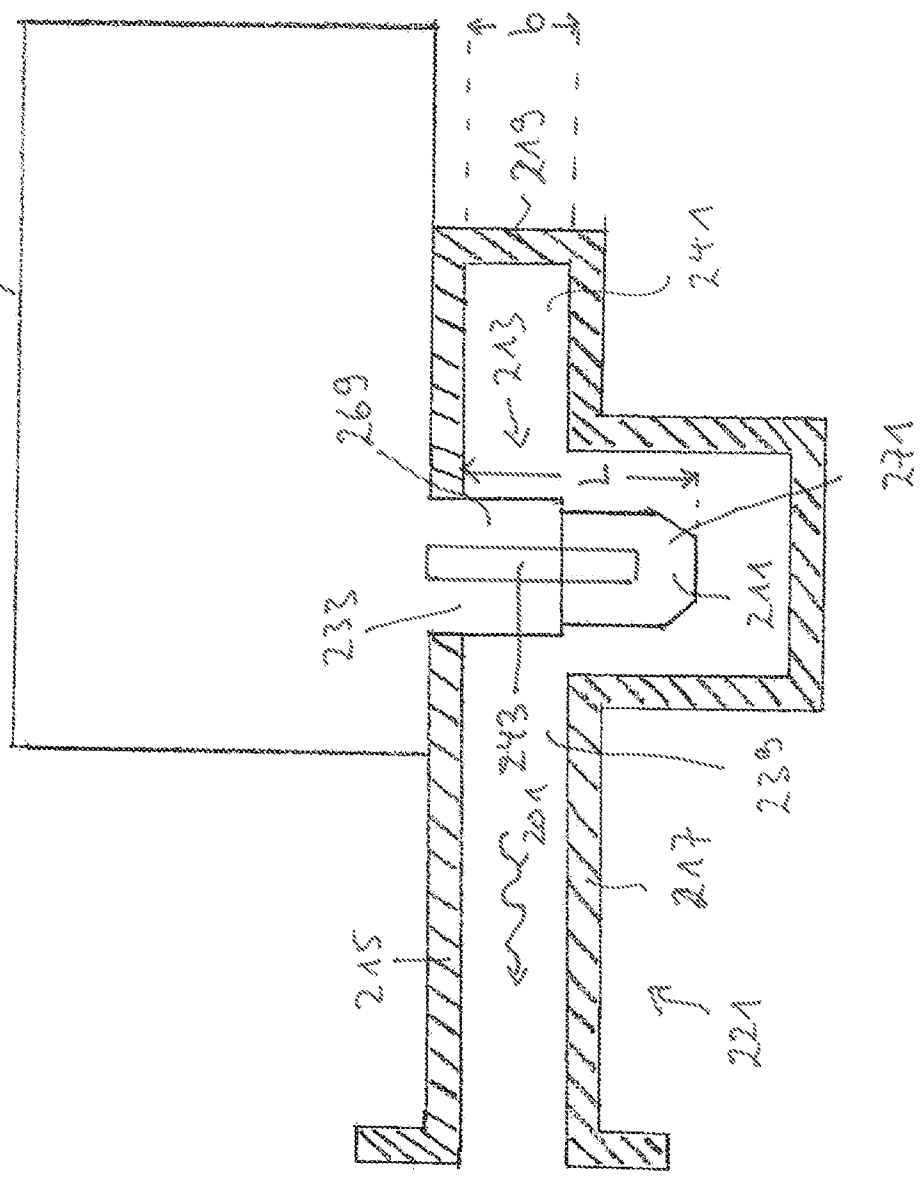


Fig. 2

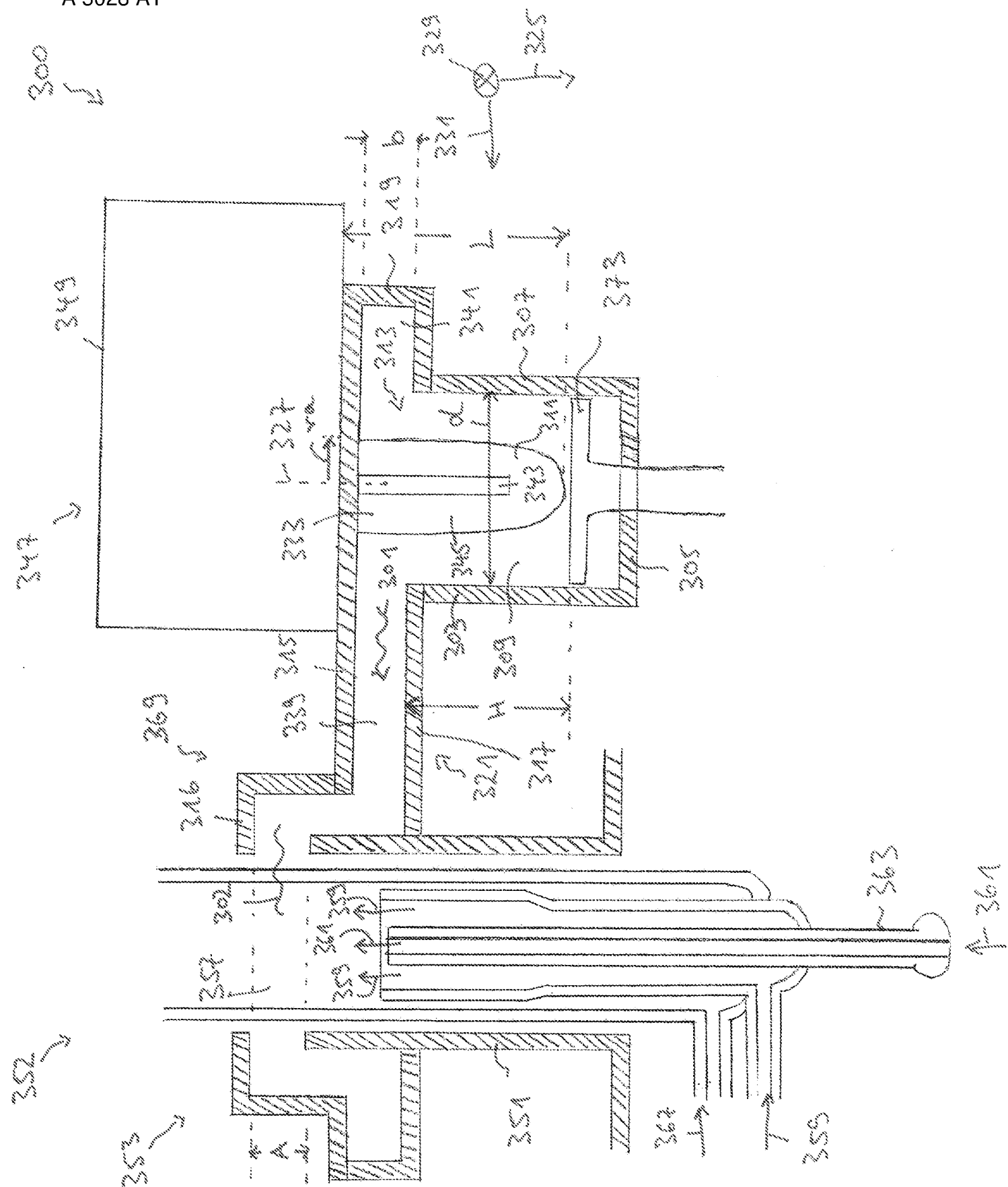


Fig. 3

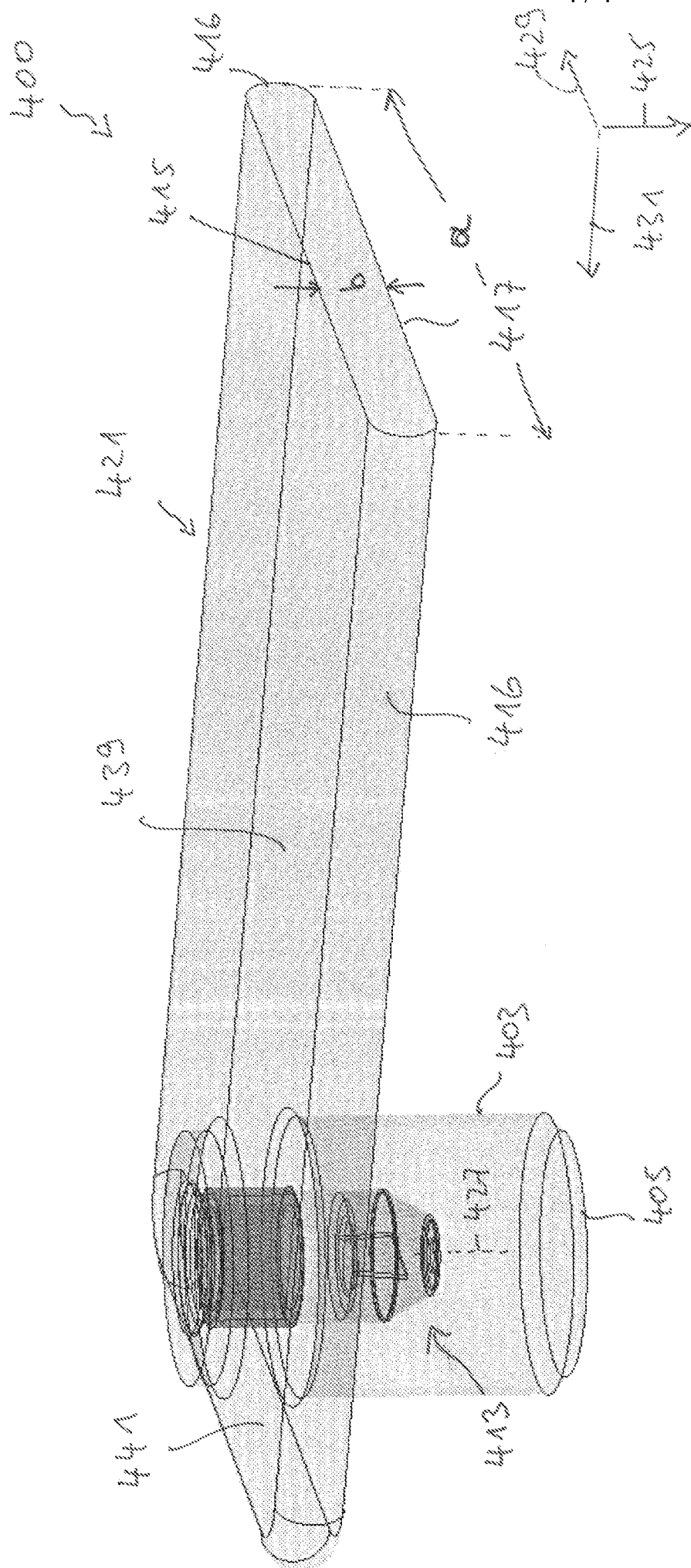


Fig. 4