

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89202301.1

51 Int. Cl.⁵: **H01P 1/30 , H01P 1/00**

22 Anmeldetag: 13.09.89

30 Priorität: 16.09.88 DE 3831453

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.03.90 Patentblatt 90/12

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

71 Anmelder: Philips Patentverwaltung GmbH
 Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
 D-2000 Hamburg 1(DE)
 84 DE

Anmelder: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
 Groenewoudseweg 1
 NL-5621 BA Eindhoven(NL)
 84 FR GB IT SE

72 Erfinder: Gärtner, Georg, Dr.
 Reinhardstrasse 66A
 D-5100 Aachen(DE)

74 Vertreter: Piegler, Harald, Dipl.-Chem. et al
 Philips Patentverwaltung GmbH
 Wendenstrasse 35 Postfach 10 51 49
 D-2000 Hamburg 1(DE)

54 **Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung.**

57 Die Mikrowellenübertragung zwischen Hohlleiterbereichen (a, b) verschiedenen Innengasdrucks und/oder unterschiedlicher Füllgaszusammensetzung, d.h. das Ein-oder Auskoppeln von Mikrowellen von einem derartigen Hohlleiterbereich in einen anderen, wird dadurch verbessert, daß zwischen den Hohlleiterbereichen mindestens eine Pumpstufe (6, 7, 8, 9) angeordnet ist. Der Hohlleiter (1) ist vorzugsweise über die Mikrowellenleistung praktisch nicht auskoppelnde Schlitze (2, 3, 4, 5) mit den Pumpstufen verbunden.

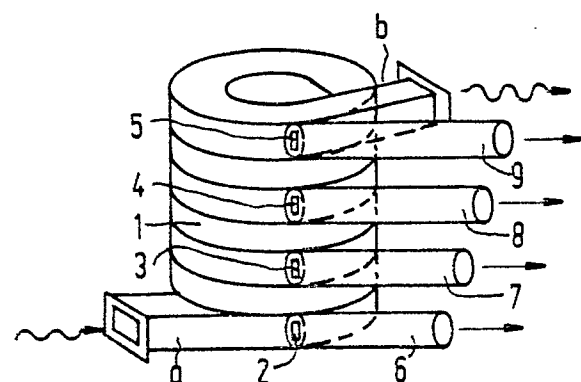


FIG. 1

EP 0 359 336 A2

Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung zwischen Hohlleiterbereichen verschiedenen Innengasdrucks und/oder unterschiedlicher Füllgaszusammensetzung, d.h. zur Ein- oder Auskopplung von Mikrowellen von einem derartigen Hohlleiterbereich in einen anderen.

Aus der DE-OS 36 22 614 ist ein Verfahren zur Herstellung von elektrisch leitenden Formkörpern durch eine reaktive Abscheidung aus einer Gasphase, die durch ein Mikrowellenplasma aktiviert wird, bekannt. Bei derartigen Verfahren erfolgt die Einkopplung von Mikrowellen hoher Leistung über ein gasdicht isolierendes Mikrowellenfenster aus dielektrischem Material in einen als Reaktionskammer dienenden Mikrowellenresonator, in dem sich ein Plasma ausbildet und elektrisch leitende Schichten abgeschieden werden. Dabei tritt das Problem auf, daß das an der Einkoppelstelle angeordnete Mikrowellenfenster an seiner der Reaktionskammer zugewandten Oberfläche, d.h. an seiner Innenseite, in der Regel mit einer elektrisch leitenden Schicht überzogen wird, wodurch die Einkopplung unterbunden wird. Dieses Problem wird gemäß der DE-OS 36 22 614 entweder dadurch gelöst, daß die Innenseite des Mikrowellenfensters durch ein Inertgas gespült wird, oder dadurch, daß für das Mikrowellenfenster ein dielektrisches Material gewählt wird, das durch eine Ätzreaktion mit einem der Reaktionspartner von elektrisch leitendem Schichtbewuchs freigehalten wird.

Ein verwandtes Problem tritt bei der Auskopplung von Mikrowellen hoher Leistung aus Gyrotrons beim Übergang von Hochvakuum in Luft auf. Bei Mikrowellenleistungen in der Größenordnung von 0,1 bis 1 MW wird die thermische Belastung der bekannten für Mikrowellenfenster verwendeten Materialien zu groß, wodurch die Ausgangsleistung begrenzt wird. Man behilft sich bei Leistungen von höchstens 0,3 MW damit, den Hohlleiter aufzuweiten und das Fenster, das z.B. aus Al_2O_3 besteht, zusätzlich zu kühlen.

Ein Auspumpen eines Hohlleiters über nicht abstrahlende bzw. nicht koppelnde Schlitze ist aus der GB-PS 644 749 bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Mikrowellenübertragung zwischen Hohlleiterbereichen verschiedenen Innengasdrucks und/oder unterschiedlicher Füllgaszusammensetzung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwischen den Hohlleiterbereichen mindestens eine Pumpstufe angeordnet ist.

Unter einer Pumpstufe ist ein Pumpanschluß mit Pumpe und Druckregelung zu verstehen, wobei die Pumpe sich stets außerhalb des Hohlleiters

befindet.

Beim Betreiben der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird zwischen den Hohlleiterbereichen an mindestens einer Stelle Gas abgepumpt.

5 Vorzugsweise sind die Pumpstufen druckregelbar, wobei die Strömungswiderstände der Hohlleiterstrecken zwischen den Pumpstufen, die Saugleistungen der Pumpen und die Druckregelungen derart dimensioniert bzw. einstellbar sind, daß eine
10 vorgegebene Druckdifferenz zwischen den Hohlleiterbereichen erzeugt und aufrechterhalten wird -mit anderen Worten: Die Saugleistung der jeweiligen Pumpe ist im Zieldruckbereich größer als der oder gleich dem Strömungswiderstand der Hohlleiterstrecke zwischen dem Eingang bzw. der Pumpstufe
15 mit höherem Druck und der Abpumpstelle und die Druckregelung ist für den Zieldruckbereich an der Abpumpstelle (an welcher sich auch ein Drucksensor oder ein Manometer befindet) eingestellt.

20 Vorzugsweise befindet die jeweilige Pumpstufe sich in nächster Nachbarschaft der Niederdruckseite.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der einen bestimmten Mikrowellenmode
25 führende Hohlleiter mit einem Schlitz oder an aufeinanderfolgenden Stellen mit Schlitzen versehen, wobei der Schlitz oder die Schlitze eine sehr schwache oder vernachlässigbare Auskopplung des Mikrowellenmodes aufweisen und wobei der
30 Hohlleiter über den Schlitz mit der Pumpstufe oder über die Schlitze mit aufeinanderfolgenden Pumpstufen mit angepaßter Pumpleistung verbunden ist.

Diese Ausführungsform beruht auf dem Grundgedanken des differentiellen Pumpens. Dabei wird
35 der Hohlleiter über die Schlitze in aufeinanderfolgenden Pumpstufen ausgepumpt, so daß die Mikrowelle entweder aus einem Bereich hohen Innengasdrucks (z.B. Luft unter Atmosphärendruck) in einen Bereich niedrigen Innengasdrucks (z.B. 10 hpa) im Hohlleiter geführt wird oder in umgekehrter
40 Richtung aus einem Bereich niedrigen in einen Bereich hohen Innengasdrucks geführt wird.

Bei dieser Ausführungsform der Erfindung weist der Hohlleiter vorzugsweise einen rechteckigen Querschnitt auf und ist mehrfach gewandelt.

Die Schlitze sind vorzugsweise in den Hohlleiterseitenwänden, und zwar in den Schmalseiten, angebracht und haben die Form vertikaler Rechtecke.

50 Die Abstände zwischen den Schlitzen betragen vorzugsweise ganzzahlige Vielfache der halben Hohlleiterwellenlänge.

Ferner ist es von Vorteil, insbesondere für niedrigere Mikrowellenfrequenzen, z.B. für Frequenzen unterhalb 40 GHz, daß im Hohlleiter Reso-

nanzblenden angeordnet sind.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, die sich auf die Anwendung im Zusammenhang mit einem Mikrowellenplasma-Reaktor z.B. gemäß DE-OS 36 22 614 bezieht, ist zwischen dem an einen Mikrowellenoszillator angeschlossenen Hohlleiterbereich und dem von der (ersten) Pumpstufe erzeugten Unterdruckbereich ein Mikrowellenfenster angeordnet, wobei die erste Pumpstufe derart ausgelegt ist, daß sie imstande ist, einen so niedrigen Enddruck zu erzeugen, daß keine Entladung gezündet wird.

Dabei wird bevorzugt, daß zwischen der ersten Pumpstufe und einer als Mikrowellenresonator ausgebildeten Reaktionskammer eine zweite Pumpstufe zur Entlastung der ersten Pumpstufe und zur Gasentsorgung der Reaktionskammer angeordnet ist.

Ferner ist es vorteilhaft, zwischen der ersten Pumpstufe und der zweiten Pumpstufe mindestens eine Resonanzblende anzuordnen.

Bei einer Abwandlung der zuvor beschriebenen Ausführungsform der Erfindung ist der Hohlleiter im Bereich der ersten Pumpstufe mit einem Gas mit hoher Durchschlagsfestigkeit gefüllt.

Bei einer Abwandlung der Erfindung besteht die Pumpstufe aus einer doppelwandigen Resonanzblende, die als Düse für einen flächenhaften Flüssigkeitsstrahl hoher Geschwindigkeit ausgebildet ist.

Bei einer weiteren Abwandlung der Erfindung ist der Hohlleiter mit einem Spülgas, einem Löschgas oder reaktiven Gasen gefüllt. Dies wird weiter unten näher erläutert.

Bei allen obengenannten erfindungsgemäßen Mikrowellenübertragungsvorrichtungen ist es zweckmäßig, außerdem mindestens einen EH-Tuner und/oder einen Stiftransformator im Hohlleiter vorzusehen, um eine Phasen- bzw. Längen Anpassung vorzunehmen und auf optimale Leistungsübertragung abzustimmen.

Ferner ist es zweckmäßig, daß zwischen den Hohlleiterbereichen mehrere aneinandergesetzte Richtkoppler geringer Dämpfung angeordnet sind, die mit jeweils einer Pumpe zur Einstellung eines bestimmten vorgegebenen Drucks verbunden sind, wobei die zwischen den Hohlleiterbereichen liegenden Richtkopplerbereiche jeweils mit Kurzschlußschiebern an den Enden und je einem EH-Tuner zur Abstimmung der Übertragungsstrecke versehen sind. Dies wird weiter unten näher erläutert.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in einer Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen in perspektivischer Darstellung

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung mit mehrfach gewendelttem Hohlleiter,

Fig. 2 eine Resonanzblende,

Fig. 3 eine Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung mit einem Mikrowellenfenster und Pumpansätzen und

Fig. 4 ein Düsenstrahl-Mikrowellenfenster.

In Fig. 1 ist ein Hohlleiterbereich mit hohem Druck (z.B. Luft, 1000 hpa) mit a und ein Hohlleiterbereich mit niedrigem Druck mit b bezeichnet.

Eine Mikrowelle des Typs TE_{10} wird je nach Anwendung entweder von a nach b oder von b nach a in einer mehrfach gewendelten gekrümmten Rechteck-Hohlleiterleitung 1 geführt. In Abständen d_i von ganzzahligen Vielfachen p_i der halben Hohlleiterwellenlänge $\lambda_{\frac{1}{2}}$, wobei also $d_i = p_i \lambda_{\frac{1}{2}}$ (mit $p_i = 1, 2$ usw.) sind in den Hohlleiterseitenwänden, und zwar in den Schmalseiten, vertikale Rechteckschlitz 2, 3, 4, 5 angebracht, die sich durch eine sehr geringe Auskopplung des TE_{10} -Modus auszeichnen, also nur eine relativ geringe Dämpfung dieses Wellentyps bewirken. Auf der Außenseite dieser Schlitz sind Pumpstutzen 6, 7, 8, 9 angebracht, über die mit verschiedenen Vakuumpumpen (nicht dargestellt) die Leitung in Richtung b sukzessive auf niedrigeren Druck evakuiert wird.

Die einzustellende Druckdifferenz $\Delta p = p_a - p_b$ zwischen a und b wird bestimmt durch die Saugleistung und den Enddruck der Pumpen, von der Anzahl der Pumpstufen, dem Abstand der Schlitz und dem Querschnitt des jeweiligen Hohlleitertyps. Eine große Druckdifferenz ist z.B. für das E-Band (60 bis 90 GHz) einfacher zu erreichen als für das X-Band (8 bis 12 GHz), und zwar wegen der starken Querschnittsverringern des E-Band-Hohlleiters im Vergleich zum X-Band-Hohlleiter.

Im folgenden Beispiel wird die Vorrichtung nach Fig. 1 für die Mikrowellenplasma-aktivierte CVD von elektrisch leitenden Substanzen verwendet.

Beispiel 1

Im Bereich a ist ein X-Band-Hohlleiter 1 mit Luft unter $p_a \leq$ Normaldruck gefüllt und an einen X-Band-Mikrowellensender der CW-Leistung 300 W angeschlossen. Die Schlitz 2 bis 4 sind in diesem Beispiel nicht vorgesehen und es wird über nur eine Drehschieberpumpe mit der Saugleistung $S_p = 580 \text{ m}^3/\text{h}$ kurz vor a gepumpt (Schlitz 5), da der Druckabfall im wesentlichen durch den Strömungswiderstand (für Luft) des Hohlleiters bestimmt wird. Nach A. Roth "Vacuum technology" S. 75/76 ist der Strömungswiderstand $1/C$ für Luft in einem rechteckigen Rohr der Länge L und mit der Querschnittsfläche A.B (für laminare Strömung) gegeben durch

$$C = 260 \cdot Y \cdot (A^2 B^2 / L) \cdot (p_a + p_b) / 2 \quad (1)$$

wobei $Y = 0,82$ für $A = 2 B$ (A und B siehe Fig. 2) und $[C] = 1/\text{sec}$, $[A] = [B] = [L] = \text{cm}$, $p_a = \text{Torr}$

= 1,33 hPa gelten. Die Druckdifferenz $p_a - p_b$ zwischen Rohranfang und Rohrende kann nun aus der Durchflußleistung Q und dem Strömungs-Leitwert C bestimmt werden:

$$p_a - p_b = Q \cdot C = p_b \cdot S_p \cdot [C_0(p_a + p_b)] \quad \text{wobei } C = C_0 \cdot (p_a + p_b) \quad (2)$$

Die Auflösung von (2) nach p_b ergibt

$$p_b = \sqrt{p_a^2 + (S_p/2 C_0)^2} - S_p/2 C_0 \quad (3)$$

Setzt man in (3) $p_a = 760 \text{ Torr} = 1013 \text{ hPa}$, $S_p = 580 \text{ m}^3/\text{h}$, $A = 2,29 \text{ cm}$, $B = 1,02 \text{ cm}$ und $L \approx 2600 \text{ cm}$ ein, so erhält man $p_a - p_b = 375 \text{ Torr} = 500 \text{ hPa}$.

Die Verdopplung auf $p_a - p_b = 750 \text{ Torr} = 1000 \text{ hPa}$ wird durch den Einbau von Resonanzblenden (siehe Fig. 2) in den Rechteckhohlleiter im Abstand $n \cdot \lambda/2$ erreicht, die abgestimmt auf 10 GHz diese Frequenz ungedämpft übertragen und zugleich den Strömungswiderstand wie gewünscht erhöhen.

Dazu genügt etwa jeweils eine Resonanzblende im Abstand von $28 \lambda/2$ ($\lambda = 3,97 \text{ cm}$ für TE_{01} und $\nu_0 = 10 \text{ GHz}$) oder etwa alle 110 cm längs der Wendel (also einmal pro Windung mit etwa 35 cm Mittendurchmesser), insgesamt also 24 Stück. Die räumliche Ausdehnung dieser Anordnung für das X-Band ist mit etwa 37 cm Außendurchmesser und etwa 30 cm Höhe noch ziemlich kompakt.

Die Abschätzung der Dämpfung für einen Rechteckhohlleiter mit Kupfer-Innenwänden ergibt bei $\nu_0 = 10 \text{ GHz}$ und $L = 26 \text{ m}$ einen Wert von $26 \text{ m} \cdot 0,026 \text{ dB/m} = 0,676 \text{ dB}$, beträgt also weniger als 20 %.

Fig. 2 zeigt eine solche Resonanzblende 10 für 10 GHz im X-Band. Es gilt $A' = 1,4 \text{ cm}$ und $B' = 0,28 \text{ cm}$. Der Strömungsleitwert einer solchen Blende kann aus den in A. Roth, S. 70, angegebenen Formeln für laminare Strömung bestimmt werden.

Ferner ist es bei der in Beispiel 1 verwendeten Anordnung zweckmäßig, vor der Pumpe noch ein Drosselventil bzw. eine Druckregelung zur Einstellung von p_b einzusetzen, um p_b auf den jeweiligen Sollwert einstellen zu können. Außerdem kann eine weitere Pumpe zur Gasentsorgung aus der Reaktionskammer eingesetzt werden, die die Drehschieberpumpe bei b entlastet. Schließlich ist es wegen des quadratischen Zusammenhangs in (3) auch für die in Beispiel 1 verwendete Anordnung günstiger, in etwa 2 m L-Abstand von der ersten Pumpstufe eine zweite Pumpstufe vorzusehen.

Beispiel 2

Wesentlich günstiger sieht eine Mikrowelleneinkopplungs-Druckschleuse nach Fig. 1 für das E-Band (60 bis 90 GHz) aus. Sie eignet sich bei einer Mikrowellenübertragungsrichtung von

b nach a auch vorzüglich zur fensterlosen Auskopplung von Mikrowellen hoher Leistung, z.B. 200 kW, aus einem 70 GHz-Gyrotron. Wegen der schon relativ kleinen erforderlichen Hohlleiterquerschnittsabmessungen sind in einer solchen Anordnung keine Resonanzblenden erforderlich. Bis zur 1. Pumpstufe (Pumpstutzen 6) mit einer Drehschieberpumpe der Saugleistung $S_p^{(1)} = 580 \text{ m}^3/\text{h}$, wobei zwei Pumpschlitz 2 im Abstand $L_1 = 20 \text{ m}$ vom "Eingang" a der Rechteckhohlleiterwendel auf beiden Schmalseiten angeordnet sind, bleibt der E-Band-Wendelhohlleiter schlitzfrei. Aus (3) folgt, mit $A = 0,31 \text{ cm} = 28$, dann $p_1 = 38 \text{ Torr} = 50,5 \text{ hPa}$. Eine weitere Drehschieberpumpe (Pumpstutzen 7) im Abstand 1,5 m von den Pumpschlitz 2 mit der Saugleistung $S_p^{(2)} = 76 \text{ m}^3/\text{h}$ ergibt dann am Ausgang b einen Druck von etwa $10 \text{ Torr} = 1,33 \text{ hPa}$. Diese zweite Pumpstufe ist wegen der quadratischen Abhängigkeit in (3) erforderlich und bewirkt eine wesentlich geringere Gesamtlänge L als nur bei einer Pumpstufe allein.

Die Leistungsdämpfung der E-Band-Welle mit $\nu_0 = 70 \text{ GHz}$ beträgt damit $0,027 \text{ dB/m} \cdot 21,5 \text{ m} = 0,58 \text{ dB}$ oder etwa 13 %.

Die in Fig. 3 dargestellte Anordnung bezieht sich auf die Anwendung mit einem Mikrowellenplasma-Reaktor. Hierbei erfolgt die Mikrowellenübertragung durch einen Hohlleiter 1, der an einer Stelle mit einem Mikrowellenfenster 11 aus dielektrischem Material, z.B. Glas, Quarz, PTFE, gegen die Unterdruckseite 12 luftdicht abgeschlossen ist. Die Unterdruckseite wird über zwei Schlitz 2 und 3 in den Schmalseiten des Hohlleiters auf einen so niedrigen Enddruck, z.B. $10^{-4} \text{ Torr} = 10^{-2} \text{ hPa}$, evakuiert (Pumpanschluß 13), daß auch bei hohen Mikrowellenleistungsdichten keine Mikrowellengasentladung gezündet wird und das Fenster immer freibleibt. Im weiteren Verlauf des Hohlleiters erfolgt wiederum ein Druckanstieg bis zu einem Arbeitsdruck von z.B. 10 hPa in der als Mikrowellenresonator ausgebildeten Reaktionskammer. Eine weitere Drehschieberpumpe (Pumpanschluß 14) pumpt an zwei weiteren gegenüberliegenden Schlitz 4 und 5 im Abstand L zwischen dem Pumpanschluß 13 und der Einkopplungsstelle in die Reaktionskammer (Pfeil 15) und dient sowohl zur Entlastung der Pumpe bei 13 als auch zur Gasentsorgung, d.h. zur Entfernung der gasförmigen PCVD-Endprodukte. Zur besseren Entkopplung der beiden Pumpbereiche können in den (z.B. X-Band-) Hohlleiter eine oder mehrere Resonanzblenden 10 eingesetzt werden.

Eine Abwandlung dieser Ausführungsform erhält man dadurch, daß der Vakuumbereich im Hohlleiter zwischen dem Fenster 11 und den Pumpanschlüssen 13 bzw. 14 mit einem Gas mit hoher Durchschlagsfestigkeit, d.h. mit einem Löschgas, z.B. SF_6 , gefüllt wird und ein Druck von

etwa 10 Torr = 13,3 hPa am Fenster und in der Reaktionskammer ebenfalls über die Pumpanschlüsse 13 und 14 hergestellt wird, wobei wiederum durch eine Reihe von Resonanzblenden zwischen den Pumpanschlüssen 13 und 14 sichergestellt wird, daß keine Vermischung der reaktiven Gase mit dem Gas hoher Durchschlagsfestigkeit in der Reaktionskammer stattfindet. Durch ein derartiges Gas wird verhindert, daß sich trotz des niedrigen Gasdrucks schon im Hohlleiter ein Plasma ausbildet und damit fast keine Mikrowellenleistung mehr in die Reaktionskammer gelangt.

Im Falle einer Mehrkomponenten-PCVD-Abscheidung von metallischen Schichten, wobei z.B. auch Wolfram aus $WF_6 + H_2$ abgeschieden wird, ergibt sich eine noch elegantere Lösung: Statt SF_6 wird WF_6 auf dem Wege durch die Mikrowellenzuführung in die Reaktionskammer eingeleitet, da WF_6 ebenfalls eine hohe Durchschlagsfestigkeit aufweist.

Erst in der Reaktionskammer werden dann Wasserstoff und Argon und gegebenenfalls weitere gasförmige Komponenten beigemischt, wobei Argon dafür sorgt, daß die Durchschlagsspannung heruntergesetzt wird und sich ein Mikrowellenplasma bei nicht allzu hohen Mikrowellenleistungen zwar nicht im Hohlleiter, aber in der Reaktionskammer, d.h. im Hohlraumresonator, ausbildet.

Zur Reaktionskammer erfolgt die Einkopplung der Mikrowellen je nach Wellentyp über ein Koppelloch oder über einen Antennenstift durch ein Koppelloch. Mit 16 ist die Einkopplung vom Mikrowellenoszillator (z.B. Klystron, RWO = Rückwärtswellenoszillator = Karzinotron, Gyrotron) bezeichnet.

Im Falle dieser Abwandlung entfällt der Pumpanschluß 13 und es wird an eben dieser Stelle z.B. WF_6 oder SF_6 eingeleitet. Bei der Zuführung von SF_6 wird durch den Pumpanschluß 14 weiter gepumpt, und es befinden sich nach den Schlitten 4 und 5 in Richtung des Pfeils 15 weitere Resonanzblenden im Rechteckhohlleiter. Bei der Einleitung von WF_6 , das in der Reaktionskammer zur Wolfram-Abscheidung dient, entfallen auch der Pumpanschluß 14 sowie die Schlitten 4 und 5, und es erfolgt die Gasentsorgung an einer Austrittsöffnung aus der Reaktionskammer.

Eine weitere Möglichkeit ist die Anwendung eines oder mehrerer niedrig dämpfender Richtkoppler mit parallel angeordneten Rechteckhohlleitern, die getrennt gepumpt oder gasgespült werden und bei denen die Koppelöffnungen einen zusätzlichen Strömungswiderstand ("Blenden") darstellen. Allerdings ist eine solche Anordnung nur bei nicht allzu großen Druckdifferenzen wirksam.

Eine dritte Ausführungsform der Erfindung ist das Düsenstrahl-Mikrowellenfenster. Fig. 4 zeigt eine solche Anordnung. Hierbei werden die Mikro-

wellen (Pfeil 16) durch eine doppelwandige Resonanzblende 17, die als Düse 18 für einen flächenhaften Flüssigkeitsstrahl (Pfeile 19 und 20) hoher Geschwindigkeit ausgebildet ist, hindurchgestrahlt, und zwar wiederum aus einem Hohlleiterinnenbereich von etwa Atmosphärendruck in einen Niederdruckbereich.

Der Vorteil eines solchen Düsenstrahl-Mikrowellenfensters ist u.a., daß keine zusätzliche Fensterkühlung erforderlich ist und bei hohen Mikrowellenleistungen auch keine Limitierung mehr darstellt. Außerdem kann hier zusätzlich die Pumpwirkung des Düsenstrahls ausgenutzt werden, wie sie z.B. in Wasserstrahlpumpen oder in Diffusionspumpen ausgenutzt wird. Es erfolgt eine Mikrowellenübertragung durch eine Pumpe hindurch. In einer weiteren Stufe beim Übergang zum Hochvakuum kann dann statt einer Flüssigkeitsstrahldüse eine Dampfstrahldüse benutzt werden.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung zwischen Hohlleiterbereichen verschiedenen Innengasdrucks und/oder unterschiedlicher Füllgaszusammensetzung,

dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Hohlleiterbereichen (a, b) mindestens eine Pumpstufe (6, 7, 8, 9) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstufen (6, 7, 8, 9) druckregelbar sind, wobei die Strömungswiderstände der Hohlleiterstrecken zwischen den Pumpstufen, die Saugleistungen der Pumpen und die Druckregelungen derart dimensioniert bzw. einstellbar sind, daß eine vorgegebene Druckdifferenz zwischen den Hohlleiterbereichen (a, b) erzeugt und aufrechterhalten wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Pumpstufe (6, 7, 8, 9) sich in nächster Nachbarschaft der Niederdruckseite befindet.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der einen bestimmten Mikrowellenmode führende Hohlleiter (1) mit einem Schlitz oder an aufeinanderfolgenden Stellen mit Schlitten (2, 3, 4, 5) versehen ist, wobei der Schlitz oder die Schlitten eine sehr schwache oder vernachlässigbare Auskopplung des Mikrowellenmodes aufweisen und wobei der Hohlleiter über den Schlitz mit der Pumpstufe oder über die Schlitten mit aufeinanderfolgenden Pumpstufen (6, 7, 8, 9) mit angepaßter Pumpleistung verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (1) einen rechteckigen Querschnitt aufweist und mehrfach gewandelt ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitze (2, 3, 4, 5) in den Hohlleiterseitenwänden, und zwar in den Schmalseiten, angebracht sind und die Form vertikaler Rechtecke haben.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände zwischen den Schlitzen (2, 3, 4, 5) ganzzahlige Vielfache der halben Hohlleiterwellenlänge betragen.

8. Vorrichtung nach Anspruch 4, 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Hohlleiter (i) Resonanzblenden (10) angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem an einen Mikrowellenoszillator angeschlossenen Hohlleiterbereich (16) und dem von der (ersten) Pumpstufe (13) erzeugten Unterdruckbereich (12) ein Mikrowellenfenster (11) angeordnet ist, wobei die erste Pumpstufe derart ausgelegt ist, daß sie imstande ist, einen so niedrigen Enddruck zu erzeugen, daß keine Entladung gezündet wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der ersten Pumpstufe (13) und einer als Mikrowellenresonator ausgebildeten Reaktionskammer eine zweite Pumpstufe (14) zur Entlastung der ersten Pumpstufe und zur Gasentsorgung der Reaktionskammer angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der ersten Pumpstufe (13) und der zweiten Pumpstufe (14) mindestens eine Resonanzblende (10) angeordnet ist.

12. Abwandlung der Vorrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (1) im Bereich der ersten Pumpstufe (13) mit einem Gas mit hoher Durchschlagsfestigkeit gefüllt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstufe aus einer doppelwandigen Resonanzblende (17) besteht, die als Düse für einen flächenhaften Flüssigkeitsstrahl (19, 20) hoher Geschwindigkeit ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 und/oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlleiter (1) mit einem Spülgas, einem Löschgas oder reaktiven Gasen gefüllt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Hohlleiter (1) mindestens ein EH-Tuner und/oder ein Stiffttransformator vorgesehen sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Hohlleiterbereichen (a, b) mehrere aneinandergesetzte Richtkoppler geringer Dämpfung angeordnet sind, die mit jeweils einer Pumpe zur Einstellung eines

bestimmten vorgegebenen Drucks verbunden sind, wobei die zwischen den Hohlleiterbereichen (a, b) liegenden Richtkopplerbereiche jeweils mit Kurzschlußschiebern an den Enden und je einem EH-Tuner zur Abstimmung der Übertragungsstrecke versehen sind.

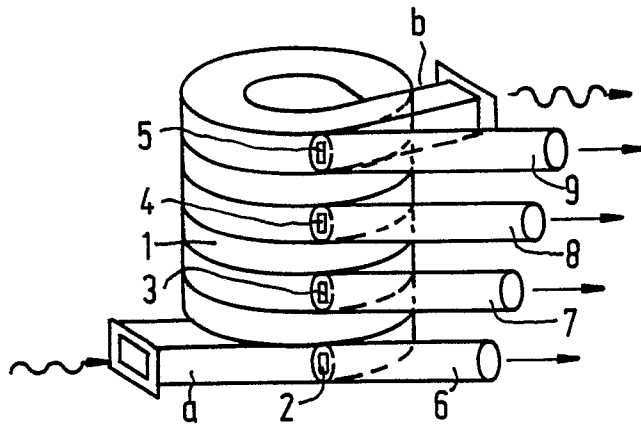


FIG. 1

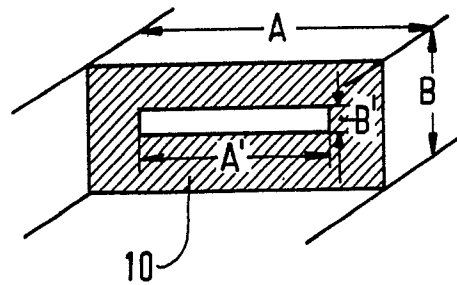


FIG. 2

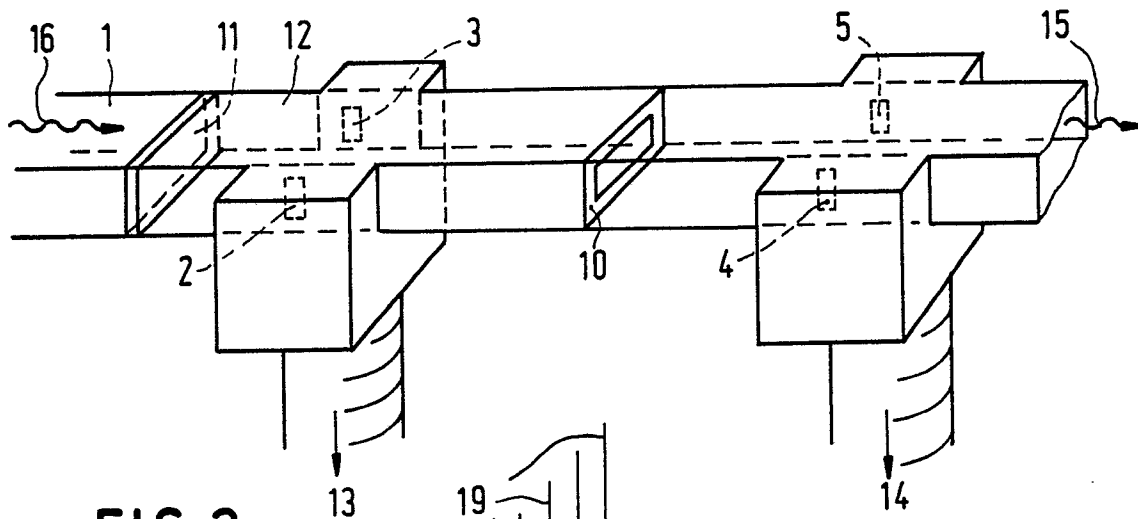


FIG. 3

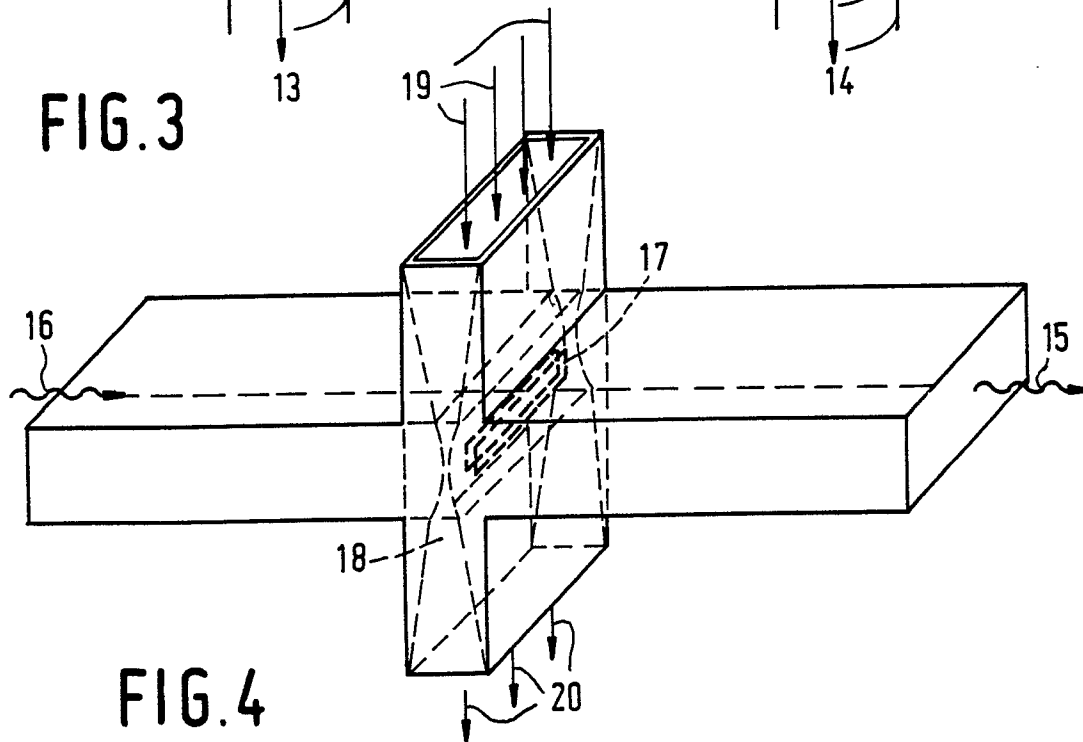


FIG. 4