



EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift :
06.12.95 Patentblatt 95/49

Int. Cl.⁶ : **H01P 1/30, H01P 1/00**

Anmeldenummer : **89202301.1**

Anmeldetag : **13.09.89**

Vorrichtung zur Mikrowellenübertragung.

Priorität : **16.09.88 DE 3831453**

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
21.03.90 Patentblatt 90/12

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
06.12.95 Patentblatt 95/49

Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT SE

Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 252 548
DE-B- 1 031 383
GB-A- 644 749
US-A- 2 407 069
US-A- 4 688 007
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no.
104 (E-397)(2161) 19 April 1986 & JP-A-60 244
102

Entgegenhaltungen :
INSTRUMENTS AND CONTROL SYSTEMS,
vol. 38, no. 9, September 1965, RADNOR, US;
Seiten 135-139; H.D. BAUMANN: "Why limit
outlet velocities in reducing valves?"

Patentinhaber : **Philips Patentverwaltung**
GmbH
Röntgenstrasse 24
D-22335 Hamburg (DE)

DE
Patentinhaber : **Philips Electronics N.V.**
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven (NL)

FR GB IT SE

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

Vertreter : **Hartmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al**
Philips Patentverwaltung GmbH,
Röntgenstrasse 24
D-22335 Hamburg (DE)

EP 0 359 336 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Hohlleiter zur Mikrowellenübertragung, dessen Anfang zu einem Raum hohen Drucks und dessen Ende zu einem Raum niedrigeren Drucks geöffnet ist. Dabei können die beiden durch den Hohlleiter verbundenen Räume verschiedene Gaszusammensetzungen enthalten.

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, daß 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.

Bei der durch DE-B 10 31 383 bekannten Vorrichtung sind zum Ventilieren eines Wellenleitersystems Mittel zum Aufrechterhalten einer Gasströmung im Wellenleitersystem vorgesehen, wobei das Gas von der Mitte des Wellenleitersystems in entgegengesetzten Richtungen sowohl zum Anfang als auch zum Ende des Wellenleitersystems fließt.

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 die Hohlleitervorrichtung mindestens eine strahlungsarme Öffnung aufweist, an welche eine Pumpe angeschlossen 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.

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 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 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.

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

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der einen bestimmten Mikrowellenmode 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 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 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 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 gewendelt.

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

Die Abstände zwischen den Schlitzen betragen vorzugsweise ganzzahlige Vielfache der halben Hohllei-

terwellenlänge.

Ferner ist es von Vorteil, insbesondere für niedrigere Mikrowellenfrequenzen, z.B. für Frequenzen unterhalb 40 GHz, daß im Hohlleiter Resonanzblenden 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 Stiffttransformator im Hohlleiter vorzusehen, um eine Phasen- bzw. Längenanpassung 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 Λ , wobei also $d_i = p_i \cdot \Lambda/2$ (mit $p_i = 1,2$ usw.) sind in den Hohlleiterseitenwänden, und zwar in den Schmalseiten, vertikale Rechteckschlitze 2, 3, 4, 5 angebracht, die sich durch eine sehr geringe Auskopplung des TE_{10} -Modes auszeichnen, also nur eine relativ geringe Dämpfung dieses Wellentyps bewirken. Auf der Außenseite dieser Schlitze 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 Schlitze 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 Schlitze 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 $[C] = 1/\text{sec}$, $[A] = [B] = [L] = \text{cm}$, $p_a = \text{Torr} = 1,33 \text{ hPa}$ gelten. Die Druckdifferenz $p_a - p_b$ zwischen Rohranfang und Rohrende kann nun aus der Durchflußleistung Q und dem Strömungs-Leitwert C bestimmt werden:

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

Die Auflösung von (2) nach p_b ergibt

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

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 28λ ($\lambda = 3,97 \text{ cm}$ für TE_{01} und $\nu_o = 10 \text{ GHz}$) 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 $\nu_o = 10 \text{ GHz}$ 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 Hohlleiterquerabmessungen 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 Pumpschlitze 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 Pumpschlitzen 2 mit der Saugleistung $S_p^{(2)} = 76 \text{ m}^3/\text{h}$ ergibt dann am Ausgang b einen Druck von etwa 10 Torr = 1,33 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 Leistungs-dämpfung der E-Band-Welle mit $\nu_o = 70 \text{ GHz}$ 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 Schlitze 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 Schlitzen 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 $\text{WF}_6 + \text{H}_2$ 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 herabgesetzt 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 Schlitzen 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 Schlitze 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 Koppelöcher 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 Mikrowellen (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.

Patentansprüche

1. Hohlleitervorrichtung zur Mikrowellenübertragung, dessen Anfang zu einem Raum hohen Drucks und dessen Ende zu einem Raum niedrigen Drucks geöffnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlleitervorrichtung mindestens eine strahlungsarme Öffnung aufweist, an welche eine Pumpe angeschlossen 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 Nie-

derdruckseite 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
 Schlitzen (2, 3, 4, 5) versehen ist, wobei der Schlitz oder die Schlitze eine sehr schwache oder vernach-
 lässigbare Auskopplung des Mikrowellenmodes aufweisen und wobei der Hohlleiter über den Schlitz mit
 der Pumpstufe oder über die Schlitze 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
 gewendelt 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 Hohlleiter-
 bereich (16) und dem von der (ersten) Pumpstufe (13) erzeugten Unterdruckbereich (12) ein Mikrowel-
 lenfenster (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) min-
 destens 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 Stiftransformator
 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.

5

Claims

1. Waveguide for microwave transmission, whose beginning is open to a high-power chamber and whose end is open to a low-power chamber, characterized in that the waveguide arrangement has at least a low-radiation opening to which a pump is connected.
2. Arrangement as claimed in Claim 1, characterized in that the pressure of the pumping stages (6, 7, 8, 9) is controllable whereas the flow resistance of the waveguide sections between the pumping stages, the throughput of the pumps, and the pressure controllers are dimensioned or can be adjusted such that a preset pressure difference between the wave guide regions (a, b) is produced and maintained.
3. Arrangement as claimed in Claim 1 or 2, characterized in that each pumping stage (6, 7, 8, 9) is located nearest possible to the low-pressure side.
4. Arrangement as claimed in Claim 1, 2 or 3, characterized in that the waveguide (1) of a specific microwave mode has a single slot or slots (2, 3, 4, 5) at successive spots, the single slot or the slots having very little or negligible outcoupling of the microwave mode and in which the waveguide is connected to the pumping stage 9) through the single slot or to the successive pumping stages (6, 7, 8, 9) through the slots which stages have each an adjusted throughput.
5. Arrangement as claimed in Claim 4, characterized in that the waveguide (1) has a rectangular cross-section and is multihelical.
6. Arrangement as claimed in Claim 4 or 5, characterized in that the slots (2, 3, 4, 5) are provided in the side walls of the waveguide, that is to say in the narrow sides, and have the form of vertical rectangles.
7. Arrangement as claimed in Claim 4, 5 or 6, characterized in that the distances between the slots (2, 3, 4, 5) are integer multiples of half the waveguide length.
8. Arrangement as claimed in Claim 4, 5, 6 or 7, characterized in that resonance shutters (10) are inserted in the waveguide (1).
9. Arrangement as claimed in Claim 1 or 2, characterized in that a microwave aperture (11) is provided between the waveguide region (16) connected to a microwave oscillator and the low-pressure region (12) produced by the first pumping stage (13), the first pumping stage being designed such that it is able to produce a low final pressure in a manner such that no discharge is ignited.
10. Arrangement as claimed in Claim 9, characterized in that between the first pumping stage (13) and a reaction chamber arranged as a microwave resonator a second pumping stage (14) is inserted to relieve the first pumping stage and discharge the gas from the reaction chamber.
11. Arrangement as claimed in Claim 10, characterized in that between the first pumping stage (13) and the second pumping stage (14) at least a single resonance shutter (10) is inserted.
12. Variant of the arrangement as claimed in Claim 9, 10 or 11, characterized in that the waveguide (1) within the region of the first pumping stage (13) is filled with a gas having a high dielectric strength.
13. Arrangement as claimed in Claim 1, characterized in that the pumping stage comprises a double-walled resonance shutter (17) which is designed as a nozzle for a flat high-velocity liquid jet (19, 20).
14. Arrangement as claimed in Claim 1, 2, 3 and/or 10, characterized in that the waveguide (1) is filled with a rinsing gas, a quenching gas or reactive gases.

15. Arrangement as claimed in Claim 1, 2 or 8, characterized in that the waveguide (1) comprises at least an EH tuner and/or a probe transformer.

5 16. Arrangement as claimed in Claim 1 or 2, characterized in that between the waveguide regions (a, b) various low-attenuation waveguide couplers attached to each other are inserted, which are connected each to a pump for setting a specific preset pressure level, whereas the waveguide coupler regions located between the waveguide regions (a, b) comprise short-circuit slides at the ends and comprise each an EH tuner for tuning the transmission section.

10

Revendications

1. Dispositif guide d'ondes pour la transmission de micro-ondes, dont l'entrée débouche sur un espace de haute pression et dont l'extrémité débouche sur un espace de basse pression, caractérisé en ce que le
15 dispositif guide d'ondes présente au moins une ouverture exempte de rayonnement à laquelle une pompe est raccordée.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les étages de pompage (6, 7, 8, 9) sont réglables en pression, étant entendu que les résistances à l'écoulement des tronçons de guide d'ondes entre les
20 étages de pompage, les puissances d'aspiration des pompes et les régulations de pression sont dimensionnées ou réglables, de telle sorte qu'une différence de pression prédéterminée soit produite et maintenue entre les zones (a, b) du guide d'ondes.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étage de pompage respectif (6, 7, 8, 9)
25 se trouve au voisinage le plus proche du côté de basse pression.

4. Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que le guide d'ondes (1) acheminant un mode de micro-ondes déterminé est pourvu d'une fente ou, dans des endroits successifs, de plusieurs fentes
30 (2, 3, 4, 5), la ou les fentes effectuant un découplage du mode de micro-ondes très faible voire même négligeable et le guide d'ondes étant raccordé, via la fente, à l'étage de pompage ou, via les fentes, à des étages de pompage successifs (6, 7, 8, 9) d'une puissance de pompage adaptée.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le guide d'ondes (1) a de préférence une section transversale rectangulaire et est enroulé en plusieurs hélices.
35

6. Dispositif selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les fentes (2, 3, 4, 5) sont de préférence ménagées dans les parois latérales du guide d'ondes, en fait dans les petits côtés, et ont la forme de rectangles verticaux.

7. Dispositif selon la revendication 4, 5 ou 6, caractérisé en ce que les distances entre les fentes (2, 3, 4, 5) sont de préférence des multiples entiers de la demi-longueur d'onde du guide d'ondes.
40

8. Dispositif selon la revendication 4, 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que des écrans de résonance (10) soit agencés dans le guide d'ondes (1).
45

9. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une fenêtre à micro-ondes (11) est disposée entre la zone (16) du guide d'ondes raccordée à un oscillateur de micro-ondes et la zone de dépression (12) produite par l'étage (ou le premier étage) de pompage (13), le premier étage de pompage étant dimensionné, de telle sorte qu'il soit en mesure de produire une pression finale si basse qu'aucune décharge ne soit amorcée.
50

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'un deuxième étage de pompage (14) est agencé entre le premier étage de pompage (13) et une chambre réactionnelle qui se présente sous la forme d'un résonateur de micro-ondes pour décharger le premier étage de pompage et évacuer le gaz de la chambre réactionnelle.
55

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au moins un écran de résonance (10) est disposé entre le premier étage de pompage (13) et le deuxième étage de pompage (14).

12. Variante du dispositif selon la revendication 9, 10 ou 11, caractérisée en ce que le guide d'ondes (1) est rempli d'un gaz de haute rigidité diélectrique dans la zone du premier étage de pompage (13).
- 5 13. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étage de pompage est constitué d'un écran de résonance (17) à double paroi, qui se présente sous la forme d'une buse pour injecter un flux de liquide étendu (19, 20) à grande vitesse.
- 10 14. Dispositif selon la revendication 1, 2, 3 et/ou 10, caractérisé en ce que le guide d'ondes (1) est rempli d'un gaz de balayage, d'un gaz de coupage ou de gaz réactifs.
- 15 15. Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 8 caractérisé en ce qu'il est prévu dans le guide d'ondes (1) au moins un tuner EH et/ou un transformateur à pointes.
- 20 16. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'entre les zones (a, b) du guide d'ondes sont agencées plusieurs coupleurs directifs successifs de faible amortissement, qui sont raccordés respectivement à une pompe pour régler une pression prédéterminée, les zones des coupleurs directifs situées entre les zones (a, b) du guide d'ondes étant équipées respectivement de pistons à piège aux extrémités et d'un tuner EH respectif pour accorder les tronçons de transmission.
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

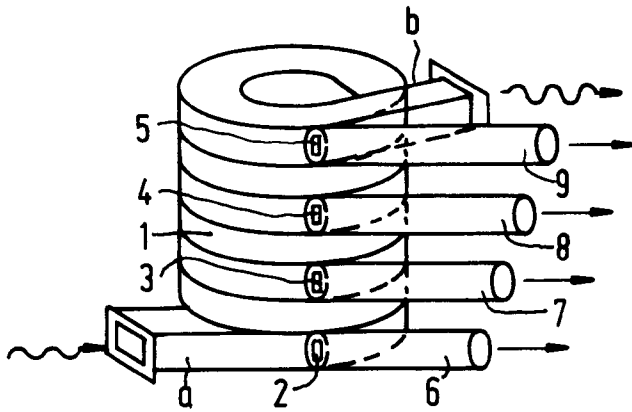


FIG. 1

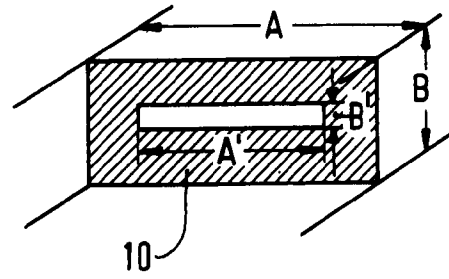


FIG. 2

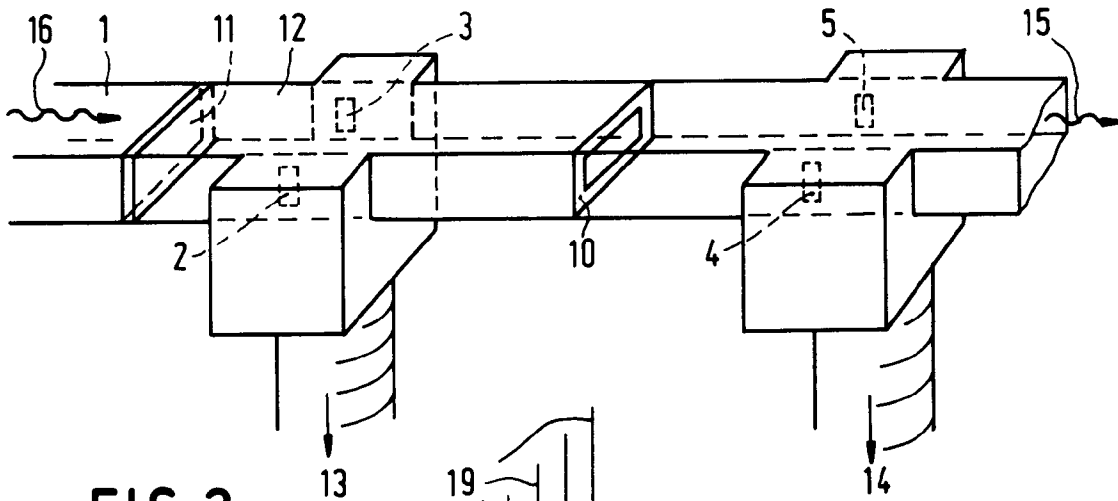


FIG. 3

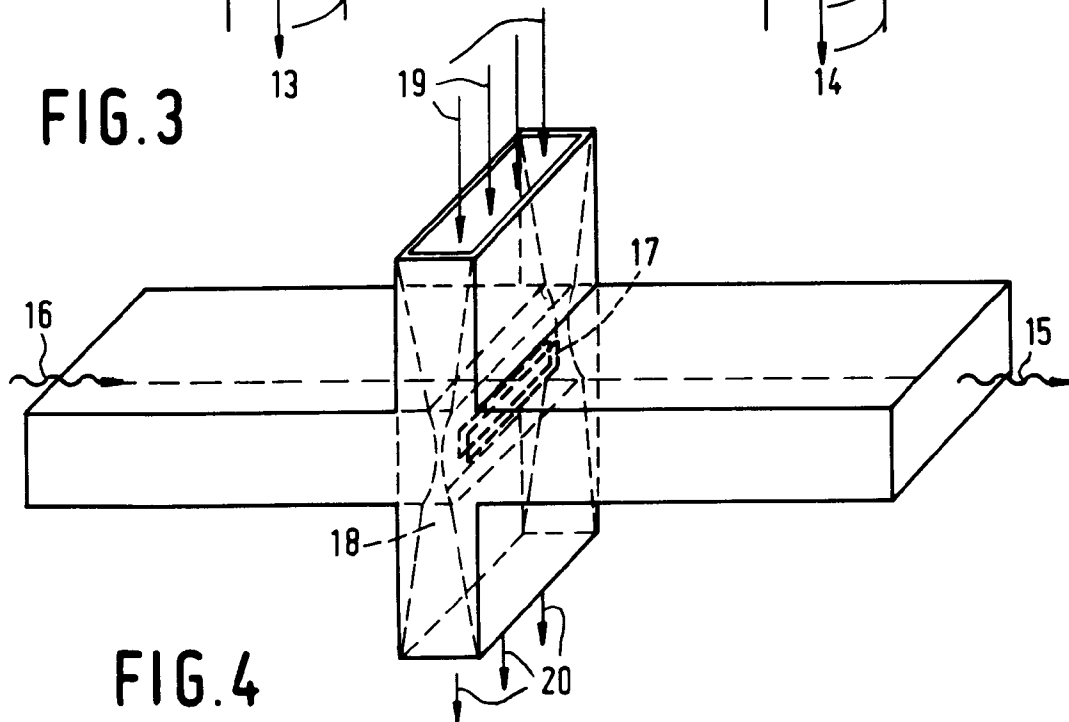


FIG. 4