



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 457 948 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90109863.2

51 Int. Cl.⁵: **H05B 6/80**

22 Anmeldetag: 23.05.90

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.11.91 Patentblatt 91/48

64 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT LU NL

71 Anmelder: **ABB PATENT GmbH**
Kallstadter Strasse 1
W-6800 Mannheim 1(DE)

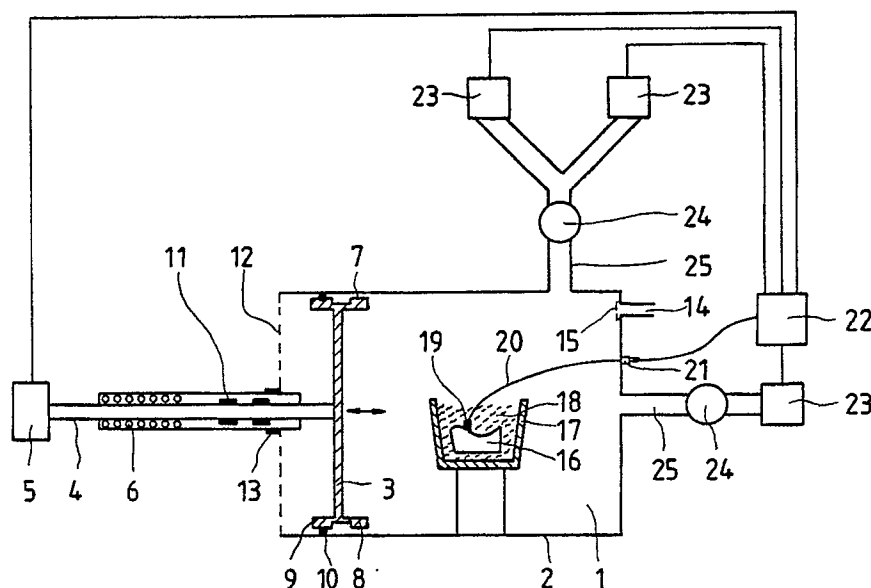
72 Erfinder: **Schuh, Lothar, Dr.**
Diemstrasse 1
W-6940 Weinheim(DE)
Erfinder: **Harbach, Friedrich, Dr.**
Schmitthenner Strasse 26
W-6900 Heidelberg(DE)

74 Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
c/o Asea Brown Boveri Aktiengesellschaft
Zentralbereich Patente Postfach 100351
W-6800 Mannheim 1(DE)

54 Mikrowelleneinrichtung.

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Mikrowelleneinrichtung mit einer Mehrmoden-Kammer zur Erwärmung und Sinterung von keramischen Formkörpern (16). Um eine weitgehend homogene Feldverteilung zu erzielen, wird vorgeschlagen, wenigstens

eine Wand (3) der Kammer (1) während des Sintervorgangs mit Hilfe eines Antriebs (4,5,6) in eine Bewegung, vorzugsweise Hubbewegung, zu versetzen.



EP 0 457 948 A1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Mikrowelleneinrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Mikrowelleneinrichtung ist vorgesehen zur raschen und homogenen Erwärmung und zur Sinterung keramischer Bauteile. Für diesen Zweck wird eine Mikrowelleneinrichtung mit einer relativ großen Ofenkammer und einer hohen Mikrowellenleistung benötigt.

Eine solche Mikrowelleneinrichtung ist aus der DE-AS 24 62 853 (Druckschrift D1) bekannt, wobei mehrere Mikrowellengeneratoren zur Bereitstellung der Mikrowellenenergie vorhanden sind.

Bei den gegebenen Abmessungen der als Resonator wirkenden Kammer und bei einer Betriebsfrequenz von einigen GHz kommt es zur Ausbildung von stehenden Wellen. Beispielsweise entspricht der üblichen Betriebsfrequenz von 2,45 GHz eine Freiraum-Wellenlänge von etwa 12 cm. Die damit gegebenen stationären Wellenknoten und Wellenbäuche bewirken störende Feldinhomogenitäten, die dazu führen, daß beispielsweise größere keramische Bauteile örtlich unterschiedlich erwärmt werden und inhomogen sintern. Dies führt zu unbrauchbaren Werkstücken oder gar zu deren vollständigen Zerstörung.

In der Druckschrift D1 ist eine von Haushalts-Mikrowellengeräten bekannte Abhilfemaßnahme, nämlich ein rotierender Reflektorflügel erwähnt. Bei Hochtemperaturanwendungen ist allerdings die Wirksamkeit des Drehflügels, der eine kontinuierliche Änderung der Feldverteilung verursachen soll, unbefriedigend. Wirksamer sind dagegen Drehteller oder andere Vorrichtungen, welche eine Ortsänderung eines zu erwärmenden Sinterguts innerhalb der Kammer bewirken. Da Sintergut gegen Erschütterungen empfindlich ist, wie in der D1 erwähnt wird, sind auch Drehtelleranordnungen, welche Erschütterungen verursachen, nicht gut geeignet. Zur Lösung des Problems der ungleichmäßigen Feldverteilung wird in der D1 vorgeschlagen, mehrere Generatoren mit einzeln regelbaren Magnetrons vorzusehen, welche jeweils über in den Ofenraum ragende Antennen einspeisen. Bei hohen Magnetronleistungen und verlustarmem Erwärmungsgut kommt es jedoch zu einer Rückstrahlung von Mikrowellenenergie ins Magnetron, wodurch dieses zerstört werden kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellenerwärmungseinrichtung anzugeben, welche die Nachteile bekannter Einrichtungen vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch eine Mikrowelleneinrichtung mit einer metallischen Mehrmodenkammer als Resonator gelöst, die zueinander vorzugsweise parallel angeordnete Kammerwände aufweist, und in welche Mikrowellenenergie eingespeist wird, wobei Mittel vorhanden sind, die bewirken, daß wenigstens eine der Kammerwände während des Be-

triebs in repetierende Hubbewegungen versetzbar ist, wodurch sich eine periodische Änderung der Resonatorabmessungen und damit der Reflexionsbedingungen und der Resonanzbedingungen ergibt. Anstelle von parallel zueinander angeordneten plattenförmigen Wänden eines z.B. quaderförmigen Resonators können auch gebogene Wände vorgesehen werden, um besondere Feldkonfigurationen zu erzielen. Möglich sind z.B. zylinderförmige Resonatoren oder Resonatoren mit hohlspiegelförmigen Wänden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Mikrowelleneinrichtung hat den Vorteil, daß eine Vergleichmäßigung des Mikrowellenfeldes erreicht wird, so daß auch komplex geformte Teile homogen erwärmt werden können. Das Sintergut wird dabei nicht in Bewegung versetzt. Bei Verwendung mehrerer Generatoren kann unter Zwischenschaltung eines Zirkulators mit einem einzigen Hohlleiter eingespeist werden. Eine Rückwirkung auf die Generatoren wird dadurch vermieden.

Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, wenigstens eine Resonatorwand eine Bewegung, vorzugsweise eine Hubbewegung mit einer niedrigen Frequenz ausführen zu lassen, also schwingen zu lassen. Aus Ceramic Bulletin, Vol. 68, No. 9, 1989, Seite 1601 bis 1606, insbesondere Figur 2 und zugehörigem Text (Druckschrift D2) ist bekannt, eine Kammerwand einstellbar zu gestalten. Dabei ist jedoch keine betriebsmäßige Bewegung der Kammerwand zur Änderung der Feldverteilung vorgesehen. Es handelt sich dort um eine Einmodenkammer, welche zum Fügen von Keramikteilen vorgesehen und nicht zum Sintern größerer Keramikteile geeignet ist. Zum Verbinden von Keramikteilen wird eine hohe Erwärmung an der Verbindungsstelle benötigt. Deshalb ist dort eine Wand einstellbar gestaltet, um die gewünschte Wellenausbreitung (Resonanz) vor der Durchführung des Erwärmungsvorgangs einstellen zu können (vgl. D2, Seite 1603, Absatz 2 und Seite 1604, Absatz 2). Die bewegliche Wand der Einmodenkammer ist also lediglich zum Justieren vorgesehen, d.h. zur Einstellung des Ortes des Leistungsmaximums der stehenden Welle in der Kammer. Eine Anregung im Falle einer Mehrmodenkammer durch eine repetierende Bewegung einer Kammerwand eine Änderung der Feldverteilung während des Erwärmungsvorgangs zu bewirken, ist der Druckschrift 2 nicht zu entnehmen.

Es hat sich gezeigt, daß mit der erfindungsgemäßen Kammerwandbewegung eine im zeitlichen Mittel homogenere Feldverteilung als mit bekannten Maßnahmen, z.B. Drehflügeln, erreicht werden kann. Die Charakteristik der stehenden Wellen wird nämlich in hohem Maße von der Position der Kam-

merwände beeinflusst. Mit einer kontaktlosen Lambda-Viertel-Kurzschlußstruktur wird erreicht, daß die Kammerwand ohne Reibung bewegt werden kann und daß keine Mikrowellenstrahlung durch Lecks nach außen dringt. Zur besseren Steuerung des Erwärmungsvorganges kann die Einrichtung sowohl mit kontinuierlicher wie auch gepulster Mikrowellenenergie betrieben werden. Die Pulsfrequenz und Pulsform können sowohl mit der Wandbewegung synchronisiert ablaufen, wie auch stochastisch sein. Für die Wandbewegung wird eine veränderliche oder feste Hubfrequenz im Bereich von 0,1 bis 100 Hz und eine Hubamplitude im Bereich von etwa 0,5 bis 20 cm bevorzugt.

Eine genauere Beschreibung erfolgt nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels.

Die Zeichnung zeigt schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäßen Mikrowelleneinrichtung. Die Einrichtung enthält eine z.B. aus Edelstahl gefertigte metallische Kammer 1, welche feste Wände 2 und eine bewegliche Wand 3 aufweist. Die Abmessungen der Kammer betragen etwa 60 x 60 x 60 cm³. Die bewegliche Wand 3 ist über eine Schubstange 4 mit einem steuerbaren Hubkolbenmotor 5 gekoppelt. Die Stange 4 ist mit einem Kugellager 6 gelagert. Um eine freie Beweglichkeit der beweglichen Wand 3 in der Kammer 1 zu gewährleisten, ist ein Spalt 7 zwischen der beweglichen Wand 3 und den festen Wänden 2 zweckmäßig, der etwa 1 bis 2 mm breit ist. Um einen Austritt von Mikrowellenstrahlung als Leckstrahlung zu verhindern, ist der Rand der beweglichen Wand 3 als Lambda-Viertel-Kurzschlußschieber 8 ausgebildet. Außerdem kann als zusätzliche Sicherung an dem zur Außenseite gekehrten Teil 9 des Lambda-Viertel-Kurzschlußschiebers 8 ein Hochfrequenz-Isolationsring 10 angebracht werden. Ein solcher Hochfrequenz-Isolationsring 10 kann beispielsweise als Kunststoffring oder als Bürste mit mikrowellenabsorbierenden Eigenschaften ausgeführt werden. Diese zusätzliche Sicherheitseinrichtung hat keine mechanische Führungs- oder Abstützungsfunktion, so daß auch bei Verwendung dieser Sicherheitseinrichtung eine praktisch berührungslose Bewegung der beweglichen Wand 3 in der Kammer 1 gegeben ist. Als weitere Sicherheitsmaßnahme ist an der Schubstange 4 ein zweiter Lambda-Viertel-Kurzschlußschieber 11 angeordnet. Außerdem ist zur Abschirmung an der Kammer 1 vor der beweglichen Wand 3 ein mikrowellenundurchlässiges Metallgitter 12 mit entsprechender Maschenweite mit einer stabilen Rohrdurchführung 13 für die Schubstange 4 vorhanden. Die zur Bewegung und Führung der beweglichen Wand 3 vorhandenen Konstruktionsteile, wie Stange 4, Kugellager 6 und Durchführung 13, müssen ausreichend stabil ausgeführt sein, um einen gleichblei-

bend schmalen Spalt 7 während der Wandbewegung zu gewährleisten.

Wegen des bei der Hubbewegung der beweglichen Wand 3 nötigen Druckausgleichs in der Kammer 1 ist in einer der festen Wände 2 ein Entlüftungskanal 14 angebracht, dessen Durchmesser-Längen-Verhältnis etwa 1 : 3 beträgt. Die Öffnung des Entlüftungskanals 14 wird durch ein metallisches Entlüftungsgitter 15 gegen einen Austritt von Mikrowellenstrahlung gesichert.

Ein zu sinternder keramischer Formkörper 16 ist innerhalb der Kammer 1 in einem mikrowellentransparenten Behälter 17 angeordnet. Der Formkörper 16 ist mit wärmedämmenden und mikrowellentransparenten Fasermatten 18 umgeben, die beispielsweise aus Aluminiumoxidkeramik bestehen.

Zur Temperaturmessung ist ein Meßkopf 19 eines Hochtemperatur-Thermometers an der Oberfläche des Formkörpers 16 angeordnet und über einen Lichtleiter 20 und eine Durchführung 21 in der Kammer 1 mit einer Steuer- und Regeleinrichtung 22 für Mikrowellengeneratoren 23 verbunden. Mit dieser Einrichtung wird die gegebenenfalls über Zirkulatoren 24 und über Hohlleiter 25 in die Kammer 1 eingespeiste Mikrowellenenergie unter Vermeidung unzulässiger Temperaturen oder Temperaturgradienten entsprechend vorgegebener Temperatur-Zeitprofile gesteuert. Die Mikrowellenleistung beträgt typisch mehrere Kilowatt.

Zur Durchführung eines Sintervorgangs wird die bewegliche Wand 3 in eine sich wiederholende Hubbewegung versetzt und Mikrowellenenergie über die Hohlleiter 25 eingespeist. Als Folge der sich andauernd ändernden Reflexionsbedingungen in der Kammer 1 werden die durch die Kammerabmessungen bedingten stehenden Wellen und die durch mehrere Moden gegebenen Interferenzen dauernd verändert. Es entstehen dabei auch andere Wellenformen, wodurch sich eine sich räumlich und zeitlich ändernde Vielzahl von Leistungsmaxima ergibt, welche zu einer homogenen Erwärmung des Formkörpers 16 führt.

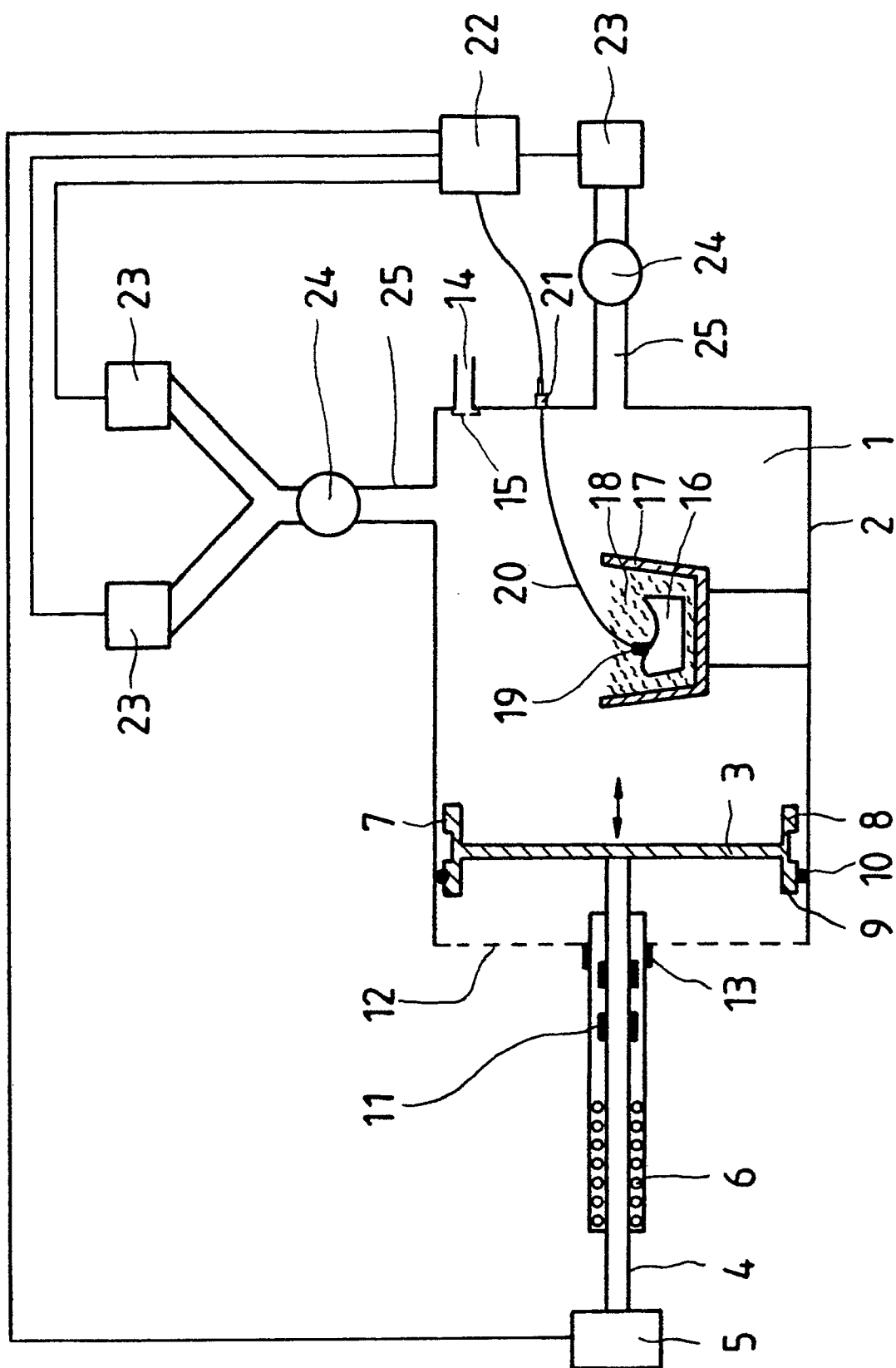
45 Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Kammer |
| 2 | feste Wand |
| 3 | bewegliche Wand |
| 4 | Schubstange |
| 5 | Hubkolbenmotor |
| 6 | Kugellager |
| 7 | Spalt |
| 8 | Lambda-Viertel-Kurzschlußschieber |
| 9 | nach außen gekehrter Teil des Schiebers 8 |
| 10 | Hochfrequenz-Isolationsring |
| 11 | zweiter Lambda-Viertel-Kurzschlußschieber |

- ber
 12 Metallgitter
 13 Rohrdurchführung
 14 Entlüftungskanal
 15 Entlüftungsgitter
 16 Formkörper
 17 Behälter
 18 Fasermatte
 19 Meßkopf
 20 Lichtleiter
 21 Durchführung
 22 Steuer- und Regeleinrichtung
 23 Mikrowellengenerator
 24 Zirkulator
 25 Hohlleiter

Patentansprüche

1. Mikrowelleneinrichtung mit einer metallischen Mehrmodenkammer als Resonator, die zueinander vorzugsweise parallel angeordnete Kammerwände aufweist, und in welche Mikrowellenenergie eingespeist wird, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (4,5,22) vorhanden sind, die bewirken, daß wenigstens eine der Kammerwände (2,3) während des Betriebs in repetierende Hubbewegungen versetzbar ist, wodurch sich eine periodische Änderung der Resonatorabmessungen und damit der Reflexionsbedingungen ergibt.
2. Mikrowelleneinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine bewegliche Kammerwand (3) anstelle einer kolbenartigen Hubbewegung eine andere Bewegung, z.B. eine Dreh- oder Kippbewegung, durchführt, wobei die festen Kammerwände (2) eine angepaßte Form aufweisen, um eine Abdichtung zu gewährleisten.
3. Mikrowelleneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (22) vorhanden sind zur Steuerung der Änderung der Resonatorabmessungen durch Änderung der Frequenz und/oder der Amplitude der Bewegung einer Kammerwand (3).
4. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die eingespeiste Mikrowellenenergie eine kontinuierliche Leistung aufweist.
5. Mikrowelleneinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellenenergie mit gepulster Leistung eingespeist ist, wobei die Pulsfrequenz und/oder die Pulsform mit der Wandbewegung synchronisiert oder stochastisch ist.
6. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Generatoren (23) zur Erzeugung der Mikrowellenenergie vorhanden sind, welche über einen oder mehrere Zirkulatoren (24) und Hohlleiter (25) in die Kammer (1) einspeisen.
7. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Bewegung einer Kammer (3) beispielsweise die Hubfrequenz im Bereich von 0,1 bis 100 Hz liegt.
8. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungsamplitude, beispielsweise die Hubamplitude, einer beweglichen Kammerwand (3) bei etwa 0,5 bis 20 cm liegt.
9. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bewegliche Wand (3) über eine Schubstange (4) mit einem Hubmotor (5) verbunden ist.
10. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bewegliche Wand (3) gegenüber den festen Wänden (2) der Kammer (1) so gelagert ist, daß ein Spalt (7) von etwa 1 bis 2 mm gegeben ist.
11. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Sicherungseinrichtungen (8,10,11,12,15) angeordnet sind, welche einen Austritt von Mikrowellenenergie vermindern oder vermeiden.
12. Mikrowelleneinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der Kammer (1) etwa 60 x 60 x 60 cm³ betragen.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 9863

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)		
Y,A	DE-B-1 186 570 (ROBERT BOSCH ELEKTRONIK GMBH)4 Februar 1965 * Spalte 1, Zeile 43 - Spalte 4, Zeile 11 ** Spalte 4, Zeilen 12 - 17; Figur 3 *	1,2,9,4, 6-8	H 05 B 6/80		
Y	FR-A-2 315 986 (J. OLIVER ET AL.) * Seite 4, Zeile 31 - Seite 5, Zeile 38; Figur 1 *	1,2,9			
A	GB-A-9 269 58 (MIWAG MIKROWELLEN AG) * Seite 3, Zeilen 50 - 97; Figuren 2, 3 *	3			
A	FR-A-2 053 592 (F. KRITZ)				
A	JOURNAL OF PHYSICS E. SCIENTIFIC INSTRUMENTS. vol. 9, no. 5, Mai 1976, ISHING, BRISTOL GB & S. Weiss: "T-jump apparatus with microwave heating"				
A	US-A-4 054 768 (D.A. WHITE ET AL.)				
A	US-A-4 361 744 (G.M. MERCIER ET AL.)30 November 1982				
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) H 05 B		
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 07 Februar 91	Prüfer ALBERTSSON E.G.		
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: mündliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td>E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: mündliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: mündliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument				