



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
26.01.94 Patentblatt 94/04

⑤① Int. Cl.⁵ : **H05B 6/80**

②① Anmeldenummer : **90109863.2**

②② Anmeldetag : **23.05.90**

⑤④ **Mikrowelleneinrichtung.**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
27.11.91 Patentblatt 91/48

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
26.01.94 Patentblatt 94/04

⑥④ Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT NL

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-B- 1 186 570
FR-A- 2 053 592
FR-A- 2 315 986
GB-A- 926 958
US-A- 4 054 768
US-A- 4 361 744

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
JOURNAL OF PHYSICS E. SCIENTIFIC IN-
STRUMENTS. vol. 9, no. 5, Mai 1976, ISHING,
BRISTOL GB & S. Weiss: "T-jump apparatus
with microwave heating"

⑦③ Patentinhaber : **ABB PATENT GmbH**
Kallstadter Strasse 1
D-68309 Mannheim (DE)

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

⑦④ Vertreter : **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
c/o ABB Patent GmbH, Postfach 10 03 51
D-68128 Mannheim (DE)

EP 0 457 948 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

Mikrowelleneinrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Mikrowelleneinrichtung mit einer Mehrmodenkammer, die wenigstens eine bewegliche Kammerwand aufweist. 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.

Mikrowelleneinrichtungen mit einer Mehrmodenkammer mit wenigstens einer beweglichen Resonatorwand sind in den Figuren 2 und 3 der GB-A-926 958 dargestellt und im zugehörigen Beschreibungsteil beschrieben. In beiden dort dargestellten Ausgestaltungen der Mehrmodenkammer ist die bewegliche Wand als Reflektor eines Infrarotstrahlers gestaltet, der um einen Drehpunkt in einem kleinen Winkel wippt. Durch die Wippbewegung wird eine oszillierende Bewegung von Wellenmaxima im Resonatorraum erreicht. Das Resonatorvolumen ändert sich jedoch praktisch nicht, so daß auch die Anzahl der Moden konstant bleibt. Es kommt nur zu einer geringfügigen Änderung der Feldverteilung.

Der DE-B 11 86 570 ist eine Mikrowelleneinrichtung zu entnehmen, die keinen Mehrmoden-Resonator zur Aufnahme eines Werkstücks aufweist, sondern einen Schlitzstrahler, an dem ein zu erwärmendes Werkstück vorbeigeführt wird. Der Schlitzstrahler ist die Austrittsöffnung eines Hohlleiters, in den ein Magnetron einspeist. Der Hohlleiter ist als Einmodenkammer aufzufassen. Das Feldstärkemaximum der Strahlungscharakteristik an der Austrittsöffnung bewegt sich hin und her. Dies wird durch einen beweglichen Kurzschlußschieber im Hohlleiter erreicht.

Aus der DE-B 24 62 853 ist eine Mikrowelleneinrichtung mit mehreren Mikrowellengeneratoren zur Bereitstellung der Mikrowellenenergie bekannt. 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 DE-B 24 62 853 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 Sintergutes innerhalb der Kammer bewirken. Da Sintergut gegen Erschütterungen empfindlich ist, sind auch Drehtelleranordnungen, welche Erschütterungen verursachen, nicht geeignet. Zur Lösung des Problems der ungleichmäßigen Feldverteilung wird in der DE-B 24 62 853 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 die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowelleneinrichtung anzugeben, die eine in hohem Maß homogene Feldverteilung während eines Erwärmungs- oder Sinterprozesses im Volumen eines Werkstücks aufweist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Mikrowelleneinrichtung mit einer als Resonator wirkenden, mit mehreren metallischen Kammerwänden gebildeten Mehrmodenkammer, in die ein zu erwärmendes Werkstück einsetzbar ist und in die Mikrowellenenergie einspeisbar ist, wobei

- a) wenigstens eine beweglich ausgeführte Kammerwand vorhanden ist und
- b) Mittel vorhanden sind, die bewirken, daß die bewegliche Kammerwand während des Betriebes der Mikrowelleneinrichtung in eine repetierende Bewegung versetzbar ist, und wobei
- c) Mittel zur Hochfrequenz-Abdichtung der beweglichen Kammerwand gegenüber festen Kammerwänden vorhanden sind, so daß bei Bewegung der beweglichen Kammerwand eine Änderung des Resonatorvolumens gegeben ist.

Der Resonator kann vorzugsweise mit parallel zueinander angeordneten Kammerwänden ausgeführt werden, von denen eine Kammerwand beweglich ausgeführt ist und in repetierende Hubbewegungen versetzbar ist. 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.

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, wenig-

stens 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 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 Einmoden-Kammer, 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. Ceramic Bulletin, Seite 1603, Absatz 2 und Seite 1604, Absatz 2). Die bewegliche Wand der Einmoden-Kammer ist also lediglich zum Justieren vorgesehen, dh. zur Einstellung des Ortes des Leistungsmaximums der stehenden Welle in der Kammer. Eine Anregung im Falle einer Mehrmoden-Kammer durch eine repetierende Bewegung einer Kammerwand eine Änderung der Feldverteilung während des Erwärmungsvorgangs zu bewirken, ist dort 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 Kammerwände 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 ausführlichere 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 gleichbleibend 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.

Patentansprüche

1. Mikrowelleneinrichtung mit einer als Resonator wirkenden, mit mehreren metallischen Kammerwänden (2,3) gebildeten Mehrmodenkammer (1), in die ein zu erwärmendes Werkstück (16) einsetzbar ist und in die Mikrowellenenergie einspeisbar ist, wobei
 - a) wenigstens eine beweglich ausgeführte Kammerwand (3) vorhanden ist, und
 - b) Mittel (4,5,22) vorhanden sind, die bewirken, daß die bewegliche Kammerwand (3) während des Betriebes der Mikrowelleneinrichtung in eine repetierende Bewegung versetzbar ist,
 dadurch gekennzeichnet,
 - c) daß Mittel (7 bis 10) zur Hochfrequenzabdichtung der beweglichen Kammerwand (3) gegenüber festen Kammerwänden (2) vorhanden sind, so daß bei Bewegung der beweglichen Kammerwand (3) eine Änderung des Resonatorvolumens gegeben ist.

Claims

1. Microwave device having a multi-mode chamber (1) acting as resonator and formed with a number of metallic chamber walls (2, 3), into which chamber a workpiece (16) to be heated can be inserted and into which microwave energy can be fed, there being
 - a) at least one chamber wall (3) constructed to be movable, and there being
 - b) means (4, 5, 22) which cause a repetitive movement to be impartable to the movable chamber wall (3) during the operation of the microwave device,
 characterized in that there are
 - c) means (7 to 10) for radio-frequency sealing of the movable chamber wall (3) with respect to fixed chamber walls (2) so that a change in the resonator volume is given when the movable chamber wall (3) moves.

Revendications

1. Dispositif à micro-ondes comportant une chambre multimodes (1) formée de plusieurs parois de chambre (2, 3) métalliques qui agissent comme résonateurs, dans laquelle une pièce (16) à réchauffer peut être placée et dans laquelle de l'énergie à micro-ondes peut être introduite,
 - a) avec au moins une paroi de chambre (3) agencée de manière mobile et
 - b) avec des moyens (4, 5, 22) grâce auxquels la paroi de chambre (3) mobile peut être déplacée suivant un mouvement répétitif pendant le fonctionnement du dispositif à micro-ondes, caractérisé par le fait
 - c) qu'il est prévu des moyens (7 à 10) destinés à assurer l'étanchéité aux fréquences élevées de la paroi de chambre (3) mobile par rapport aux parois de chambre (2) fixes, de telle sorte que le volume du résonateur varie lorsque la paroi mobile (3) se déplace.

