



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 35 083 T2** 2006.11.30

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 985 329 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 35 083.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/07637**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 918 282.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/049870**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **05.11.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H05B 6/78** (2006.01)

H05B 6/76 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

848244 **29.04.1997** **US**

(73) Patentinhaber:

**Industrial Microwave Systems, L.L.C., Wilmington,
Del., US**

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**JOINES, T., William, Durham, NC 27707, US;
DROZD, Michael, J., Durham, NC 27713, US**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ELEKTROMAGNETISCHEN BESTRAHLUNG VON FLÄCHIGEN MATERIALIEN ODER DERGLEICHEN**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung betrifft elektromagnetische Energie und insbesondere das elektromagnetische Bestrahlen von planaren Materialien.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] In den zurückliegenden Jahren hat das Interesse an der Nutzung von Mikrowellensignalen für Anwendungen in vielen industriellen Bereichen stark zugenommen. Ein solcher Bereich ist das Erwärmen von Papier oder anderen planaren Materialien. Geschlitzte Wellenleiter werden schon seit langem zur Bestrahlung von planaren Materialien mit Mikrowellenenergie verwendet. Es ist einschlägig bekannt, einen geschlitzten Wellenleiter zu verwenden, der einen schlangenlinienförmigen Ausbreitungspfad hat, um den Bestrahlungsbereich von Blättern zu maximieren, die durch den Leiter geführt werden. Siehe beispielsweise US-Patent Nr. 5,169,571, US-Patent Nr. 4,446,348 und US-Patent Nr. 3,765,425.

[0003] Derzeit hat die Verwendung von schlangenlinienförmigen geschlitzten Wellenleitern zum Erwärmen planarer Materialien vier konkrete Nachteile. Als erstes wird das Mikrowellensignal gedämpft, während es sich von seiner Quelle fortbewegt. Diese Dämpfung im Verhältnis zur Ausbreitungsentfernung nimmt zu, wenn dämpfende planare Materialien in den Wellenleiter eingearbeitet werden. Infolge dessen wird ein Material, das durch einen Schlitz in den Wellenleiter eingeführt wird, stärker an einem Ende eines Segments erwärmt (näher an der Quelle) als am anderen Ende (weiter von einer Quelle entfernt). Zum Stand der Technik gehörende Strukturen haben nicht die Ausrichtung des Schlitzes als ein Mittel zum Lösen dieses Problems benutzt. Bei einem herkömmlichen schlangenlinienförmigen Wellenleiter gibt es ein Feldmaximum in der Mitte zwischen zwei leitenden Flächen. Beim Stand der Technik befindet sich der Schlitz an diesem Punkt in der Mitte. Siehe beispielsweise die Offenbarung von US-Patent Nr. 3,471,672, US-Patent Nr. 3,765,425 und US-Patent Nr. 5,169,571.

[0004] Ein zweites Problem betrifft die Verteilung der Mikrowellenenergie. Weil die Größenordnung des elektrischen Feldes in einem Mikrowellensignal aufgrund der Vorwärts- und Rückwärtsausbreitung in dem Wellenleiter Maxima und Minima hat, bilden sich bei planaren Materialien, die durch einen geschlitzten Wellenleiter geführt werden, allgemein Wärmekonzentrationspunkte. US-Patent Nr. 3,765,425 (im Weiteren das "Patent Nr. '425") löst dieses Problem durch die Verwendung von zwei getrennten Wellenleitern, die miteinander verschachtelt sind. Wenigstens ein Wellenleiter ist mit einem Phasenänderer

versehen, um zu gewährleisten, dass die Wärmekonzentrationspunkte in einem Wellenleiter an anderen Stellen auftreten als in dem anderen Wellenleiter. Der Nachteil dieses Lösungsansatzes (abgesehen von den Kosten eines Phasenänderers) ist, dass Sektionen von separaten Wellenleitern übereinander liegen müssen, damit planare Materialien abwechselnde Wärmekonzentrationspunkte aufweisen, während sie sich durch die gesamte Struktur hindurchbewegen. Des Weiteren erfordert jede eigenständige Phasenänderung einen zusätzlichen schlangenlinienförmigen Wellenleiter und eine zusätzliche Mikrowellenquelle.

[0005] Ein weiterer Versuch, dem Entstehen von "Wärmekonzentrationspunkten" entgegenzuwirken, ist in US-Patent Nr. 5,536,921 (im Weiteren das "Patent Nr. '921") offenbart. Wie das Patent Nr. '425 stützt sich auch das Patent Nr. '921 auf separate und voneinander verschiedene Wellenleitersektionen. Aber anstelle der Verwendung eines oder mehrerer Phasenänderer sind beim Patent Nr. '921 die getrennten Wellenleitersektionen um exakt ein Viertel einer Wellenlänge versetzt. Der Nachteil dieses Lösungsansatzes ist, dass er mehr als einen einzigen phasengesteuerten Pfad erfordert. Das Patent Nr. '921 erfordert sogar noch mehr Pfade als das Patent Nr. '425. Gemäß der Offenbarung Nr. '921 ist jede Wellenleitersektion zum Bestrahlen von Materialien ein separater Wellenpfad. Jede derartige Sektion erfordert ihren eigenen Punkt zum Beginnen der Welle und ihren eigenen Endpunkt. Jeder Anfangspunkt hat unvermeidlich Verluste infolge von Signalreflexion.

[0006] Vor allem gestattet der im Patent Nr. '921 offenbarte Lösungsansatz keine problemlose Justierung zum Anpassen an eine Vielfalt von Materialien. Dem Fachmann ist klar, dass sich die tatsächliche Länge einer Viertel Wellenlänge nach dem Material richtet, das in den Wellenleiter eingeführt wird. Darum lehrt das Patent Nr. '921 eine Vorrichtung, die für ein bestimmtes Material gebaut ist. Würde man die gebaute Vorrichtung für ein Material mit einer anderen ϵ_r verwenden, so würde der Versatz der ein Viertel Wellenlänge und dessen Nutzen verringert werden oder vollständig verloren gehen. Wenn beispielsweise die im Patent Nr. '921 offenbarte Struktur mit einem Material verwendet werden würde, dessen ϵ_r sich um den Faktor 4 von dem ϵ_r des Materials unterscheidet, für das die Struktur gedacht ist, so würden sich in dem Material ähnlich angeordnete (anstatt versetzte) Wärmekonzentrationspunkte bilden. Dem Fachmann ist klar, dass es zum weiteren Mindern der Entstehung von Wärmekonzentrationspunkten von Vorteil sein kann, Wärmekonzentrationspunkte in Abständen von weniger als einem Viertel einer Wellenlänge anzuordnen. Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Patent Nr. '921 nur einen Versatz um ein Viertel einer Wellenlänge offenbart und keine problemlos einstellbare Struktur offenbart.

[0007] Ein drittes Problem mit herkömmlichen Wellenleitern zum elektromagnetischen Bestrahlen betrifft den Feldgradienten zwischen einer oberen und einer unteren leitenden Fläche. Dieser Gradient stellt kein Problem dar, wenn das planare Material nur eine unbedeutende Dicke hat. Wenn jedoch das planare Material eine bedeutende Dicke hat, so kann dieser Gradient zu einem ungleichmäßigen Erwärmen führen. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu überwinden, ist in der gleichzeitig anhängigen Anmeldung des Anmelders mit der Seriennummer 08/813,061, nun US-Patent Nr. 5,998,774, offenbart. Diese gleichzeitig anhängige Anmeldung offenbart die Vorteile einer mit dielektrischen Platten versehenen Struktur, welche die Maximalfeldregion in einem Einmodenhohlraum verlängert. Allerdings wurden mit Platten versehene Strukturen bisher noch nicht für das Bestrahlen von planaren Materialien angepasst.

[0008] Ein viertes Problem betrifft das ungewollte Austreten von Mikrowellen durch den Schlitz eines geschlitzten Wellenleiters. Energieverluste und Strahlung sind ein generelles Problem bei jeder Mikrowellenstruktur. Das Problem der Strahlung durch offene Zugangspunkte wird verstärkt, wenn das Material, das durch die Struktur geführt wird, eine elektrische Leitfähigkeit besitzt. Solche leitfähigen Stoffe (beispielsweise ionisierte Feuchtigkeit in Papier, das zum Trocknen durch eine Kammer geleitet wird) können, wenn sie durch eine Mikrowellenbestrahlungsstruktur geführt werden, als eine Antenne wirken und Mikrowellen nach außerhalb des Hohlraums des Struktur transportieren.

[0009] Derzeit werden auf diesem technischen Gebiet zwei Lösungsansätze genutzt, um diesem Problem des ungewollten Austretens durch die Schlitze eines geschlitzten Wellenleiters entgegenzuwirken. Ein Lösungsansatz besteht darin, den gesamten geschlitzten Wellenleiter in einem reflektierenden Gehäuse unterzubringen. Siehe beispielsweise die Offenbarung von US-Patent Nr. 5,169,571. Dieser Lösungsansatz hat Nachteile. Wenn das reflektierende Gehäuse nicht selbst Zugangspunkte hat, die während der Abgabe eines Mikrowellenfeldes offen bleiben, so muss der Durchführprozess vollständig automatisiert werden und muss sich um Inneren des Außengehäuses vollziehen. Wenn andererseits das reflektierende Gehäuse Zugangspunkte aufweist, die während der Abgabe eines Mikrowellenfeldes offen bleiben, wie beispielsweise die Struktur, die in US-Patent Nr. 5,169,571 offenbart ist, so gibt es immer noch ein Problem des ungewollten Austretens durch diese Zugangspunkte.

[0010] Ein zweiter Lösungsansatz besteht in der Verwendung eines reflektierenden Vorhangs, der über den Schlitz gezogen wird. Obgleich ein solcher Vorhang das ungewollte Austreten verringern kann, kann er auch dazu neigen, das reibungslose Passie-

ren von Material, das durch den Schlitz geführt wird, zu behindern. Jeglicher Kontakt zwischen einem solchen Vorhang und einem Material neigt dazu, die Oberflächenspannung des Materials zu unterbrechen. Außerdem kann es zu einem Schaden verursachenden Bogenbildung zwischen dem Vorhang und dem Material kommen. Des Weiteren trägt ein reflektierender Vorhang nichts zur Minderung des Problems bei, dass ein elektrisch leitfähiges Material die Tendenz hat, als eine Antenne – allein oder in Kombination mit der leitenden Außenfläche eines Wellenleiters – zu wirken und so Energie durch den Schlitz abzustrahlen.

[0011] Sperrfilter, die das Entweichen von elektromagnetischer Energie aus den Rissen zwischen zwei nicht perfekt schließenden Flächen verhindern, sind im Stand der Technik allgemein bekannt. Besonders bekannt sind Sperrfilter, die für Mikrowellenherdtüren und Wellenleiterkoppler konstruiert sind. Siehe beispielsweise das wiederholt neuangemeldete US-Patent Nr. 32,664 (1988). Was auf diesem technischen Gebiet noch nicht vollständig erforscht wurde, ist die Verwendung des Sperrfilterflanschkonzepts zum Verringern des ungewollten Austretens durch willkürlich geformte Zugangspunkte, die während der Abgabe eines Mikrowellenfeldes offen bleiben. Obgleich Sperrfilterflansche in der Regel dafür verwendet werden, ungewolltes Austreten durch zwei nicht perfekt schließende Flächen zu verringern, zeigen die vorliegende Erfindung und die gleichzeitig anhängige Anmeldung mit der Nummer 08/813,061 jeweils, dass das Sperrfilterflanschkonzept auch gegen das ungewollte Austreten durch willkürlich geformte Öffnungen in einer Struktur vom Durchführtyp angewendet werden kann.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Die vorliegende Erfindung überwindet viele der Probleme, die mit der elektromagnetischen Bestrahlung von planaren Materialien zusammenhängen. Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Erwärmen eines Materials bereitgestellt, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: einen Pfad für eine elektromagnetische Welle, wobei der Pfad wenigstens ein Segment aufweist, das sich den Pfad entlang von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende erstreckt, um das Material einem Elektromagnetismus auszusetzen; wobei das wenigstens eine Segment ein erstes Paar einander gegenüberliegender leitender Flächen aufweist, die durch ein zweites Paar einander gegenüberliegender leitender Flächen dergestalt verbunden sind, dass ein rechteckiger Wellenleiter entsteht, wobei die elektromagnetische Welle ein elektromagnetisches Feld erzeugt, dessen Richtung zwischen dem zweiten Paar leitender Flächen verläuft; wobei das elektromagnetische Feld eine maximale Größenordnung aufweist, die eine Maximalregion definiert, die

von dem ersten Paar leitender Flächen beabstandet ist und sich von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende und zwischen dem zweiten Paar leitender Flächen erstreckt; wobei das wenigstens eine Segment eine Öffnung in wenigstens einer der leitenden Flächen des zweiten Paares aufweist, um das Material in eine innere Region des Segments einzuführen; dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung relativ zu der Maximalregion des elektromagnetischen Feldes dergestalt angeordnet ist, dass eine Region des Materials, das in die innere Region eingeführt wird, einer Region des elektromagnetischen Feldes ausgesetzt wird, die an dem ersten Ende weiter unter dem Maximalwert liegt als an dem zweiten Ende.

[0013] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Erwärmen eines Materials bereitgestellt, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Leiten des Materials durch eine Öffnung in einen inneren Hohlraum zwischen einer oberen leitenden Fläche und einer unteren leitenden Fläche, die einander gegenüberliegende Seiten eines rechteckigen Wellenleiters bilden, der sich von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende erstreckt, und Abgeben einer elektromagnetischen Welle in den inneren Hohlraum, wobei die elektromagnetische Welle zwischen der oberen leitenden Fläche und der unteren leitenden Fläche ein elektromagnetisches Feld erzeugt, dessen Richtung parallel zu der oberen und der unteren leitenden Fläche verläuft, wobei das elektromagnetische Feld eine maximale Größenordnung aufweist, die eine Maximalregion definiert, die von der oberen und der unteren leitenden Fläche beabstandet ist und sich von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende zwischen der unteren und der oberen leitenden Fläche erstreckt; wobei die Öffnung relativ zu der Maximalregion der elektromagnetischen Welle dergestalt angeordnet ist, dass eine Region des Materials, das in die innere Region eingeführt wird, einer Region des elektromagnetischen Feldes ausgesetzt wird, die an dem ersten Ende weiter unter dem Maximalwert liegt als an dem zweiten Ende.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] Die vorliegende Erfindung wird nun unter Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0015] [Fig. 1](#) ist eine Veranschaulichung eines Pfades für eine elektromagnetische Welle.

[0016] [Fig. 2](#) ist eine Veranschaulichung eines Pfades mit dielektrischen Platten.

[0017] [Fig. 3](#) ist eine Veranschaulichung eines Segments zur elektromagnetischen Bestrahlung eines planaren Materials.

[0018] [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) sind Veranschaulichun-

gen gekrümmter Segmente.

[0019] [Fig. 5](#) ist eine Veranschaulichung eines Segments zur elektromagnetischen Bestrahlung eines planaren Materials mit einer Öffnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0020] [Fig. 6](#) ist eine Veranschaulichung einer Kombination von Bestrahlungssegmenten und gekrümmten Segmenten gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0021] [Fig. 7a](#), [Fig. 7b](#) und [Fig. 7c](#) sind Veranschaulichungen verschiedener Öffnungen und Sperrfilterflansche gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0022] [Fig. 8](#) ist eine Veranschaulichung einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0023] [Fig. 9](#) ist eine Veranschaulichung einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0024] [Fig. 10](#) ist eine Veranschaulichung einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0025] Wenden wir uns nun den Zeichnungen zu, wo [Fig. 1](#) einen Pfad für eine elektromagnetische Welle veranschaulicht. Der Pfad **10** umfasst eine obere leitende Fläche **12** und eine untere leitende Fläche **14**. Die leitenden Flächen **12** und **14** können eine kontinuierliche Fläche oder eine mit Durchbrüchen versehene Fläche sein. Mit Durchbrüchen versehene Flächen verbessern das Verdampfen und/oder ermöglichen das Abfließen von Feuchtigkeit durch die untere Fläche **14**.

[0026] Wenn eine (nicht gezeigte) Quelle elektromagnetischer Wellen an einem ersten Ende **11** des Pfades **10** angeschlossen wird, dann breitet sich eine elektromagnetische Welle **16** in Richtung eines zweiten Endes **19** des Pfades **10** aus.

[0027] Die elektromagnetische Welle **16** hat Maxima **17** und Minima **18**. Wenn die elektromagnetische Welle **16** eine wandernde Welle ist, dann bewegen sich die Positionen der Maxima **17** und die Positionen der Minima **18** entlang dem Pfad **10**. Wenn jedoch das zweite Ende **19** so verkürzt wird, dass die elektromagnetische Welle **16** eine Stehwelle ist, dann sind die Positionen der Maxima **17** und die Positionen der Minima **18** stationär.

[0028] Die Anzahl der Maxima **17** und die Anzahl der Minima **18** sind eine Funktion der Länge des Pfades **10**, der Frequenz der elektromagnetischen Welle **16** und der Dielektrizitätskonstante von Materialien innerhalb des inneren Hohlraums **13**.

[0029] Dem Fachmann ist klar, dass, wenn dämpfende Materialien in den Hohlraum **13** eingeführt werden, die Größenordnung der Maxima **17** exponentiell in Abhängigkeit von der Entfernung zur (nicht gezeigten) Quelle der elektromagnetischen Welle **16** abklingt.

[0030] Die elektromagnetische Welle **16** erzeugt ein elektromagnetisches Feldes **26** zwischen der oberen leitenden Fläche **12** und der unteren leitenden Fläche **14**. Das elektromagnetische Feld **26** hat eine Größenordnung, die durch die horizontalen Pfeile **27** angezeigt wird. Das elektromagnetische Feld **26** hat eine maximale Größenordnung **28** an einem Punkt in der Mitte zwischen der oberen leitenden Fläche **12** und der unteren leitenden Fläche **14**, wenn der Pfad **10** im Modus der kleinsten Größenordnung des Wellenleiters arbeitet (TE_{10})

[0031] [Fig. 2](#) veranschaulicht einen Pfades **10** mit dielektrischen Platten **22** und **24**. Der Hohlraum **13** befindet sich zwischen den dielektrischen Platten **22** und **24**. Wie in der gleichzeitig anhängigen Anmeldung mit der Nummer 08/813,061 offenbart, erzeugen die dielektrischen Platten **22** und **24** ein gleichmäßigeres elektromagnetisches Feldes **26** in dem Hohlraum **13**. Das heißt, die Größenordnung **27** am oberen oder unteren Rand des Hohlraums **13** ist in ihrem Wert näher am Maximalwert **28**. Die dielektrischen Platten **22** und **24** können ein Viertel einer Wellenlänge eines elektromagnetischen Feldes in dem Plattenmaterial ausmachen. Weil aber das Material, das durch den Hohlraum **13** geführt wird, viel dünner sein kann als der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Rand des Hohlraums **13**, verbessern die dielektrischen Platten **22** und **24** die Bestrahlungsgleichmäßigkeit über die Dicke des Materials hinweg, selbst wenn die dielektrischen Platten **22** und **24** nicht ein Viertel einer Wellenlänge betragen.

[0032] [Fig. 3](#) veranschaulicht ein Segment **30** zur elektromagnetischen Bestrahlung eines Materials **40**. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist das Material **40** ein planares Material. Ein planares Material ist jedes Material oder jede Anordnung von Materialien, dessen Länge und Breite seine Dicke übersteigt. Obgleich sich die offenbarte Erfindung besonders für das Erwärmen von Materialien wie beispielsweise Papier oder Faserplatten eignet, eignet sie sich gleichermaßen zum Erwärmen von Kartoffelscheiben, Tabakblättern usw. Der Fachmann erkennt, dass auch jedes nicht-planare Material mittels einer Schale, eines Förderbandes oder auf sonstige Weise zugeführt oder herantransportiert werden kann.

[0033] Das Segment **30** hat eine erste leitende Seite **33** und eine zweite leitende Seite **35**. Wenigstens eine der Seiten **33** oder **35** hat eine Öffnung **36**. Die Öffnung **36** kann eine beliebige Form haben und sich ganz oder teilweise entlang der Länge des Segments

30 erstrecken. Wenn die zweite Seite **35** eine zweite Öffnung **37** hat, so kann das planare Material **40** vollständig durch den inneren Hohlraums **13** des Segments **30** geführt werden.

[0034] Die Öffnung **36** muss dick genug sein, damit das planare Material durch die erste Seite **33** passt. Mit zunehmender Dicke der Öffnung **36** nimmt allerdings auch die Menge der elektromagnetischen Energie zu, die durch die Öffnung **36** entweicht. Darum richtet sich die optimale Dicke der Öffnung **36** nach der Dicke **41** des planaren Materials **40**.

[0035] Dem Fachmann ist klar, dass, wenn die Dicke des planaren Materials **40** im Vergleich zu der Distanz zwischen der oberen leitfähigen Fläche **12** und der unteren leitfähigen Fläche **14** klein ist, dann das gesamte planare Material **40** einer Größenordnung **27** nahe dem Maximalwert **28** ausgesetzt wird. Wenn jedoch die Dicke des planaren Materials **40** im Vergleich zu der Distanz zwischen der oberen leitfähigen Fläche **12** und der unteren leitfähigen Fläche **14** groß ist, dann werden der obere und der untere Rand des planaren Materials **40** Größenordnungen **27** ausgesetzt, die kleiner sind als der Maximalwert **28**. Darum wird die Verwendung von dielektrischen Platten um so wichtiger, je größer die Dicke **41** des planaren Materials ist.

[0036] Wenn sich die Öffnung **36** an einem Punkt in der Mitte zwischen der oberen leitenden Fläche **12** und der unteren leitenden Fläche **14** befindet, dann wird das planare Material **40** dem Maximum **28** des elektromagnetischen Feldes **26** ausgesetzt. Wenn sich die Öffnung **36** nicht an einem Punkt in der Mitte zwischen der oberen leitenden Fläche **12** und der unteren leitenden Fläche **14** befindet, dann wird das planare Material wenigstens teilweise einer Größenordnung **27** ausgesetzt, die kleiner ist als das Maximum **28** des elektromagnetischen Feldes **26**.

[0037] Wenn die elektromagnetische Welle **16** eine Stehwelle ist, dann wird das planare Material entlang den Linien **37a**, **37b** und **37c** Maxima **17** der elektromagnetischen Welle **16** ausgesetzt. Gleichermäßen wird das planare Material entlang den Linien **38** Minima **18** der elektromagnetischen Welle **16** ausgesetzt. Der übrige Teil des planaren Materials wird Größenordnungen im Bereich zwischen den Maxima **17** und den Minima **18** ausgesetzt.

[0038] Unter der Annahme, dass das erste Ende **11** des Segments **30** näher an der (nicht gezeigten) Quelle der elektromagnetischen Welle **16** liegt, ist die Bestrahlung entlang der Linie **37c** maximal so hoch wie die Bestrahlung entlang der Linie **37a**. Obgleich das planare Material **40** entlang der Linie **37c** einem Maximum **17** der elektromagnetischen Welle **16** ausgesetzt ist, kann die Bestrahlung entlang der Linie **37c** aufgrund von Dämpfung geringer sein als ent-

lang den Linien, die vorherigen Maxima entsprechen.

[0039] **Fig. 4a** veranschaulicht ein gekrümmtes Segment **43**. **Fig. 4b** veranschaulicht ein weiteres gekrümmtes Segment **44**. Es können ein oder mehrere gekrümmte Segmente **43** oder **44** verwendet werden, um zwei oder mehr Bestrahlungssegmente **30** zu verbinden. Die gekrümmten Segmente fungieren als eine Verlängerung des Pfades **10** für die elektromagnetische Welle **16**. Das Justieren der Länge eines gekrümmten Segments **43** oder **44** beeinflusst somit die Gesamtlänge des Pfades der Welle. Dem Fachmann ist klar, dass das gekrümmte Segment **44** benötigt wird, wenn die Bestrahlungssegmente **30** voneinander beabstandet sind.

[0040] **Fig. 5** veranschaulicht eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das die Dämpfung der elektromagnetischen Welle **16** kompensiert. Das Bestrahlungssegment **50** hat eine diagonale Öffnung **51**. Es ist zu beachten, dass die Öffnung **51** zwar diagonal relativ zur Seite **33** des Bestrahlungssegments **50** verläuft, dass aber die Öffnung **51** gegebenenfalls auch parallel zum Boden eines (nicht gezeigten) Raumes verlaufen kann. Der Nutzen einer diagonalen Öffnung **51** besteht darin, dass sie ein gleichmäßigeres Erwärmen unterstützt, indem zwei unterschiedliche Variationen der elektromagnetischen Bestrahlung gegeneinander gesetzt werden. Die erste Variation ist zwischen der oberen und der unteren leitenden Fläche eines Bestrahlungssegments. Dies ist durch die Form des elektromagnetischen Feldes **26** veranschaulicht, wie sie in **Fig. 5** gezeigt ist. Die elektromagnetische Bestrahlung in einem bestimmten Querschnitt des Segments **50** ist nahe der oberen und der unteren leitenden Fläche **12** bzw. **14** geringer als nahe einem Punkt in der Mitte zwischen den Flächen **12** und **14**.

[0041] Die zweite Variation der elektromagnetischen Bestrahlung ist zwischen einem Ende des Wellenleiters näher an der Quelle und einem Ende eines Wellenleiters weiter von der Quelle entfernt. Zu dieser Variation kommt es, wenn das planare Material **40** dämpfend ist. Diese Variation ist durch die gedämpften Maxima **17** der elektromagnetischen Welle **16** veranschaulicht, wie in **Fig. 5** gezeigt. Am Ende **11**, näher an der (nicht gezeigten) Quelle, sind die Maxima **17** höher als am Ende **19**.

[0042] Die diagonale Öffnung **51** setzt diese zwei Variationen in der folgenden Weise gegeneinander: Nehmen wir an, dass sich das Ende **11** näher an der (nicht gezeigten) Quelle befindet und dass das Material **40** durch eine Öffnung **51** eingeführt wird, die am Ende **11** weiter vom Maximum **28** entfernt ist als am Ende **19**. Oder anders ausgedrückt: Wo das Material **40** näher an der (nicht gezeigten) Quelle ist, sollte es weiter vom Maximum **28** entfernt sein. Wo das Material **40** weiter von der (nicht gezeigten) Quelle entfernt

ist, sollte es näher am Maximum **28** liegen.

[0043] **Fig. 6** veranschaulicht eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die die Maxima und Minima der elektromagnetischen Welle in einer bestimmten Bestrahlungslänge ausgleicht.

[0044] Das gekrümmte Segment **43** verbindet das Bestrahlungssegment **30** und ein Bestrahlungssegment **60**. Die Länge des Bestrahlungssegments **43** ist durch die Länge des Abschnitts von Pfad **10** (von dem das Segment **43** ein Teil ist) zwischen dem Bestrahlungssegment **30** und dem Bestrahlungssegment **43** definiert. Das Bestrahlungssegment **60** ist mit einem Terminierungssegment **66** verbunden, das einen Endpunkt **69** hat. Die Länge des Segments **66** ist als die Länge des Abschnitts von Pfad **10** (von dem das Segment **66** ein Teil ist) zwischen dem Punkt **69** und dem Segment **60** definiert. Die Länge des Segments **60** kann null Einheiten (Punkt **69** direkt am Ende des Segments **60**) oder größer als null Einheiten betragen.

[0045] Im Bestrahlungssegment **30** wird das planare Material **40** einer elektromagnetischen Welle **16** ausgesetzt. Die elektromagnetische Welle **16** hat Maxima **17** und Minima **18**. Wenn Punkt **69** ein Kurzschluss ist, so ist die elektromagnetische Welle **16** eine Stehwelle, und die Positionen der Maxima **17** und der Minima **18** sind stationär. In diesem Fall wird das Material **40**, während es das Segment **30** passiert, Maxima **17** in der elektromagnetischen Welle **16** entlang einer bestimmten Gruppe von Linien **37a**, **37b** und **37c** ausgesetzt. Des Weiteren wird das planare Material **40**, während es durch das Segment **30** passiert, Minima **18** entlang einer weiteren bestimmten Gruppe von Linien **38a**, **38b** und **38c** ausgesetzt. Diese alternierenden Maxima **17** und Minima **18** der elektromagnetischen Welle **16** in Segment **30** neigen dazu, Wärmekonzentrationspunkte entlang den Linien **37** des planaren Materials **40** und Kältepunkte entlang den Linien **38** des planaren Materials **40** zu erzeugen.

[0046] Das Material **40** kann gleichmäßiger erwärmt werden, indem man die Bestrahlungsmaxima im Segment **30** mit Bestrahlungsminima im Segment **60** ausgleicht und entsprechend die Bestrahlungsminima im Segment **30** mit Bestrahlungsmaxima im Segment **60** ausgleicht. Oder anders ausgedrückt: Entlang den Linien **37** sollte das planare Material Maxima in Segment **30** und Minima in Segment **60** ausgesetzt sein, und entlang den Linien **38** sollte das planare Material Minima in Segment **30** und Maxima in Segment **60** ausgesetzt sein. Dies kann erreicht werden, indem man erkennt, dass die Position der Maxima und Minima in Segment **30** relativ zur Position der Maxima und Minima in Segment **60** eine Funktion der kombinierten Länge der Segmente **30**, **43**, **60** und **66**.

[0047] Die genaue kombinierte Länge der Segmente **30**, **43**, **60** und **66**, die die eben beschriebenen einander ausgleichenden Maxima und Minima erzeugt, richtet sich nach der Art des Punktes im Terminierungssegment **66** und den Eigenschaften des planaren Materials **40**. Um die in [Fig. 6](#) veranschaulichte Ausführungsform problemlos an Variationen bei den Eigenschaften des planaren Materials **40** anpassbar zu machen, werden zwei Möglichkeiten vorgeschlagen.

[0048] Erstes können, wenn das Segment **66** in einem Kurzschluss enden soll, einschlägig bekannte Verfahren verwendet werden, um die Position des Kurzschlusses problemlos einstellbar zu machen. Beispielsweise kann der Punkt **69** eine verschiebbare leitende Platte sein. Wenn die Länge des Segments **66** als die Distanz zwischen der leitenden Platte **69** und dem Segment **60** definiert ist, so kann die Länge des Segments **66** dadurch eingestellt werden, dass man einfach die leitende Platte **69** verschiebt. Dem Fachmann ist klar, dass der Grenzzustand an einem Kurzschluss bedeutet, dass die Welle **16** an der Platte **69** ein Minimum hat. Es ist des Weiteren klar, dass, wenn die Platte **69** entweder in Richtung des Segments **60** oder vom Segment **60** weg verschoben wird, die Stehwelle **16** zusammen mit ihren Maxima **17** und Minima **18** in gewissem Sinne entlang den Segmenten **66**, **60**, **43** und **30** "gezogen" oder "geschoben" wird.

[0049] Man kann eine Analogie zu einem Seil an einer Seilscheibe herstellen, wobei das Seil eine Anzahl von Knoten aufweist. Wenn die Welle **16** das Seil ist, die Maxima **17** die Knoten sind, die Platte **69** ein Ankerpunkt ist und das Segment **43** die Seilscheibe ist, dann können gemäß unserer Analogie die Knoten (Maxima) auf einer Seite der Seilscheibe (die Wellenmaxima in Segment **30**) so ausgerichtet werden, dass die Knoten auf der anderen Seite der Seilscheibe (die Wellenmaxima in Segment **60**) ausgeglichen werden, indem man einfach das Seil (die Welle **16**) um die Seilscheibe (das Segment **43**) herum zieht oder schiebt, indem man seinen Ankerpunkt bewegt (die Position der Platte **69** verstellt).

[0050] Ein zweite Möglichkeit zum Justieren der kombinierten Länge der Segmente **30**, **43**, **60** und **66** ist, die Länge des Segments **43** problemlos verstellbar zu machen. Dies kann dadurch erreicht werden, dass man das Segment **43** problemlos gegen längere Segmente austauschbar macht. Es kann überdies dadurch erreicht werden, dass man das Segment **43** mit den Segmenten **30** und **60** in einer solchen Weise verbindet, dass das Segment **43** in die Segmente **30** und **60** hineingeschoben werden kann, so wie sich mittels des Stimmzuges einer Posaune die Länge des Luftweges der Posaune problemlos verstellen lässt. Der Effekt des Verstellens der Länge des Segments **43** kann veranschaulicht werden, indem wir zu

unserer Seil-Seilscheiben-Analogie zurückkehren. In diesem Fall kann die (nicht gezeigte) elektromagnetische Quelle mit einem Zufuhrpunkt oder einer Seilrolle verglichen werden, und die Platte **69** kann wieder mit einem Punkt verglichen werden, an dem das Seil festgemacht ist. Das Segment **43** ist wieder die Seilscheibe. Ein Verlängern des Segments **43** ist analog dem Erhöhen der Seilscheibe. Wenn das Seil (die Welle **16**) an einem Punkt (der Platte **69**) festgemacht wird, so wird, während die Seilscheibe angehoben wird (das Segment **43** verlängert wird), das Seil (die Welle **16**) von der Rolle (die nicht gezeigte elektromagnetische Quelle) abgerollt, und die Position von Knoten auf einer Seite der Seilscheibe (die Position der Maxima **17** im Segment **30**) verstellt sich relativ zur Position der Knoten auf der anderen Seite der Seilscheibe (die Position der Maxima **17** im Segment **60**).

[0051] Wenn die kombinierte Länge der Segmente **30**, **43**, **60** und **66** auf eine der oben beschriebenen Weisen verstellbar gemacht wird, so kann ein Fachmann die vorliegende Erfindung zur Verwendung mit einer Vielzahl verschiedener planarer Materialien anpassen, ohne unnötig herumexperimentieren zu müssen.

[0052] [Fig. 7a](#) veranschaulicht eine Öffnung **36** mit einem Sperrfilterflansch **71**, um das Entweichen von elektromagnetischer Energie durch die Öffnung **36** zu verhindern. Der Sperrfilterflansch **71** kann aus einer hohlen oder dielektrisch gefüllten leitenden Struktur bestehen. Der Sperrfilterflansch **71** ist in einer Entfernung d von $\lambda/4$ vom Außenumfang der Öffnung **36** kurzgeschlossen. Dem Fachmann ist klar, dass zum weiteren Verhindern des Entweichens von elektromagnetischer Energie eine schmale Verlängerung **76** zwischen dem Segment **30** und dem Sperrfilterflansch **71** hinzugefügt werden kann, wie in [Fig. 7b](#) zu sehen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sollte die schmale Verlängerung **76** eine Dicke haben, die geringer ist als die Hälfte der Wellenlänge, die der Betriebsfrequenz entspricht.

[0053] [Fig. 7c](#) veranschaulicht eine Öffnung **36** mit einem Sperrfilterflansch **71**, der Sektionen **72** aufweist. Wenn die Dicke der Öffnung **36** gering ist, dann braucht der Sperrfilterflansch **71** keine Sektionen **72** aufzuweisen. Bei dickeren Öffnungen jedoch sollten die Sektionen **72** hinzugefügt werden und um eine Distanz d , die gleich $\lambda/4$ vom Außenumfang der Öffnung **36** ist, gekürzt werden. Es ist zu beachten, dass $\lambda/4$ unter Bezug auf die Betriebsfrequenz und den Wert der relativen Dielektrizitätskonstante ϵ_r des Material im Inneren des hohlen oder dielektrisch gefüllten Sperrfilterflansches **71** gemessen wird. Obgleich die Distanz d Idealerweise gleich $\lambda/4$ sein sollte, funktioniert der Sperrfilterflansch **71** immer noch gemäß der vorliegenden Erfindung, wenn d geringfügig größer oder geringfügig kleiner als $\lambda/4$ ist.

[0054] Gewünschtenfalls können zusätzliche Sperrfilterflansche **73** auf den Sperrfilterflansch **71** gestapelt werden. Solange diese Sperrfilterflansche ebenfalls um eine Distanz d gleich $\lambda/4$ von dem Außenumfang der Öffnung **36** gekürzt werden, helfen sie dabei, das unbeabsichtigte Austreten von elektromagnetischer Energie durch die Öffnung **36** zu minimieren. Die Verkürzungsdistanz d für zusätzliche Sperrfilterflansche kann geringfügig größer oder geringfügig kleiner als $\lambda/4$ bezüglich der erwarteten Betriebsfrequenz gestaltet werden. In einer Anordnung mehrerer Sperrfilterflansche kann eine Vielzahl verschiedener Verkürzungsdistanzen helfen, geringfügige Variationen der tatsächlichen Betriebsfrequenz einer bestimmten elektromagnetischen Quelle zu kompensieren.

[0055] [Fig. 8](#) veranschaulicht eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wobei eine Rolle **80** und eine Rolle **81** zwischen dem Bestrahlungssegment **30** und dem Bestrahlungssegment **60** angeordnet sind. Die Rollen **80** und **81** können durch eine Außenfläche **82** umschlossen sein, um das Entweichen von elektromagnetischer Energie zu verhindern. Die Sektionen **83** und **84** sind so schmal, dass die elektromagnetische Welle **16** (in den vorherigen Figuren gezeigt) nicht ohne Weiteres in die Sektionen **83** und **84** eindringen und eine unerwünschte elektromagnetische Bestrahlung der Rollen **80** und **81** verursachen kann. Dem Fachmann ist klar, dass die Rollen **80** und **81** durch elektromagnetische Energie beschädigt werden könnten. Natürlich würden die Rollen **80** und **81**, wenn sie sich im Segment **30** oder im Segment **60** befänden, wahrscheinlich das Feld unterbrechen, wie in den vorherigen Figuren gezeigt.

[0056] Das Bestrahlungssegment **30** und das Bestrahlungssegment **60** sind durch ein gekrümmtes Segment **44** verbunden, das es ermöglicht, die Rolle **80** und/oder die Rolle **81** zwischen dem Bestrahlungssegment **30** und dem Bestrahlungssegment **60** zu beabstanden. Die Distanz zwischen der Bestrahlungslänge **30** und der Bestrahlungslänge **60** richtet sich nach der Größe der Rolle **80** oder der Rolle **81**. Die Rollen **80** und **81** können aktiv oder passiv sein. Das heißt, die Rolle **80** und/oder die Rolle **81** kann das Material **40** in Richtung des Bestrahlungssegments **60** transportieren oder lediglich das Material **40** stabilisieren.

[0057] [Fig. 9](#) veranschaulicht eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Mikrowellengenerator **100** erzeugt eine elektromagnetische Welle **16** für den Pfad **10**. Der Pfad **10** umfasst Bestrahlungssegmente **110–115**, gekrümmte Segmenten **120–124**, Terminierungssegmente **130** und **131**, den Punkt **140** und den Abnehmer **141**. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Segmente **110–115** mit Durchbrüchen versehen, um die Verdampfung zu unterstützen und das Abfließen von

Feuchtigkeit zu unterstützen.

[0058] Der Zirkulator **101** leitet zunächst eine elektromagnetische Welle **16** zum Bestrahlungssegment **113**. Die elektromagnetische Welle **16** breitet sich entlang dem Pfad **10** aus, bis sie den Punkt **140** erreicht. Wenn der Punkt **140** ein Kurzschluss ist, so erzeugt die Reflexion der elektromagnetischen Welle **16** eine Stehwelle. Man lässt nur die Reflexion der elektromagnetischen Welle **16** vom Punkt **140** sich zum Bestrahlungssegment **114** und dann zum Bestrahlungssegment **115** ausbreiten, bis sie den Abnehmer **141** erreicht. Die Reflexion der elektromagnetischen Welle **16** erzeugt eine Stehwelle. Alternativ kann der Abnehmer **141** näher am Zirkulator **101** angeordnet werden.

[0059] Das Material **40** tritt in das Bestrahlungssegment **110** über eine Öffnung **150** ein. Die Öffnung **150** hat Sperrfilterflansche **170**. Im Bestrahlungssegment **110** wird das Material **40** Maxima **17** entlang den Linien **37** und Minima **18** entlang den Linien **38** ausgesetzt (wie in [Fig. 6](#) gezeigt). Das Material **40** verlässt das Bestrahlungssegment über die Öffnung **151**. Das Material **40** tritt in das Bestrahlungssegment **111** über eine Öffnung **152** ein. Im Bestrahlungssegment **111** wird das planare Material **40** Minima **18** entlang den Linien **37** und Maxima **17** entlang den Linien **38** ausgesetzt.

[0060] Die Länge der Terminierungssegmente **130** und **131** kann verstellt werden, indem man die Position des Punktes **140** bzw. des Abnehmers **141** bewegt. Durch Einstellen der Längen der Terminierungssegmente **130** und **131** kann ein Fachmann eine gleichmäßigere Erwärmung erreichen.

[0061] In einer bevorzugten Ausführungsform weisen das Bestrahlungssegment **113** und das Bestrahlungssegment **114** nach unten, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Infolge dessen ist das Material **40** in den Segmenten **113** und **114**, das der Quelle **100** am nächsten liegt, am weitesten vom Maximum des Feldes **26** entfernt (in den vorherigen Figuren gezeigt). Das Material **40**, das am weitesten von der Quelle **100** entfernt ist, liegt der maximalen Größenordnung des Feldes **26** am nächsten. Das Bestrahlungssegment **112** ragt nach oben, um den gleichen Effekt zu erreichen. Das heißt, das Material **40** im Segment **112**, das der Quelle **100** am nächsten liegt, ist am weitesten vom Maximum des Feldes **26** entfernt. Das Material **40**, das am weitesten von der Quelle **100** entfernt ist, ist der maximalen Größenordnung des Feldes **26** am nächsten.

[0062] [Fig. 10](#) veranschaulicht eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Mikrowellengenerator, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, erzeugt eine elektromagnetische Welle **16** (in den vorherigen Figuren gezeigt) für den Pfad **10**. Der Pfad **10** umfasst die Bestrahlungssegmente **111**, **112** und **113** und die ge-

krümmte Sektion **44**. Eine zusätzliche (nicht gezeigte) gekrümmte Sektion verbindet das Segment **112** mit dem Segment **113**. Die Quelle gibt die elektromagnetische Welle **16** zum Bestrahlungssegment **113** ab. Die elektromagnetische Welle **16** breitet sich entlang dem Pfad **10** aus, bis sie einen (nicht gezeigten) Endpunkt erreicht. Die Reflexion der elektromagnetischen Welle **16** erzeugt eine Stehwelle.

[0063] Das Material **40** tritt in das Bestrahlungssegment **113** über eine Öffnung **157** ein. Die Öffnung **157** hat Sperrfilterflansche **170**. Das Bestrahlungssegment **113** weist nach unten, so dass das Material **40** im Segment **113**, das der Quelle am nächsten liegt, am weitesten vom Maximum des Feldes **26** entfernt liegt. Das Material **40**, das am weitesten von der Quelle entfernt liegt, ist dem Maximum des Feldes **26** am nächsten.

[0064] Das Material **40** verlässt das Bestrahlungssegment **113** über eine Öffnung **156**. Das Material **40** verläuft durch die Rollen **80** und **81**. Das Material **40** tritt in das Bestrahlungssegment **112** über eine Öffnung **155** ein. Das Bestrahlungssegment **112** ragt so nach oben, dass das Material **40** im Segment **112**, das der Quelle am nächsten liegt, am weitesten vom Maximum des Feldes **26** entfernt liegt. Das Material **40**, das entlang dem Pfad am weitesten von der Quelle entfernt ist, liegt am nächsten beim Maximum des Feldes **26**. Das Material **40** verlässt das Segment **112** über eine Öffnung **154**. Das Material **40** verläuft durch eine zweite Gruppe Rollen **80** und **81**. Das Material **40** tritt in das Segment **111** über eine Öffnung **153** ein und verlässt das Segment **111** über eine Öffnung **152**. Schließlich verläuft das Material **40** durch eine schmale Sektion **76**, die Sperrfilterflansche **71** aufweist.

[0065] Dem Fachmann fallen zahlreiche Variationen oder Modifikationen der offenbarten Erfindung ein. Obgleich sich die obige Beschreibung auf konkrete veranschaulichende Ausführungsformen bezieht, ist es beabsichtigt, dass dieses Patent alle Variationen oder Modifikationen mit einschließt, die nicht vom Geist und Geltungsbereich der offenbarten Erfindung abweichen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erwärmen eines Materials, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: einen Pfad (**10**) für eine elektromagnetische Welle (**16**), wobei der Pfad (**10**) wenigstens ein Segment (**30, 50, 60, 110–115**) aufweist, das sich den Pfad entlang von einem ersten Ende (**11**) zu einem zweiten Ende (**19**) erstreckt, um das Material einem Elektromagnetismus auszusetzen, wobei das wenigstens eine Segment (**30, 50, 60, 110–115**) ein erstes Paar einander gegenüberliegender leitender Flächen (**12, 14**) aufweist, die durch ein

zweites Paar einander gegenüberliegender leitender Flächen (**33, 35**) dergestalt verbunden sind, dass ein rechteckiger Wellenleiter entsteht, wobei die elektromagnetische Welle ein elektromagnetisches Feld (**26**) erzeugt, dessen Richtung zwischen dem zweiten Paar leitender Flächen (**33, 35**) verläuft, wobei das elektromagnetische Feld eine maximale Größenordnung (**28**) aufweist, die eine Maximalregion definiert, die von dem ersten Paar leitender Flächen (**12, 14**) beabstandet ist und sich von dem ersten Ende (**11**) zu dem zweiten Ende (**19**) und zwischen dem zweiten Paar leitender Flächen (**33, 35**) erstreckt, wobei das wenigstens eine Segment (**30, 50, 60, 110–115**) eine Öffnung (**36**) in wenigstens einer der leitenden Flächen (**33, 35**) des zweiten Paares aufweist, um das Material in eine innere Region (**13**) des Segments (**30, 50, 60, 110–115**) einzuführen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnung (**36**) relativ zu der Maximalregion des elektromagnetischen Feldes dergestalt angeordnet ist, dass eine Region des Materials, das in die innere Region (**13**) eingeführt wird, einer Region des elektromagnetischen Feldes ausgesetzt wird, die an dem ersten Ende (**11**) weiter unter dem Maximalwert liegt als an dem zweiten Ende (**19**).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Pfad (**10**) ein erstes Segment (**30**), um ein Material einem Elektromagnetismus auszusetzen, ein zweites Segment (**43**), ein drittes Segment (**60**), um ein Material einem Elektromagnetismus auszusetzen, und ein viertes Segment (**66**) aufweist, und wobei eine kombinierte Länge des ersten Segments (**30**), des zweiten Segments (**43**), des dritten Segments (**60**) und des vierten Segments (**66**) so gewählt ist, dass Maximalwerte einer elektromagnetischen Welle (**16**) in dem ersten Segment (**30**) an einer anderen Gruppe von Punkten auftreten als in dem dritten Segment (**60**).

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die des Weiteren eine dielektrische obere Platte (**22**), die entlang einer des ersten Paares leitender Flächen (**12, 14**) im Inneren angeordnet ist, und eine dielektrische untere Platte (**24**) umfasst, die entlang des anderen Endes des ersten Paares leitender Flächen (**12, 14**) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die des Weiteren einen Sperrfilterflansch (**71**) umfasst, der die Öffnung (**36**) umgibt, wobei der Sperrfilterflansch (**71**) das Entweichen elektromagnetischer Energie aus der inneren Region (**13**) verhindert.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Sperrfilterflansch (**71**) eine horizontale Sektion und eine vertikale Sektion umfasst, wobei sich die horizontale Sektion von der Öffnung

(36) erstreckt, wobei die horizontale Sektion so bemessen ist, dass das Entweichen elektromagnetischer Energie aus der inneren Region (13) begrenzt wird, wobei sich die vertikale Sektion an einem Ende der horizontalen Sektion gegenüber der Öffnung (36) befindet.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, die des Weiteren mehrere aufeinander angeordnete Sperrfilterflansche (73) umfasst, um das Entweichen elektromagnetischer Energie aus der inneren Region (13) zu verhindern.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die vertikale Sektion eine Abmessung gleich einem Viertel einer Wellenlänge der elektromagnetischen Welle in einem Material innerhalb des Sperrfilterflansches (71) bei einer Betriebsfrequenz aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Sperrfilterflansch (71) mit einer Außenseite des Wellenleiters dergestalt verbunden ist, dass ein Kurzschluss an einer Außenkante des Sperrfilterflansches (71) und ein offener Stromkreis an der Öffnung (36) entsteht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Pfad (10) ein erstes Segment (30) und ein zweites Segment (60) aufweist, um ein Material einem Elektromagnetismus auszusetzen, wobei die Vorrichtung des Weiteren Folgendes umfasst: wenigstens eine Rolle (80, 81) zwischen den Segmenten, wobei das erste Segment (30) und das zweite Segment (60) jeweils eine Öffnung für den kontinuierlichen Materialfluss aufweist, und zwei längliche Strukturen, wobei sich die länglichen Strukturen von den Öffnungen zu der wenigstens einen Rolle (80, 81) erstrecken, um die Einwirkung des Elektromagnetismus auf die Rolle (80, 81) zu begrenzen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die länglichen Strukturen so bemessen sind, dass das Entweichen elektromagnetischer Energie aus den Öffnungen begrenzt wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die wenigstens eine Rolle (80, 81) durch eine obere und eine untere Fläche eingeschlossen ist, welche die beiden länglichen Strukturen verbindet.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich die elektromagnetische Welle im TE_{10} -Modus befindet.

13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich das Material zwischen der ersten leitenden Fläche (12, 14) in einer Richtung

senkrecht zur Ausbreitung der elektromagnetischen Welle (16) bewegt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Wellenleiter ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist und die Öffnung (36) so angeordnet ist, dass das Material einer Region des elektromagnetischen Feldes ausgesetzt wird, die an dem ersten Ende weiter unter dem Maximalwert liegt als an dem zweiten Ende.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Pfad (10) ein erstes Segment und ein zweites Segment aufweist, wobei das erste Segment und das zweite Segment durch ein gekrümmtes Segment miteinander verbunden sind, wobei das erste Segment und das zweite Segment jeweils eine Öffnung aufweisen, wobei die Öffnung zu dem ersten Segment auf die Öffnung zu dem zweiten Segment so ausgerichtet ist, dass sich das Material durch das erste Segment und das zweite Segment hindurch bewegen kann.

16. Verfahren zum Erwärmen eines Materials, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Leiten des Materials durch eine Öffnung in einen inneren Hohlraum zwischen einer oberen leitenden Fläche und einer unteren leitenden Fläche, die einander gegenüberliegende Seiten eines rechteckigen Wellenleiters bilden, der sich von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende erstreckt, und Abgeben einer elektromagnetischen Welle in den inneren Hohlraum, wobei die elektromagnetische Welle zwischen der oberen leitenden Fläche und der unteren leitenden Fläche ein elektromagnetisches Feld erzeugt, dessen Richtung parallel zu der oberen und der unteren leitenden Fläche verläuft, wobei das elektromagnetische Feld eine maximale Größenordnung aufweist, die eine Maximalregion definiert, die von der oberen und der unteren leitenden Fläche beabstandet ist und sich von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende zwischen der unteren und der oberen leitenden Fläche erstreckt, wobei die Öffnung relativ zu der Maximalregion der elektromagnetischen Welle dergestalt angeordnet ist, dass eine Region des Materials, das in die innere Region eingeführt wird, einer Region des elektromagnetischen Feldes ausgesetzt wird, die an dem ersten Ende weiter unter dem Maximalwert liegt als an dem zweiten Ende.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

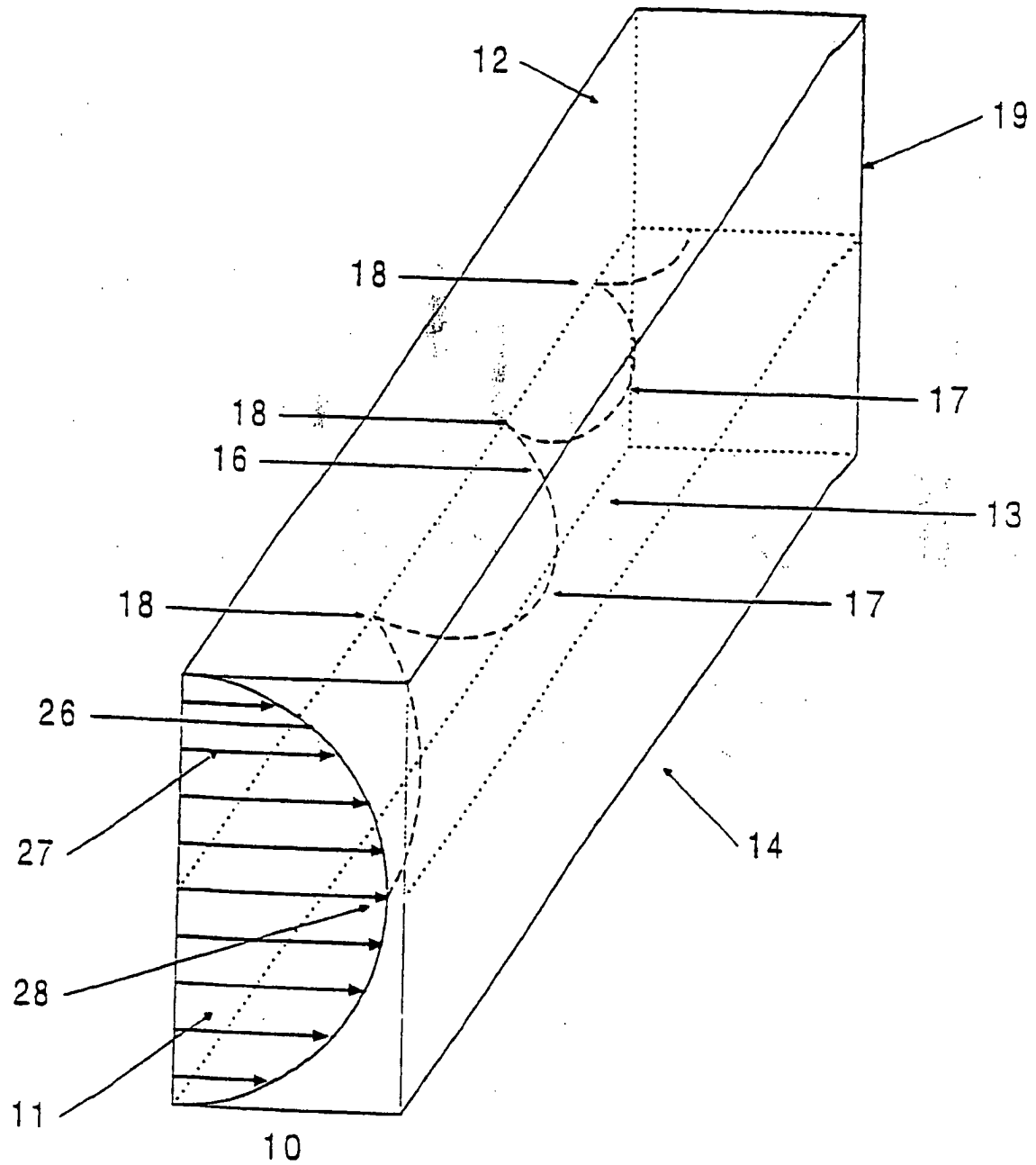


FIG. 1

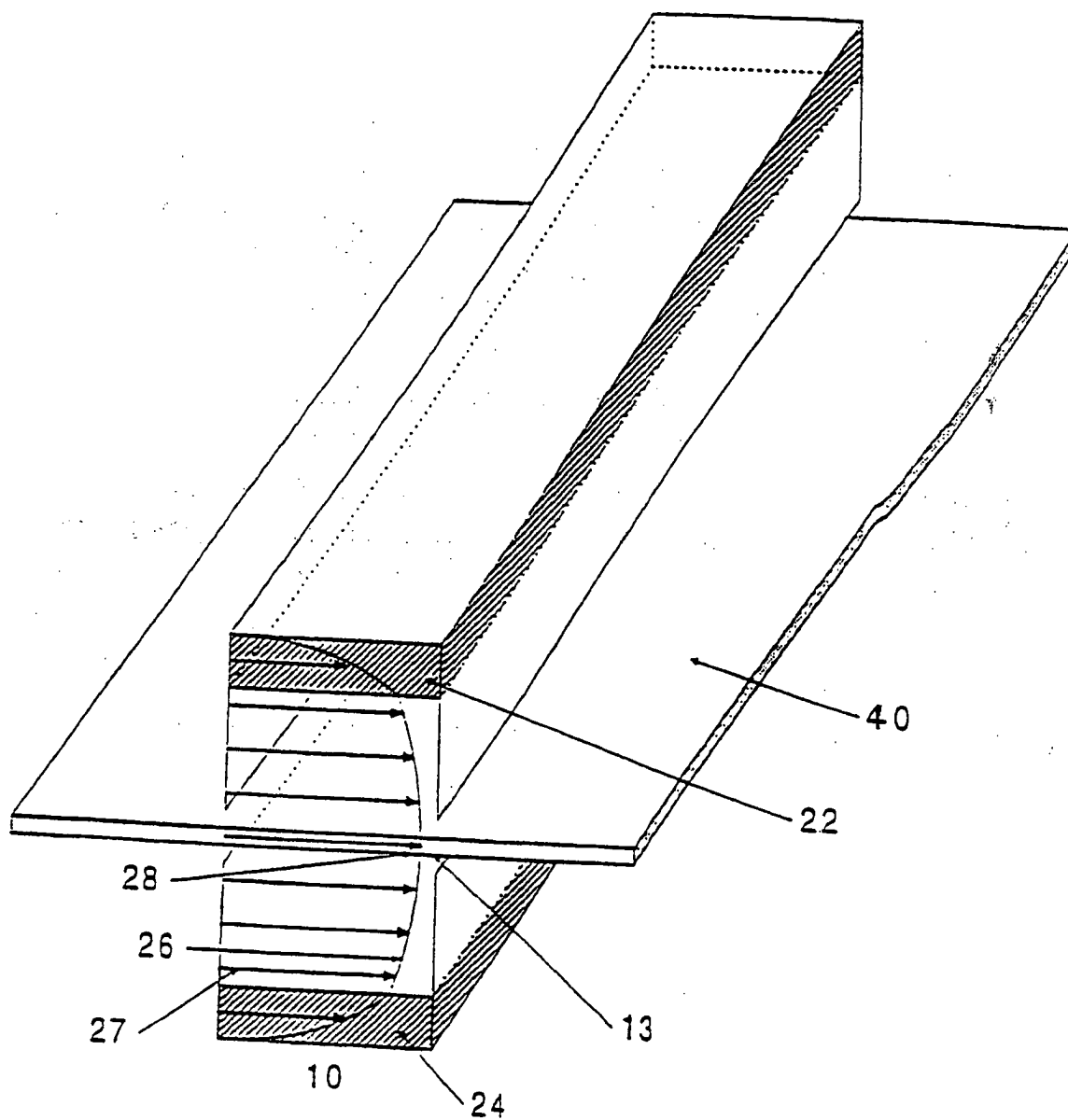


FIG. 2

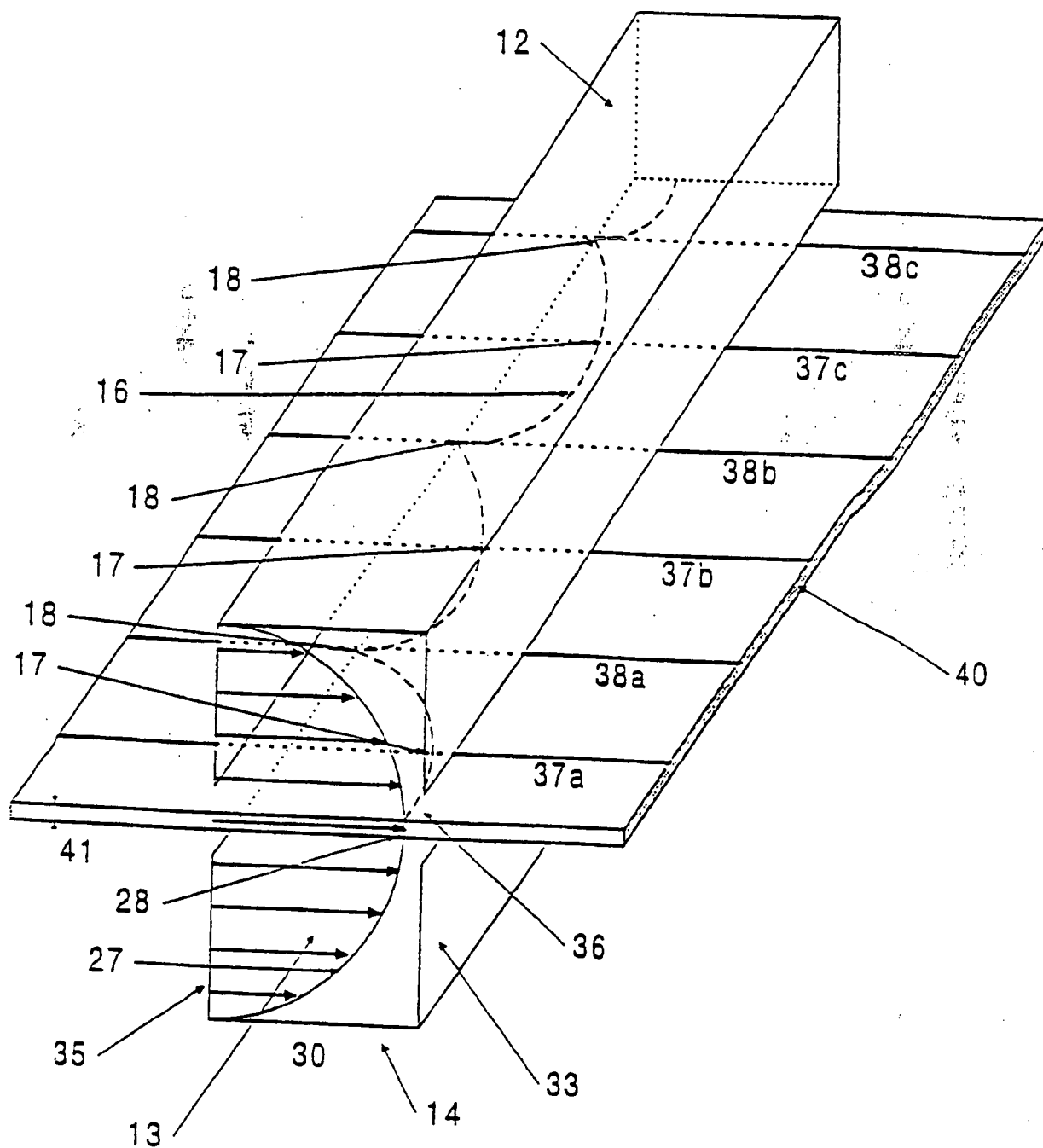
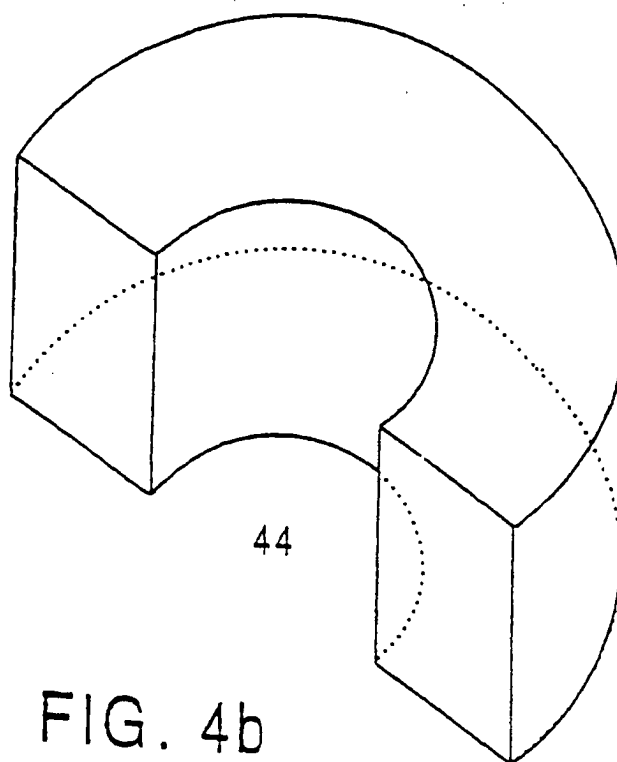
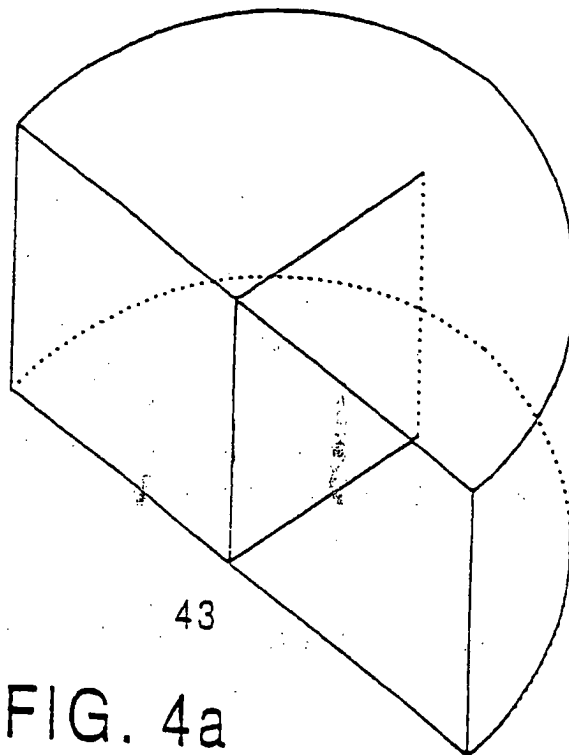


FIG. 3



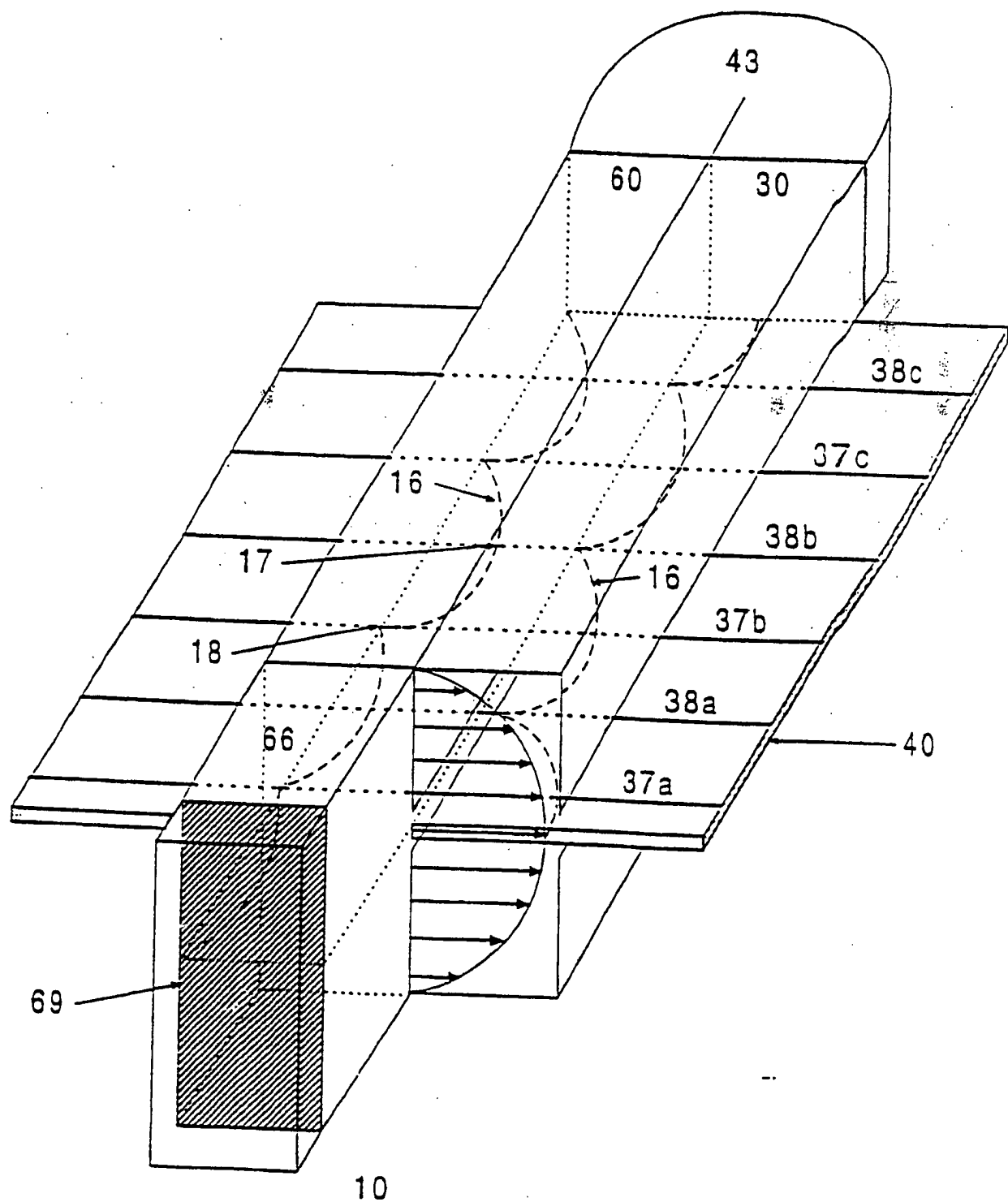


FIG. 6

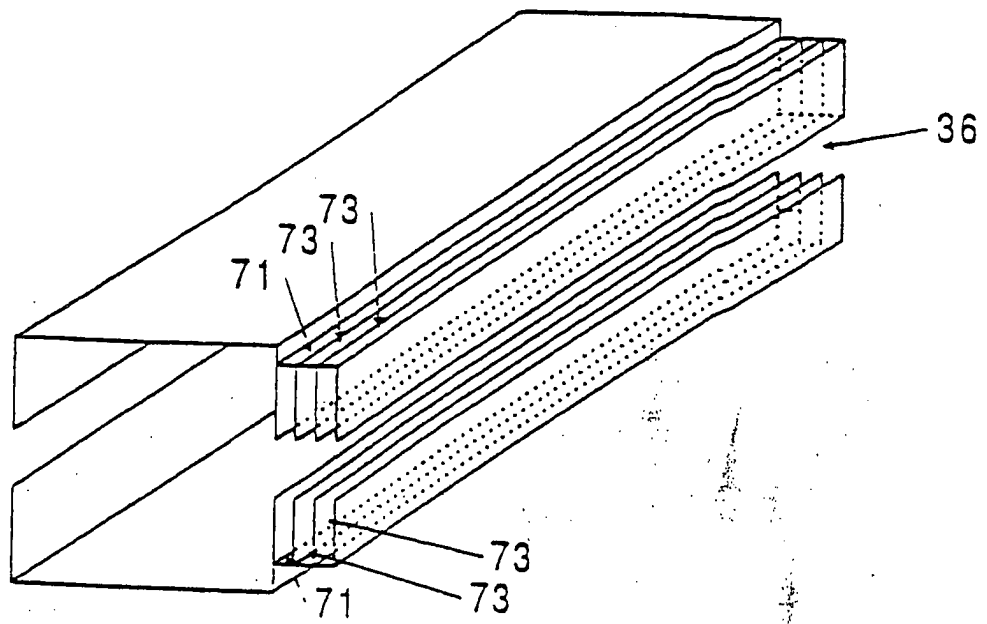


FIG. 7a

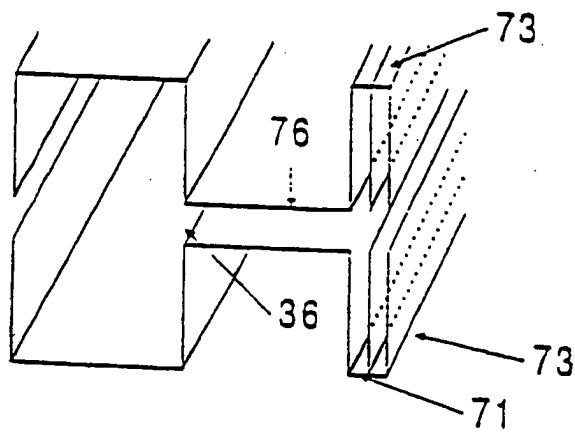


FIG. 7b

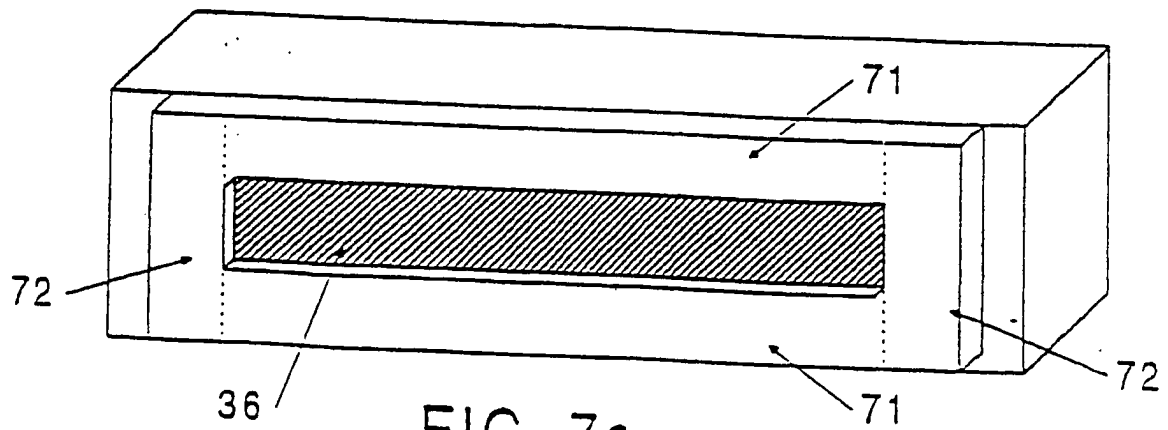


FIG. 7c

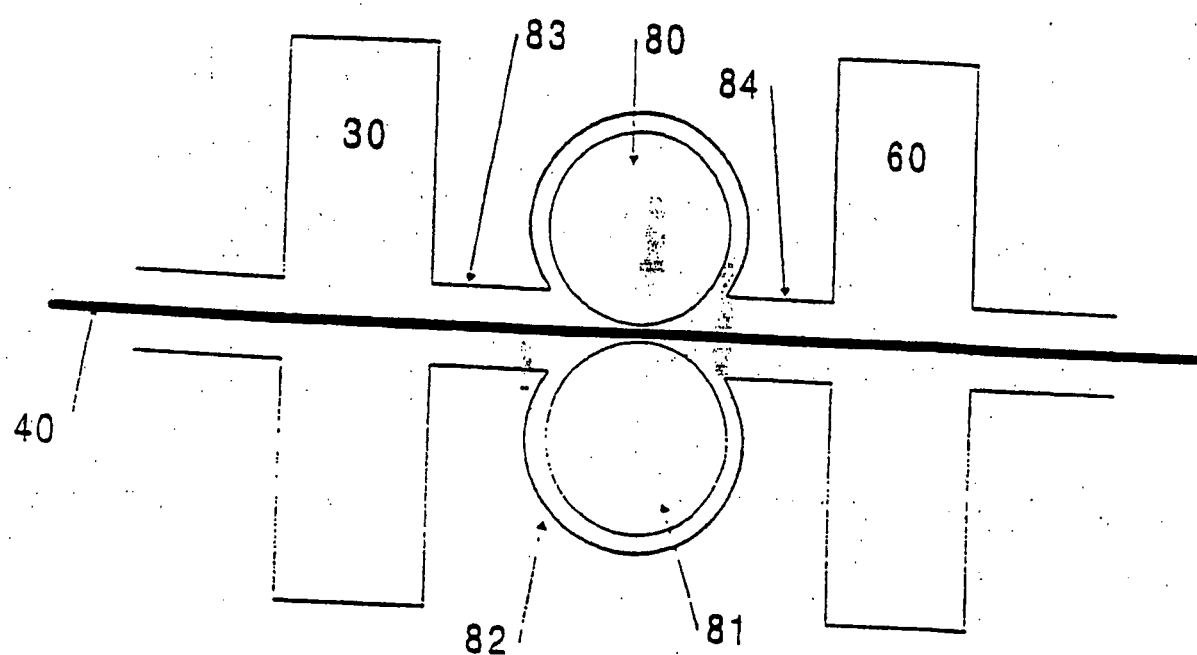


FIG. 8

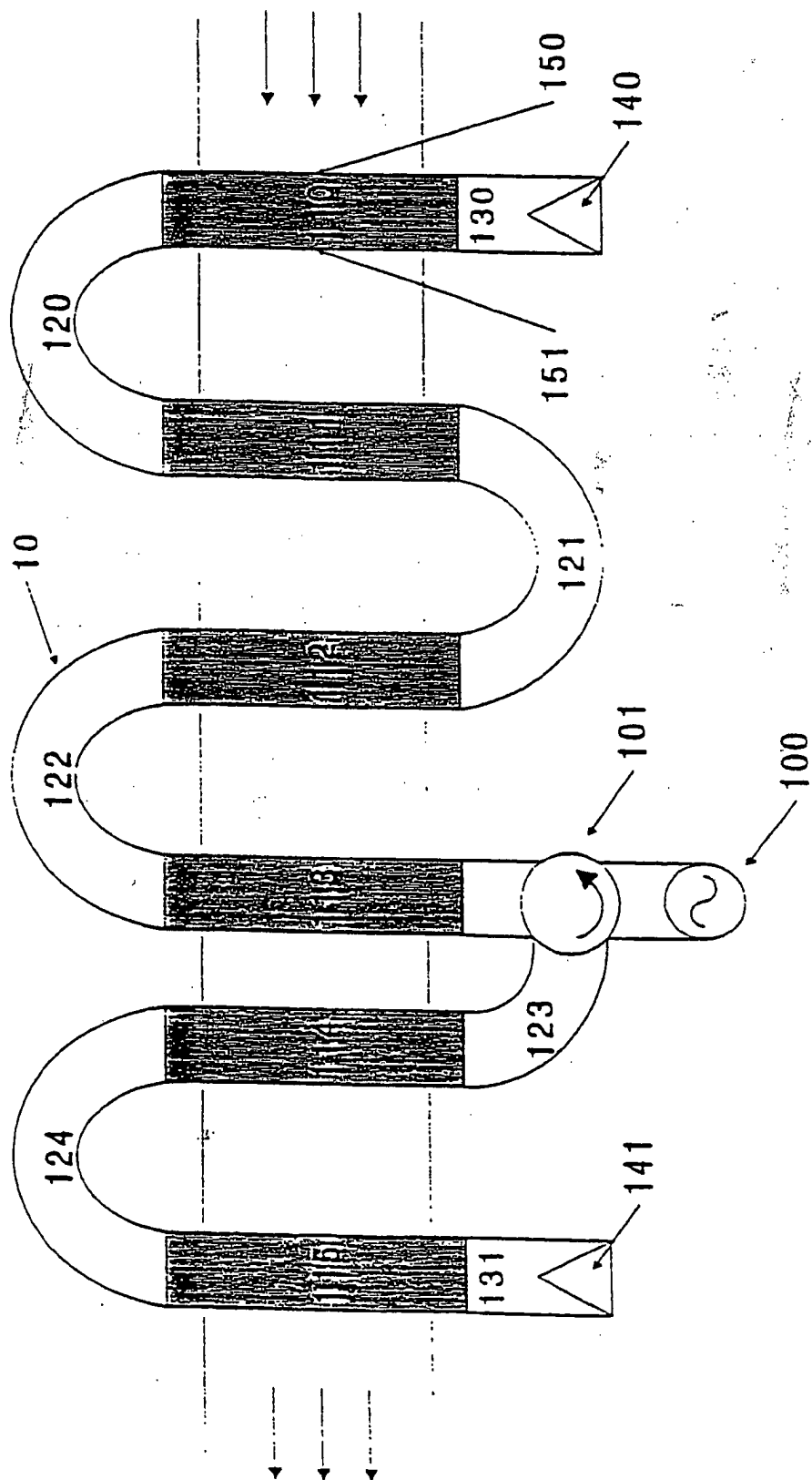


FIG. 9

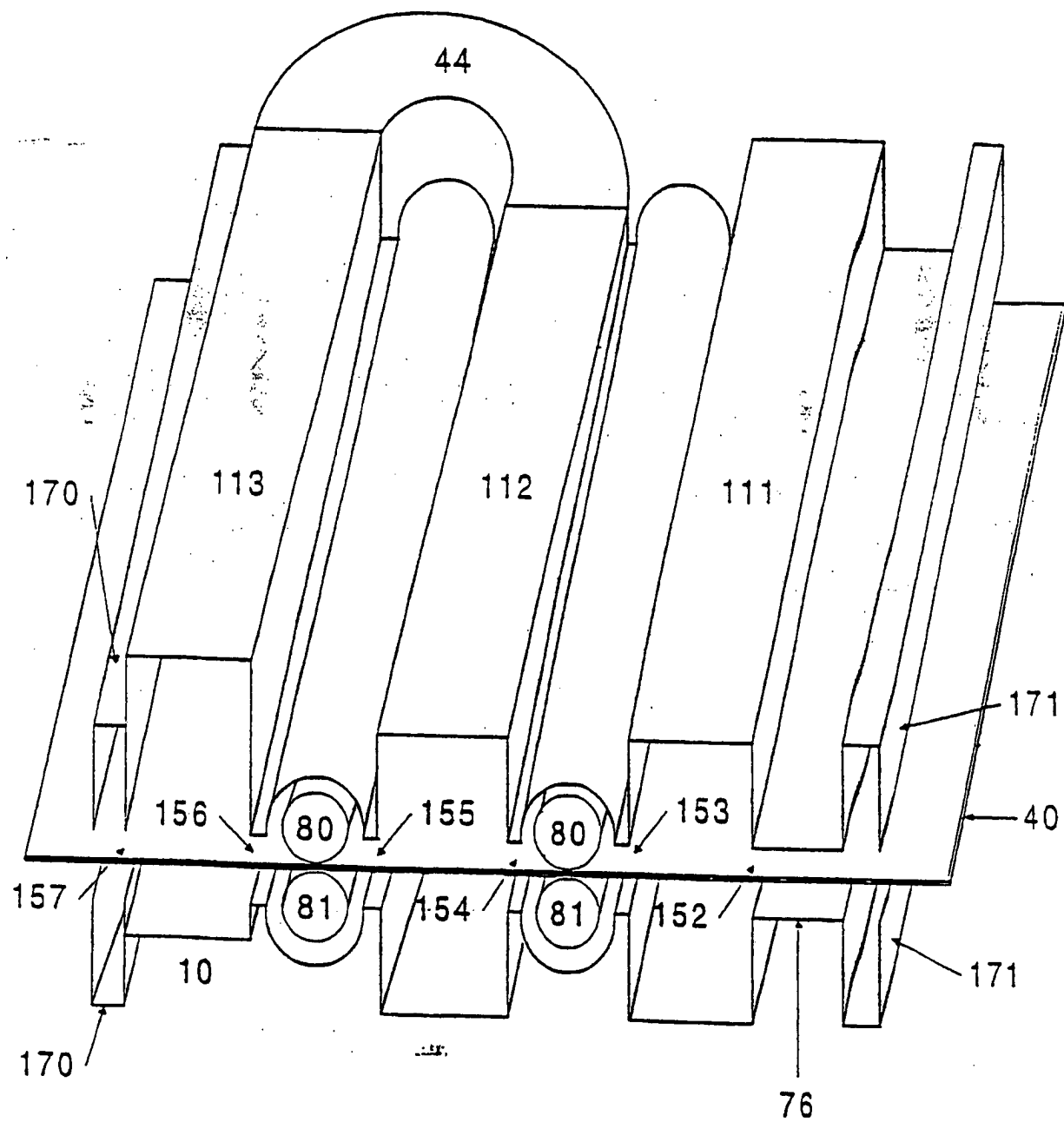


FIG. 10