(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3664260号
(P3664260)
(45)発行日　平成17年6月22日(2005.6.22)　(24)登録日　平成17年4月8日(2005.4.8)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H05B 6/80	H05B	6/80	Z
H05B 6/64	H05B	6/64	D
H05B 6/70	H05B	6/70	E
H05B 6/74	H05B	6/74	E

請求項の数 40　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願平9-501101
(86)(22)出願日　平成8年6月4日(1996.6.4)
(65)公表番号　特表平11-506864
(43)公表日　平成11年6月15日(1999.6.15)
(86)国際出願番号　PCT/US1996/008531
(87)国際公開番号　WO1996/039792
(87)国際公開日　平成8年12月12日(1996.12.12)
審査請求日　平成14年5月13日(2002.5.13)
(31)優先権主張番号　08/463,217
(32)優先日　平成7年6月5日(1995.6.5)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者
デンバー　インストゥルメント　カンパニー
アメリカ合衆国　コロラド州　８０２０２，　デンバー，スイート　２０１，　ブレイク　ストリート　１８５５
(74)代理人
弁理士　山田　行一
(74)代理人
弁理士　野田　雅一
(72)発明者　リスマン，パー，オー.
スウェーデン，エス－４３８　９２　ハーリダ，サンジョン　４４８０

最終頁に続く

(54)【発明の名称】円筒状マイクロ波アプリケータ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
負荷を加熱するマイクロ波アプリケータであって、
ａ）マイクロ波を閉じ込めるマイクロ波閉じ込め室であって、閉じ込め室は、上部壁、下部壁、及びほぼ円筒状の側壁を有しており、側壁は、上部壁に接続されており、閉じ込め室は、内径を有している、ものと、
ｂ）所定の周波数でマイクロ波を発生するマイクロ波エネルギー源と、
ｃ）マイクロ波エネルギー源と閉じ込め室との間に接続されている供給構造体であって、マイクロ波をエネルギー源から閉じ込め室に結合するものと、
を具備しているものにおいて、
それぞれの管内波長を有する第１横磁界モード及び第２横磁界モードのマイクロ波のみを有するマイクロ波界を生じるべく、第１横磁界モードの管内波長が、第２横磁界モードの管内波長の２倍に実質的に等しくなるような第１横磁界モード及び第２横磁界モードを選択し、閉じ込め室の内径及び内部高さが、当該第１横磁界モード及び当該第２横磁界モードの管内波長により、定められる、
ことを特徴とするマイクロ波アプリケータ。
【請求項２】
円筒状の側壁が、円筒縦軸と、縦軸に垂直なほぼ円形の断面とを有している請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項３】

円筒状の側壁が、縦軸と、軸に垂直な少なくとも５つの辺を有する多角形断面とを有している請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項４】
閉じ込め室の内径及び内部高さが、横電界成分の全周期の変化数を示す次数が最小となる第１横磁界モード及び第２横磁界モードの管内波長により、定められる請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項５】
閉じ込め室の内径及び内部高さが、所定の周波数でTM_{02}モードを第１横磁界モードとして且つTM_{11}モードを第２横磁界モードとしてそれぞれの管内波長により、定められる請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項６】
所定の周波数が、2450MHzに実質的に等しい請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項７】
内径が、約23.29cm（9.17インチ）である請求項６に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項８】
円筒状の側壁が、約15.95cm（6.28インチ）の内部高さを有している請求項６に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項９】
閉じ込め室の内部に位置させられる負荷を支持するための、マイクロ波に対して透明な棚であって、上部壁にほぼ平行なものを更に具備している請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１０】
棚が、第２モードの管内波長の整数倍に実質的に等しい上部壁からの距離の所に負荷が置かれるような、上部壁からの距離の所に配置されている請求項９に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１１】
棚が、ホウ珪酸ガラスで作られている請求項９に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１２】
棚が、ガラスセラミックで作られている請求項９に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１３】
円筒状の側壁が、開口部を有しており、且つ、アプリケータが、可動扉であって、円筒状の側壁の開口部に一致し且つ選択的にそれを閉じるものを更に具備している請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１４】
扉に取り付けられている摺動可能な引出しであって、負荷を閉じ込め室に挿入するためのものを更に具備している請求項13に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１５】
下部壁が、閉じ込め室の円筒縦軸を中心とする回転面を有すべく、形状を定められている請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１６】
円筒縦軸に関する横電界成分を実質的に欠いているマイクロ波界を閉じ込め室内で生じるべく、閉じ込め室の内径及び内部高さが、円周方向に向けられる横電界成分を欠いている第１横磁界モード及び第２横磁界モードの管内波長により、定められる請求項15に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１７】
閉じ込め室内のマイクロ波界が、円周方向における横電界成分を欠いている請求項16に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項１８】
供給構造体が、第１導波管供給部と第２導波管供給部とを具備しており、各導波管供給部は、閉じ込め室に結合されていると共に、実質的に、閉じ込め室に入るそれぞれの位置に

おけるマイクロ波間の電気的位相角の差に等しい、互いに他方に対する物理的角度だけ、閉じ込め室に入る位置において離されて位置させられている請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項１９】

導波管供給部間の物理的及び電気的な位相シフト角度が、各々90度に等しい請求項18に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２０】

各導波管供給部が、上部壁上に位置させられている供給開口部を更に具備している請求項18に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２１】

供給構造体が、第１導波管供給部及び第２導波管供給部に結合された主導波管と、上部壁に位置させられている１対の供給開口部とを備えている請求項18に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２２】

第１導波管供給部が、側壁上で第１供給開口部に接続しており、且つ、第２導波管供給部が、第１供給開口部から90度の物理的角度で側壁に位置させられている第２供給開口部に接続している請求項18に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２３】

供給構造体が、第２導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波を、第１導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波に対して電気的に90度移相する移相構造体を更に備えている請求項22に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２４】

移相構造体が、第１導波管供給部及び第２導波管供給部を接続する接続部と、第２導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波を第２導波管供給部が第１導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波に対して90度移相するような、第１導波管供給部及び第２導波管供給部の間の異なった長さとを備えている請求項23に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２５】

移相構造体が、誘電移相器を備えている請求項23に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２６】

移相構造体が、フェライト移相器を備えている請求項23に記載のマイクロ波アプリケータ。

【請求項２７】

負荷を加熱するマイクロ波アプリケータ用のマイクロ波閉じ込め室であって、

ａ）上部壁と、

ｂ）下部壁と、

ｃ）上部壁に接続されており且つマイクロ波を閉じ込めるべく十分密閉されているほぼ円筒状の側壁であって、内径を有しているものと、

を具備しているものにおいて、

それぞれの管内波長を有する第１横磁界モード及び第２横磁界モードのマイクロ波を有しており且つ横電界モードの不在によって特徴付けられているマイクロ波界を生じるべく、第１横磁界モードの管内波長が、第２横磁界モードの管内波長の実質的に２倍であるような第１横磁界モード及び第２横磁界モードを選択し、円筒状の側壁の内径及び内部高さが、当該第１横磁界モード及び当該第２横磁界モードの管内波長により、定められる、

ことを特徴とするマイクロ波閉じ込め室。

【請求項２８】

前記ほぼ円筒状のマイクロ波閉じ込め室が、連続的な側壁と、ほぼ平面の上部壁と、下部壁とを有しており、側壁は、上部壁と下部壁とを接続しており、上部壁、下部壁及び側壁は、マイクロ波エネルギーを閉じ込めるべく、一体となるように密閉され且つ固定されており、

前記マイクロ波エネルギー源が、2450メガヘルツに実質的に等しい周波数でマイクロ波エ

ネルギーを発生し、且つ
閉じ込め室の内径及び内部高さが、TM_{02}モードである第１横磁界モード及びTM_{11}モードである第２横磁界モードのみを有するマイクロ波界を生じるべく、それぞれ23.29cm（9.17インチ）及び17.8cm（7.00インチ）に十分近い、
請求項１に記載のマイクロ波アプリケータ。
【請求項２９】
マイクロ波アプリケータ用のマイクロ波閉じ込め室を製造する方法であって、
ａ）マイクロ波を閉じ込めるのに十分な導電性材料のほぼ円筒状の側壁を形成するステップであって、側壁は、その縦方向縁部に２つの開いた領域を有すると共に、内径を有しており、側壁を形成するステップは、所定の周波数のマイクロ波の円筒状の側壁内への導入が、各々がそれぞれの管内波長を有する第１横磁界モード及び第２横磁界モードを有するマイクロ波界であって、第１横磁界モード及び第２横磁界モードの組み合わせが実質的に均一な加熱パターンを提供すべく、第１横磁界モードは第２横磁界モードの２倍の管内波長を有するような第１横磁界モード及び第２横磁界モードを選択し、側壁の内径と閉じ込め室の内部高さとが、当該第１横磁界モード及び当該第２横磁界モードの管内波長により選択されるステップを含んでいる、ものと、
ｂ）マイクロ波を閉じ込めるのに十分な導電性材料の下部壁と上部壁とを用意するステップであって、下部壁及び上部壁は、側壁の開いた領域を閉じるのに少なくとも十分な寸法を有する、ものと、
ｃ）上部壁を、側壁の開いた領域のうちの一方の開いた領域に、その上部壁がその一方の開いた領域を閉じるように接続し、且つ、下部壁を、側壁の開いた領域のうちの他方の開いた領域に、その下部壁がその他方の開いた領域を閉じるように接続するステップであって、上部壁、下部壁及び側壁は、縁部の閉じたほぼ円筒状の室を共同で形成する、ものと、
を具備している方法。
【請求項３０】
側壁の内径と閉じ込め室の内部高さとを選択するステップが、第１横磁界モード及び第２横磁界モードの横電界成分の全周期の変化数を示す次数を最小にするステップを更に具備している請求項29に記載の製造方法。
【請求項３１】
側壁の内径と閉じ込め室の内部高さとを選択するステップが、TM_{02}モードである第１横磁界モードとTM_{11}モードである第２横磁界モードとを有するマイクロ波界を生成すべく、内径の寸法を定めることを含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３２】
ステップａ）が、内径を23.29cm（9.17インチ）に実質的に等しい寸法に定めることを含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３３】
側壁を形成するステップが、ほぼ円形の、軸に垂直な断面輪郭を有する側壁を提供することを含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３４】
側壁を形成するステップが、ほぼ高次多角形として形状を定められた、軸に垂直な断面輪郭を有する円筒状の側壁を提供することを含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３５】
下部壁を用意するステップが、閉じ込め室の縦軸を中心とする回転面を有すべく、下部壁の形状を定めるステップを更に含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３６】
負荷を支持するための、マイクロ波に対して透明な棚を用意するステップと、閉じ込め室の内部に且つ上部壁にほぼ平行に棚を位置させるステップとを更に含んでいる請求項29に記載の製造方法。
【請求項３７】

棚を位置させるステップが、第２モードの管内波長の整数倍に実質的に等しい上部壁からの距離の所に負荷を支持すべく、棚を配置することを含んでいる請求項36に記載の製造方法。

【請求項３８】

側壁に開口部を形成するステップと、開口部を覆うべく、寸法を定められている扉を用意するステップと、扉が開口部を選択的に閉じるべく、扉をマイクロ波アプリケータに取り付けるステップとを更に含んでいる請求項29に記載の製造方法。

【請求項３９】

ｄ）側壁に開口部を形成するステップと、

ｅ）引き出しに接続されている扉を用意するステップであって、開口部を覆うべく、扉の寸法を定めることと、開口部を介して嵌合すべく、引出しの寸法を定めることとを含んでいるものと、

ｆ）扉が開口部を選択的に閉じるように、引き出しを開口部内で摺動可能に受容するステップと、

を更に含んでいる請求項29に記載の製造方法。

【請求項４０】

請求項29の方法によって製造されるマイクロ波アプリケータ用のマイクロ波閉じ込め室。

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明は、マイクロ波アプリケータに関する。より詳細には、本発明は、漏れの少ない特別の大きさのマイクロ波閉じ込め室と負荷を均一に加熱するための可動部のない回転電磁界を供給する供給装置とを有する高効率でほぼ円筒状のマイクロ波アプリケータに関する。

発明の背景

周知のように、電磁波はエネルギーを対象物即ち負荷に運んで供給することができる。300MHz～300GHzの周波数範囲の電磁波を使用するマイクロ波アプリケータは、一般に、マイクロ波エネルギー源、マイクロ波閉じ込め室、及びエネルギー源をマイクロ波閉じ込め室に結合するマイクロ波供給構造体を含んでいる。

本発明に好適なマイクロ波エネルギー源は2450MHzで動作するマグネトロンであるが、915MHzが定評のあるマイクロ波調理及び加熱の周波数であるので、本発明は915MHz及び本発明の教示により望ましい任意の他のマイクロ波周波数での動作に適合可能である。

マイクロ波閉じ込め室内の容積空間は、その中に負荷（加熱される対象物即ち物質）が配置されるキャビティである。

従来技術のマイクロ波アプリケータに関連する最大の問題の１つは、負荷中の不均一な熱の分布である。不均一な加熱は、主として、モードに起因するホットスポット及びコールドスポット、端部の過熱、及び下側の不十分な加熱という３つの原因による。

各モードはそれぞれの垂直管内波長λ_gを有する。装置に損失があってもモードが互いに結合しないように装置内のモードが励起され得るとき、そのモードは直交モードと呼ばれる。

従来技術では、ホットスポット及びコールドスポットはアプリケータのキャビティ内のモードに特有の不均一なエネルギーの分布によって発生した。モードの電磁界の形状は動作周波数とキャビティの寸法とに依存する。

横磁界（TM）モードと横電界（TE）モードという２つの別個の種類のモードが存在する。TEモードは伝播の方向に電界成分即ちＥ界成分を有さず、TMモードは伝播の方向に磁界成分即ちＨ界成分を有さない。

TEモード及びTMモードはTE_{mn}及びTM_{mn}として分類される。矩形導波管について、添字は広い壁（ｍ）と狭い壁（ｎ）とに平行な経路に沿った主に横方向の界ベクトルの半周期の変化の数を示す。直交座標システムでは、ｍとｎの添字は慣用的にｘとｙの軸に関連し、伝播はｚ軸に沿って起こる。

円筒状キャビティでは、極座標システムを使用するのが便利である。本発明では、伝播の

方向は円筒状キャビティの縦の円筒軸に平行なｚ軸に沿っている。円形断面の導波管又はキャビティでは、即ち、導波管又はキャビティ内のマイクロ波エネルギーの伝播の方向と同心のほぼ円形の壁を有するものでは、添字即ち次数ｍは、壁と同心の円形の経路に沿った横界ベクトルの全周期の変化の数を示す。添字即ち次数ｎは、キャビティ内の半径方向の経路に沿った同じベクトルの反転数に１を足した数を示す。

モードに関連するホットスポット及びコールドスポットを避けるための従来の解決法は、加熱中にキャビティに対する負荷の位置を移動させる機械的装置（例えば、ターンテーブル）を使用するか、キャビティ内のモード・パターンを連続的に変更する「モード撹拌機」を使用するかのどちらかであった。モード撹拌機は、通常、キャビティ内部かキャビティに隣接する別体の開いた覆い内かのどちらかに配置された金属性の羽根を有するファン状の機械的に回転する構造体である。複数の供給装置又は回転アンテナといった装置を使用してホットスポット及びコールドスポットを減少させようと試みた設計もある。

利便性及び信頼性の高い、マイクロ波加熱の時間平均均一性を提供する、効率の良いマイクロ波アプリケータの必要性は、依然として存在している。

縁部の過熱（負荷の縁部におけるホットスポット）は、負荷の縁部と平行なＥ界成分の直接結合によって発生し、負荷が高い誘電率を有すると、より大きくなる。

大部分の電子レンジでは、食品などの負荷は一般に誘電体で、比較的高い比誘電率εを有する。マイクロ波モードは高いε負荷と相互作用し、エネルギーを負荷に移送する。

負荷におけるＨ界強度と加熱パターンとが直接関係することを理解することは重要である。マクスウェルの式は、負荷のエネルギー吸収は一般に電Ｅ界によるということを示している。従来技術のアプリケータはＥ界及びＨ界を最大にすることでエネルギーの移送を最大にし、調理時間を最小にしようとしている。しかしながら、そのようにすると、従来技術のアプリケータは、縁部の過熱とマイクロ波の漏れの可能性とを増大させる。

マイクロ波加熱のもう１つの問題は、平担な負荷の「下側」の低い即ち不十分な加熱である。充分なパワーが平坦な負荷を貫通しないので、平担で水平な負荷の下側は普通不完全で不均一にしか加熱されない。負荷の下側にマイクロ波の供給がない、「下側」の加熱は、負荷がキャビティの全断面を超えて広がらないことを要求する。

概要

本発明は、比較的平坦な負荷を均一に加熱し、ホットスポット及びコールドスポット並びに縁部の過熱によって示される不均一な加熱を実質的に除去するマイクロ波アプリケータである。このアプリケータは、キャビティ内のモードであって、周波数を広帯域にし、負荷中の調理エネルギーを最大にし、マイクロ波の漏れを最小にし、且つ負荷の縁部の過熱の減少と負荷の下側の加熱の増大との両方を同時に行うことにより、高効率を提供するものを使用する。アプリケータは、供給構造体であって、キャビティ・モードと共に動作して可動部品なしにエネルギーを負荷に均一に分配するものを含んでいる。

アプリケータは、マイクロ波閉じ込め室、マイクロ波エネルギー源、及びマイクロ波エネルギー源を閉じ込め室に接続する供給構造体とを含んでいる。アプリケータは、マイクロ波エネルギー源を制御する電子制御装置を含むこともある。

マイクロ波エネルギー源は、好適には、所定の周波数（2450MHz又は他の実施形態では915MHz）のマイクロ波を発生するマグネトロンである。供給構造体はマイクロ波をエネルギー源から閉じ込め室に導く。

閉じ込め室は、マイクロ波を反射する材料で形成され、閉じ込め室の外側の環境へのマイクロ波エネルギーの漏れを防止するように設計される。閉じ込め室は上部壁、下部壁及び側壁を有する。側壁（好適には、円筒形である）は、上部壁と下部壁との間に延在し、キャビティを取り囲み（且つ画成し）、縦軸と整合させられる。在来の電子レンジのキャビティとは対照的に、閉じ込め室は縦軸に垂直なほぼ円形の断面を有する。しかしながら、キャビティの断面が円形に近ければ、少なくとも５つの辺を有する多角形のような、別の閉平面の形状に造形され得るということを理解されたい。上部壁及び下部壁は、縦軸を中心とする回転面によって好適に特徴付けられており、好適には平面である。

閉じ込め室は、室の断面の実際の又は平均の直径に対応する内径と、上部壁及び下部壁の

間の距離に等しい内部高さとを有する。本発明の実施においては、内径は、室内の望ましいマイクロ波界をサポートする横磁界モードのみを考慮する方法に従って設計される。設計の基準はTM即ち横磁界モードのみを包含するが、この設計技術を使用する結果としてのキャビティ内に存在する実際のモードは、同じ又は同様のλ_gを有する同時TE及びTMモードからなることを意味する、より複雑な混成モード型のものであるということが観察されている。

それにも拘わらず、本発明の実施においては、一のモードの管内波長が他の即ち第２モードの管内波長の２倍に実質的に等しい特有の管内波長を各々が有する、２つの横磁界モードだけを有するマイクロ波界をサポートできるキャビティを設計するための、本明細書中に示されている技術を使用することは適切であるということが、判明している。好適に、内径は、室の設計で使用されるTMモードの次数を最小にするように寸法を定められ又は選択される。

第１好適実施形態では、閉じ込め室の内径は第１モードとしてのTM_{02}モード及び第２モードとしてのTM_{11}モードを生成するように設計される。所定の周波数2450MHzでは、この実施形態の内径は、好適に、約9.17インチ（233mm）であり、負荷の頂部までの負荷高さ（ｈ）は、好適に、約6.28インチ（160mm）である。

本発明のマイクロ波アプリケータは、好適に、負荷を支持するための棚（ホウ珪酸ガラス、ガラスセラミック又は他の同様のマイクロ波に対して透明な材料で作られている）をも含んでいる。棚は閉じ込め室の内部に配置され、縦軸にほぼ垂直である。棚は、好適に、負荷が第２（短い方の）モードの管内波長の整数倍に実質的に等しい距離だけ上部壁から離れて置かれるようにして、上部壁から隔置される。

マイクロ波アプリケータの側壁は、好適に、負荷挿入開口部と、開口部を選択的に閉じる可動扉とを有する。一の実施形態では、摺動可能な引き出しが扉に取り付けられ得、負荷を閉じ込め室に挿入すべくなされている。引き出しが使用される場合、棚は、好適には、引き出しの一部であるか、又は引き出しによって運ばれる。

本発明のマイクロ波アプリケータの供給構造体は、主導波管、１つ又は２つ以上の接続部、及び複数の導波管供給部を含んでいる。導波管供給部は、各々が一端において閉じ込め室の供給開口部に取り付けられ、他端において接続部（接続部は両方の導波管供給部に共通であるか、又は各導波管についての別々の接続部）で主導波管に取り付けられる短い導波管である。供給開口部は上部壁又は側壁の上部に位置させられ得る。供給開口部即ちポートは、マイクロ波が、それらがキャビティに入る際に変位させられる電気的位相角に等しい物理的角度（縦軸に関して）に位置させられるべきである。好適実施形態では、第１導波管供給部は第１供給開口部に接続し、第２導波管は第２供給開口部に幾何学的直角位相で接続する。即ち、縦軸に垂直な平面内で測定すると、第２供給開口部は第１供給開口部から物理的に90度離れて位置させられている。

更に、この実施形態では、供給構造体は、第１導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波の電気的位相を、第２導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波の電気的位相から90度離れるようにシフトする移相構造体が含む。この方法で、マイクロ波エネルギーの２つの流れが提供され、各流れは、それらが閉じ込め室に入るとき、互いに他方から物理的に位相が90度分離され、且つ電気的に位相が90度分離されている。

移相構造体は第１及び第２導波管供給部の間で90度の移相を達成する任意の在来の手段であってよい。主導波管との接続部（又は、それぞれの別個の接続部の位置）からそれぞれの供給開口部までの導波管供給部の長さは、第２導波管供給部の位相が第１導波管供給部から閉じ込め室に入るマイクロ波に対して90度シフトするように異なっている。あるいは、移相構造体は、誘電位相器又はフェライト移相器又は当業技術分野で周知の別の移相器を使用することもできる。幾何学的直角位相と90度移相とが組み合わされた効果は、回転するマイクロ波パターンをキャビティ内に生成し、これにより、供給構造体中に物理的に回転又は移動する部分がなくても、より均一な加熱をもたらす。

【図面の簡単な説明】

図１は、本発明によるマイクロ波アプリケータの斜視図である。

図２は、図１のマイクロ波アプリケータの引き出しの斜視図である。
図３は、図２の引き出しの側面図である。
図４は、本発明によるマイクロ波アプリケータの他の実施形態の分解斜視図である。
図５は、2450MHzのマイクロ波界についての、いくつかのモードの管内波長と導波管の直径との間の関係を表すグラフである。
図６は、本発明による供給構造体の第１実施形態の斜視図である。
図７は、本発明による供給構造体の第２実施形態の斜視図である。
図８は、本発明による供給構造体の第３実施形態の斜視図である。
図９は、本発明のある側面を示し、１対のマイクロ波供給部の入り口の軸を示している、マイクロ波閉じ込め室の上部の簡略化した平面図である。
図10は、棚と負荷とを想像線で示す、図９のマイクロ波閉じ込め室の簡略化した側断面図である。
図11は、本発明の実施の際に有用な、側壁アイリス供給開口部の部分拡大斜視図である。
図12は、導波管供給部の一部が欠切されている、上部壁アイリス供給開口部の部分拡大斜視図である。
図13は、TM_{11}モードを示す、本発明の実施の際に有用なキャビティの簡略化した平面及び側面図である。
図14は、TM_{02}モードを示す、図13のキャビティの簡略化した平面及び側面図である。
図15は、本発明の第１電気的位相状態でTM_{11}モードのキャビティの界を示す、閉じ込め室及び導波管供給部の簡略化した平面図である。
図16は、図15に示されるものと類似であるが、TM_{11}モードのキャビティの界がそこから電気的に90度進んだ第２電気的位相状態で示されている簡略化した平面図である。
図17は、図16から電気的に90度進んでおり、従って図15から電気的に180度進んでいること以外は図15と類似の図である。
図18は、更に電気的に90度進んでおり、従って図15から電気的に270度進んでいること以外は図17と類似の図である。
詳細な説明
本発明はホットスポット及びコールドスポットを実質的に除去することによって効率が良くて均一な加熱を負荷に提供するためのマイクロ波アプリケータである。更に、本発明のアプリケータは縁部の過熱を実質的に除去し、マイクロ波エネルギーの漏れを減少させ、且つ効率の高いキャビティ・モードを使用する。
図１は、本発明によるマイクロ波アプリケータ10を示す。アプリケータ10は、マイクロ波閉じ込め室20、エネルギー源50、及びエネルギー源50を閉じ込め室20に結合する供給構造体60を含んでいる。エネルギー源50は、最も普通には2450MHz又は915MHzのどちらかである所定の周波数のマイクロ波を発生するように設計されたマグネトロン又は他のエネルギー源である。電子制御装置90は、ユーザがマグネトロンの作動時間とマグネトロンの出力設定との両方を制御することを可能にする。異なった出力設定は、普通マグネトロンの周期的なオン／オフ・デューティサイクルによって達成される。
ここで図９及び図10をも参照するに、マイクロ波閉じ込め室20は、負荷80（加熱される物質）が配置されるキャビティを囲む、金属等のマイクロ波反射性材料製の容器即ちエンクロージャである。本発明のマイクロ波アプリケータの通常の好適な負荷80（図10に示されている）は、ピザ、サンドイッチのように性質上平担で水平に広がっている。本発明のアプリケータで平担でない負荷も加熱され得るが、本発明の利点は比較的平担な負荷に対して最も良く達成され得るということを理解されたい。室20は円筒縦軸ｚ、ほぼ円筒形の側壁22、上部壁24、及び下部壁26を有する。
マイクロ波アプリケータ10は、また、負荷80を支持するためのマイクロ波に対して透明な棚12を含んでいる。棚12は閉じ込め室20の内部に位置し、上部壁24にほぼ平行である。好適実施形態では、棚12はホウ珪酸ガラス、ガラスセラミック又は他のマイクロ波に対して透明な材料で作られている。
マイクロ波閉じ込め室20は内径Ｄ、内部高さＨ及び負荷高さｈを有している。直径Ｄは、

図10で最も良く見られるように、キャビティの縦軸ｚに垂直な断面の直径である。高さＨは上部壁24と下部壁26との間の距離であり、上部壁又は下部壁が平面でない場合、Ｈは「有効」高さであるということを理解されたい。負荷高さｈは上部壁24から負荷80までの距離である。

ここで再び図１～図４を参照するに、側壁22及び閉じ込め室20は直円柱を形成している。他の実施形態では、側壁22は、他の閉平面曲線又は高次多角形即ち５以上の辺を有する多角形として造形される、縦軸ｚに垂直な断面を有し得る。本発明のある利点を得るためには、こうした多角形の実質形態はある程度円に近似していなければならないということを理解されたい。更に、アプリケータの断面として多角形が選択される場合、正多角形（即ち辺の長さが等しいもの）が好適であるが、不均整な多角形でも同様に本発明のある利点を得ることが可能であるということも理解されたい。

閉じ込め室20は側壁22に負荷挿入開口部28を有している。開口部は一般に四辺形又は矩形で縦軸ｚにほぼ垂直である。可動扉30は、開口部28と一致し、選択的に開口部を閉じ、マイクロ波の漏れに対して開口部を密閉する。一実施形態では、負荷80を閉じ込め室20に挿入するための摺動可能な引き出し32が、扉30に取り付けられるか、又は閉じ込め室20内に別個に配置される。棚12が引き出し32上に配置されても良い。他の実施形態は別の扉要素を含み得、例えば、図４に示される実施形態は、ピアノヒンジ40によって下部ハウジング36に固定された平面の扉30'を有している。棚は引き出し自体の一部とするか、又はキャビティ内の選択された位置に置くことができる。

本発明の実施において、室20の内径Ｄは、縦軸ｚに垂直な任意の平面に存在する横磁界モードのみを有する室20内のマイクロ波界を生じるよう企図された技術を使用して設計される。より具体的には、閉じ込め室20は、第1TMモードが第2TMモードの管内波長の２倍に実質的に等しい管内波長を有する、第1TMモード及び第2TMモードのみを有するマイクロ波界をサポートすることを考慮することだけが必要な設計に従って寸法が決められる。閉じ込め室20は、また、好適に、第１及び第２横磁界モードの次数を最小にするように寸法が決められる。ここでも、設計のプロセスはTMモードのみを生成することに向けられるが、実際には、室20のキャビティ内の界は、本発明の利益を達成しつつ、混成モードを存在させ得るということが強調されるべきである。一の実施形態では、閉じ込め室20の直径Ｄは9.17インチ（233mm）に実質的に等しい。閉じ込め室20の内部高さＨは約7.00インチ（178mm）である。この実施形態では、室20の内径Ｄは、所定の周波数2450MHzで第１モードとしてTM_{02}モードを生成し、第２モードとしてTM_{11}モードを生成するよう寸法決めされる。第１（TM_{02}）モードは第２（TM_{11}）モードの管内波長λ_{g2}の２倍に実質的に等しい管内波長λ_{g1}を有する。モードは有利で相補的な界のパターンを有する。

閉じ込め室20内には、棚12が配置され、上部壁24から負荷80までの6.28インチ（160mm）の距離ｈを提供する。第2TMモードの管内波長の整数倍に実質的に等しい上部壁24と負荷80の上部（平担で水平に広がっている負荷について）との距離ｈに負荷80を置くのが好適であるということが分かっている。従って、他の実施形態は、整数倍の関係が望ましいことを考慮すれば、種々の厚さの負荷を適合させるべく、棚を異なった位置（又は、「平均的」な固定位置）に配置することができる。

図５は種々のモードの管内波長λ_gとほぼ円形の導波管の直径Ｄとの間の関係を示す。図５では、管内波長が縦座標即ち垂直軸に沿って（インチで）示されており、直径（インチ）が横座標即ち水平軸に沿って示されている。TM_{02}モードは逆三角形によって示されている曲線で表され、TM_{21}モードは「ｘ」で表されている。上向き三角形はTE_{01}及びTM_{11}モードの両方を表し、菱形はTE_{21}モードを表し、正方形はTE_{11}モードを表している。「＋」（菱形と正方形との間）はTM_{01}モードを表している。本発明の設計の要求が$\lambda_{g1}=2\lambda_{g2}$であるとすれば、ある直径Ｄの大きさと第１及び第2TMモード対のみが選択され得ることが分かる。整合しているモードとの直径及び高さの情報が表の形で表１に示されている。

表 1

第1モード（TM）	第2モード（TM）	キャビティ直径（D）（インチ）	負荷高さ（h）（インチ）	内部高さ（H）（インチ）
21	01	8.85	5.30	6.2
11	01	6.45	5.88	6.6
21	11	8.43	6.72	7.5
02	21	8.66	11.64	12.4
02	11	9.17	6.28	7.0
02	01	9.53	5.23	6.0

理解され得るように、他の第１及び第２モードをサポートする異なった直径と高さとを有する他の実施形態が存在する。すべての実施形態で、第1TMモードの管内波長は第2TMモードの管内波長の２倍に実質的に等しい。

閉じ込め室のキャビティの寸法を決める本発明の方法論の使用は、「純粋」な形態又は混成の形態のどちらでも存在するTMモードのある利益により、調理効率を向上させ且つ縁部の過熱を低減させることができる。

TEモードは自由空間インピーダンスη_0より高いインピーダンスを有するが、TMモードはη_0より低いインピーダンスを有する。境界越しにインピーダンスが等しいときにはその境界における波の反射はゼロになるので、TMモードは加熱の目的にはより有利であり、食品のような一般的な負荷のインピーダンスに整合するのにより適している。強い定在波は形成される必要がなく、閉じ込め室が共振時に効率良くなるための、キャビティ高さ及び結合係数の決定は、TEモードの場合ほど厳密ではない。アプリケータの全水平断面を実質的に占める比較的厚い負荷への反射のない伝送のための条件が確立され得る。マグネトロンの方向に反射して戻されるエネルギーはアプリケータの効率を低下させるので、反射のない伝送は非常に望ましい。

TMモードのみを生成するように閉じ込め室20の大きさを決めることにより、マイクロ波アプリケータ10は、特に負荷80の縁部付近で、高い水平Ｅ界成分を避けるように設計される。キャビティ内に存在するモードは、TMモードであろうと混成モードであろうと、Ｅ界成分を欠いているということが理解される。負荷80の縁部に平行なＥ界成分を除去する（又は、最小にする）マイクロ波界パターンを設計することにより、縁部の過熱が回避される。この状態は失われるＥ界成分が円周方向に向けられるときに達成され、例えばTM_{02}のように、最初にゼロの次数０を有する「支配的な」モード即ち、強く結合されるモードを選択することによって完成される。この場合の付加的な利益は、存在するＥ界がすべて扉開口部28に垂直なので、漏れが減少するということである。TM_{02}モードの単独での使用は、キャビティ内の加熱パターンの、中心及び同心の輪即ち環内に、許容できない「コールド」スポットをもたらすことがある。これを矯正するために、キャビティの中心に「ホット」スポットを有する別のモードが、TM_{02}モードと共に使用すべく選択される。TM_{11}モードの使用は、結果としての加熱パターンにおける「コールド」スポットを除去する。そして、以下により詳細に説明されるように、直角位相供給を使用すると、TM_{11}モードは回転させられ、パターンを円周方向に平均又は積分することにより、単純なTM_{11}モードに起因する加熱パターンと結び付いている、方位角の方向に変移させられる「ホット」スポット及び「コールド」スポットを除去する。

図４は、上部壁24'、円筒形の側壁22'及び下部壁26'を有するマイクロ波アプリケータ20'の他の実施形態の分解図を示す。図面においては、対応する構造体には同じ参照番号又はプライム（アポストロフィ）を付した参照番号が付されている。この実施形態では、矩形

の下部ハウジング36が提供され、ピアノヒンジ40によってハウジング36に固定された棚12'と扉30'とを支持している。比較的低い（即ち、hの約15%未満）矩形断面の下部ハウジング36はこの実施形態における本発明の性能に大きな悪影響を及ぼさないということが見出されている。寸法Hは円筒形の壁22'の高さ40に下部ハウジング36の高さ44を足したものからなるということを留意されたい。このようなアプローチは負荷を収容する領域、特に蓋又は扉30'の設計を簡単にする。

ここで図６、図７及び図８を参照するに、全体的な供給構造体160は、主導波管161と、接続部163で主導波管161から延出する第１導波管供給部162と、接続部163で主導波管161及び第１導波管供給部162から二又に分かれる第２導波管供給部164とを含んでいる。このバージョンでは、主導波管161は上部壁124の上面にほぼ平行であり、図６に示すように閉じ込め室120から半径方向に延出するか、又は図１に想像線で示すように、室の円筒形の側壁に沿って延在する。図６に示すように、第１導波管供給部162は上部壁124の上面を横切るようにして主導波管161から縦に延出している。しかしながら、供給開口部が室120に対して適切に位置していれば、主導波管161（及び導波管供給部162、164）は室120に対して望ましいように配置され得るということを理解されたい。この実施形態では、第２導波管供給部164は、90度の夾角190で上部壁124の上面を横切るようにして第１導波管供給部162から垂直に延出している。

第１及び第２導波管供給部162及び164は、閉じ込め室120の上面の上部供給開口部又はアイリス168として図12に示されているような種類の供給開口部を介して閉じ込め室120に結合されている。第１マイクロ波供給部162と結び付いている第１供給開口部は、第２マイクロ波供給部164と結び付いている第２供給開口部から90度（角度190及び軸192、194によって示されている）の位置に置かれている。この90度変位させられた供給開口部の配置が幾何学的直角位相と呼ばれている。供給開口部の軸92、94は図９に最も明瞭に見られる。全体的な供給構造体160は、また、第２導波管供給部164から室に入るマイクロ波を第１導波管供給部162から室に入るマイクロ波に対して90度移相する移相構造体を含んでいるということを理解されたい。供給構造体160において、移相構造体は接続部163、第１導波管供給部162及び第２導波管供給部164を含み、導波管供給部162及び164の各々の、接続部163からそれぞれの供給開口部166及び168までの距離は、第２導波管供給部164が第１導波管162から室120に入るマイクロ波に対してマイクロ波を電気的に90度移相するような寸法になされている。この方法で、２つの導波管供給部162及び164は、物理的にも電気的にも互いに他方から90度変位させられているマイクロ波を閉じ込め室120に結合する。直交モードのベクトル付加特性のために、結果として生じる直線偏波モードは、図15～図18に関してより詳細に説明されるように常に回転している。

図７は供給構造体260の第２実施形態を示す。供給構造体260は、軸292に沿って位置する第１導波管供給部262と軸294に沿って位置する第２導波管供給部264との二又に分かれる接続部263を有する主導波管261を含んでいる。第１及び第２導波管供給部262及び264は、必須ではないが、上部壁224にほぼ平行に延在してる。第１及び第２導波管供給部262、264はそれぞれ供給開口部266、268に接続されており、これらの供給開口部は、軸292及び294の間の直角290によって示されているように、互いに幾何学的直角位相の関係で上部壁224上に配置されている（各供給開口部は、エネルギーを室220に結合する、図12のアイリス168に相当する開口部を好適に有している）。更に、第１及び第２導波管供給部262及び264は、第２導波管供給部264からのマイクロ波が第１導波管供給部262から室220に入るマイクロ波に対して位相が電気的に90度ずれるような寸法になされている。

図８は、供給構造体360の第３実施形態を示している。全体的な供給構造体360は主導波管361、接続部363、第１導波管供給部362及び第２導波管供給部364を含んでいる。第１及び第２導波管供給部は各々第１及び第２導波管開口部366及び368にそれぞれ接続し、第１及び第２導波管開口部は幾何学的直角位相に（即ち、軸392及び394の間の角390によって示されているように、機械的に即ち幾何学的に90度離れて）側壁322に配置され、各供給開口部の詳細は図11のアイリス368に一致している。

主導波管361は縦軸ｚにほぼ垂直で、閉じ込め室320の側壁322から半径方向に突出してい

る。接続部363では、第１導波管供給部362が主導波管361から内側に半径方向に延出している。第２導波管供給部364は主導波管361から延出し、第２供給開口部368に接続する。第１及び第２導波管供給部362及び364は長さが十分に異なっており、第２導波管供給部364からのマイクロ波は、第１導波管供給部362から室320に入るマイクロ波に対して位相が電気的に90度ずれている。

直角位相に供給開口部を有する供給構造体（図示せず）の他の実施形態、例えば誘電移相器又はフェライト移相器を含む移相構造体が使用されることもある。

それぞれのマイクロ波供給部から閉じ込め室にマイクロ波エネルギーを結合するための開口部は、図11及び図12に示されているものの代わりに、他の周知の形態（図示せず、例えば、キャビティ内に突出したプローブ）を取り得るということを理解されたい。

ここで図13及び図14を参照するに、界の線が非常に単純化された形で図式的に示され、平面図が磁界の線を示し、側面図が電界の線を示す、TM_{11}モードを含むキャビティの平面図400と側面図402とが見られる。同様に、図14を参照するに、TM_{02}モードの平面図404と側面図406とが見られる。

ここで図15及び図16を参照するに、回転する界の動作が平面図408及び410で示されており、これらは、所定の周波数での90度の電気的位相シフトに対応する、異なった時点でのTM_{11}モードを表しているものと理解されるべきである。明らかなように、マイクロ波供給部の直角位相供給は、キャビティ内の界を回転させ、磁界ループ412は図15に示されている位置でスタートし、そして磁界ループ412は、連続する図の間で連続的に90度ずつ増える電気的な位相変化に対応する、図15～図18で示されている「スナップショット」間の時間と共に、図16、図17及び図18に示されている位置に移動する（また、図示されている時間の連続における磁界ループ414、416、418及び420によっても示されている）。図15のパターンは図18に示されているパターンの時点の90度後に現れ、このシーケンスはマグネトロンが動作する限り繰り返されるということも理解されたい。

本発明は従来技術に対して大きな利点を有する。設計の過程でTMモードを使用することにより、（特に、ピザやピーターブレッド・サンドイッチのような「円形の」負荷における縁部の過熱を除去すべく、円周方向のＥ界成分を有さない場合）本アプリケータは（TM型モードは食品のような負荷にTE型モードよりもより良く適合するので）調理の効率を向上させる。選択されたTMモードの使用（この場合、TMモード対は、縮退、即ち管内波長の２倍の関係を有する）は、直角移相供給構造体と共に、均一な時間平均エネルギー分布を生じ、ホットスポット及びコールドスポットを実質的に除去する。本発明の移相構造体は可動部品を有さないので、機械的により有効で信頼性が高い。最後に、本発明のアプリケータはマイクロ波の漏れを最小にすることによって安全性を向上させる。

要約した形における円筒状キャビティの寸法を決定するための手順は以下の通りである。

1.均一な加熱及び電子的な撹拌のために利用され得る回転対称性の要求に合う環状円筒状モード対の型を選択する。

2.効率の増大及び縁部の過熱の低下をもたらす、特有の高い結合係数の故に、TMモードだけを選択する。TM_{mn}モードについてｍ＝０に設定すると、円周方向のＥ界成分を有しないパターンを生じるが、これは、縁部の過熱を除去するためには有利であるが、そのようなパターン（それ自体）が望ましくない「コールド」領域を有しているということにおいて不利である。例えば、TM_{02}モードは中心の「コールド」スポットと同心円の「コールド」リング形状領域とを有する。選択されるべき第２モードは、「コールド」スポット又は領域を好適に「充填」すべく、第１モードと「相補的な」加熱パターンを有すべきものである。例えばTM_{11}モードは「ホット」中心領域を有し、回転させられると、縁部の過熱を招くことなく均一な加熱パターンを提供する。

3.関心を持っているマイクロ波周波数（普通2450MHz）についての自由空間波長を決定し、前に選択した環状対称TMモード型用の望ましいキャビティ直径を包含する直径の範囲について、その周波数における管内波長を決定する。

4.使用される第１モードについて望ましいモード次数を選択する。この場合、図５に示すように、低いモード次数（０～４）が好適である。何故ならば、それらは周波数の関数と

しての管内波長において最も急速な変化を示すからである。TM_{02}モードは、磁界における環状の対称性を有し、周縁領域に強い加熱を提供するので好適である。

5.使用される第２モードについて望ましいモード次数を選択する。この場合、第２モードは、TMモード型であり、受容され得るキャビティ直径において選択された第１モードの管内波長の２分の１に等しい管内波長を有する。例えば、直径が9.17465インチのとき、TM_{02}モードは12.55708インチの管内波長を有し、TM_{11}モードは6.27854インチの管内波長を有する。

6.共振設計のために、上記のステップ５で選択された第２モードの管内波長に等しいキャビティ高さを選択する。この場合、第１モードがキャビティ内で垂直方向に半管内波長を有する一方、第２モードがキャビティ内で垂直方向に全管内波長の界分布を有するので、２つの選択されたモードは、縮退する、即ち、同じキャビティに同時に存在することが可能になる。

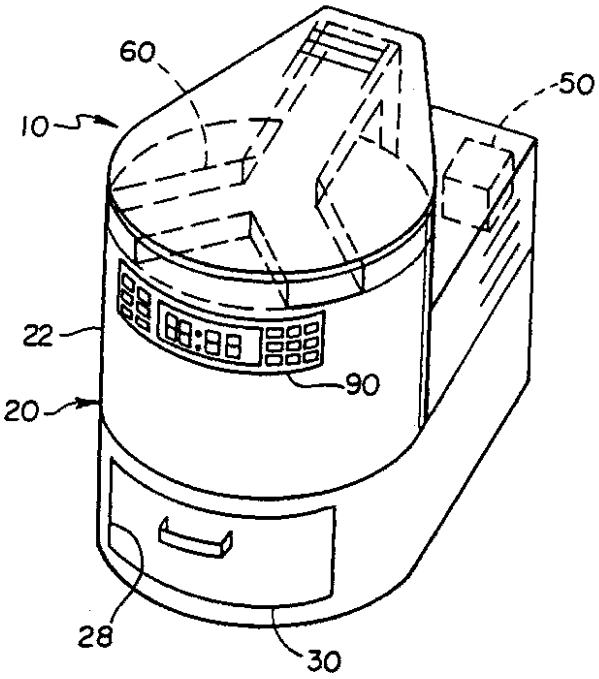
キャビティの寸法が上記のようにして決定されると、供給装置が以下の追加ステップに従って決定され得る。

7.キャビティに直角位相供給装置を提供する。この場合、キャビティ内の供給ポートは、上部壁上又はその近く（即ち短い方のモードの管内波長のλ_g/4未満）の上部壁又は側壁に、縦軸に垂直な平面内で測定すると、一の供給ポートが他の供給ポートから90度の角度に位置するように配置され、また、一の供給ポートから他の供給ポートへの90度の電気的移相をもたらす。結果としての回転方向における変化を伴う、正又は負の移相が使用され得るということを理解されたい。

本発明の変更及び変形が本発明の精神又は範囲から離れることなくなされ得るので、本発明はその詳細のすべてに限定されるものとして受け取られるべきではない。例えば（しかし限定としてではなく）、負荷の挿入はその蓋と共に移動する棚を備えた下部壁内の開口部によることもある。別の例としては、供給ポートの間隔を90度以外にすること（但し機械的角度と電気的角度とは等しい）も本発明の範囲内である。更に別の例としては、一の壁（例えば、下部壁）が隣接する壁（例えば、側壁）から離れている開口式アプリケータを利用することも、側壁と下部壁との間からの漏れを塞ぐ手段が含まれているならば、本発明の範囲内である。

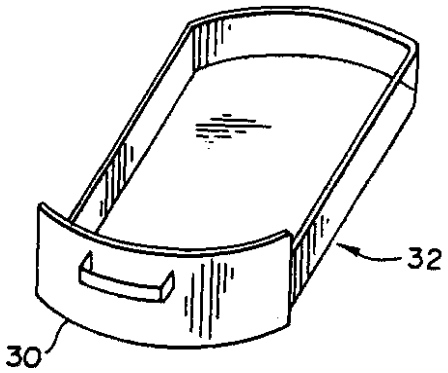
【図１】

Fig. 1



【図２】

Fig. 2



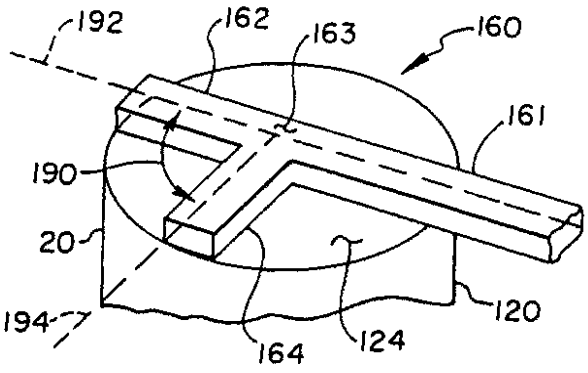
【図３】

Fig. 3



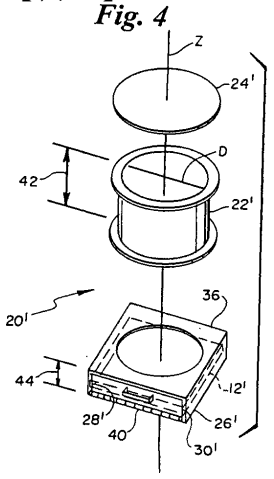
【図６】

Fig. 6



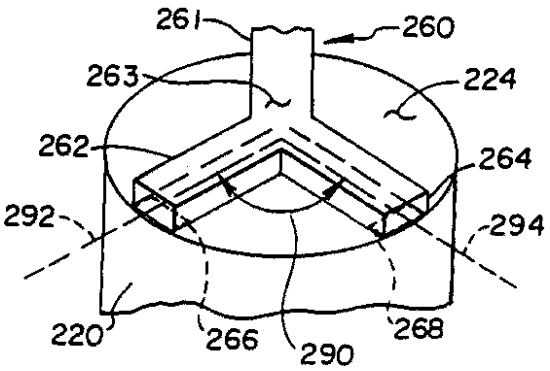
【図４】

Fig. 4



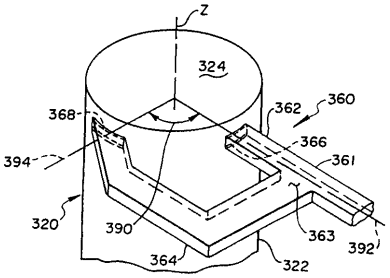
【図７】

Fig. 7



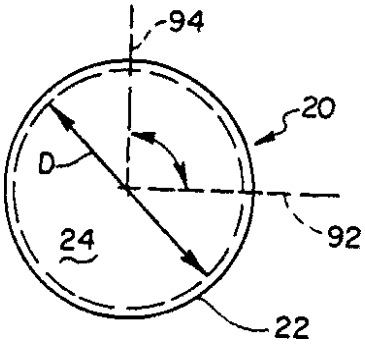
【図８】

Fig. 8



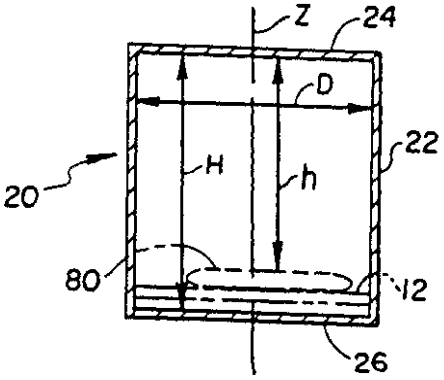
【図９】

Fig. 9



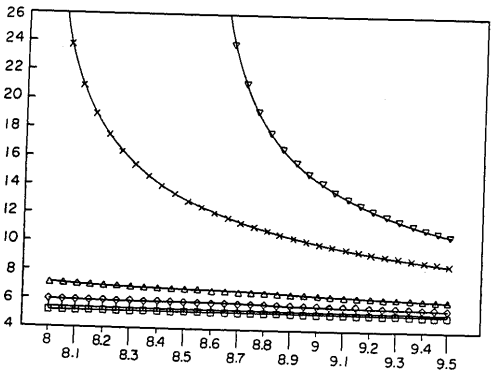
【図１０】

Fig. 10



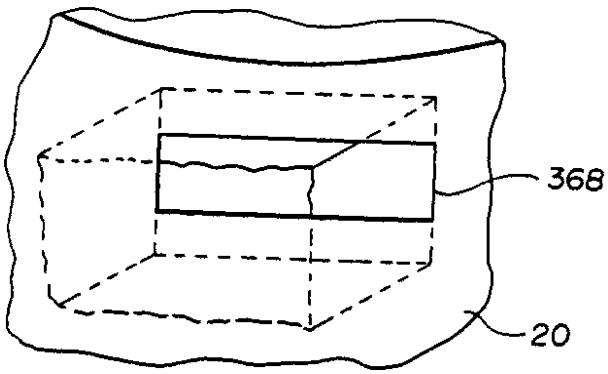
【図５】

Fig. 5



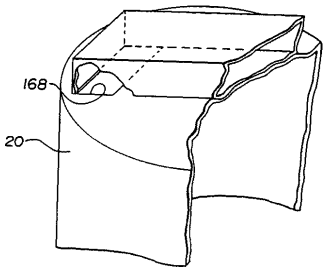
【図１１】

Fig. 11



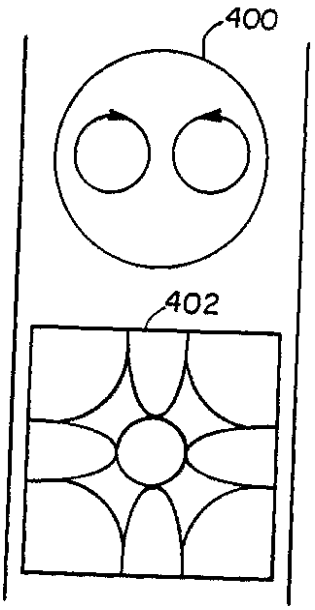
【図１２】

Fig. 12



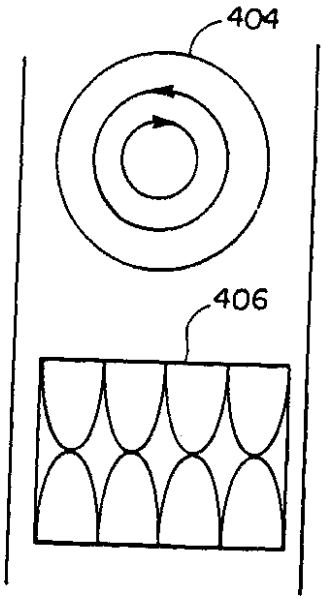
【図１３】

Fig. 13



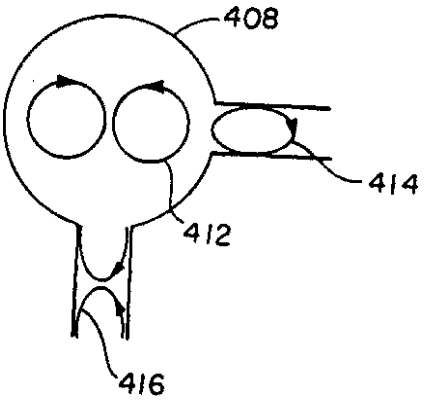
【図１４】

Fig. 14

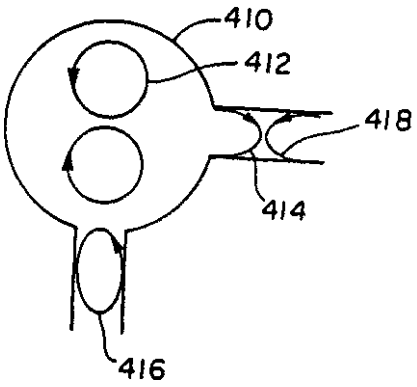


【図１５】

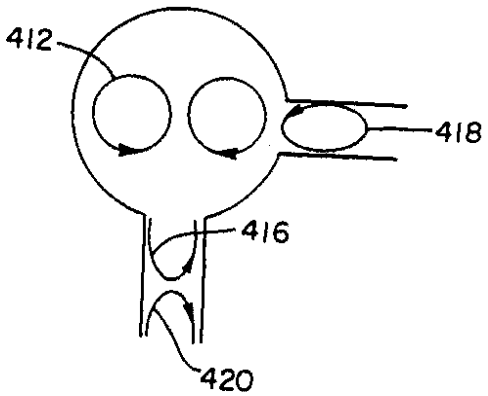
Fig. 15



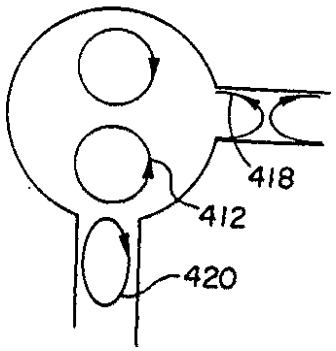
【図１６】
Fig. 16



【図１７】
Fig. 17



【図１８】
Fig. 18



フロントページの続き

(72)発明者　バフラー，チャールズ，アール.
アメリカ合衆国．０３４５５－２１５２　ニューハンプシャー，マールボロー，ウォーター　ストリート　１２６

審査官　結城　健太郎

(56)参考文献　特開昭６０－２３６０９９（ＪＰ，Ａ）
実開昭５３－１５６９３９（ＪＰ，Ｕ）
特表平４－５０２６８４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５５－１３１９８７（ＪＰ，Ａ）
特開平２－８６０９４（ＪＰ，Ａ）
実開平５－７２０９２（ＪＰ，Ｕ）
特開平６－９６８５６（ＪＰ，Ａ）
特開平８－３３００６５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H05B　6/64
H05B　6/80
H05B　6/70
H05B　6/74
F24C　7/02