

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4655634号
(P4655634)

(45) 発行日 平成23年3月23日(2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	
H05B 6/74 (2006.01)	H05B 6/74	E
F24C 7/02 (2006.01)	F24C 7/02	320F
H05B 6/68 (2006.01)	F24C 7/02	511A
H05B 6/70 (2006.01)	F24C 7/02	511E
H05B 6/72 (2006.01)	H05B 6/68	310Z

請求項の数 5 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2005-7376 (P2005-7376)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成17年1月14日(2005.1.14)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2006-196336 (P2006-196336A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成18年7月27日(2006.7.27)	(74) 代理人	100109667
審査請求日	平成19年12月12日(2007.12.12)		弁理士 内藤 浩樹
		(74) 代理人	100109151
			弁理士 永野 大介
		(74) 代理人	100120156
			弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	吉野 浩二
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	信江 等隆
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ波加熱装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロ波を放射するマイクロ波放射手段と、前記マイクロ波放射手段から放射された前記マイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間と、前記マイクロ波空間の少なくとも一部に設けられて被加熱物を収納できる加熱室と、前記マイクロ波空間内に配され内部を誘電体が入り出す複数の通路と、前記複数の通路内への誘電体の入りを制御して前記複数の通路内における前記誘電体の有無の組み合わせを変えることにより、前記マイクロ波空間内の誘電率分布状態を変化させる制御手段とを備えたマイクロ波加熱装置。

【請求項2】

前記マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、前記放射アンテナの軸について対称な少なくとも二箇所に前記通路を配する請求項1に記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項3】

前記マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、前記放射アンテナの回転中心からの距離が異なる少なくとも二箇所に前記通路を配する請求項1に記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項4】

被加熱物の温度を検出する温度検出手段をさらに有し、前記制御手段は、前記温度検出手段の検出信号に基づき、前記通路への誘電体の入りを制御する請求項1に記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項 5】

使用者が設定できる設定手段をさらに有し、前記制御手段は、前記設定手段の設定内容に応じて、所定の前記通路への誘電体の出入りを制御する請求項 1 に記載のマイクロ波加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被加熱物を誘電加熱するマイクロ波加熱装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、マイクロ波加熱装置の代表例である電子レンジでは、マグネトロンから放射されるマイクロ波を加熱室に導波管を通じて伝送して、加熱室内で定在波を形成させ、この定在波の電界成分と被加熱物の誘電損失に応じて被加熱物を発熱させている。被加熱物の単位体積当たりの吸収される電力 P [W/m³] は、加えられる電界の強さ E [V/m]、周波数 f [Hz]、および被加熱物の比誘電率（誘電率の実数部分） r 、誘電正接 \tan により、下式により表わされる（ここで、 $r \cdot \tan$ が誘電損失に相当する）。

【0003】

$$P = (5/9) r \cdot \tan \cdot f \cdot E^2 \times 10^{-10} \quad [\text{W/m}^3]$$

また、電子レンジは、被加熱物を収納する加熱室の大きさが大概、幅寸法および奥行き寸法がそれぞれ 30 ~ 40 cm、高さ寸法が 20 cm 前後である。一方、使用しているマイクロ波の波長は約 12 cm であり、加熱室内で共振して定在波となるので強弱の電界分布が必ず生じ、さらには被加熱物の形状やその物理特性の影響が相乗的に作用して局所的な加熱が発生することがある。この局所的な加熱を抑制する方法として、被加熱物を回転させることにより電界分布に対する相対位置を変化させるいわゆるターンテーブルや、マイクロ波を攪拌することにより電界分布を変化させるいわゆるスタラー方式、回転アンテナ方式などを用いる方法がある。これらの場合、回転の中心から等距離にある部位の加熱を平均化するのにある程度の効果があるものの、それでも完全に均一にすることは難しい。

【0004】

特に、冷凍食品の解凍においては、氷が溶けて水になった領域は誘電損失が急激に大きくなり、加熱エネルギーが集中するので、周囲と比較して温度上昇速度が速くなる。つまり、氷の部分の加熱が遅い反面、氷が溶けた部分の加熱が早まるといった状態で、ますます温度差が拡大する傾向がある。よって、局所的な加熱現象が顕著に現れ、ひどい場合は、煮えている部分と未解凍部分とが共存してしまうこともある。これを防ぐために現在の電子レンジの解凍では、あえてマイクロ波の出力を下げる（例えば、定格高周波出力 1000 W の機種でも解凍時には 300 W 以下）とか、マイクロ波を出さない時間を加熱途中に設ける（断続動作）などにより、食品内部の熱伝導による温度の平均化を待つことによって出来映えを向上させている。つまり、加熱時間をあえて延ばすことにより、局所的な加熱を回避しているのである。

【0005】

一方、マイクロ波が伝送される空間に誘電体を供給することで、マイクロ波分布が変化するというに着目したものがある。その一つは、加熱室の上面に接続された導波管内に誘電体からなる一つの細い管を配置して管内に間欠的に冷媒（誘電体）を送るというマイクロ波加熱装置である（例えば、特許文献 1 参照）。また、他のものは、加熱室底面のほぼ全域を覆う一つの大きな容器に水（誘電体）と空気を循環させるというマイクロ波加熱装置である（例えば、特許文献 2 参照）。

【特許文献 1】特公昭 40 - 17195 号公報

【特許文献 2】特許第 3317227 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

20

30

40

50

しかしながら、従来のマイクロ波加熱装置は、ある一つの領域で誘電体の有無を制御するので、誘電体が無い時のマイクロ波分布と誘電体がある時のマイクロ波分布との高々二種類の分布を切り替えるものであり、分布の選択肢が少なく、被加熱物の種類や形状や置く位置などによっては、局所的な加熱を回避できない場合があった。

【0007】

また、特許文献1のものでは、導波管内でのみ冷媒（誘電体）の有無を制御するので、特に導波管内のマイクロ波に作用し、その結果、導波管から加熱室に伝送されるマイクロ波の伝送効率を変えることができるが、これは、全体のマイクロ波の強度を変えているだけに過ぎず、加熱室内のマイクロ波の強いところと弱いところの位置関係を変えるような効果は少ないと考えられる。なぜならば、加熱室内のマイクロ波の分布は、加熱室内部の状態が変わるか、加熱室へのマイクロ波の入射位置が変わるかしないと、変化しないからである。すなわち、特許文献1のものでは、導波管内で冷媒（誘電体）の有無の変化があるものの、加熱室内部では誘電体は常に無いままであり、マイクロ波の入射位置（導波管と加熱室の結合部）も常に一定のままだからである。

【0008】

また、特許文献2のものでは、加熱室内で水の有無を制御しており加熱室内のマイクロ波分布に十分作用すると考えられる。ただし、加熱室底面の全域を覆うような大量の水を前提としており、マイクロ波は水を通さない限り被加熱物に到達しない構成となっている。よって、水有りの場合には水自身がマイクロ波を吸収してしまい、被加熱物がマイクロ波を吸収する割合が減少することが懸念される。このことは、具体的に高周波出力の低下について記載されており、水無し時に650Wだったものが、水70g時に512W、水100g時に446Wとなる。つまり、水の量を増やすことで、被加熱物の加熱効率が低下しているのである。

【0009】

本発明は、前記従来の課題を解決するもので、被加熱物の加熱効率を低下させることなく、マイクロ波加熱特有の局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることのできるマイクロ波加熱装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記従来の課題を解決するために、本発明のマイクロ波加熱装置は、マイクロ波を放射するマイクロ波放射手段と、前記マイクロ波放射手段から放射された前記マイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間と、前記マイクロ波空間の少なくとも一部に設けられて被加熱物を収納できる加熱室と、前記マイクロ波空間内に配され内部を誘電体が入り出す複数の通路と、前記複数の通路内への誘電体の入りを制御して前記複数の通路内における前記誘電体の有無の組み合わせを変えることにより、前記マイクロ波空間内の誘電率分布状態を変化させる制御手段とを備えたものである。

【0011】

これによって、マイクロ波空間に含まれる加熱室内のマイクロ波分布を変化させることができ、加熱室に収納された被加熱物周辺のマイクロ波の電界分布が変化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明のマイクロ波加熱装置は、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

第1の発明は、マイクロ波を放射するマイクロ波放射手段と、前記マイクロ波放射手段から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間と、前記マイクロ波空間の少なくとも一部に設けられて被加熱物を収納できる加熱室と、前記マイクロ波空間内に配され内

部を誘電体が入り出る複数の通路と、前記複数の通路への誘電体の入りを制御して前記複数の通路内における前記誘電体の有無の組み合わせをえることにより、前記マイクロ波空間内の誘電率分布状態を变化させる制御手段とを備えたものである。これにより、マイクロ波空間に含まれる加熱室内のマイクロ波分布を变化させることができ、加熱室に収納された被加熱物周辺のマイクロ波の電界分布が变化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。つまり、通路の数が一つしかない誘電体があるか無いかの2通りのマイクロ波分布しか起こらないが、通路の数を2つとすると4通り（いずれの通路にも誘電体がない場合、いずれか一方の通路のみに誘電体がある場合、いずれの通路にも誘電体がある場合）のマイクロ波分布、同様に通路の数を3つとすると8通りのマイクロ波分布、通路の数を4つとすると16通りのマイクロ波分布というように、通路の数を増やすごとに選択できるマイクロ波分布の数を飛躍的に増やすことができる。したがって、誘電体の有無の制御によって任意のマイクロ波分布に切り替えることが可能となる。その結果、被加熱物をより一層均一に加熱することができ、特に冷凍品を解凍する場合や、一般的なあたため（再加熱）の出来映えを向上させることが可能となる。

【0014】

第2の発明は、特に、第1の発明において、前記マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、放射アンテナの軸について対称な少なくとも二箇所に通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布と、第一の通路に対称な他の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布とを、対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、通路が二つの場合、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布が軸に対していずれかの方向に変異した部位（第一の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすれば、第二の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布は軸に対して反対の方向に変異した部位（第二の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布を生じさせることができる。

【0015】

特に、第2の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の左に第一の通路と、軸の右に第二の通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合と第二の通路にのみ誘電体がある場合とで、軸を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、左右対称などの分布を起こすことが可能である。マイクロ波加熱装置として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも左右に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【0016】

特に、第2の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の前に第一の通路と、軸の後ろに第二の通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合と第二の通路にのみ誘電体がある場合とで、軸を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、前後対称などの分布を起こすことが可能である。マイクロ波加熱装置として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも前後に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【0017】

第3の発明は、特に、第1の発明において、前記マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、放射アンテナの回転中心からの距離が異なる少なくとも二箇所に通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布と、第一の通路とは軸からの距離が異なる他の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布とを、軸に対して非対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、通路が二つの場合、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布

10

20

30

40

50

が軸上の特定の部位に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすると、もし第二の通路が第一の通路と軸から等距離で対称な位置にあった場合は、第二の通路にのみ誘電体がある場合も第一の通路にのみ誘電体がある場合と同様、軸上の部位に局所的な集中を引き起こすことが容易に考えられる。ところが第二の通路が第一の通路とは軸からの距離が異なるように配置することで、第二の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布は軸に対して非対称な分布、すなわち軸上の特定部位に集中しないような分布、あるいは軸上でも異なる部位に集中させる分布ができる可能性が高くなるのである。

【0018】

特に、第3の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の上方に第一の通路と、第一の通路のさらに上方に第二の通路を配することにより、第一の通路は放射アンテナに近く、第二の通路は放射アンテナから遠く配されることになる。一般的に放射アンテナから距離が離れるにつれて電界が減衰することが知られており、放射アンテナに近い第一の通路の方がより強い電界にさらされるので、誘電体があるときのマイクロ波への影響、すなわちマイクロ波分布の変化がより大きくなることが想定される。よって誘電体の無い場合のマイクロ波の分布と比較して、第二の通路にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を少しだけ変化させて、第一の通路にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を大きく変化させるということが可能である。

10

【0019】

特に、第3の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、少なくとも軸の中心に近い第一の通路と、前記第一の通路の外側で軸の中心から遠い第二の通路を配することにより、第6の発明と同様な効果を得ることができる。

20

【0020】

第4の発明は、特に、第1の発明において、被加熱物の温度を検出する温度検出手段をさらに有し、制御手段は、温度検出手段の検出信号に基づき、通路への誘電体の出入りを制御することにより、温度検出手段の検出信号から被加熱物の温度むらを見ながら、むらが大きくなってくれば通路への誘電体の出入りを制御して、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。また、各通路における誘電体の有無の組み合わせを順次切り替えながらそれぞれの温度むらを検出すれば、最も温度むらを小さくできる組み合わせがわかるので、以降はその組み合わせに固定して加熱を進めることで温度むらを小さくできる。また、あらかじめ各通路における誘電体の有無の組み合わせによってどのような加熱分布になるかを把握しておけば、温度むらを検出しながら、温度むらを打ち消す可能性の高い条件になるよう誘電体をこまめに制御することができ、最初から最後まで被加熱物の温度むらをあまり発生させない状態を維持したまま加熱することができる。

30

【0021】

第5の発明は、特に、第1の発明において、使用者が設定できる設定手段をさらに有し、制御手段は、設定手段の設定内容に応じて、所定の通路への誘電体の出入りを制御することにより、設定内容に応じて、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。特に、設定手段が操作キーのメニュー設定の場合、キー自体が「牛乳」とか「解凍」とか「コンビニ弁当」などのようになっていれば、被加熱物の形状や材質をある程度特定できる場合が多い。例えば、「牛乳」ならマグカップやコップの形状で対流があるので下の方を加熱すれば良いとか、「解凍」なら平らな形状なので上下の分布よりも前後左右の分布を良くすべきとか、「コンビニ弁当」の場合は面積が広い形状でごはんとおかずの領域が分かれているのでバランスをとるべき、というようなことが予め推測できる。あるいは加熱時間を設定した場合はトータルの時間が決まるので、途中で二回分布を変えるなら何分ずつの配分にしようとか、このようなこともあらかじめ決定することができる。よって設定内容に応じて所定の通路への誘電体の出入りを制御することは、加熱の均一化のためにある程度の効果がある。

40

【0022】

特に、第1の発明において、制御手段は、マイクロ波加熱中に通路への誘電体の出入り

50

を制御することにより、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物を加熱し、所定の通路への誘電体の出入りを制御した後は異なるマイクロ波分布で被加熱物を加熱することができる。特に、誘電体の出入りを制御する電力は、マイクロ波加熱に要する電力（例えば、1200W）と比較してはるかに低電力（10Wオーダー）で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は誘電体の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。

【0023】

特に、第1の発明において、誘電体を水で構成したことにより、水は比誘電率が約80と高く、空気の1と比べて80倍もある。一般に誘電体の内部を伝播するマイクロ波の波長は比誘電率の平方根に反比例するので、水の内部では波長は約 $1/9$ （ $1/80$ ）に圧縮される。逆にマイクロ波の波長を一定と考えると、水の存在する領域のみ9倍に拡大したように見えるのである。よって水の有無や、水がある場合はその位置によって、マイクロ波空間の形状がいびつに変形されるのと同様の作用を有することになり、マイクロ波分布を大きく変化させることができる。また水は入手が容易であり、安全であり、扱いが簡単である。通路への水の出入りを制御することに関しても、ポンプやバルブなどの汎用部品を用いることが容易であるし、いろいろな分野で水を搬送するための管が実用化されており、これらを通路として採用することが可能である。

10

【0024】

特に、第1の発明において、通路を樹脂製のチューブで構成したことにより、通路を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体の形状や位置を任意に決定することができる。

20

【0025】

特に、第1の発明において、通路をガラスで構成したことにより、第12の発明と同様な効果を得ることができる。

【0026】

特に、第1の発明において、通路から排出された誘電体を、循環手段を介して循環させる構成としたことにより、誘電体を再利用できて無駄がないとともに、使用者に誘電体のセッティングや後処理の手間をかけないようにすることができる。

【0027】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、この実施の形態によって本発明が限定されるものではない。

30

【0028】

（実施の形態1）

図1～図13は、本発明の実施の形態1におけるマイクロ波加熱装置を示すものである。

【0029】

図1、図2に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置1は、マイクロ波放射手段11と、マイクロ波放射手段11から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間9と、マイクロ波空間9の少なくとも一部に設けられて被加熱物2を収納できる正面開放の箱形状の加熱室3と、マイクロ波空間9に配された複数の通路13～16と、複数の通路13～16への誘電体（本実施の形態では水）17の出入りを制御する制御手段33とを有している。そして、複数の通路13～16内における誘電体17の有無によりマイクロ波空間9の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるようにしている。

40

【0030】

また、マイクロ波加熱装置1は、マイクロ波空間9を仕切るとともに被加熱物2を載置する載置台10、使用者が操作できる設定手段32、および加熱室3の正面に開閉自在に装備し使用者が被加熱物2を加熱室3へ出し入れするドア34を有している。なお、載置台10はセラミックやガラスなどの低損失誘電材料からなるので、マイクロ波が容易に透

50

過し、その上部に形成される加熱室3へマイクロ波を送ることができるものである。

【0031】

前記マイクロ波放射手段11は、マグネトロン4と、放射されたマイクロ波を導く導波管5と、導波管5の開口6に同軸結合した軸7を有する放射アンテナ8と、軸7と接続し放射アンテナ8を回転させてマイクロ波空間9の分布をある程度変化させるモータ12とを有している。

【0032】

また、通路13～16は、誘電体17が移動できる通路であり、ガラス製であり、加熱室3の内外にわたるものである。タンク18内には誘電体17が貯えられ、循環手段を構成するポンプ19～22によってそれぞれが移動させられる。この通路については、本実施の形態では図3に具体構成を示しているように、ポンプ19～22と接続されたゴム製の給水ホース23と、低損失誘電材料のガラスからなる分布可変容器24と、ゴム製の排水ホース25とを有している。分布可変容器24の給水口26、排水口27は、それぞれ加熱室3を形成する壁面28に設けられた開口29、30から加熱室3外部へと突出させ、加熱室3外部で給水ホース23、排水ホース25と接続している。この構成により、加熱室3内でマイクロ波にさらされるのは、分布可変容器24の本体31であり、本体31内の誘電体17の有無によってマイクロ波分布が変化することになる。本体31内の誘電体17は、重力に従って排水口27、排水ホース25を介して自然にタンクへ18と排出されるが、ポンプ19～22により給水ホース23、給水口26を介して排水量と同等以上の誘電体17を供給し続ければ本体31内に誘電体17を満たすことができる。本体31の容積は任意に設計可能であるが、あまり大きくなると誘電体17がマイクロ波を吸収してしまって被加熱物2が加熱されるスピードが遅くなる(効率低下の)危険性があるので、50cc以下で良く、できれば100cc程度が望ましい。

【0033】

設定手段32は、加熱の開始/終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段33は、設定手段32の設定内容に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン4からのマイクロ波の放射や、モータ12の駆動や、ポンプ19～22の動作などを制御する。

【0034】

図4には、制御系のブロック図を示しているが、この制御系は、例えば、マイクロプロセッサを備えてなる制御手段33を中心に構成されている。

【0035】

上記した構成のマイクロ波加熱装置は、被加熱物2を収容する加熱室3にマイクロ波を供給することにより、被加熱物2を加熱処理するものである。マグネトロン4から放射されたマイクロ波は、導波管5内を伝搬して放射アンテナ8からマイクロ波空間9へと放射される。マイクロ波空間9は、載置台10により上下に二分されているが、載置台10はセラミックやガラスなどの低損失誘電材料からなるのでマイクロ波が容易に透過し、載置台10上部に形成される加熱室3へマイクロ波を送ることができる。ここで、放射アンテナ8は指向性を有しており、向きによってマイクロ波の放射の方向が変化することによりマイクロ波空間9の分布をある程度変化させることができる。このため、軸7と接続したモータ12により、放射アンテナ8を回転させる構成となっている。

【0036】

次に、図5により通路13～16内、特に、分布可変容器24内の水量の時間変化について説明する。時間 t_{on} でポンプ動作を開始(on)すると、図3に示す給水ホース23から給水口26を介して分布可変容器24内に給水を始めるが、分布可変容器24の下部に排水口27があるので排水口27、排水ホース25を介して誘電体17の一部が排水される。ここで、分布可変容器24内の水量は、ポンプの能力により、給水量が排水量よりも多い間は水量が増加し、給水量と排水量が等しくなると一定とすることができる。そして、 t_{off} でポンプ動作を停止(off)すると、給水が無くなって排水のみが続くので、分布可変容器24内の水量は減少し、いずれ0となる。分布可変容器24内の

10

20

30

40

50

水量が多いほど水圧が高く排水量が多くなり、分布可変容器 2 4 内の水量が少ないと水圧が下がり排水量が減少していく傾向があるため、 t_{off} 後の水量変化は図 5 のような曲線を描くと考えられる。なお、ポンプの動作を制御することで給水量の調節ができるので、 t_{on} から t_{off} までの間の分布可変容器 2 4 内の水量をできるだけ一定に近づけるようにも制御できる。

【0037】

次に、具体的な誘電体 1 7 の出し入れの制御について説明する。図 6 は通路 1 3 ~ 1 6 の、特に、分布可変容器 2 4 内の水量変化の制御シーケンスである。上から順に、左後の通路 1 3、左前の通路 1 4、右後の通路 1 5、右前の通路 1 6 における水量の特性を示している。

10

【0038】

時間 0 ~ t_1 はどの通路にも水が無く、図 2 に示した通りの状態である。時間 t_1 ~ t_2 は左後の通路 1 3 と左前の通路 1 4 に誘電体 1 7 があり、図 7 に示した状態である。時間 t_2 ~ t_3 は右後の通路 1 5 と右前の通路 1 6 に誘電体 1 7 があり、図 8 に示した状態である。時間 t_3 ~ t_4 は左後の通路 1 3 と右後の通路 1 5 に誘電体 1 7 があり、図 9 に示した状態である。時間 t_4 ~ t_5 は左前の通路 1 4 と右前の通路 1 6 に誘電体 1 7 があり、図 10 に示した状態である。また、図 2、図 7 ~ 図 10 には被加熱物 2 が特に加熱されやすい部位 3 5 ~ 3 9 を示しており、特に、図 2 を基準と考えて図 7 ~ 図 10 には図 2 で示した加熱されやすい部位 3 5 も併記している。図 7 ~ 図 10 の加熱されやすい部位 3 6 ~ 3 9 は、いずれも図 2 の加熱されやすい部位 3 5 と比べて位置がずれている。

20

【0039】

まず、通路 1 3 と通路 1 5、通路 1 4 と通路 1 6 は、放射アンテナ 8 の軸 7 (回転の中心) からみてそれぞれ位置が概ね左右対象の位置にあるので、左側の通路 1 3、1 4 にのみ誘電体 1 7 がある状態 (図 7) と、右側の通路 1 5、1 6 にのみ誘電体 1 7 がある状態 (図 8) とでは加熱されやすい部位の位置のずれ方が逆向きである。すなわち、図 2 の加熱されやすい部位 3 5 に対して、図 7 の加熱されやすい部位 3 6 は左側にずれ、図 8 の加熱されやすい部位 3 7 は右側にずれているのである。よって、図 7 の状態と図 8 の状態を均等に切り替えれば、それぞれ加熱される部位が異なるので、加熱分布の均一化につながるようになる。

【0040】

30

また、通路 1 3 と通路 1 4、通路 1 5 と通路 1 6 は、放射アンテナ 8 の軸 7 (回転の中心) からみてそれぞれ位置が概ね前後対象の位置にあるので、後側の通路 1 3、1 5 にのみ誘電体 1 7 がある状態 (図 9) と前側の通路 1 4、1 6 にのみ誘電体 1 7 がある状態 (図 10) とでは加熱されやすい部位の位置のずれ方が逆向きである。すなわち、図 2 の加熱されやすい部位 3 5 に対して、図 9 の加熱されやすい部位 3 8 は前側にずれ、図 10 の加熱されやすい部位 3 9 は後側にずれているのである。よって、図 9 の状態と図 10 の状態を均等に切り替えれば、それぞれ加熱される部位がずれるので、被加熱物 2 の加熱分布の均一化につながるようになる。

【0041】

図 11 に加熱分布の均一化のイメージ図を示した。図 11 (a) は一般的なマイクロ波加熱装置の場合で、図 2 の状態で加熱を続けることにより、加熱されやすい部位 3 5 の、特に、中央部分が局所的に加熱されている。図 11 (b) は本実施の形態により図 6 のように時間 0 ~ t_5 まで誘電体 1 7 の出入りを制御したもので、加熱されやすい部位 3 5 ~ 3 9 が重なり合うことで加熱部位 4 0 が広範囲となり、かつ局所的な加熱しすぎが無くなっている。

40

【0042】

図 12 は、水量変化の他の制御シーケンスを示す。これは、必ずいずれかの通路に誘電体 1 7 があるようにしており、できるだけ誘電体 1 7 の出し入れの回数を減らすために誘電体 1 7 の有/無の状態を長時間維持するようにしたものである。これによりポンプの起動回数が減るので耐久性が向上する効果がある。

50

【 0 0 4 3 】

図 1 3 は、水量変化のさらに他の制御シーケンスを示す。これは、単独の通路にのみ誘電体 1 7 があるようにしたものである。もちろん四つのうち、三つの通路に誘電体 1 7 を満たしても良いし、四つとも満たすことも考えられる。

【 0 0 4 4 】

以上のように、本実施の形態のマイクロ波加熱装置 1 は、マイクロ波放射手段 1 1 と、マイクロ波放射手段 1 1 から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間 9 と、マイクロ波空間 9 の一部に設けられて被加熱物 2 を収納できる加熱室 3 と、マイクロ波空間 9 に配されたガラス製などの複数の通路 1 3 ~ 1 6 と、複数の通路 1 3 ~ 1 6 への誘電体 1 7 の出入りを制御する制御手段 3 3 とを有し、複数の通路 1 3 ~ 1 6 内における誘電体 1 7 の有無によりマイクロ波空間 9 の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるものである。

10

【 0 0 4 5 】

これによって、マイクロ波空間 9 に配された複数の通路 1 3 ~ 1 6 内における誘電体 1 7 の有無により、マイクロ波空間 9 の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波空間 9 内のマイクロ波分布を変化させることができ、その結果、マイクロ波空間 9 に含まれる加熱室 3 内のマイクロ波分布を変化させることができる。よって、加熱室 3 に収納された被加熱物 2 周辺のマイクロ波の電界分布が変化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物 2 の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。

20

【 0 0 4 6 】

通路の数が一つしかない誘電体 1 7 があるか無いかの 2 通りのマイクロ波分布しか起こらないが、通路の数を 2 つとすると 4 通り（いずれの通路にも誘電体がない場合、いずれか一方の通路のみに誘電体がある場合、いずれの通路にも誘電体がある場合）のマイクロ波分布、同様に通路の数を 3 つとすると 8 通りのマイクロ波分布、通路の数を 4 つとすると 1 6 通りのマイクロ波分布というように、通路の数を増やすごとに選択できるマイクロ波分布の数を飛躍的に増やすことができ、誘電体 1 7 の有無の制御によって任意のマイクロ波分布に切り替えることが可能となる。その結果、被加熱物 2 をより一層均一に加熱することができる。本実施の形態においては、通路の数が 4 つなので 1 6 通りのマイクロ波分布を切り替えられる。

30

【 0 0 4 7 】

また、マイクロ波加熱装置 1 は、特に、マイクロ波放射手段 1 1 は、軸 7 を中心に回転する放射アンテナ 8 からマイクロ波を放射する構成とし、軸 7 から見て対称な位置に通路 1 3 ~ 1 6 を配する構成としている。これによって、ある通路に誘電体 1 7 がある場合のマイクロ波分布と、対称な他の通路に誘電体 1 7 がある場合のマイクロ波分布とを、対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、第一の通路にのみ誘電体 1 7 がある場合のマイクロ波分布が軸に対していずれかの方向に変異した部位（第一の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすれば、第二の通路にのみ誘電体 1 7 がある場合のマイクロ波分布は軸に対して反対の方向に変異した部位（第二の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布を生じさせることができる。

40

【 0 0 4 8 】

特に、加熱室 3 の正面にはドア 3 4 を有し、軸 7 は加熱室 3 の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸 7 の左に通路 1 3、1 4 と、軸 7 の右に通路 1 5、1 6 を配する構成としている。また、正面から見て少なくとも軸 7 の前に通路 1 4、1 6 と、軸 7 の後ろに通路 1 3、1 5 を配する構成としている。これらによって、左の通路 1 3、1 4 にのみ誘電体 1 7 がある場合と右の通路 1 5、1 6 にのみ誘電体 1 7 がある場合や、前の通路 1 4、1 6 にのみ誘電体 1 7 がある場合と後の通路 1 3、1 5 にのみ誘電体 1 7 がある場合に、軸 7 を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。マイクロ波加熱装置 1 として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物 2 である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも

50

左右や前後に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【0049】

また、マイクロ波加熱装置1は、制御手段33は、マイクロ波加熱中に通路13～16への誘電体17の出入りを制御する構成としている。これによって、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物2を加熱し、所定の通路への誘電体17の出入りを制御した後は異なったマイクロ波分布で被加熱物2を加熱することができる。特に、誘電体17の出入りを制御する電力は、マイクロ波加熱に要する電力(例えば、1200W)と比較してはるかに低電力(100W以下)で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は、誘電体17の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。

10

【0050】

また、マイクロ波加熱装置1は、誘電体17を水で構成している。これによって、水は比誘電率が約80と高く、空気の1と比べて80倍もある。一般に誘電体17の内部を伝播するマイクロ波の波長は比誘電率の平方根に反比例するので、水の内部では波長は約 $1/9$ ($1/80$)に圧縮される。逆にマイクロ波の波長を一定と考えると、水の存在する領域のみ9倍に拡大したように見えるのである。よって、水の有無や、水がある場合はその位置によって、マイクロ波空間の形状がいびつに変形されるのと同様の作用を有することになり、マイクロ波分布を大きく変化させることができる。また、水は入手が容易であり、安全であり、扱いが簡単である。通路13～16への水の出入りを制御すること

20

【0051】

また、マイクロ波加熱装置1は、通路13～16をガラスで構成している。これによって、通路を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また、形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体17の形状や位置を任意に決定することができる。

【0052】

さらに、マイクロ波加熱装置1は、通路13～16から排出された誘電体17をポンプ(循環手段)19～22を介して循環させる構成としている。これによって、誘電体17を再利用できて無駄がないとともに、使用者に誘電体17のセッティングや後処理の手間をかけないようにすることができる。

30

【0053】

(実施の形態2)

図14～図19は、本発明の実施の形態2におけるマイクロ波加熱装置を示すものである。実施の形態1と同一要素については同一符号を付してその説明を省略する。

【0054】

図14に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置41は、誘電体(水)17が移動できる通路42、43を加熱室3の内外にわたって設けてある。タンク44内には誘電体17が貯えられ、循環手段としてのポンプ45とバルブ46、47によって移動させられるものである。ここで通路42、43は直列に接続されているので、一つのポンプ45と二つのバルブ46、47により、通路42、43内への誘電体17の出し入れを切り替える。通路42については、特に、図15に示すように、ポンプと接続された給水チューブ48と、低損失誘電材料のガラス窓49と加熱室3を形成する壁面50とで形成される分布可変容器51と、排水チューブ52とを有している。分布可変容器51の給水口53、排水口54は、それぞれ壁面50をしぼり加工で加熱室3外部へと突出させ、加熱室3外部で給水ホース48、排水ホース52と接続している。この構成により、加熱室3内でマイクロ波にさらされるのは、分布可変容器51であり、分布可変容器51内の誘電体17の有無によってマイクロ波分布が変化することになる。分布可変容器51内の

40

50

誘電体 17 は、排水口 54、排水ホース 52 を介して通路 43 へと導かれるが、通路 43 との間に配置されたバルブ 46 の開閉状態によって排出されるか維持されるかが切り替えられるものである。パッキン 55 はシリコンなどの材料からなり、ガラス窓 49 と壁面 50 との隙間を埋めて水漏れを防いでいる。

【0055】

設定手段 56 は、加熱の開始/終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段 57 は、設定手段 56 の設定内容に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン 4 からのマイクロ波の放射や、モータ 12 の駆動や、ポンプ 45、バルブ 46、47 の動作などを制御する。図 16 にその制御系のブロック図を示しているように、この制御系は、例えば、マイクロプロセッサを備えてなる制御手段 57 を中心に構成されている。特に、設定手段 56 はメニュー選択手段 58 を有し、選択できるメニューの中に「牛乳」や「根菜」というメニューを有している。

10

【0056】

次に、具体的な誘電体 17 の出し入れの制御について説明する。図 17 は、被加熱物 2 が「牛乳」でも「根菜」でも無い平らな食品 59 の場合で、通路 42、43 のいずれも誘電体 17 が無い状態の場合である。この場合は、一般のマイクロ波加熱装置と同等の分布性能が得られる。

【0057】

ここで、一般のマイクロ波加熱装置における上下方向の加熱分布について説明を加える。一般にいろいろな食品をできるだけ均一に加熱しようとする、上下方向の加熱分布も無くしたいので、実際に使用される食品の高さを想定して載置台 10 上の高さ 30 ~ 50 mm 程度の位置にマイクロ波が集中するように設計することが考えられる。この場合、牛乳などの飲み物でも、馬鈴薯などの根菜でも、一様に中央部分が早く加熱される傾向がある。根菜の場合は固体のため対流が無く、中央から周囲への熱伝導が均等であるから、中央部分が早く加熱されればある程度満足できる出来映えが得られる。しかし、飲み物の場合は対流があり、熱い部位が低い位置にあると上方へと流れて混ざり合うが、冷たい部位が低い位置にあると上方とは混ざらずに低温のまま維持されてしまう。よって、中央部分が早く加熱される場合は、中央から上方にかけては均一で、底の部分だけが冷たいままとなってしまう傾向がある。このため、飲み物の分布を改善するために、マイクロ波の集中する高さを低めにして載置台 10 上の高さ 10 ~ 20 mm に集中させることが考えられる。こうすれば飲み物は底の部分もある程度加熱されるので、あとは対流によって全体的に均一にすることができる。しかし、この場合は根菜においても底の部分の加熱が早くなり、対流が無いので底が先に煮えてしまって上側が冷たいままということが起こりうる。よって、飲み物と根菜のバランスをとりながら設計する（例えば、20 ~ 30 mm に集中させる）ことになり、どちらも完璧ではないがそこそこの出来映え、つまり、飲み物はやや底が冷たく、根菜は底がやや熱いということが起こりやすい。

20

30

【0058】

そこで、本実施の形態では、通路 42、43 とともに誘電体 17 が無い状態では上下方向の分布はあまり考慮せずに平らな食品の分布が良くなるように設計しておき、通路 42 に誘電体 17 を満たすと飲み物の底が加熱されやすくなり、通路 43 に誘電体 17 を満たすと根菜の中央が加熱されやすくなる（もちろん通路 42、43 の傾向は逆でも良いが）、というように加熱分布を切り替えられる位置に通路 42、43 を設けている。

40

【0059】

図 18 は、被加熱物 2 が牛乳 60 の場合であり、使用者が設定手段 56 のメニュー選択手段 58 から「牛乳」キーを選択するので、それに基づいて制御手段 57 がポンプ 45、バルブ 46、47 を制御して、上方の通路 42 のみに誘電体 17 を満たしている。設計段階で上方の通路 42 のみに誘電体 17 がある場合は飲み物の底にマイクロ波が集中して加熱されることがわかっており、この結果、対流によって自然と攪拌されて均一な出来映えが得られる。

50

【 0 0 6 0 】

図 19 は、被加熱物 2 が馬鈴薯 61 の場合であり、使用者が設定手段 56 のメニュー選択手段 58 から「根菜」キーを選択するので、それに基づいて制御手段 57 がポンプ 45、バルブ 46、47 を制御して、下方の通路 43 のみに水 17 を満たしている。設計段階で下方の通路 43 のみに水 17 がある場合は根菜の中央にマイクロ波が集中して加熱されることがわかっており、この結果、熱伝導によって自然と均一な出来映えが得られる。よって飲み物も根菜もどちらも均一な出来映えを提供することができる。

【 0 0 6 1 】

以上により、本実施の形態のマイクロ波加熱装置 41 は、軸 7 から見て距離が異なる少なくとも二箇所に通路 42、43 を配する構成としている。これによって、通路 42 にのみ誘電体 17 がある場合のマイクロ波分布と、通路 42 とは軸 7 からの距離が異なる他の通路 43 にのみ誘電体 17 がある場合のマイクロ波分布とを、軸 7 に対して非対称的なマイクロ波分布とすることができる。通路 42 にのみ誘電体 17 がある場合のマイクロ波分布が軸 7 上の特定の部位（飲み物の底部）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすると、もし通路 43 が通路 42 と軸 7 から等距離で対称な位置にあったとすれば、通路 43 にのみ誘電体 17 がある場合も通路 42 にのみ誘電体 17 がある場合と同様、軸 7 上の特定の部位（飲み物の底部）に局所的な集中を引き起こすことが容易に考えられる。ところが、通路 43 が通路 42 とは軸 7 からの距離が異なるように配置することで、通路 43 にのみ誘電体 17 がある場合のマイクロ波分布は軸 7 に対して非対称な分布、すなわち、軸 7 上の部位で異なる高さ（根菜の中央）に集中する分布にすることもできる。

【 0 0 6 2 】

また、マイクロ波加熱装置 41 は、正面から見て少なくとも軸 7 の上方に通路 43 と、通路 43 のさらに上方に通路 42 を配する構成としている。これらによって、通路 43 は放射アンテナ 8 に近く、通路 42 は放射アンテナ 43 から遠く配されることになる。一般的に放射アンテナ 8 から距離が離れるにつれて電界が減衰することが知られており、放射アンテナ 8 に近い通路 43 の方がより強い電界にさらされるので、誘電体 17 があるときのマイクロ波への影響、すなわちマイクロ波分布の変化がより大きくなることが想定される。よって、誘電体 17 の無い場合のマイクロ波の分布と比較して、通路 42 にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を少しだけ変化させて、通路 43 にのみ誘電体 17 がある場合はマイクロ波の分布を大きく変化させる、ということも可能である。

【 0 0 6 3 】

また、マイクロ波加熱装置 41 は、使用者が設定できる設定手段 56 を有し、制御手段 57 は、設定手段 56 の設定内容に応じて、所定の通路 42、43 への誘電体 17 の出入りを制御する構成としている。これによって、設定内容に応じて、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。特に、設定手段 56 がメニュー選択手段 58 を有し、「牛乳」とか「根菜」が選択できるので、被加熱物 2 の形状や材質をある程度特定できる。「牛乳」ならマグカップやコップの形状で対流があるので下の方を加熱すれば良いとか、「根菜」なら馬鈴薯の中央くらいを加熱すればよい、などである。

【 0 0 6 4 】

なお、他にも「解凍」なら平らな形状なので上下の分布よりも前後左右の分布を良くすべきとか、「コンビニ弁当」の場合は面積が広い形状でごはんとおかずの領域が分かれているのでバランスをとるべき、というようなことがあらかじめ推測できる。

【 0 0 6 5 】

また、設定手段 56 で加熱時間を設定した場合はトータルの時間が決まるので、途中で二回分布を変えるなら何分ずつの配分にしようとか、このようなことも予め決定することができる。よって、設定内容に応じて所定の通路への誘電体 17 の出入りを制御することは、加熱の均一化のためにある程度の効果がある。

【 0 0 6 6 】

（実施の形態 3）

図 20 ~ 図 34 は、本発明の実施の形態 3 におけるマイクロ波加熱装置を示すものであ

る。実施の形態 1 と同一要素については同一符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 6 7 】

図 2 0、図 2 1 に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置 6 2 は、誘電体（水）1 7 が移動できる通路 6 3、6 4 を、ループ状にして放射アンテナ 8 の上方に配置し、マイクロ波空間 9 の内外にわたって設けてある。タンク 6 5 内には誘電体 1 7 が貯えられ、循環手段としてのポンプ 6 6、6 7 によってそれぞれが移動させられる。通路 6 3、6 4 は、低損失誘電材料、例えば、シリコンチューブからなり、ある程度可撓性があり配設が容易である。

【 0 0 6 8 】

また、加熱室 3 の壁面には、複数箇所（例えば 8 箇所）の温度を同時に測定可能な赤外線センサ（温度検出手段）6 8 が揺動自在に配置されている。赤外線センサ 6 8 を揺動させるスキャン動作により、加熱室 3 内における複数の測定点の温度を測定することができ、さらに、測定点の温度を経時的に監視することで被加熱物 2 の位置を知ることができる。

10

【 0 0 6 9 】

設定手段 6 9 は、加熱の開始 / 終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段 7 0 は、設定手段 6 9 の設定内容と赤外線センサ 6 8 からの温度検出信号に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン 4 からのマイクロ波の放射や、モータ 1 2 の駆動や、ポンプ 6 6、6 7 の動作、赤外線センサ 6 8 のスキャン動作などを制御する。図 2 2 には、制御系のブロック図を示している。

20

【 0 0 7 0 】

ここで、赤外線センサ 6 8 を用いて冷凍状態の被加熱物 2 の温度測定、位置判定、分量判定などの制御方法について説明する。

【 0 0 7 1 】

図 2 3 (a) に示すように、赤外線センサ 6 8 は一度に複数点（ n 点）の温度を同時に検出しながら赤外線センサ 6 8 自体を揺動することで、図中、矢印方向にスキャンしつつ加熱室 3 内を複数の測定点（スキャン方向に m 点）に対する温度測定を行なう。従って、赤外線センサ 6 8 の 1 スキャンで、図 2 3 (b) に示す $n \times m$ 点の測定点全ての温度が検出される。被加熱物 M に対する温度は、連続的に検出される各測定点における温度の経過時間に対する上昇率に基づいて被加熱物 M の載置位置を求め、この載置位置における検出温度を被加熱物 M の温度として扱う。

30

【 0 0 7 2 】

図 2 4 に、赤外線センサ 6 8 によるスキャンを連続的に複数回行ったときの図 2 3 (b) における L 線位置の温度分布を示した。図 2 4 において、1 スキャン幅内で温度が特に変化している温度分布のピーク位置（谷の位置）は、図 2 3 (b) における L 線上の被加熱物 M の位置に対応する。従って、加熱室 3 における被加熱物 M の位置は、この温度分布のピーク存在位置から求められる。ここで、この被加熱物 M の位置に対応する温度を、加熱初期時或いは温度測定開始時まで遡って求めることにより、被加熱物 M の初期温度を判定することができる。また、図 2 4 における温度分布曲線のピーク同士を連結する線（図 2 4 における点線）の勾配から被加熱物 M の温度上昇率 T を求めることにより、被加熱物 M の分量を推定することができる。これは、図 2 5 に示すように、同じ初期温度で重量の異なる 2 つの被加熱物 M 1、M 2 を同じ条件で加熱すると、その重量に応じて温度上昇率 T が異なり、分量の少ない被加熱物 M 1 を加熱した場合には温度上昇率が T_L となり、分量が多い被加熱物 M 2 を加熱した場合には温度上昇率が T_L より小さな T_M となるためである。上記の被加熱物 M の初期温度の判定および温度上昇率 T から被加熱物 M の分量を推定することで、冷凍品の解凍処理終了時間を設定することができる。

40

【 0 0 7 3 】

一方、加熱分布を均一化するために、ポンプ 6 6、6 7 による通路 6 3、6 4 への水 1 7 の制御について説明する。

50

【 0 0 7 4 】

図 2 6 は通路 6 3、6 4 内における水量変化の制御シーケンスである。横軸は時間であり、上から順に、分量判定のタイミング、内側の通路 6 3 の水量、外側の通路 6 4 の水量を示している。まず、赤外線センサ 6 8 のシーケンスに従い時間 t_0 で分量判定が完了したとする。制御手段 7 0 は、このときの分量から加熱すべきトータル時間を t_4 と決定し、 $1/4$ ずつの時間配分で通路 6 3、6 4 内の水量を制御することにして、図 2 6 のような順番で制御を行なう。

【 0 0 7 5 】

時間 $0 \sim t_1$ はどの通路にも水が無く、図 2 7 のように冷凍の被加熱物 M にリング状に加熱されやすい部位 7 1 が生じている。時間 $t_1 \sim t_2$ は内側の通路 6 3 に誘電体 1 7 があり、図 2 8 のように加熱されやすい部位 7 2 が部位 7 1 の外側に生じている。時間 $t_2 \sim t_3$ は外側の通路 6 4 に誘電体 1 7 があり、図 2 9 のように加熱されやすい部位 7 3 が部位 7 1 の内側と外周に生じている。以上の加熱されやすい部位 7 1 ~ 7 3 については、それぞれ位置が異なるので、互いに合成すればより均一に加熱できることは明白である。その後、時間 $t_3 \sim t_4$ は、再度、内側の通路 6 3 に誘電体 1 7 があり、図 2 8 に示した状態に戻している。

【 0 0 7 6 】

なぜ戻したかについては図 3 0 によって説明する。図 3 0 は赤外線センサ 6 8 で検出した被加熱物 M の温度分布のうち、最高温度と最低温度の時間変化を表したもので、両者の差がいわゆる加熱むらと考えることができる。これまでの加熱分布（すなわち、図 2 7 の状態）を継続させると、最高温度 K_1 、最低温度 K_2 の差は時間とともに増えていく。しかし本実施の形態のように図 2 6 の制御シーケンスで時間 t_3 まで加熱すると、最高温度 K_3 、最低温度 K_4 で推移することになる。時間 $0 \sim t_1$ においては、どの通路にも誘電体 1 7 が無いので、本実施の形態でもこれまでの加熱分布と同じとなり、 K_1 と K_3 、 K_2 と K_4 が一致しており、 t_1 時点の温度むらは T_1 となる。しかし時間 $t_1 \sim t_2$ には内側の通路 6 3 に誘電体 1 7 があり、図 2 8 のように加熱されやすい部位がシフトするので最高温度 K_3 の上昇の傾きが鈍り、最低温度 K_4 の上昇の傾きは大きくなり、よって t_2 時点の温度むらは T_2 に減少する。そして時間 $t_2 \sim t_3$ は外側の通路 6 4 に誘電体 1 7 があり、図 2 9 のように加熱されやすい部位がシフトするものの、時間 $t_1 \sim t_2$ 間と比べると K_3 の傾きがわずかに大きくなり K_4 の傾きが小さくなるなど温度むらは T_3 に拡大する。そして t_3 時点では残り時間は $t_3 \sim t_4$ （全体の $1/4$ の時間）しか無いので最も加熱むらを低減する加熱分布で再度加熱することにしてしている。よって、 $t_3 \sim t_4$ の水の制御に関しては、 t_3 時点でどの条件が最も良いのかを判定する必要があり、その方法は各条件にて発生した加熱むらのレベルを比較するのが良い。つまり、 T_1 (> 0) と、 $T_2 - T_1$ (< 0) と、 $T_3 - T_2$ (> 0) を比較し、 t_3 時点のむら T_3 (> 0) をできるだけ 0 に近づける条件として、 $T_2 - T_1$ (< 0) が最も適当である。それは、すなわち時間 $t_1 \sim t_2$ のときの加熱分布であり、内側の通路 6 3 にのみ水 1 7 を満たす条件になる。こういった演算や判定などの処理は、制御手段 7 0 の中で実行することが可能である。

【 0 0 7 7 】

以上により、加熱終了時 t_4 での加熱むらは T_4 となり、従来の加熱方法による加熱むら T_0 と比較して、かなり小さくすることができる。

【 0 0 7 8 】

さて、図 3 1 ~ 図 3 4 により、マイクロ波空間 9 内の分布、特に、マイクロ波の定在波分布が生じる原理について説明する。

【 0 0 7 9 】

説明を簡単にするために放射アンテナ 8 の代わりに加熱室 3 の底面中央にマイクロ波を供給するための電波開口部 7 4 が存在すると仮定すると、この電波開口部 7 4 の付近では、強磁界 7 5（破線矢印）により、同一方向の強磁界 7 6、7 7（それぞれ破線矢印）が起りやすくなる。すると、マイクロ波が加熱室 3 内に入ることにより加熱室 3 内でマイ

10

20

30

40

50

ク口波が共振を起こす。共振状態では、導波管内のような伝送状態とは異なり、磁界と電界の位相は 90° ずれるので、強磁界76、77とは位相のずれた強電界78、79（実線矢印）が電波開口部74を挟み込むように生じる。

【0080】

共振状態は被加熱物が無い状態では、加熱室3形状と電波開口部74の位置によって決まり、本実施の形態においては、強磁界76、77とは位相のずれた強電界78、79が加熱室3の底面に対して垂直に立ち、同時に強電界78と同方向（図31の奥向き）に強電界80が立ち、強電界79と同方向（図31の手前向き）に強電界81が立つとする。勿論、2.45GHzのスピードで、それぞれ向きが反転するものである。ここで、図31中の斜線部は、加熱室3の底面に生じる電界のうち、ある程度以上に電界が強い領域を示しており、加熱室3の奥行き方向（x方向）に三つ、幅方向に（y方向）に四つ、強電界が生じている。これは共振状態となったために加熱室3内に電磁波が定在波として分布することによって起こる電界の腹であり、この腹の数をモードと呼ぶ。通常、加熱室形状を三次元で表し、各方向の寸法をx、y、zとすると、それぞれの方向に電界の腹がr、s、t個だけあれば、そのモードは（r s t）であるという。図示した場合は、 $r = 3$ かつ $s = 4$ である。

10

【0081】

図32は、図31に示した強電界のモードをより簡略化して $r = 2$ 、 $s = 2$ かつ $t = 3$ として3次元的に表示した例である。図中の斜線部は、加熱室3の壁面上に生じる電界のうち、ある程度以上に電界が強い領域を示しており、向かい合う壁面は対称な電界分布を示している。斜線部で示す強電界82の数（電界の腹）を数えると、x方向に2個（ $r = 2$ ）、y方向に2個（ $s = 2$ ）、z方向に3個（ $t = 3$ ）立っており、モード（223）ということがわかる。

20

【0082】

ここで、被加熱物が加熱室3内に存在しない状態で、加熱室3が直方体である場合には、加熱室3の寸法と電波開口部74の位置により、立ちうるモードを解析的に求めることができる。いま、加熱室3の寸法をx、y、zとし、各方向に立つモードの数は（1）式を満たすr、s、tの組み合わせとなる（x、y、zはmm単位、r、s、tは整数、はマイクロ波の波長であって約122mm）。

【0083】

$$1/\lambda^2 = (r/(2x))^2 + (s/(2y))^2 + (t/(2z))^2 \cdots (1)$$

30

一方、被加熱物が加熱室3内に存在する場合は、被加熱物の誘電率による波長圧縮の影響などで（1）式からずれが生じる。しかし、被加熱物が加熱室3内にあっても、電波開口部74付近では（1）式を満たすモードが立とうとしており、電波開口部74から離れた位置でモードが乱されることが多いことが実験的にわかってきている。よって、波長122mmとして（1）式に基づき所望のモードが得られるように加熱室3の寸法を決定すれば、概ね任意のモードを発生させることが可能となる。また、回転可能な放射（あるいは攪拌用のスタラー羽根）を有する場合は、回転により、図31で示すところの電波開口部74の位置を連続的に変化させるようなものと考えられるので、ある程度モードを変更することができる。

40

【0084】

さらに、マイクロ波の波長を变化させることでモードを変更することができる。具体的には、加熱室3内に誘電体17を供給することにより、マイクロ波の波長が变化する。ここで、変化後の波長をa、加熱室11内の誘電率を ϵ とすると、変化後の波長aは（2）式で表される。

【0085】

$$a = \lambda / \sqrt{\epsilon} \cdots (2)$$

誘電率 ϵ は、空気の場合は1で、水では80前後となる。つまり、前述したように加熱室3内の通路63、64に誘電体17を供給することにより、加熱室3内の通路63、64

50

部分の誘電率が変化し、これにより、(2)式の関係からマイクロ波の波長が短波長側にシフトする。すると、(1)式によって決定される強電界のモードが変化する。この変化の度合いは誘電体17の比誘電率に比例することになるので、比誘電率が大きければ少量でも効果があり、比誘電率が小さいと大量に入れないと効果が上がらないと考えられる。理想的には比誘電率が大きく、誘電損失が小さいものが望ましい。誘電体17が水の場合は比誘電率も誘電損失も大きいので、あまり大量に入れると水自体がマイクロ波を吸収してしまって、被加熱物の加熱効率が低下することも起こりうるので注意を要する。

【0086】

図33は加熱室の壁面上に発生する強電界のパリエーションを示す。表示された強電界83が加熱室3底面の強電界の位置だとすると、(a)は $r = 2$ 、 $s = 2$ のモードである。 (a)の状態から加熱室3内の通路に誘電体17を供給することにより、例えば、(b)、(c)、(d)に示すような状態に遷移することも考えられる。(b)は $r = 5$ 、 $s = 1$ のモード、(c)は $r = 3$ 、 $s = 3$ のモード、(d)は $r = 4$ 、 $s = 4$ のモードであり、強電界の状態が変化する。

10

【0087】

図34はマイクロ波加熱途中に誘電体17を制御して、モードを第1の状態から第2の状態に切り替えて均一化をねらう場合の説明図である。図示のように、例えば、第1の状態が強電界84により $r = 2$ 、 $s = 2$ のモード(r 、 s 、 t のうちいずれか2つが2であるモード)である場合には、第2の状態において、第1の状態で強電界が生じなかった位置に強電界が発生するように、補完すべき位置を含むように強電界85や強電界86を発生させるのが望ましい。

20

【0088】

このように、第2の状態において補完すべき位置に強電界を発生させるためには、加熱室3内に供給する誘電体17の量や位置を調整したり、通常回転させる放射アンテナ8やスタラー羽根を所定の向きに停止させたりすることで微調整が行なえる。この強電界の位置制御により、被加熱物を一層ムラなく均一にマイクロ波加熱することができ、加熱後の出来映えがさらに良好となる。

【0089】

以上のように本実施の形態のマイクロ波加熱装置62は、被加熱物の温度を検出する赤外線センサ(温度検出手段)68を有し、制御手段70は、赤外線センサ(温度検出手段)68の検出信号に基づき、通路63、64への誘電体17の出入りを制御する構成としている。これによって、赤外線センサ(温度検出手段)68の検出信号から被加熱物Mの温度むらを見ながら、むらが大きくなってくれば通路63、64への誘電体17の出入りを制御して、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。また、各通路における誘電体17の有無の組み合わせを順次切り替えながらそれぞれの温度むらを検出すれば、最も温度むらを小さくできる組み合わせがわかるので、以降はその組み合わせに固定して加熱を進めることで温度むらを小さくできる。また、予め各通路63、64における誘電体17の有無の組み合わせによってどのような加熱分布になるかを把握しておけば、温度むらを検出しながら、温度むらを打ち消す可能性の高い条件になるよう誘電体17をこまめに制御することができ、最初から最後まで被加熱物の温度むらをあまり発生させない状態を維持したまま加熱することができる。

30

40

【0090】

また、制御手段70は、マイクロ波加熱中に通路63、64への誘電体17の出入りを制御する構成としている。これによって、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物を加熱し、所定の通路への誘電体17の出入りを制御して異なったマイクロ波分布で被加熱物Mを加熱することができる。特に、誘電体17の出入りを制御する電力は、マイクロ波加熱に要する電力(例えば、1200W)と比較してはるかに低電力(100W以下)で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は誘電体17の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。

50

【0091】

また、通路63、64を樹脂製のチューブで構成している。これによって、通路63、64を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また、形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体の形状や位置を任意に決定することができる。

【0092】

なお、本実施の形態では、誘電体17として水を使って説明しているが、比誘電率が高い材料であれば良いし、かつ誘電損失が小さければより望ましい。また水は零下では凍ってしまって出し入れの制御ができないなどの危険性があるので、不凍液とすることも容易に考えられる。

【0093】

なお、以上に示した各実施の形態1～3はさまざまに組み合わせて実施できるものであり、実施の形態そのものの構成に限られるものではない。

【産業上の利用可能性】

【0094】

以上のように、本発明にかかるマイクロ波加熱装置は、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができるので、食品などの各種誘電体の加熱、解凍、陶芸加熱、乾燥、焼結あるいは生体化学反応などの用途に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明の実施の形態1におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図2】同マイクロ波加熱装置の平断面図

【図3】(a)同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分を図1のA方向よりみた正面図(b)(a)のB-B断面図

【図4】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図5】同マイクロ波加熱装置の通路部分における分布可変容器内の水量変化を示す特性図

【図6】同マイクロ波加熱装置の通路部分における分布可変容器内の水量変化の制御シーケンスを示す説明図

【図7】同マイクロ波加熱装置の左後の通路と左前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図8】同マイクロ波加熱装置の右後の通路と右前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図9】同マイクロ波加熱装置の左後の通路と右後の通路に誘電体がある状態の説明図

【図10】同マイクロ波加熱装置の左前の通路と右前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図11】(a)一般的なマイクロ波加熱装置で加熱した場合における加熱分布の均一化のイメージ図(b)図6の制御シーケンスによる加熱分布の均一化のイメージ図

【図12】同マイクロ波加熱装置の他の制御シーケンスを示す説明図

【図13】同マイクロ波加熱装置のさらに他の制御シーケンスを示す説明図

【図14】本発明の実施の形態2におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図15】同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分の断面図

【図16】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図17】同マイクロ波加熱装置による平らな食品を加熱する状態の説明図

【図18】同マイクロ波加熱装置により牛乳を加熱する状態の説明図

【図19】同マイクロ波加熱装置により馬鈴薯を加熱する状態の説明図

【図20】本発明の実施の形態3におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図21】同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分の平面図

【図22】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図23】(a)同マイクロ波加熱装置における赤外線センサによる被加熱物の温度測定の様子を示す図(b)測定により得られるデータを示す説明図

【図24】同マイクロ波加熱装置における赤外線センサによる温度測定を連続的に複数回行なったときの温度分布を示す特性図

10

20

30

40

50

【図 2 5】同マイクロ波加熱装置により重量の異なる 2 つの被加熱物を同じ条件で加熱する場合の温度変化の様子を示す特性図

【図 2 6】同マイクロ波加熱装置の制御シーケンスを示す説明図

【図 2 7】同マイクロ波加熱装置の通路に水が無い状態の説明図

【図 2 8】同マイクロ波加熱装置の内側の通路に誘電体がある状態の説明図

【図 2 9】同マイクロ波加熱装置の外側の通路に誘電体がある状態の説明図

【図 3 0】同マイクロ波加熱装置の赤外線センサで検出した被加熱物の最高温度と最低温度の時間変化を示す特性図

【図 3 1】同マイクロ波加熱装置の加熱室の底面を上から見た平面図

【図 3 2】同マイクロ波加熱装置の強電界のモードを簡略化して 3 次的に例示した説明図

10

【図 3 3】同マイクロ波加熱装置の加熱室の壁面上に発生する強電界のバリエーションを示す説明図

【図 3 4】同マイクロ波加熱装置の第 1 の状態と第 2 の状態における強電界の位置の例を示した説明図

【符号の説明】

【 0 0 9 6 】

1、4 1、6 2 マイクロ波加熱装置

2、M 被加熱物

3 加熱室

7 軸

8 放射アンテナ

9 マイクロ波空間

1 1 マイクロ波放射手段

1 3、1 4、1 5、1 6、4 2、4 3、6 3、6 4 通路

1 7 誘電体

1 9、2 0、2 1、2 2、4 5、6 6、6 7 ポンプ（循環手段）

3 2、5 6、6 9 設定手段

3 3、5 7、7 0 制御手段

3 4 ドア

5 9 平らな食品（被加熱物）

6 0 牛乳（被加熱物）

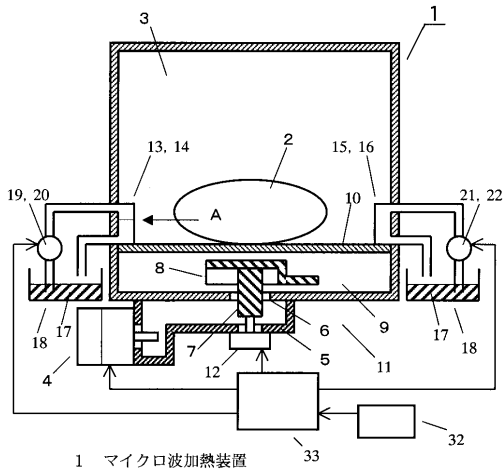
6 1 馬鈴薯（被加熱物）

6 8 赤外線センサ（温度検出手段）

20

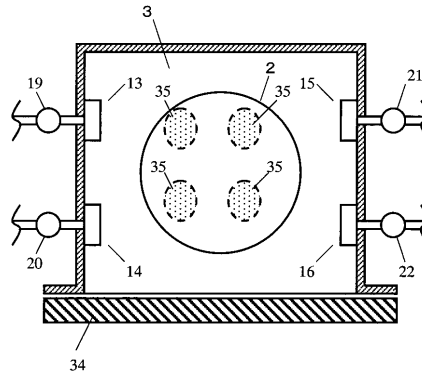
30

【図1】



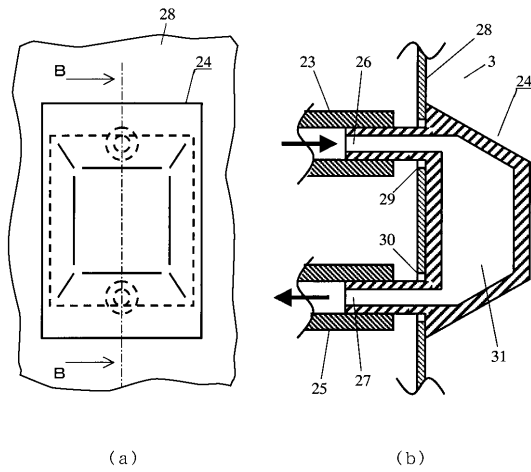
- 1 マイクロ波加熱装置
- 2 被加熱物
- 3 加熱室
- 7 軸
- 8 放射アンテナ
- 9 マイクロ波空間
- 11 マイクロ波放射手段
- 13, 14, 15, 16 通路
- 17 水 (誘電体)
- 19, 20, 21, 22 ポンプ (循環手段)
- 32 設定手段
- 33 制御手段

【図2】



34 ドア

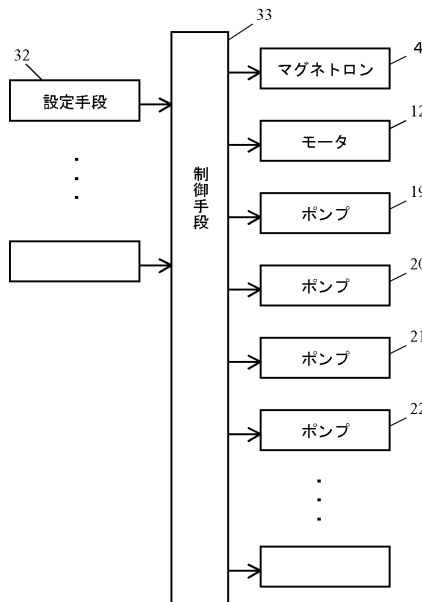
【図3】



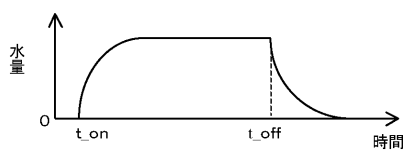
(a)

(b)

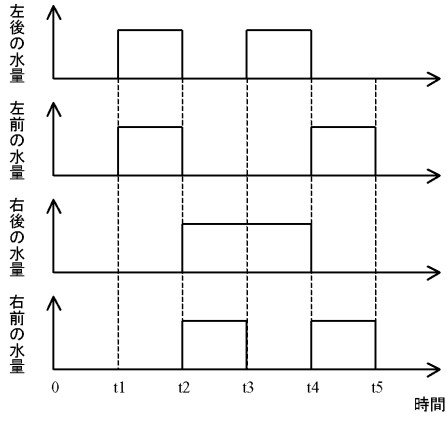
【図4】



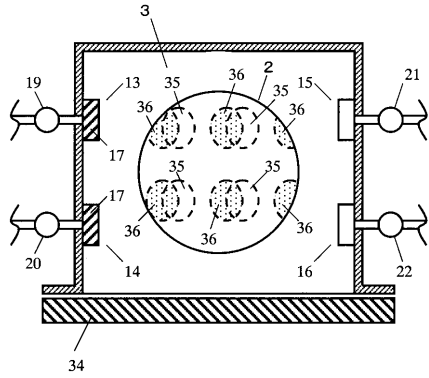
【図5】



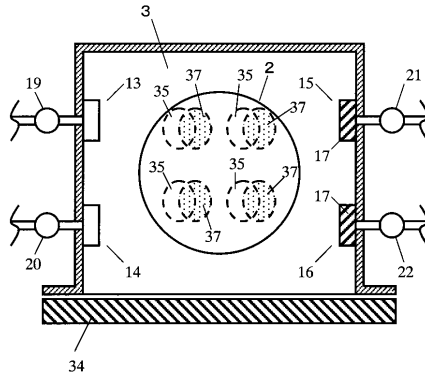
【図 6】



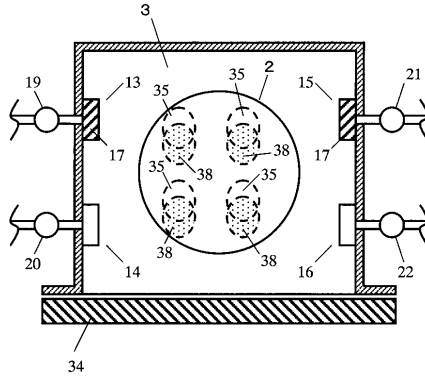
【図 7】



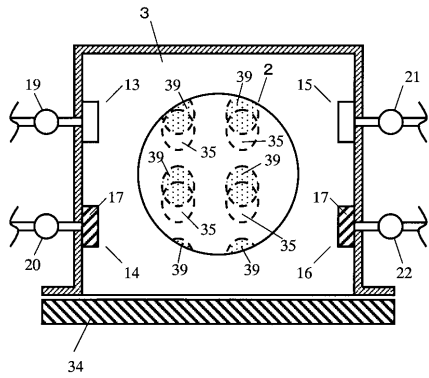
【図 8】



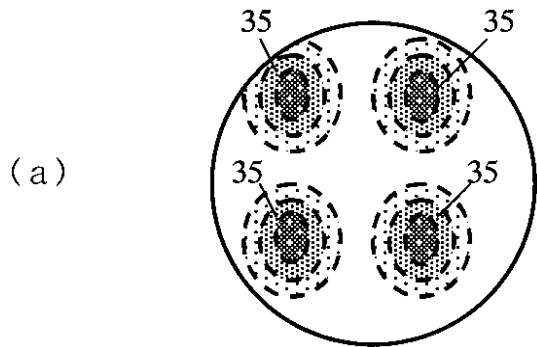
【図 9】



【図 10】

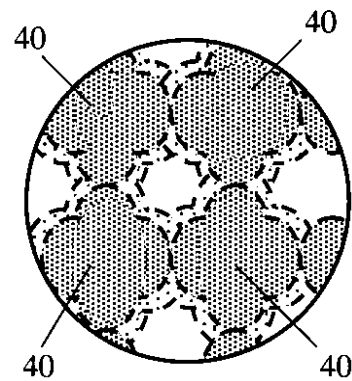


【図 11】

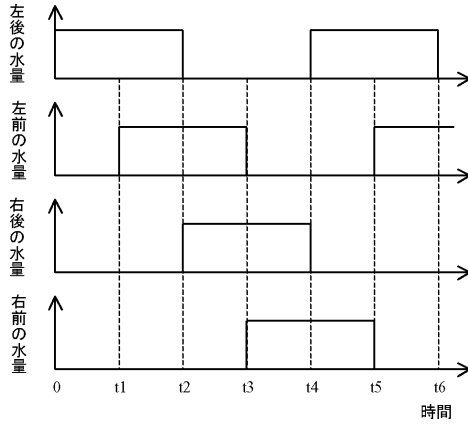


(a)

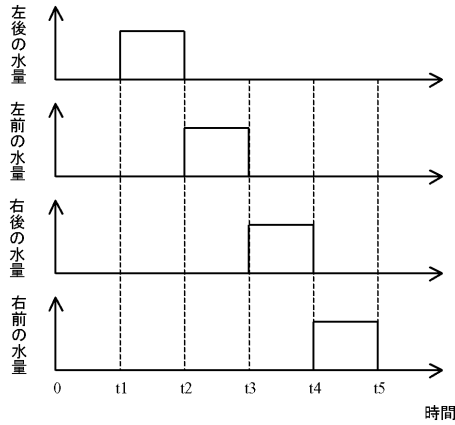
(b)



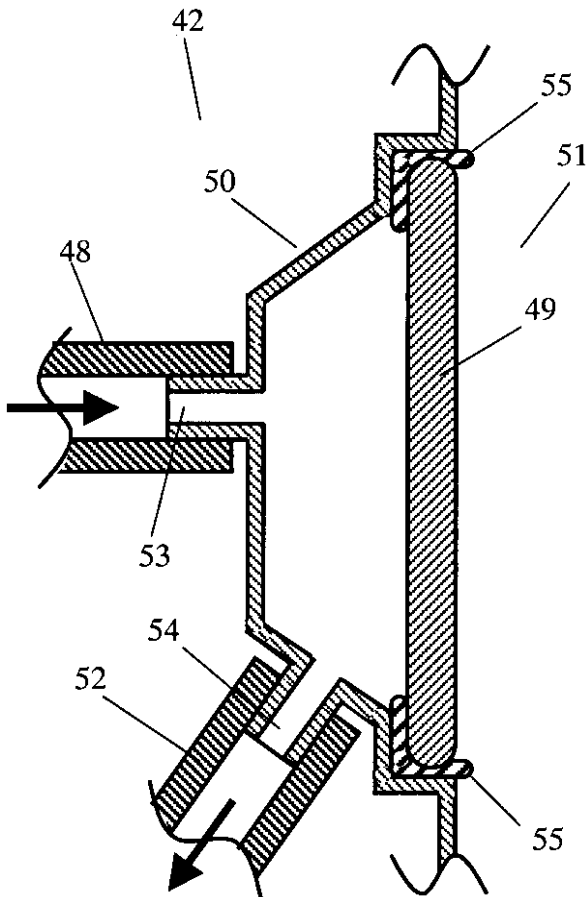
【図12】



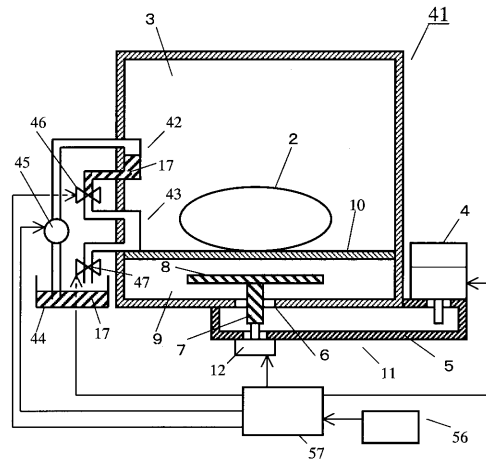
【図13】



【図15】

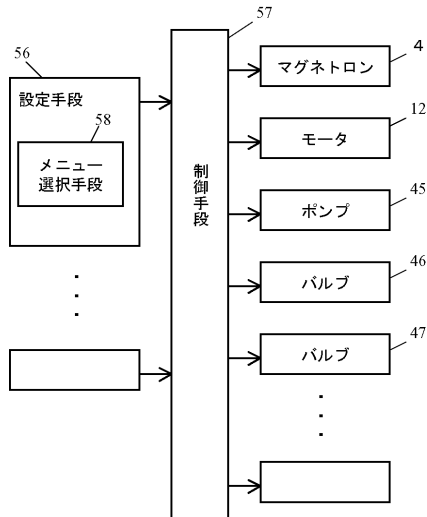


【図14】

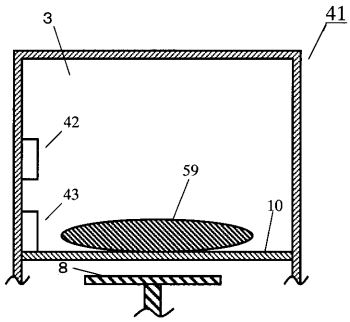


- 41 マイクロ波加熱装置
- 42、43 通路
- 45 ポンプ (循環手段)
- 56 設定手段
- 57 制御手段

【図16】

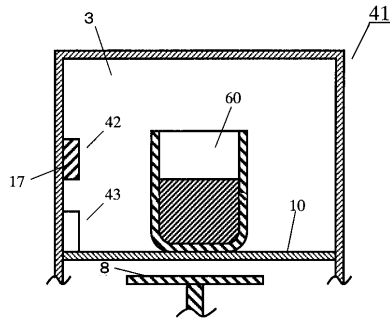


【図17】



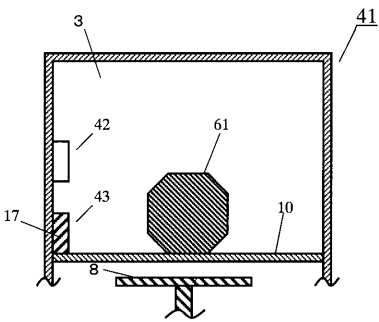
59 平らな食品 (被加熱物)

【図18】



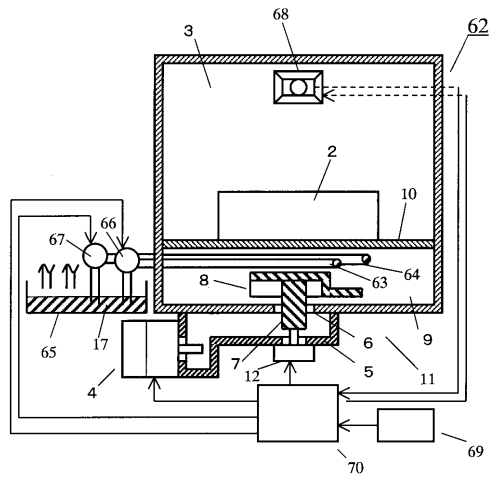
60 牛乳 (被加熱物)

【図19】



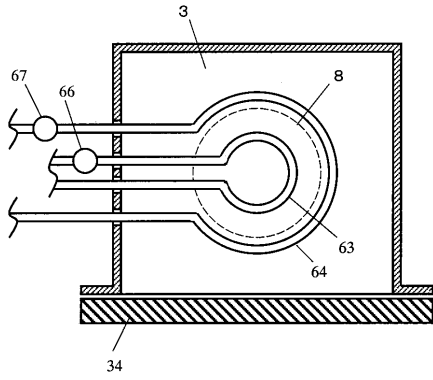
61 馬鈴薯 (被加熱物)

【図20】

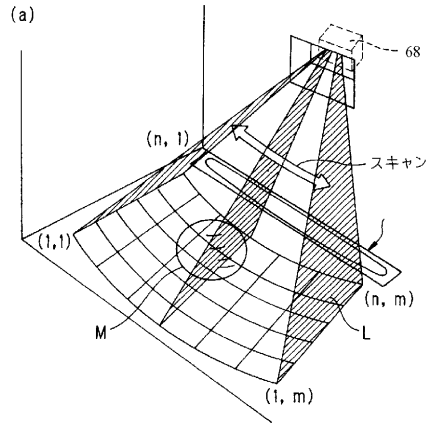


- 62 マイクロ波加熱装置
- 63、64 通路
- 66、67 ポンプ (循環手段)
- 68 赤外線センサ (温度検出手段)
- 69 設定手段
- 70 制御手段

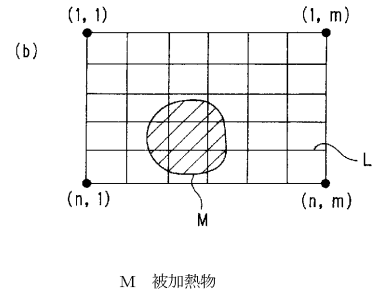
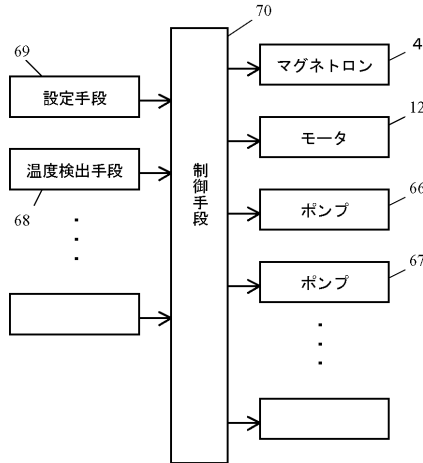
【図21】



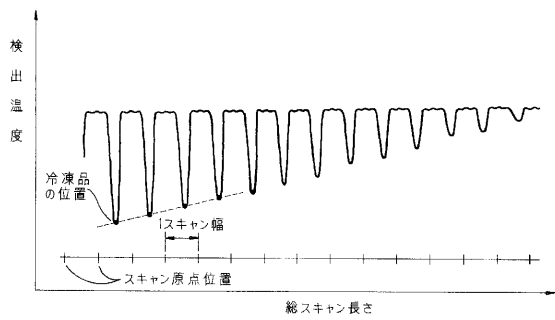
【図23】



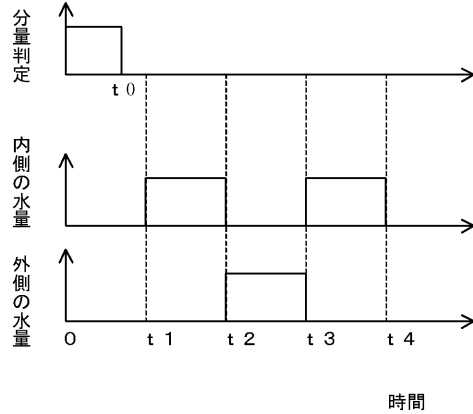
【図22】



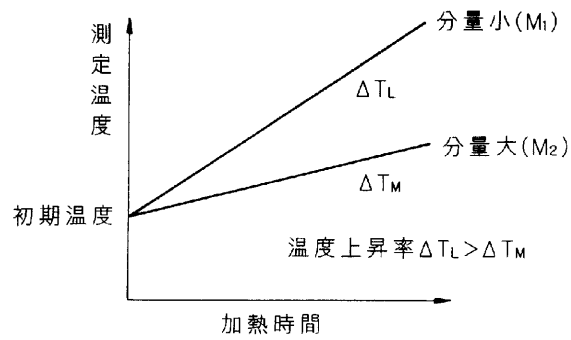
【図24】



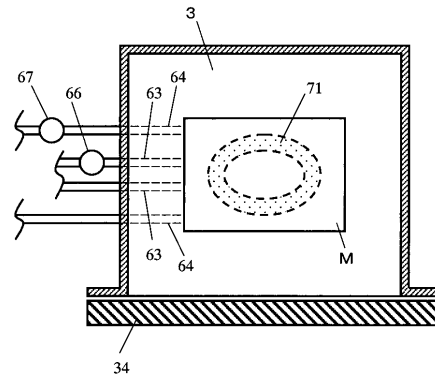
【図26】



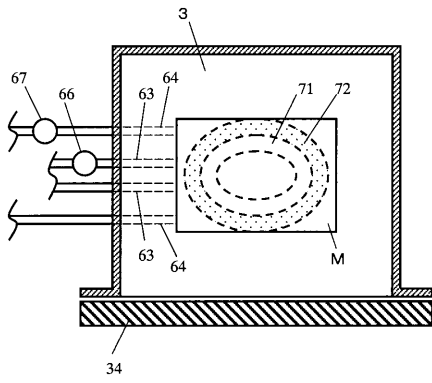
【図25】



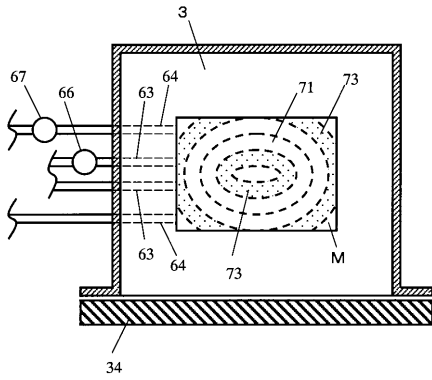
【図27】



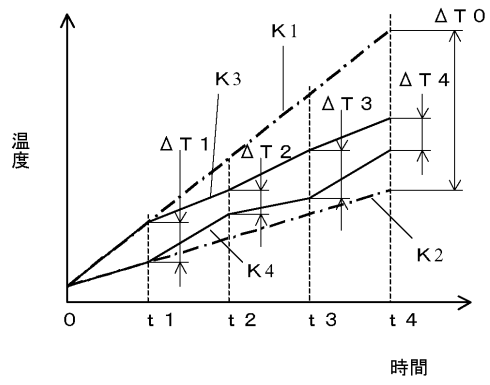
【図28】



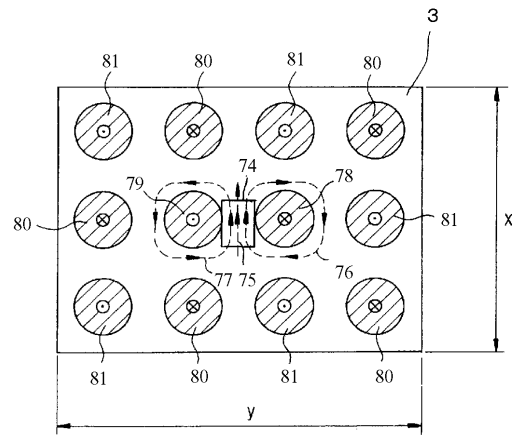
【図29】



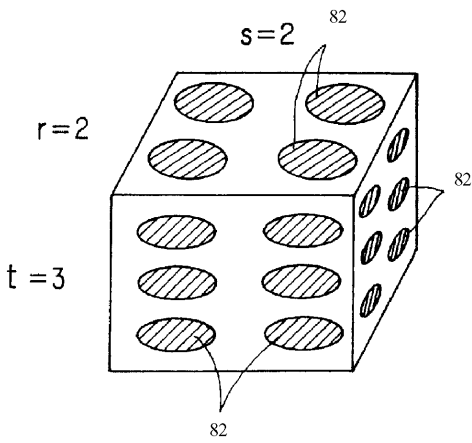
【図30】



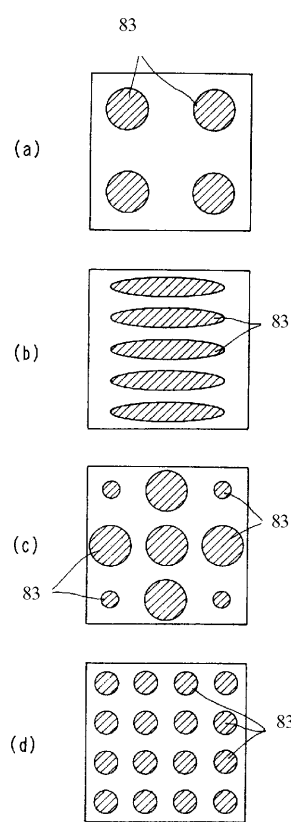
【図31】



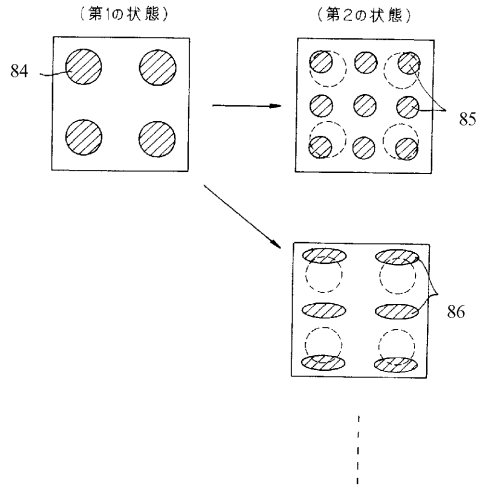
【図32】



【図33】



【図34】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 B 6/70 F
H 0 5 B 6/72 A

審査官 中里 翔平

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 1 4 1 4 6 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 5 4 2 6 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 5 4 2 6 6 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 3 9 9 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)
H 0 5 B 6 / 7 4
F 2 4 C 7 / 0 2
H 0 5 B 6 / 6 8
H 0 5 B 6 / 7 0
H 0 5 B 6 / 7 2