

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017年9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号  
WO 2017/164290 A1

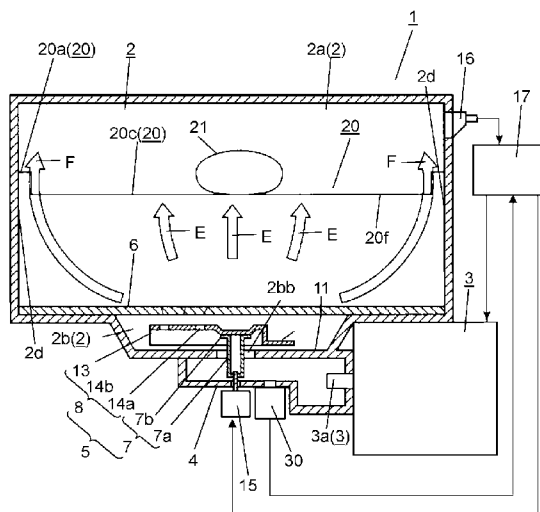
- (51) 国際特許分類:  
H05B 6/72 (2006.01) H05B 6/68 (2006.01)  
F24C 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011664
- (22) 国際出願日: 2017年3月23日(23.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-061033 2016年3月25日(25.03.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 吉野 浩二(YOSHINO Koji), 貞平 匡史(SADAHIRA Masafumi), 久保 昌之(KUBO Masayuki).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MICROWAVE HEATING DEVICE

(54) 発明の名称: マイクロ波加熱装置

【図1】



(57) Abstract: The present invention has a configuration to control a motor (15) so as to cause a radiation antenna (5) to stop in an orientation in which the amount of detected reflection waves is minimum, and to cause the radiation antenna (5) to stop in an orientation that is different from the orientation wherein the minimum is reached. According to this configuration, first, the radiation antenna (5) is stopped in an orientation wherein the amount of detected reflection waves is the minimum. In this manner, the heating duration under the most efficient conditions is extended, and the heating efficiency is improved even more than when constant rotation is used. Second, the radiation antenna (5) is stopped in a different orientation. In this manner, uneven heating arises in an orientation that is different from that of the uneven heating arising in the orientation wherein the amount of detected reflection waves is the minimum. As a result, the uneven heating arising at different positions cancel each other out, allowing uniform heating to be achieved.

(57) 要約: 反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナ(5)を停止させ、最小となる向きと異なる向きで放射アンテナ(5)を停止させるようにモータ(15)を制御する構成とする。この構成によれば、第一に、反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナ(5)を停止させる。これにより、最も効率の良い条件での加熱時間を延ばして、一定回転時と比べて加熱効率が向上する。第二に、異なる向きで放射アンテナ(5)を停止させる。これにより、反射波検出量が最小となる向きで生じる加熱ムラとは異なる向きによる加熱ムラを生じさせる。その結果、異なる位置で生じる加熱ムラ同士、加熱ムラが打ち消しあわせて、均一加熱を実現できる。

WO 2017/164290 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：マイクロ波加熱装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、マイクロ波で被加熱物を加熱するとともに、導波管内を伝搬するマイクロ波の一部を検出して加熱を制御するマイクロ波加熱装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、代表的なマイクロ波加熱装置として、電子レンジが知られている。一般的な電子レンジは、マイクロ波発生部としてマグネトロンを使用する。電子レンジは、マグネトロンから放射されたマイクロ波を、導波管を介して加熱室に伝送する。そして、伝送されたマイクロ波で、加熱室内の被加熱物（食品）を加熱する。

[0003] 電子レンジは、被加熱物の加熱ムラが発生しないように、できるだけ均一に加熱することが要望される。そのため、現状、被加熱物自体を回転させるターンテーブル方式や、導波管から加熱室内にマイクロ波を放射する部分に回転可能なアンテナを配置した回転アンテナ方式などを備える電子レンジがある。

[0004] 電子レンジの導波管内には、マグネトロンから加熱室に向かうマイクロ波（入射波あるいは進行波）と、加熱室内で被加熱物に吸収されず、加熱室からマグネトロンに戻るマイクロ波（反射波）が存在する。反射波は、被加熱物の形状、材質、置き位置などで変化する。さらに、反射波は、先に述べたターンテーブルやアンテナの向きによっても変化する。つまり、被加熱物を均一に加熱するためには、入射波と反射波の変化を把握する必要がある。

[0005] なお、導波管内の入射波と反射波を監視するための方法として、方向性結合器がある。方向性結合器には、導波管内に混在する入射波と反射波を分離する機能と、装着による導波管内のマイクロ波伝送への影響を与えないように、一定程度減衰（例えば、30 dB）させることが必要となる。その結果

、方向性結合器のサイズが大きくなる。そのため、一般家庭での使用を想定した電子レンジの多くは、方向性結合器を搭載していない。

[0006] しかし、最近、小型の方向性結合器が開発されている（例えば、特許文献1参照）。そこで、小型の方向性結合器を電子レンジに採用する動きが出てきている。

[0007] また、導波管内の入射波と反射波に基づいて、回転アンテナの停止位置を制御するマイクロ波加熱装置が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

[0008] 特許文献2に記載のマイクロ波加熱装置は、まず、入射波と反射波から反射率に関する値（反射係数 $\Gamma$ もしくは電圧定在波比 $\rho$ ）を計算する。つぎに、得られた値に基づいて、回転アンテナが一回転した時の値の低いほうから3箇所の回転位置を選定する。そして、選定した回転位置で回転アンテナを10秒間ずつ停止させる。つまり、反射率が小さい値は、マイクロ波の反射が少ない。そのため、その回転位置の向きで回転アンテナを停止させることにより、被加熱物を効率よく加熱できる。

[0009] しかしながら、特許文献2のマイクロ波加熱装置は、回転アンテナを停止させることで加熱効率は良くなるが、停止により加熱ムラが生じる虞がある。

[0010] つまり、加熱効率が良い向きでの回転アンテナの長時間の停止は、一定のマイクロ波分布で被加熱物が長時間、加熱されることになる。そのため、被加熱物の加熱ムラがより顕著になる。

[0011] また、回転アンテナの回転は、均一加熱を目的としている。回転アンテナの回転停止制御は、本来の目的に反することになる。つまり、均一加熱性能の低下を回避するために、さらなる工夫が必要となる。

[0012] 上述したように、従来のマイクロ波加熱装置の構成では、加熱効率の向上と均一加熱の維持との両立が難しい。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0013] 特許文献1：国際公開第2014/119333号

特許文献2：特開2003-234174号公報

### 発明の概要

[0014] 本発明は、加熱効率の向上と均一加熱の維持とを両立できるマイクロ波加熱装置を提供する。

[0015] つまり、本発明のマイクロ波加熱装置は、被加熱物を収納する加熱室と、加熱室に供給するマイクロ波を発生させるマイクロ波発生部と、マイクロ波発生部が発生させたマイクロ波を加熱室に伝送する導波管と、導波管を伝送するマイクロ波を加熱室に放射させる放射アンテナと、放射アンテナを回転させる回転駆動部を備える。さらに、マイクロ波加熱装置は、導波管内の反射波の少なくとも一部を検出する反射波検出部と、反射波検出部が検出した反射波検出量に基づいて、回転駆動部を制御し放射アンテナの向きを制御する制御部を備える。そして、制御部は、反射波検出量が最小となる向き、および最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナの回転を停止させるように回転駆動部を制御する構成を有する。

[0016] この構成によれば、第一に、反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナの回転を停止させる。これにより、最も効率の良い加熱条件で被加熱物を加熱する加熱時間が延びる。そのため、放射アンテナを一定回転させて加熱する場合と比べて、より加熱効率が向上する。第二に、最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナの回転を停止させる。このとき、反射波検出量が最小となる向きでの停止中に生じる加熱ムラとは別に、異なる向きからのマイクロ波放射による加熱ムラが生じる。

[0017] これにより、最小となる向きでの加熱ムラを、異なる向きでの加熱ムラにより、打ち消しあうことが期待できる。その結果、反射波検出量が最小となる向きだけで停止する場合と比べて、均一加熱を得られる。つまり、加熱効率の向上と、均一加熱の両方を、同時に実現できる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本発明の実施の形態1のマイクロ波加熱装置の概略構成を示す

断面図である。

[図2A]図2 Aは、同実施の形態のマイクロ波加熱装置における加熱部の給電室を示す斜視図である。

[図2B]図2 Bは、同実施の形態のマイクロ波加熱装置における加熱部の給電室を示す平面図である。

[図3A]図3 Aは、グリルモードで使用するグリル皿の平面図である。

[図3B]図3 Bは、グリルモードで使用するグリル皿の側面図である。

[図3C]図3 Cは、グリルモードで使用するグリル皿の縦断面図である。

[図4]図4は、同実施の形態におけるマイクロ波加熱装置の放射アンテナの向きによる反射波検出量の特性を示す図である。

[図5]図5は、同実施の形態におけるマイクロ波加熱装置の放射アンテナの向きとグリル皿の発熱分布との関係を説明する図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態2のマイクロ波加熱装置の扉を外した状態の概略構成を示す正面斜視図である。

[図7]図7は、同実施の形態の放射アンテナの向きによる入射波検出量、反射波検出量、吸収量の特性を示す図である。

[図8]図8は、同実施の形態の放射アンテナの向きと加熱部位との関係を説明する図である。

[図9]図9は、本発明の実施の形態に関わる方向性結合器の斜視図である。

[図10]図10は、図9の方向性結合器におけるプリント基板を透過して示す斜視図である。

[図11]図11は、図9の方向性結合器のクロス開口を示す構成図である。

[図12]図12は、図9の方向性結合器のプリント基板の回路構成図である。

[図13]図13は、図9の方向性結合器における反射波検出部の出力特性を示す極座標図である。

[図14]図14は、図9の方向性結合器の別の構成における反射波検出部の出力特性を示す極座標図である。

[図15]図15は、図9の方向性結合器における進行波電力検出部の出力特性

を示す極座標図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。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。

[0020] (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1におけるマイクロ波加熱装置の一例である電子レンジの概略構成を示す断面図である。具体的には、図1は、電子レンジ1を正面側から見た断面図である。

[0021] 以下の説明において、電子レンジ1の左右方向とは、図1における左右方向を意味する。また、電子レンジ1の前後方向とは、図1における紙面に垂直な方向で、装置の前面側と背面側を結ぶ方向を意味する。

[0022] 図1に示すように、本実施の形態の電子レンジ1は、外郭で構成される加熱室空間2と、マグネトロン3と、導波管4と、放射アンテナ5と、載置台6などを備える。加熱室空間2は、載置台6の上側の空間を構成する加熱室2aと、載置台6の下側の空間を構成する給電室2bとで構成される。なお、マグネトロン3は、マイクロ波を発生させるマイクロ波発生部の一例である。導波管4は、マグネトロン3で発生したマイクロ波を加熱室空間2に伝送する伝送部の一例である。放射アンテナ5は、導波管構造アンテナの一例である。

[0023] 放射アンテナ5は、導波管4内のマイクロ波を加熱室空間2内に放射するように構成され、載置台6の下側の給電室2bの空間内部に設けられる。

[0024] 載置台6は、加熱室空間2内に配置され、被加熱物21である食品を載置する、フラットな面を有する。載置台6は、放射アンテナ5が設けられる給電室2bの上方全体を覆うように配置される。これにより、載置台6は、放射アンテナ5が加熱室2a内に露出しないように給電室2bを塞ぐとともに、加熱室2aの底面を構成する。また、フラットな載置台6の上面(載置面)構成により、ユーザによる食品の出し入れや、載置台6に付着した汚れなどの拭き取りが、容易となる。

- [0025] なお、載置台 6 は、マイクロ波が透過し易い、例えばガラスやセラミックなどの材料が用いられる。これにより、載置台 6 の下側に配置される給電室 2 b の放射アンテナ 5 から放射されるマイクロ波を、載置台 6 の上側の加熱室 2 a 内の空間に、確実に伝搬できる。
- [0026] 放射アンテナ 5 は、結合部 7 と、結合部 7 に接合される導波構造部 8 を有する。結合部 7 は、マグネトロン 3 から導波管 4 内に放射されるマイクロ波を、導波構造部 8 に引き出す。導波構造部 8 は、例えば箱形の導波管構造で構成され、結合部 7 により引き出されたマイクロ波を加熱室 2 a 内に導く。
- [0027] また、結合部 7 は、結合軸 7 a とフランジ 7 b とにより構成される。結合軸 7 a は、回転駆動部であるモータ 1 5 に接続される。導波構造部 8 は、後述する制御部 1 7 からの制御信号により、モータ 1 5 に接続された結合部 7 の結合軸 7 a を介して、回転制御される。すなわち、放射アンテナ 5 は、モータ 1 5 により、結合部 7 の結合軸 7 a を中心に回転駆動され、停止位置、回転期間、回転速度などが制御される。なお、結合部 7 は、例えばアルミメッキ鋼板などの金属で形成される。結合部 7 に接続されるモータ 1 5 の接続部分は、例えばフッ素樹脂などで形成される。
- [0028] さらに、図 1 に示すように、結合部 7 の結合軸 7 a は、導波管 4 と給電室 2 b とを連通する開口 2 b b を貫通して配設される。このとき、結合軸 7 a は、貫通する開口 2 b b との間でのスパークなどの危険を回避するために、貫通する開口 2 b b との間に所定の間隔、例えば 5 mm 以上の隙間を有する。これにより、結合軸 7 a は、導波管 4 からのマイクロ波を、放射アンテナ 5 の導波構造部 8 に、高い効率で導くことができる。つまり、十分な隙間が無い場合、もしスパークが発生すれば、放電のエネルギーに膨大な電力が費やされる。そのため、庫内に放射される電力が極端に低下し、被加熱物を加熱する効率が低下する。また、隙間が狭い場合、スパークが発生しないまでも、導体部分の損失が増えて発熱し、発熱のエネルギーに電力が費やされる。そのため、庫内に放射される電力が低下し、被加熱物を加熱する効率が低下する。そこで、本実施の形態では、5 mm の隙間を設けて、被加熱物を加

熱する効率を高めている。なお、5 mmの隙間は、例えば最大出力が1000 W程度の、一般的なマイクロ波加熱装置である電子レンジの場合を想定して設定される。そのため、出力レベルが変われば、隙間の大きさが変化することは言うまでも無い。

[0029] また、放射アンテナ5の導波構造部8は、主として、マイクロ波を放射する、先端開放部13および複数の開口14 a、14 bを備える。先端開放部13は、所定の向きにマイクロ波を放射する。

[0030] つまり、本実施の形態の電子レンジ1は、モータ15に連結された放射アンテナ5の結合部7の回転により、放射アンテナ5から放射されるマイクロ波の放射方向（向き）が変更される。

[0031] また、図1に示すように、電子レンジ1は、加熱室2 aの側面上方に赤外線センサ16を備える。赤外線センサ16は、加熱室2 aを複数の領域に区分して、それぞれの領域の庫内温度を検出する。赤外線センサ16は、検出した検出信号（検出結果）を制御部17に送信する。

[0032] 方向性結合器30は、導波管4に取り付けられ、本実施の形態では反射波検出部を構成する。方向性結合器30は、導波管4内を伝送するマイクロ波の入射波検出量および反射波検出量を検出し、検出した検知信号を制御部17に送信する。なお、入射波検出量は、マグネトロン3側から放射アンテナ5側に向けて伝送するマイクロ波の入射波（または、進行波）に対応する検知信号で検出される。一方、反射波検出量は、放射アンテナ5側からマグネトロン3側に戻るマイクロ波の反射波に対応する検知信号で検出される。

[0033] 制御部17は、上述した赤外線センサ16や方向性結合器30からの検知信号に基づいて、マグネトロン3の発振制御およびモータ15の回転制御などを行う。

[0034] なお、図1では、載置台6の上方にグリル皿20を配置し、グリル皿20上に被加熱物21を載置した状態を示している。

[0035] この場合、グリル皿20は、加熱室2 aの側壁2 dで載置される。具体的には、加熱室2 aの左右の側壁2 dに形成された、前後方向に延びるレール

(図示せず) 上に、グリル皿 20 が載置される。これにより、グリル皿 20 は、加熱室 2 a 内で、加熱室 2 a の底面を構成する載置台 6 よりも上方の位置に配置される。このとき、レールは、加熱室 2 a の左右の側壁 2 d において、上下方向に複数段 (例えば、上段、中段、下段) 設けてもよい。これにより、グリル皿 20 を配置する高さの設定が、複数段で調整可能になる。

[0036] 以上のように、本実施の形態のマイクロ波加熱装置の一例である電子レンジ 1 は構成される。

[0037] 以下に、マイクロ波加熱装置の給電室 2 b の構成について、図 2 A および図 2 B を用いて、説明する。

[0038] 図 2 A は、放射アンテナ 5 が設けられた加熱室空間 2 の給電室 2 b を示す斜視図である。図 2 B は、図 2 A の給電室 2 b を示す平面図である。なお、図 2 A は、載置台 6 を取り除いた加熱室空間 2 の底面部分を示している。

[0039] 図 2 A および図 2 B に示す給電室 2 b は、上述したように加熱室 2 a の直下に配置され、載置台 6 (図 1 参照) により加熱室 2 a と分けられる。

[0040] 給電室 2 b には、放射アンテナ 5 が設けられる。放射アンテナ 5 は、結合軸 7 a の回転中心 G が、給電室 2 b の前後方向および左右方向のほぼ中心 (中心を含む) の位置に配置される。すなわち、回転中心 G は、加熱室 2 a の底面となる載置台 6 の前後方向および左右方向の中心のほぼ直下 (直下を含む) の位置に配置される。

[0041] 給電空間は、給電室 2 b の底壁 11 と載置台 6 の下面により構成される。給電空間は、結合部 7 の回転中心 G を含む給電室 2 b の前後方向に延びる中心線 J (図 2 B 参照) に対して、対称な形状で形成される。

[0042] 給電室 2 b は、底壁 11 から給電空間に向かって突出する突出部 18 a、18 b を有する。具体的には、突出部 18 a は、底壁 11 から突出して左側の側壁 2 c に形成される。突出部 18 b は、底壁 11 から突出して右側の側壁 2 c に形成される。突出部 18 b の下方には、マグネトロン 3 が配設される。つまり、突出部 18 b は、マグネトロン 3 の配置スペースを確保する目的で設けられる。

- [0043] これにより、マグネトロン3の出力端3a（図1参照）から放射されるマイクロ波は、給電室2bの直下に配設された導波管4内を伝送する。伝送されたマイクロ波は、放射アンテナ5の結合部7を介して、導波構造部8に導かれる。そして、マイクロ波は、放射アンテナ5の導波構造部8に形成される先端開放部13や開口14a、14bなどを介して、給電室2b内に放射される。
- [0044] このとき、給電室2bの給電空間の側面を形成する側壁2cは、傾斜面で形成される。傾斜面は、斜め上方を向く斜面、すなわち加熱室2aに向かって外側に広がるように傾斜して形成される。側壁2cの傾斜面により、例えば放射アンテナ5の先端開放部13から水平方向に放射されるマイクロ波は、上方の加熱室2aに向けて反射される。
- [0045] なお、給電室2bは、平面視において、概ね矩形形状で形成され、矩形形状の短辺側（図2Bでは左右側）に底壁11から突出した突出部18a、18bを備える側壁2cが形成される。給電室2bの4つの角は、給電室2bの隅部22a、22b、22c、22dに対応する。つまり、突出部18aは隅部22aと隅部22dの間に、突出部18bは給電室2bの隅部22bと隅部22cの間に形成される。
- [0046] 以上のように、電子レンジ1の給電室2bは構成される。
- [0047] 以下に、図3Aから図3Cを参照して、電子レンジ1のグリル皿20の構成について、説明する。
- [0048] 図3Aは、グリル皿20を上から見た平面図である。図3Bは、グリル皿20を横から見た側面図である。図3Cは、図3Aにおける3C-3C線断面図である。
- [0049] 図3Aから図3Cに示すように、グリル皿20は、例えば額縁状の周囲部20aと、プレート20cと、絶縁部20dなどで構成される。プレート20cは、周囲部20aの内側に形成され、複数の並行に形成された所定の深さの溝20b（なお、図3Cでは図示せず）を有する。絶縁部20dは、周囲部20aの下側に設けられる。

- [0050] そして、後述するグリルモードにおいて、グリル皿20のプレート20c上に被加熱物21が載置され、加熱室2a内に配置されて、被加熱物21が加熱される。具体的には、グリル皿20は、加熱室2aの左右の側壁2dに設けたレールと、絶縁部20dとを接触させて、加熱室2a内に配置される。
- [0051] プレート20cは、裏面側（載置台6側）に、マイクロ波吸収発熱体20e（例えば、フェライト）を備える。なお、プレート20cの裏面は、グリル皿20の底面20fを構成する。
- [0052] 以上のように、グリル皿20は構成される。
- [0053] つぎに、グリル皿20に載置される被加熱物21を加熱する、グリルモードにおけるマイクロ波の作用・効果について説明する。
- [0054] まず、グリル皿20の周囲部20aとプレート20cは、マイクロ波を透過させない材料（例えば、鉄やアルミニウムなど）により形成される。一方、絶縁部20dは、マイクロ波を透過させる絶縁性の材料（例えば、PPS樹脂）により形成される。これにより、絶縁部20dは、グリル皿20と加熱室2aの側壁2dとを絶縁する。
- [0055] そして、グリルモードでの加熱が開始されると、上記構成のグリル皿20の底面20fに、図1に矢印Eで示すように、放射アンテナ5から放射されたマイクロ波が到達する。到達したマイクロ波は、底面20fに設けられたマイクロ波吸収発熱体20eに吸収され、マイクロ波吸収発熱体20eが発熱する。発生した熱は、伝熱によりグリル皿20の底面20fを加熱する。これにより、グリル皿20のプレート20c上の被加熱物21は、マイクロ波によって、間接的に加熱される。
- [0056] 一方、上述したように、グリル皿20の周囲部20aやプレート20cは、マイクロ波を透過させない材料で構成している。そのため、被加熱物21は、グリル皿20の周囲部20aやプレート20cを介して、マイクロ波の透過によっては加熱されない。
- [0057] しかし、グリル皿20と加熱室2aの側壁2dとの間には、マイクロ波が

透過可能な隙間が形成される。具体的には、加熱室 2 a の側壁 2 d に設けられたレールは、グリル皿 2 0 の絶縁部 2 0 d と接触して配置される。絶縁部 2 0 d は、マイクロ波を透過させる P P S 樹脂などで形成されている。そのため、絶縁部 2 0 d を介して、グリル皿 2 0 と加熱室 2 a の左右の側壁 2 d の間から、マイクロ波の透過が可能となる。

[0058] また、グリル皿 2 0 の前方向には、加熱室 2 a の前面開口部に開閉自在な、例えばガラス板などからなる扉（図示せず）が設けられる。扉は、外側に電波遮蔽用のパンチングメタルなどからなる導体部と、内側には庫内の熱を逃がさず、かつ、汚れをふき取りやすくするためのガラス板などから構成される。そのため、放射アンテナ 5 から放射されたマイクロ波の一部は、グリル皿 2 0 の前方向のガラス板を透過してパンチングメタルで反射され、グリル皿 2 0 上方の加熱室 2 a 内に放射される。

[0059] また、グリル皿 2 0 の後方向の加熱室 2 a の側壁 2 d には、例えば凹凸などが形成されている場合がある。この場合、凹凸の隙間からマイクロ波が、グリル皿 2 0 上方の加熱室 2 a 内に放射される。

[0060] さらに、グリル皿 2 0 の周囲部 2 0 a のコーナー部 2 0 a d は、図 3 A に示すように、例えば円弧状に形成される。そのため、コーナー部 2 0 a d と、四角形などで形成される加熱室 2 a の角部との間に、隙間が形成される。この隙間により、マイクロ波が、グリル皿 2 0 上方の加熱室 2 a 内に放射される。

[0061] つまり、上記構成により、グリル皿 2 0 と加熱室 2 a の側壁 2 d との隙間などを介して、被加熱物 2 1 が配置されるグリル皿 2 0 の上方の加熱室 2 a の空間に、図 1 の矢印 F で示すマイクロ波が通過する流れが生じる。このマイクロ波の流れにより、被加熱物 2 1 が、直接的に加熱される。

[0062] 上述したように、図 1 に示す配置で被加熱物 2 1 を加熱するグリルモードにおいては、被加熱物 2 1 を間接的に加熱する矢印 E で示すマイクロ波の流れと、被加熱物 2 1 を直接的に加熱する矢印 F で示すマイクロ波の流れの、2 つの流れが形成される。そのため、グリルモードでは、上記 2 つのマイク

口波の流れにより、被加熱物 2 1 全体が各方向から放射されるマイクロ波で加熱される。

[0063] 以上のように、グリルモードにおいて、被加熱物 2 1 は、直接および間接的にマイクロ波により加熱される。

[0064] つぎに、上記のように構成される電子レンジ 1 を用いて、加熱効率の向上と均一加熱を実現する、放射アンテナ 5 の回転制御について、図 4 を参照しながら、説明する。

[0065] なお、本実施の形態では、放射アンテナ 5 の回転制御は、本願発明者らが見出した方向性結合器 3 0 からの検出信号、特に反射波検出量に基づいて実行される。

[0066] つまり、本願発明者らは、被加熱物 2 1 の状態に応じて、より適切な加熱制御を行うために、鋭意検討を行った。特に、載置台 6 よりも上方に、被加熱物 2 1 を載置したグリル皿 2 0 を配置した状態で、グリル加熱を行うグリルモードの制御について、鋭意検討を行った。その結果、マイクロ波を放射する放射アンテナ 5 の向き（回転角度）の制御により、被加熱物 2 1 の加熱効率の向上と均一加熱の両方を実現できることを見出した。

[0067] 図 4 は、図 1 から図 3 C で説明した電子レンジ 1 の構成において、回転する放射アンテナ 5 の向きによって、方向性結合器 3 0 が検出する反射波検出量の特性を示す図である。

[0068] なお、図 4 の横軸は、放射アンテナ 5 の向き、すなわち先端開放部 1 3 の向き（回転角度）で表している。具体的には、電子レンジ 1 の扉と正対した時に、放射アンテナ 5 の先端開放部 1 3 が後ろ（扉側と反対側）に向く向き（角度）を、 $0^{\circ}$  として図示している。

[0069] 図 4 に示すように、反射波検出量が最小となる放射アンテナ 5 の回転角度は、 $90^{\circ}$  である。また、反射波検出量の小さい値に着目すると、 $90^{\circ}$ 、 $315^{\circ}$ 、 $270^{\circ}$ 、 $45^{\circ}$  の回転角度の順で反射波検出量が小さい。これらの反射波検出量の値は、図中に一点鎖線で示す回転平均 A v e よりも小さい。

[0070] つまり、加熱効率の向上には、反射波検出量が最小の回転角度 $90^\circ$ や、反射波検出量の小さい他の回転角度で、放射アンテナ5を停止させてマイクロ波を放射すれば良いと、一般的には考えられる。しかし、この場合、加熱効率の高いマイクロ波分布での放射が一定時間固定されるため、焼きムラ（加熱ムラ）が生じやすい。その結果、加熱効率は向上するが、被加熱物21を均一に加熱できない虞が有る。

[0071] そこで、本願発明者らは、さらに、均一な加熱を実現するために、放射アンテナ5の先端開放部13の向き（回転角度）と、実際のグリル皿における発熱分布との関係を検討した。その結果を、図5に示す。

[0072] 図5は、同実施の形態におけるマイクロ波加熱装置の放射アンテナの向きとグリル皿の発熱分布との関係を説明する図である。

[0073] まず、図5の上段左図に示すように、放射アンテナ5の回転角度が $90^\circ$ の場合、放射アンテナ5の先端開放部13は、給電室2b内で右を向く。このとき、図5の上段右図に示すような、グリル皿20の発熱分布が得られた。この場合、発熱分布の最も強い領域が、中央よりもやや左側に発生することがわかる。

[0074] 一方、図5の中段左図に示すように、放射アンテナ5の回転角度が $270^\circ$ の場合、放射アンテナ5の先端開放部13は、給電室2b内で左を向く。このとき、図5の中段右図に示すような、グリル皿20の発熱分布が得られた。この場合、発熱分布の最も強い領域が、中央よりもやや右側に発生することがわかる。

[0075] 一般に、放射アンテナ5の先端開放部13が向くほうに、放射されるマイクロ波の指向性があると考えられる。そのため、発熱分布の最も強い領域が、先端開放部13が向く方向に発生すると推定される。しかし、図5の各右図に示すように、得られた結果は、当初の推定とは逆であった。

[0076] そこで、上記結果について、本願発明者らは、さらに考察した。

[0077] グリルモードにおいて、グリル皿20を上段に配置した場合、放射アンテナ5とグリル皿20の距離（上下方向の距離）が遠くなる。このとき、先端

開放部 13 が向く方向に放射されるマイクロ波は、突出部 18 a、18 b や加熱室空間 2 の側壁 2 d などでも反射される。その結果、逆側にマイクロ波が集中して、加熱されるのではないかと考察した。

[0078] しかしながら、マイクロ波の集中は、放射アンテナ 5 の先端開放部 13 が対向する対向面の傾斜角度、加熱室空間 2 の形状、グリル皿 20 の高さ位置などによって決まると推測される。つまり、上記グリル皿 20 を上段に配置する構成の場合、まず、先端開放部 13 から放射されたマイクロ波が対向面の傾斜角度に応じて一回目の反射を起こす。つぎに、加熱室空間 2 の側壁 2 d で二回目の反射を起こす。その結果、上段に配置されるグリル皿 20 の逆側にマイクロ波が集中して当たる、と推測される。そのため、グリル皿 20 を、中段および下段の位置に配置すると、例えば中段ではグリル皿 20 の中央、下段では先端開放部 13 の向いている側にマイクロ波が集中すると推測される。

[0079] 上記の結果からも、上述したように、一義的に、加熱ムラの状態を推定することが難しいことが判る。

[0080] しかし、本願発明者らは、図 5 に示す結果から、放射アンテナ 5 の回転角度が  $90^\circ$  と、 $90^\circ$  と異なる向き  $270^\circ$  の発熱分布が、ほぼ対称になっているという点に着目した。

[0081] もちろん、反射波検出量が最小となる回転角度  $90^\circ$  の方が、加熱効率が良いので、図 5 の上段右図に示すように、色が濃い領域、つまり発熱量の多い領域が広がる。そのため、図 4 に示すように、マイクロ波の放射量が若干少ない異なる向きで、放射アンテナ 5 を同じ時間、停止しても、加熱ムラは解消されないと考えられる。

[0082] そこで、本願発明者らは、放射アンテナ 5 の停止時間を、例えば  $90^\circ$  よりも  $270^\circ$  の方を長めに設定して、両者の加熱状態を合成すれば、加熱ムラを均一化できるのではないかと推察した。

[0083] 具体的には、図 5 の下段左図に示すように、放射アンテナ 5 の回転角度  $90^\circ$  での 10 秒停止と、回転角度  $270^\circ$  での 15 秒停止とを、交互に切り

替える回転制御で、グリルモード加熱を行った。その結果、図5の下段右図に示すように、かなり均一なグリル皿20の発熱分布が得られた。

[0084] つまり、本実施の形態のマイクロ波加熱装置である電子レンジ1は、上述したように、放射アンテナ5の回転中心Gは、給電室2bの前後方向および左右方向のほぼ中心の位置にある。また、回転中心Gは、載置台6の前後方向および左右方向の中心のほぼ直下の位置にある。さらに、給電室2bの給電空間は、結合部7の回転中心Gを含む給電室2bの前後方向に延びる中心線J（図2B参照）に対して対称な形状を有する。そのため、放射アンテナ5の回転角度 $90^\circ$ と、回転角度 $270^\circ$ において、対称な加熱ムラを発生させると考えられる。

[0085] 以上のように、本実施の形態によれば、電子レンジ1は、被加熱物21を収納する加熱室空間2と、加熱室空間2に供給するマイクロ波を発生させるマイクロ波発生部3と、マイクロ波発生部3が発生させたマイクロ波を加熱室空間2に伝送する導波管4と、導波管4を伝送するマイクロ波を加熱室空間2に放射させる放射アンテナ5を備える。さらに、電子レンジ1は、放射アンテナ5を回転させるモータ15と、導波管4内の反射波の少なくとも一部を検出する反射波検出部（方向性結合器）30と、反射波検出部30が検出した反射波検出量に基づいて、モータ15を制御し放射アンテナ5の向きを制御する制御部17を備える。そして、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）、および、最小となる向きと異なる向き（例えば、 $270^\circ$ ）で放射アンテナ5の回転を停止させるようにモータ15を制御する構成を有する。

[0086] この構成によれば、第一に、反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナ5の回転を停止させる。これにより、最も効率の良い加熱条件で被加熱物21を加熱する加熱時間が延びる。そのため、放射アンテナ5を一定の速度で回転させて加熱する場合と比べて、加熱効率が向上する。第二に、最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナ5の回転を停止させる。これにより、反射波検出量が最小となる向きでの停止中に生じる加熱ムラとは別に、異

なる向きからのマイクロ波放射による加熱ムラが生じる。これにより、最小となる向きでの加熱ムラが、異なる向きでの加熱ムラにより、打ち消される。その結果、反射波検出量が最小となる向きだけで停止する場合と比べて、加熱ムラを抑制した均一な加熱が得られる。つまり、加熱効率の向上と均一加熱の両方を、同時に実現できる。

[0087] また、本実施の形態によれば、制御部17は、放射アンテナ5の向き（回転角度）によって、停止時間を変えるようにモータ15を制御してもよい。これにより、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）での停止中に生じる加熱ムラと、他の異なる向き（例えば、 $270^\circ$ ）の停止時間中に生じる加熱ムラとの配分を、停止時間の設定で任意に変更できる。そのため、効率向上と均一加熱の両立以外に、どちらを優先して実行するかなどの調整を容易にできる。

[0088] また、本実施の形態によれば、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）における放射アンテナ5の停止時間（例えば、10秒）よりも、異なる向き（例えば、 $270^\circ$ ）における放射アンテナ5の停止時間を長く（例えば、15秒）するように、モータ15を制御してもよい。つまり、反射波検出量が最小となる向きでは、被加熱物21は、最も効率よく加熱される。そのため、最小となる向きで、他の異なる向き（対称の向きも含む）と同じ時間停止させると、より強く加熱ムラが生じる。一方、異なる向きでは、反射波検出量が最小となる向きよりも加熱効率が悪い。そのため、異なる向きからのマイクロ波の放射では、やや弱めの加熱ムラが被加熱物21に発生する。そこで、制御部17は、異なる向きでの放射アンテナ5の停止時間を長くする（具体的には、 $90^\circ$ で10秒、 $270^\circ$ で15秒）。これにより、異なる向きからのマイクロ波の放射で、加熱ムラを強化できる。その結果、互いの加熱ムラをバランス良く打ち消しあうことができる。そのため、より均一な加熱を維持しながら、効率の向上と均一加熱を同時に実現できる。

[0089] また、本実施の形態によれば、放射アンテナ5を停止させる異なる向きを

N箇所とする場合、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）を基準の向きとして、基準の向きおよび基準の向きから（ $360^\circ / (N + 1)$ ）度ずつ回転した向きで放射アンテナ5を停止するように、モータ15を制御してもよい。

[0090] この構成によれば、例えば被加熱物21のサイズが小さいメニューや加熱ムラが問題にならないメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えば $N = 1$ とする。これにより、反射波検出量が最小となる向き、すなわち最も効率よく加熱する向きの割合を増やして、加熱効率の向上を優先して加熱できる。一方、被加熱物21のサイズが大きいメニューや加熱ムラが問題となるメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えば $N = 3$ とする。これにより、異なる向きの割合を増やして、均一な加熱の維持を優先しながら、効率の向上と均一な加熱の維持の優先順位を、任意のN箇所を設定することにより、容易に調整できる。

[0091] なお、本実施の形態では、異なる向きが1箇所、十分に均一な加熱が得られた。そのため、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば $90^\circ$ ）と、 $180^\circ$ 度回転させて異なる向き（例えば、 $270^\circ$ ）で放射アンテナ5の回転を停止するようにモータ15を制御している。これにより、異なる向きを2箇所以上に設定して、放射アンテナ5を停止させる場合と比べて、最も加熱効率の向上を重視した調整が可能となる。

[0092] （実施の形態2）

以下に、本発明の実施の形態2におけるマイクロ波加熱装置について、図6を用いて、説明する。

[0093] 図6は、本発明の実施の形態2のマイクロ波加熱装置である電子レンジ1の概略構成を示す図である。なお、図6は、電子レンジ1を正面側から見た斜視図である。

[0094] 図6に示すように、本実施の形態の電子レンジ1は、グリル皿を用いずに、載置台6に、直接、被加熱物31を載置して、例えば「あたためモード」で加熱する点で、実施の形態1とは異なる。なお、電子レンジ1の基本的な

構成は、実施の形態 1 の電子レンジと同じである。そのため、実施の形態 1 と同じ構成要素については同じ符号を付与し、詳細な説明を省略する。

[0095] つまり、本実施の形態の電子レンジ 1 は、例えば直径 150 mm 程度の容器に入った食品などの大き目の被加熱物 31 を載置台 6 に、直接、置いて、マグネトロン 3 から放射されるマイクロ波であたためる「あたためモード」で加熱する構成である。

[0096] 「あたためモード」の場合、被加熱物 31 は、載置台 6 上に直接、載置される。つまり、被加熱物 31 と載置台 6 の直下に配置される放射アンテナ 5 との距離が近くなる。そのため、被加熱物 31 に、放射アンテナ 5 からのマイクロ波が直接当たる割合が多くなる。その結果、放射アンテナ 5 の指向性の強い向きに位置する被加熱物 31 の部位が、強く加熱される。

[0097] 上記被加熱物 21 の配置構成により、実施の形態 1 のグリルモードによる加熱制御とは、異なる制御が必要となる。

[0098] そこで、上記のように電子レンジ 1 内に配置される被加熱物 31 における、加熱効率の向上と均一加熱を実現する、放射アンテナ 5 の回転制御について、図 7 を参照しながら、説明する。

[0099] 図 7 は、図 6 に示す電子レンジ 1 において、回転する放射アンテナ 5 の向きによって、方向性結合器 30 が検出する入射波検出量、反射波検出量、および吸収量の特性を示す図である。

[0100] なお、図 7 の横軸は、放射アンテナ 5 の向き、すなわち先端開放部 13 の向き（回転角度）で表している。具体的には、電子レンジ 1 の扉と正対した時に、放射アンテナ 5 の先端開放部 13 が後ろ（扉側と反対側）に向く向き（角度）を、 $0^\circ$  として図示している。また、図 7 の左側の縦軸は、入射波検出量と反射波検出量を示している。具体的には、入射波検出量と反射波検出量が、上に行くほど大きく、下に行くほど小さくなることを示している。

[0101] 一方、図 7 の右側の縦軸は、入射波検出量と反射波検出量から算出した吸収量（実際に被加熱物 31 が吸収するマイクロ波の量）を示している。具体的には、吸収量が、上に行くほど小さく、下に行くほど大きくなることを、

図7の右側の放射アンテナ5の向き $90^\circ$ の値を1として、比率で示している。

[0102] 図7に示すマイクロ波の吸収量から、放射アンテナ5の向き $90^\circ$ で放射アンテナ5の回転を停止させると、加熱効率が向上することが判る。しかし、この場合、加熱効率の高いマイクロ波分布での放射が一定時間固定されるため、焼きムラ（加熱ムラ）が生じやすい。その結果、加熱効率は向上するが、被加熱物31を均一に加熱ができない虞がある。

[0103] そこで、本願発明者らは、均一な加熱を実現するために、放射アンテナ5の先端開放部13の向き（回転角度）と、載置台6に載置される被加熱物21の加熱部位との関係を検討した。その結果を、図8に示す。

[0104] 図8は、放射アンテナ5の向きと被加熱物31の加熱部位との関係を説明する図である。

[0105] なお、本実施の形態の場合、上述したように「あたためモード」で被加熱物31を加熱する。そのため、被加熱物31は、放射アンテナ5から放射されるマイクロ波が、直接当たる割合が多いと考えられる。

[0106] 図8の結果によれば、放射アンテナ5の指向性の強い向きに位置する被加熱物31の部位が、予想通り、強く加熱されることがわかる。

[0107] 具体的には、まず、図8の最上段左図に示すように、放射アンテナ5の回転角度が $0^\circ$ の場合、放射アンテナ5の先端開放部13は、給電室2b内で後ろを向く。この場合、図8の最上段右図に示すように、被加熱物31の後ろ側に、強い加熱部位32aが発生している。

[0108] また、図8の上段左図に示すように、放射アンテナ5の回転角度が $90^\circ$ の場合、放射アンテナ5の先端開放部13は、給電室2b内で右を向く。この場合、図8の上段右図に示すように、被加熱物31の右側に、強い加熱部位32bが発生している。

[0109] また、図8の下段左図に示すように、放射アンテナ5の回転角度が $180^\circ$ の場合、放射アンテナ5の先端開放部13は、給電室2b内で前を向く。この場合、図8の下段右図に示すように、被加熱物31の前側に、強い加熱

部位 3 2 c が発生している。

[0110] さらに、図 8 の最下段左図に示すように、放射アンテナ 5 の回転角度が  $270^\circ$  の場合、放射アンテナ 5 の先端開放部 1 3 は、給電室 2 b 内で左を向く。この場合、図 8 の最下段右図に示すように、被加熱物 3 1 の左側に、強い加熱部位 3 2 d が発生している。

[0111] 上記結果から、本願発明者らは、放射アンテナ 5 の角度が  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  と異なる 4 箇所の向きに対して、強く加熱される 4 箇所の加熱部位 3 2 a、3 2 b、3 2 c、3 2 d が、ほぼ同じ向きの位置に発生している点に着目した。

[0112] このとき、図 7 に示すように、放射アンテナ 5 の向きによりマイクロ波の吸収量が異なる。

[0113] 具体的には、図 7 から、被加熱物 3 1 のマイクロ波の吸収量は、放射アンテナ 5 の向き  $90^\circ$  の吸収量  $1.0 >$  向き  $270^\circ$  の吸収量  $0.86 >$  向き  $180^\circ$  の吸収量  $0.63 >$  向き  $0^\circ$  の吸収量  $0.52$  の関係にある。そのため、同じ時間停止させると、マイクロ波の吸収量の多い放射アンテナ 5 の向き（例えば、 $0^\circ$ ）における被加熱物 3 1 の加熱が支配的になる。

[0114] そこで、本実施の形態では、被加熱物 3 1 を均一に加熱するために、上記吸収量の少ない放射アンテナ 5 の向きほど停止時間を長くするように、放射アンテナ 5 の回転を制御した。つまり、図 8 に示す 4 箇所の放射アンテナ 5 の向きにおける、以下で説明する停止中の吸収エネルギーが同じになるように制御した。

[0115] すなわち、マイクロ波の吸収エネルギーに相当する、放射アンテナ 5 の向きによる吸収量と停止時間の積の各値が等しくなるように、それぞれの停止時間を算出した。

[0116] なお、図 8 においては、吸収量と停止時間の積が 5 となるように、それぞれの停止時間を算出した。つまり、4 箇所それぞれの放射アンテナ 5 の向きの停止時間を、（停止時間 =  $5 /$  吸収量）から算出した。これにより、図 8 に示すように、放射アンテナ 5 の角度が  $90^\circ$  における停止時間は 5 秒、同

270°の停止時間は6秒、同180°の停止時間は8秒、同0°の停止時間は10秒が算出された。その結果、図8のように、4箇所それぞれの放射アンテナ5の向きにおける、加熱部位32a、32b、32c、32dの加熱強度（大きさ）が、同程度になることがわかった。

[0117] そして、放射アンテナ5の向きにおける、例えば4箇所の加熱部位の加熱強度を合算した。その結果、載置台6に、直接、被加熱物31を載置しても、グリルモードと同様に、加熱ムラなく、より均一な加熱分布で加熱できることが判った。

[0118] 以上のように、本実施の形態によれば、電子レンジ1は、被加熱物31を収納する加熱室2aと、加熱室2aに供給するマイクロ波を発生させるマグネトロン3と、マグネトロン3が発生させたマイクロ波を加熱室2aに伝送する導波管4と、導波管4を伝送するマイクロ波を加熱室2aに放射させる放射アンテナ5を備える。さらに、電子レンジ1は、放射アンテナ5を回転させるモータ15と、導波管4内の反射波の少なくとも一部を検出する方向性結合器30と、方向性結合器30が検出した反射波検出量に基づいて、モータ15を制御し放射アンテナ5の向きを制御する制御部17を備える。そして、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、90°）、および、複数の異なる向き（例えば、0°、180°、270°）で放射アンテナ5の回転を停止させるようにモータ15を制御する構成を有する。

[0119] この構成によれば、第一に、反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナ5の回転を停止させる。これにより、最も効率の良い加熱条件での被加熱物31の加熱時間が延びる。そのため、放射アンテナ5を一定の速度で回転させて加熱する場合と比べて、加熱効率が向上する。第二に、3箇所の、最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナ5の回転を停止させる。これにより、反射波検出量が最小となる向きでの停止中に生じる加熱ムラとは別に、3箇所の異なる向きからのマイクロ波放射による加熱ムラが生じる。これにより、最小となる向きでの加熱ムラが、3箇所の異なる向きでの加熱ムラと合算されて、打ち消される。その結果、反射波検出量が最小となる向きだ

けで停止する場合と比べて、加熱ムラを抑制した均一な加熱がえられる。つまり、加熱効率の向上と均一加熱の両方を、同時に実現できる。

[0120] また、本実施の形態によれば、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）における放射アンテナ5の停止時間よりも、異なる向き（例えば、 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ）における放射アンテナ5の停止時間を長くするように、モータ15を制御してもよい。つまり、反射波検出量が最小となる向きでは、被加熱物31は、最も効率よく加熱される。そのため、最小となる向きで、他の異なる向きと同じ時間停止させると、より強く加熱ムラが生じる。一方、異なる向きでは、反射波検出量が最小となる向きよりも加熱効率が悪い。そのため、異なる向きからのマイクロ波の放射では、やや弱めの加熱ムラが被加熱物31に発生する。そこで、制御部17は、異なる向きでの放射アンテナ5の停止時間を長くする。これにより、異なる向きからのマイクロ波の放射で、加熱ムラを強化できる。その結果、互いの加熱ムラをバランス良く打ち消しあうことができる。そのため、より均一な加熱を維持しながら、加熱効率の向上と均一加熱を同時に実現できる。

[0121] また、本実施の形態によれば、導波管4内の入射波の少なくとも一部を検出する入射波検出部を、さらに有する。制御部17は、放射アンテナ5を停止させる複数の向き（例えば、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ）での入射波検出量と反射波検出量から被加熱物31によるマイクロ波の吸収量を算出する。そして、制御部17は、算出したそれぞれの停止位置での吸収量と停止時間の積が等しくなるように（例えば、本実施の形態では5に設定）、モータ15を制御してもよい。

[0122] この構成によれば、吸収量と停止時間の積は、被加熱物31が吸収する吸収エネルギーに相当する。そこで、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）で加熱ムラを発生させる吸収エネルギーと、異なる向き（例えば、 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ）で加熱ムラを発生させる吸収エネルギーを等しくする。これにより、互いの加熱ムラを、最良のバランスで打ち消すことができる。つまり、最も均一な加熱を維持しながら、効率の向上と均一加熱

を同時に実現できる。

[0123] また、本実施の形態によれば、放射アンテナ5を停止させる異なる向きをN箇所とする場合、制御部17は、反射波検出量が最小となる向き（例えば、 $90^\circ$ ）を基準の向きとして、基準の向きおよび基準の向きから $(360 / (N + 1))$ 度ずつ回転した向きで、放射アンテナ5の回転を停止するように、モータ15を制御してもよい。

[0124] この構成によれば、例えば被加熱物31のサイズが小さいメニューや加熱ムラが問題にならないメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えば $N = 1$ とする。これにより、反射波検出量が最小となる向き、すなわち最も効率よく加熱する向きの割合を増やして、加熱効率の向上を優先して加熱できる。一方、被加熱物31のサイズが大きいメニューや加熱ムラが問題になるメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えば $N = 3$ とする。これにより、異なる向きの割合を増やして、均一な加熱の維持を優先しながら、効率の向上と均一な加熱の維持の優先順位を、任意のN箇所を設定することにより、容易に調整できる。

[0125] 上記では、被加熱物31の直径が約150mmで面積が広いために加熱ムラが気になるメニューの場合を例に説明した。具体的には、異なる向きの箇所を $N = 3$ とし、 $90^\circ$ 以外に、 $0^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ で放射アンテナ5の回転を停止させる構成を例に説明した。つまり、ある程度、加熱効率を犠牲にして、均一な加熱性能の向上を優先させた場合を例に説明した。

[0126] なお、上記各実施の形態では、放射アンテナ5の回転を所定時間停止させる構成を例に説明したが、これに限られない。例えば、放射アンテナ5の回転を完全に停止しなくてもよい。つまり、一定の速度で回転する場合と比べて、放射アンテナ5が所定の向きに向く時間を長くできる構成であればよい。一例として、回転中において、所定の向きにおける放射アンテナ5の回転速度を減速させて時間を長くしてもよい。さらに、所定の向きを基準にして、狭い角度範囲で、放射アンテナ5を正転・反転駆動させて、時間を長くする構成としてよい。

[0127] また、上記各実施の形態では、放射アンテナ5の停止角度が、例えば90°のように、丁度の角度である場合を例で説明したが、これに限られない。例えば、90°から±10°くらいずれて、放射アンテナ5を停止してもよい。この理由は、通常、モータ15と放射アンテナ5の嵌合状態には、ガタ（遊び）がある。特に、モータ15がステッピングモータの場合、右回転も左回転も可能である。そのため、制御部17が、放射アンテナ5を所定の角度で停止させるように制御しても、回転方向とガタの大きさにより、10°くらいは簡単にずれる可能性があるためである。

[0128] [方向性結合器の詳細説明]

以下に、上記各実施の形態に関わる方向性結合器の構成および動作について、図9から図12を用いて、詳細に説明する。

[0129] 上述したように、方向性結合器は、導波管40内を伝播するマイクロ波の反射波の少なくとも一部を検出する反射波検出部と、導波管40内の入射波（または、進行波ともいう）の少なくとも一部を検出する入射波検出部とを有する。

[0130] 図9は、方向性結合器の斜視図である。図10は、図9に示す方向性結合器のプリント基板を透視して示す斜視図である。図11は、図9の方向性結合器の導波管に設けたクロス開口の構成図である。図12は、図9の方向性結合器のプリント基板の回路構成図である。

[0131] 図9から図12に示すように、方向性結合器30は、導波管40の幅広面40aに設けられたX形状のクロス開口41と、プリント基板42上に形成されるマイクロストリップ線路43と、支持部44などで構成される。プリント基板42は、クロス開口41に対向し、導波管40の外側に設けられる。マイクロストリップ線路43は、クロス開口領域41a（図11参照）に対面する領域のプリント基板42上に、後述する所定の線路形状で構成される。なお、クロス開口領域41aは、プリント基板42のクロス開口41に対面する面において、プリント基板42からクロス開口41を鳥瞰したときに、クロス開口41の開口が存在する領域である。

- [0132] 支持部44は、導波管40の幅広面40a側の外面上に、プリント基板42を支持固定する。支持部44は、導電材料で構成され、導波管40のクロス開口41から放射されるマイクロ波を内部に閉じ込め、外部への放射を遮蔽する。
- [0133] クロス開口41は、開口中央部41cを基点に、例えばX字形状の開口で構成される。クロス開口41は、図11に示すように、導波管40の幅広面40aにおいて、導波管40の管軸L1と交差しない位置に設けられる。クロス開口41の開口中央部41cは、導波管40の管軸L1から寸法D1だけ外れた位置に設けられる。寸法D1は、例えば導波管40の幅寸法の1/4の寸法である。
- [0134] クロス開口41の開口形状は、導波管40の幅寸法と高さ寸法、導波管40を伝送させるマイクロ波の電力レベルや周波数帯域、クロス開口41から放射させる電力レベルなどの条件に基づいて決定される。例えば、導波管40の幅寸法が100mm、高さ寸法が30mm、導波管40の壁面の厚さが0.6mm、導波管40を伝送させるマイクロ波の最大電力レベルが1000W、周波数帯域が2450MHz、クロス開口41から放射させる最大電力レベルが約10mWの場合、クロス開口41の長さ41wと幅41dは、長さが20mm、幅が2mm程度で構成すればよい。
- [0135] 図11では、X字形状のクロス開口41の交差角度が約90度の構成を例に説明したが、これに限られない。例えば、交差角度は、60度や120度としてもよい。
- [0136] なお、クロス開口41の開口中央部41cを導波管40の管軸L1上に一致させて配置すると、電界は回転せずに伝送方向に往復する。そのため、クロス開口41から直線偏波が放射される。
- [0137] 一方、開口中央部41cを管軸L1からずらして配置すれば、電界は回転する。ただし、開口中央部41cが管軸L1に近ければ近いほど（D1が0mmに近づくとつれて）、電界の回転が、いびつになる。この場合、クロス開口41から楕円状の円偏波（楕円偏波という）が放射されることなる。

- [0138] そこで、本実施の形態では、寸法D1を導波管40の幅寸法の1/4程度に設定している。これにより、電界の回転が、ほぼ真円状（真円状を含む）になる。そのため、クロス開口41からほぼ真円状に回転する円偏波が放射される。これにより、電界の回転方向がより明確になるため、導波管40を伝送する進行波と反射波とを精度よく分離できる。その結果、方向性結合器30は、進行波と反射波とを精度よく検出できる。
- [0139] プリント基板42は、クロス開口41と対面しないプリント基板A面42aの全面に、例えば銅箔などを貼り合わせてマイクロ波反射部材が形成される。これにより、クロス開口41から放射される円偏波のプリント基板42への透過を防止している。
- [0140] 一方、プリント基板42は、クロス開口41に対面するプリント基板B面42bに、図12に示すようなマイクロストリップ線路43を設けている。マイクロストリップ線路43は、例えば特性インピーダンスが略50オーム（50オームを含む）の伝送線路で構成される。マイクロストリップ線路43は、プリント基板42からクロス開口41側を鳥瞰した平面視において、クロス開口41の開口中央部41cを取り囲むように配置される。これにより、クロス開口41の開口中央部41cは、鳥瞰的に、マイクロストリップ線路43の線路内部に包含される。
- [0141] 具体的には、マイクロストリップ線路43は、少なくとも導波管40の管軸L1に略垂直（垂直を含む）に配置される第1線路43aと第2線路43bを備える。第1線路43aと第2線路43bは、平面視において、クロス開口41が存在するクロス開口領域41aに対向し、クロス開口41の開口中央部41cの両側に配置される。
- [0142] 第1線路43aおよび第2線路43bの一端は、導波管40の管軸L1と略平行（平行を含む）に配置される第3線路43cに接続される。第1線路43aおよび第2線路43bと、第3線路43cは、クロス開口41の開口中央部41cを取り囲むように配置される。第1線路43aおよび第2線路43bのそれぞれの他端は、管軸L1に略平行（平行を含む）に配置される

線路 4 3 d および線路 4 3 e の一端に接続され、クロス開口領域 4 1 a の外側まで延設される。

[0143] さらに、線路 4 3 d および線路 4 3 e の他端からマイクロストリップ線路 4 3 の出力部 1 3 1、1 3 2 に至る線路は、出力部の配設位置に応じて、適切なマイクロストリップ線路 4 3 を介して配置される。このとき、出力部 1 3 1、1 3 2 は、支持部 4 4 の外側に配置される。

[0144] マイクロストリップ線路 4 3 の両端の出力部 1 3 1、1 3 2 は、検波回路 4 5 と接続される。検波回路 4 5 は、検出したマイクロ波レベルを制御信号として取り扱うための処理回路を構成する。

[0145] 検波回路 4 5 は、図 1 2 に示すように、チップ抵抗 4 6、ショットキーダイオード 4 7 など構成される。出力部 1 3 1 のマイクロ波信号は、検波回路 4 5 を経て整流される。整流されたマイクロ波信号は、例えばチップ抵抗、チップコンデンサなどで構成される平滑回路を経て直流電圧に変換される。変換された直流電圧は、検波出力部 4 8 に出力される。出力部 1 3 2 のマイクロ波信号も、上記と同様の回路を経て、変換された直流電圧が検波出力部 4 9 に出力される。

[0146] また、クロス開口 4 1 に対面するプリント基板 B 面 4 2 b において、プリント基板取付用穴 5 0 a、5 0 b、5 0 c、5 0 d の周辺部およびピンホール 5 1 a、5 1 b の周辺部には、グランド面となる銅箔が形成される。銅箔が形成される領域は、プリント基板 4 2 のクロス開口 4 1 に対面しないプリント基板 A 面 4 2 a と同電位となる。

[0147] プリント基板 4 2 は、プリント基板取付用穴 5 0 a、5 0 b、5 0 c、5 0 d を通じて、支持部 4 4 にネジ 2 0 1 a、2 0 1 b、2 0 1 c、2 0 1 d により組立固定される。支持部 4 4 のフランジ面 4 4 a には、図 1 0 に示すように、ネジ 2 0 1 a、2 0 1 b、2 0 1 c、2 0 1 d を組立固定する、突出しネジ部 2 0 2 a、2 0 2 b、2 0 2 c、2 0 2 d が設けられている。

[0148] さらに、支持部 4 4 は、図 1 0 に示すように、取出し部 1 4 1、1 4 2 を備える。取出し部 1 4 1、1 4 2 は、マイクロストリップ線路 4 3 を伝送す

るマイクロ波を、支持部44の外部に配置させた出力部131、132に、マイクロ波信号を伝送させて取り出す。なお、取出し部141、142は、プリント基板42を支持部44にネジ組立する支持部44のフランジ面44aを、例えばプリント基板42と反対側に凸絞りして形成される。これにより、マイクロストリップ線路43を伝送するマイクロ波が、支持部44で阻害されない構成としている。

[0149] また、図9および図10には、図12に示した検波出力部48、49に実装されるコネクタ部48a、49aを図示している。

[0150] なお、上記では、図9から図12で説明した方向性結合器で、導波管40内を双方向に伝送するマイクロ波を検出する構成を例に説明したが、これに限られない。例えば、導波管40内を伝送するマイクロ波の、いずれか1つの方向のみを検出するように方向性結合器を構成してもよい。この構成の場合、図12に示す検波回路45を終端回路（図示せず）に置換することで実現できる。なお、終端回路は、抵抗値50オームのチップ抵抗で構成すればよい。

[0151] つぎに、上記のように構成される方向性結合器の動作および作用について、説明する。

[0152] まず、導波管40内を伝送するマイクロ波の電力量に対する、X字形状のクロス開口41から放射されるマイクロ波の電力量の比は、導波管形状とクロス開口の形状寸法によって決定される。具体的には、上述した寸法形状の場合、電力量の比は、約1/100000（約-50dB）である。

[0153] ここで、図9から図12に示す矢印Hは、伝送されるマイクロ波の入射波（または、進行波、以下、進行波60と称する）を示す。矢印Iは、反射波（以下、反射波61と称する）を示す。この場合、進行波60は、上述したように、導波管40内を伝送する際、クロス開口41を形成する長さ41w方向の2つの開口で順次励起される。そして、クロス開口41から放射されるマイクロ波は、反時計回りに回転放射62（図11参照）する円偏波となって、導波管40の外側に放射される。一方、反射波61は、時計回りに回

転放射する円偏波となって、導波管40の外側に放射される。

[0154] 回転放射された円偏波のマイクロ波は、クロス開口41と対面するマイクロストリップ線路43に結合する。このとき、矢印Hの方向に伝送される進行波60によりクロス開口41から放射されるマイクロ波は、マイクロストリップ線路43の出力部131、132に出力される。しかし、進行波60によるマイクロ波の大部分は、出力部131に出力させる必要がある。一方、矢印Iの方向に伝送される反射波61によりクロス開口41から放射されるマイクロ波は、マイクロストリップ線路43の出力部131、132に出力される。しかし、反射波61によるマイクロ波の大部分は、出力部132に出力させる必要がある。

[0155] そのため、マイクロ波の伝送方向に対して、所定の出力部に出力させるには、クロス開口41と対面させるマイクロストリップ線路43の構造が重要となる。

[0156] 本願発明者らは、クロス開口41と対面させるマイクロストリップ線路43の相対位置を鋭意検討した。その結果、プリント基板42からクロス開口41側を鳥瞰した時に、クロス開口41の開口中央部41cを取り囲むようにマイクロストリップ線路43を配置する構成で実現可能なことを見出した。

[0157] そこで、本実施の形態では、開口中央部41cを取り囲むマイクロストリップ線路43で構成した。具体的には、マイクロストリップ線路43は、導波管40の管軸L1に略垂直（垂直を含む）な第1線路43a、第2線路43bと、第1線路43a、第2線路43bのそれぞれの一端を接続する導波管40の管軸L1に略平行（平行を含む）な第3線路43cで構成した。また、第1線路43a、第2線路43bは、図12に示すように、クロス開口41を形成する長さ41w方向の2つの開口のそれぞれに対面する（横切る）長さとした。さらに、第3線路43cは、クロス開口41の開口と対面しないように構成した。

[0158] 上記マイクロストリップ線路43の構成により、進行波60によりクロス

開口41から放射されるマイクロ波の大部分は、マイクロストリップ線路43の出力部131に出力された。一方、反射波61によりクロス開口41から放射されるマイクロ波の大部分は、マイクロストリップ線路43の出力部132に出力された。

[0159] また、導波管40を使用し、マイクロ波の進行波60と反射波61とが反対方向に伝送される環境下においても、所定の出力部に大部分を出力させる上記方法を通用させる必要がある。そのため、クロス開口41の開口中央部41cを取り囲む、マイクロストリップ線路43の配置に、対称性を持たせる必要がある。そこで、本実施の形態では、マイクロストリップ線路43の第1線路43a、第2線路43bを、開口中央部41cから略等距離（等距離を含む）に配置している。

[0160] 以上の構成により、方向性結合器で検出する進行波60と反射波61との検出分離度を向上させることができる。

[0161] さらに、導波管40内において、進行波60と反射波61とが互いに反対方向に伝送される場合、導波管40内に定在波が発生する。定在波は、進行波60と反射波61との検出分離度を低下させる場合がある。

[0162] そこで、本願発明者らは、定在波の影響を抑制するために、マイクロストリップ線路43の第1線路43aと第2線路43bとの間隔43gについて検討した。その結果について、図13から図15を用いて説明する。

[0163] このとき、上述したクロス開口41、マイクロストリップ線路43、導波管40などの形状寸法、マイクロ波の周波数帯域および方向性結合器の検出電力比の条件において、検討した。

[0164] 図13は、第1線路43aと第2線路43bとの間隔43gを4mmとした場合の方向性結合器30における反射波検出部の出力特性を示す極座標図である。図14は、第1線路43aと第2線路43bとの間隔43gを2mmとした場合の方向性結合器30における反射波検出部の出力特性を示す極座標図である。図15は、図13の条件における方向性結合器30の進行波検出部の出力特性を示す極座標図である。

- [0165] なお、図13および図14の極座標図は、以下の構成および条件で得られた。
- [0166] 具体的には、上述したように、導波管40の幅100mm、高さ30mm、壁面の厚さ0.6mm、クロス開口41の長さ41w 20mm、幅41d 2mmの形状を用いて、特性を評価した。
- [0167] まず、上記構成の導波管40の一端にマイクロ波入力端、導波管40の他端に反射波61のレベルおよび位相を変化できる負荷を接続する。そして、導波管40のマイクロ波入力端からマイクロ波信号を入力する。
- [0168] つぎに、導波管40の他端に接続した負荷を調整しながら、反射波61のレベルおよび位相を変化させて、マイクロストリップ線路43の出力部131（進行波検知）、132（反射波検知）が検出するマイクロ波の電力量を、ネットワークアナライザを用いて測定する。このとき、出力部131が検出するマイクロ波（進行波）の電力量を $S_{21}$ とする。一方、出力部132が検出するマイクロ波（反射波）の電力量を $S_{31}$ とする。
- [0169] つぎに、 $(S_{31} - S_{21})$ を計算して、スミスチャートの極座標表示上に展開する。これにより、図13および図14に示す極座標図が得られる。
- [0170] なお、図13および図14に示す基準面80は、負荷の入力端を基準として示し、進行波60のすべてが完全反射し、位相が180度変化する面である。
- [0171] また、極座標表示の中心は、反射波61の電力量 $S_{31}$ が零（ゼロ）であることを示す。一方、極座標表示の最外郭である円周は、進行波60のすべてが反射波61になることを示す。すなわち、極座標表示の中心から最外郭である円周に近づくほど、反射波61の電力量 $S_{31}$ が増すことになる。したがって、反射波61の電力量 $S_{31}$ から進行波60の電力量 $S_{21}$ を差分した値 $(S_{31} - S_{21})$ は、小さくなる。なお、図13および図14はdBで表記しているので、マイナス数値は小さくなる。
- [0172] また、極座標表示の円周方向は、位相と関連し、方向性結合器30を配置した位置における反射波61の位相を示している。但し、図13および図1

4は、負荷の入力面を基準面としているので、位相は相対表示となる。つまり、極座標表示における同一円周上では、反射波61の位相は異なるが、反射波61の電力量（電力レベル）は同じである。したがって、反射波61の電力量 $S_{31}$ から進行波60の電力量 $S_{21}$ を差分した値（ $S_{31} - S_{21}$ ）を極座標上に展開した場合、その等高線は、同心状になるのが理想特性である。

[0173] そこで、上記観点から、図13および図14の特性を分析した。

[0174] その結果、図13に示すように、第1線路43aおよび第2線路43bとの間隔43gが4mmの場合、等高線（太線）がほぼ同心状の特性が得られた。

[0175] 一方、図14に示すように、間隔43gが2mmの場合、等高線（太線）が極座標表示の中心から偏心した特性が得られた。

[0176] なお、図示していないが、間隔43gを8mmにした場合、間隔43gが2mmの場合と、ほぼ同様の特性になることを確認している。

[0177] 上述した関係から、導波管40の寸法や、クロス開口41の寸法などに応じて、間隔43gを適切に設定することにより、定在波の発生を抑制できることが判った。

[0178] 以下、上記現象（間隔43gを適切に設定することにより、定在波の発生を抑制できること）について、推察する。

[0179] 一般的に、クロス開口41から回転放射するマイクロ波の伝搬方向は、導波管40内の伝送方向に対して、クロス開口41から上向きに略50度であることが知られている。そのため、第1線路43aおよび第2線路43bを、略50度で回転放射する位置に配置することにより、定在波の発生を抑制できると推察される。

[0180] つまり、上述の第1線路43aおよび第2線路43bとの間隔43g、および導波管40の幅広面40aとマイクロストリップ線路43を配するプリント基板B面42bとの距離との最適化により、定在波の発生を抑制できると推察される。

- [0181] そこで、本願発明者らは、第1線路43aおよび第2線路43bを、クロス開口41の開口に対面させて配置した。このとき、導波管40の幅広面40aとマイクロストリップ線路43を配するプリント基板B面42bとの距離を、例えば5～7mmの適当な寸法を選択して、定在波の抑制を検討した。これにより、定在波の発生が抑制できることを確認した。
- [0182] 以上の検討により、導波管40に実装可能な小型の方向性結合器30を実現できる。
- [0183] つぎに、上述した形状および寸法に設定した方向性結合器30の進行波に対する出力特性について、図15を用いて説明する。
- [0184] 図15は、図9の方向性結合器における進行波検出部の出力特性を示す極座標図である。つまり、図15は、方向性結合器30の出力部131が検出するマイクロ波（進行波に相当）の電力量S21を極座標で表示した図である。
- [0185] 図15に示すように、極座標全領域に対して、負荷変動を考慮した進行波の検出量のばらつきは、 $-50.5\text{ dB}$ から $-53.0\text{ dB}$ 程度であった。
- [0186] つまり、ばらつきが小さいほど、検波回路45による信号処理が容易となる。そのため、上記のばらつき程度であれば、検波回路45を構成するショットキーダイオード47に安価な部品を用いることが可能になる。また、安価な部品で検波回路45を構成しても容易に信号処理できる。
- [0187] なお、上記では、第1線路43a、第2線路43bおよび第3線路43cで囲まれる領域については、特に言及しなかったが、クロス開口領域41aより小さくするのが好ましい。このとき、図12に示すように、第1線路43aおよび第2線路43bを開口中央部41cとクロス開口領域41aの端部（図12の左右の端部）の中ほどに配置する。さらに、第3線路43cを、開口中央部41cとクロス開口領域41aの端部（図12の一点鎖線で示す上の端部）の中ほどに配置すれば、さらに好ましい。これにより、方向性結合器に入射する進行波と反射波を精度よく分離して検出できる。
- [0188] また、上記では、クロス開口41の開口形状として、2つの長孔が交差す

るX字形状を例に説明したが、これに限られない。クロス開口41の開口形状は、例えば導波管40の管軸L1に対して異なる角度に傾斜した2つ以上の長孔を内包する形状であればよい。また、クロス開口41の開口形状は、2つ以上の長孔の交差位置が長孔の中心からずれていてもよい。さらに、クロス開口41の開口形状は、例えばL字形状やT字形状であってもよい。また、クロス開口41の開口形状は、長孔を3つ以上組み合わせて構成してもよい。なお、X字形状のクロス開口41において、交差角度を直交からずらして、30度程度傾けても、電界が回転して円偏波で放射できることは、確認している。但し、本実施の形態のように、X字形状で2つの長孔をそれぞれの中央部で直交させるように配置した場合、ほぼ真円状の円偏波を放射できるので、より好ましい。

[0189] さらに、クロス開口41の開口形状は、円や多角形でもよい。つまり、上述したように、開口形状は、導波管40の管軸L1に対して異なる角度に傾斜した2つ以上の長孔を内包する形状であればよいと考えられる。そのため、多くの長孔を、少しずつ角度を変えて重ねて構成される円でもよく、X字形状の長孔の4つの頂点を結んだ正方形でもよい。さらに、円や正方形などの形状を押しつぶした、楕円や長方形や台形でもよい。また、四角形以外の多角形や、入りくんだ形状の、例えばハート型や星形などの形状でもよい。特に円や四角形などの場合、X字形状などのように、入りくんだ形状と比べると、変形しにくい効果が得られる。

[0190] 以上で説明したように、本発明のマイクロ波加熱装置は、被加熱物を収納する加熱室と、加熱室に供給するマイクロ波を発生させるマイクロ波発生部と、マイクロ波発生部が発生させたマイクロ波を加熱室に伝送する導波管と、導波管を伝送するマイクロ波を加熱室に放射させる放射アンテナと、放射アンテナを回転させる回転駆動部を備える。さらに、マイクロ波加熱装置は、導波管内の反射波の少なくとも一部を検出する反射波検出部と、反射波検出部が検出した反射波検出量に基づいて、回転駆動部の駆動を制御し放射アンテナの向きを制御する制御部を備える。そして、制御部は、反射波検出量

が最小となる向き、および最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナの回転を停止させるように回転駆動部を制御する構成を有する。

[0191] この構成によれば、第一に、反射波検出量が最小となる向きで放射アンテナの回転を停止させる。これにより、最も効率の良い加熱条件で被加熱物を加熱する加熱時間が延びる。そのため、放射アンテナを一定回転させて加熱する場合と比べて、より加熱効率が向上する。第二に、最小となる向きと異なる向きで、放射アンテナの回転を停止させる。このとき、反射波検出量が最小となる向きでの停止中に生じる加熱ムラとは別に、異なる向きからのマイクロ波放射による加熱ムラが生じる。

[0192] これにより、最小となる向きでの加熱ムラが、異なる向きでの加熱ムラにより、打ち消しあうことが期待できる。その結果、反射波検出量が最小となる向きだけで停止する場合と比べて、均一加熱が得られる。つまり、加熱効率の向上と、均一加熱の両方を、同時に実現できる。

[0193] また、本発明のマイクロ波加熱装置の制御部は、放射アンテナの向きによって停止時間を変えるように回転駆動部を制御してもよい。これにより、それぞれの放射アンテナの向きの停止中に生じる加熱ムラの配分を変更できる。その結果、停止時間により、加熱効率の向上と均一加熱の、どちらを優先して実行するかを任意に調整して、ユーザの好みの加熱ムラを実現できる。

[0194] また、本発明のマイクロ波加熱装置の制御部は、反射波検出量が最小となる向きにおける停止時間よりも、異なる向きにおける停止時間を長くするように回転駆動部を制御してもよい。

[0195] この構成によれば、反射波検出量が最小となる向きでは、被加熱物は、最も効率よく加熱される。そのため、最小となる向きで、異なる向きと同じ時間停止させると、より強く加熱ムラが生じる。一方、異なる向きでは、反射波検出量が最小となる向きよりも加熱効率が悪い。そのため、異なる向きからのマイクロ波の放射では、やや弱めの加熱ムラが被加熱物に発生する。そこで、異なる向きにおいて、放射アンテナの停止時間を長くする。これにより、異なる向きからのマイクロ波放射で、加熱ムラを強化できる。そのため

、互いの加熱ムラをバランス良く打ち消しあうことができる。その結果、さらなる均一加熱を実現しながら、加熱効率の向上と均一加熱を、同時に実現できる。

[0196] また、本発明のマイクロ波加熱装置は、導波管内の入射波の少なくとも一部を検出する入射波検出部を、さらに有する。制御部は、放射アンテナを停止させる複数の異なる向きにおける入射波検出量と反射波検出量から被加熱物によるマイクロ波の吸収量を算出する。そして、制御部は、算出したそれぞれの停止位置での吸収量と停止時間の積が等しくなるように回転駆動部を制御してもよい。

[0197] つまり、吸収量と停止時間の積は、被加熱物が吸収する吸収エネルギーに相当する。そこで、反射波検出量が最小となる向きで加熱ムラを発生させる吸収エネルギーと、複数の異なる向きで加熱ムラを発生させる、それぞれの吸収エネルギーを等しくする。これにより、互いの加熱ムラを、最良のバランスで打ち消すことができる。つまり、最も均一な加熱を実現しながら、加熱効率の向上と均一加熱を、同時に実現できる。

[0198] また、本発明のマイクロ波加熱装置は、放射アンテナを停止させる異なる向きがN箇所の場合、制御部は、反射波検出量が最小となる向きを基準の向きとして、基準の向きおよび基準の向きから  $(360^\circ / (N + 1))$  度ずつ回転した向きで、放射アンテナの回転を停止するように回転駆動部を制御してもよい。

[0199] この構成によれば、例えば被加熱物のサイズが小さいメニューや加熱ムラが気にならないメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えばN=1とする。これにより、反射波検出量が最小となる向き、すなわち最も効率よく加熱する向きの割合を増やして、加熱効率の向上を優先して加熱できる。一方、被加熱物のサイズが大きいメニューや加熱ムラが気になるメニューの場合、異なる向きのN箇所を、例えばN=3とする。これにより、異なる向きの割合を増やして均一な加熱を優先しながら、加熱効率の向上と均一加熱との優先順位を、任意のN箇所を設定することにより、容易に調整できる。

[0200] また、本発明のマイクロ波加熱装置は、放射アンテナを停止させる異なる向きが1箇所の場合、制御部は、反射波検出量が最小となる向きと、180°回転した異なる向きで停止するように回転駆動部を制御してもよい。これにより、最も加熱効率の向上を重視した加熱調理を実行できる。

### 産業上の利用可能性

[0201] 本発明のマイクロ波加熱装置は、被加熱物としての食品にマイクロ波を放射して誘電加熱する加熱調理器、特にオーブン、グリル、過熱スチームなどのその他の加熱と併用する加熱調理器に有用である。さらに、マイクロ波加熱装置は、乾燥装置、陶芸用加熱装置、生ゴミ処理機、あるいは半導体製造装置や化学反応装置などの各種工業用途において有用である。

### 符号の説明

- [0202]
- 1 電子レンジ（マイクロ波加熱装置）
  - 2 加熱室空間
    - 2 a 加熱室
    - 2 b 給電室
    - 2 b b, 1 4 a, 1 4 b 開口
    - 2 c, 2 d 側壁
  - 3 マグネトロン（マイクロ波発生部）
    - 3 a 出力端
  - 4, 4 0 導波管
  - 5 放射アンテナ（導波管構造アンテナ）
  - 6 載置台
  - 7 結合部
    - 7 a 結合軸
    - 7 b フランジ
  - 8 導波構造部
    - 1 1 底壁
    - 1 3 先端開放部

- 15 モータ（回転駆動部）
- 16 赤外線センサ
- 17 制御部
- 18 a, 18 b 突出部
- 20 グリル皿
- 20 a 周囲部
- 20 a d コーナー部
- 20 b 溝
- 20 c プレート
- 20 d 絶縁部
- 20 e マイクロ波吸収発熱体
- 20 f 底面
- 21, 31 被加熱物
- 22 a, 22 b, 22 c, 22 d 隅部
- 30 方向性結合器（反射波検出部）
- 32 a, 32 b, 32 c, 32 d 加熱部位
- 40 a 幅広面
- 41 クロス開口
- 41 a クロス開口領域
- 41 c 開口中央部
- 41 d 幅
- 41 w 長さ
- 42 プリント基板
- 42 a プリント基板A面
- 42 b プリント基板B面
- 43 マイクロストリップ線路
- 43 a 第1線路
- 43 b 第2線路

- 4 3 c 第3線路
- 4 3 d, 4 3 e 線路
- 4 3 g 間隔
- 4 4 支持部
- 4 4 a フランジ面
- 4 5 検波回路
- 4 6 チップ抵抗
- 4 7 ショットキーダイオード
- 4 8, 4 9 検波出力部
- 4 8 a, 4 9 a コネクタ部
- 5 0 a, 5 0 b, 5 0 c, 5 0 d プリント基板取付用穴
- 5 1 a, 5 1 b ピンフォール
- 6 0 入射波（進行波）
- 6 1 反射波
- 6 2 回転放射
- 8 0 基準面
- 1 3 1, 1 3 2 出力部
- 1 4 1, 1 4 2 取出し部
- 2 0 1 a, 2 0 1 b, 2 0 1 c, 2 0 1 d ネジ
- 2 0 2 a, 2 0 2 b, 2 0 2 c, 2 0 2 d 突出しネジ部
- D 1 寸法
- E, F, H, I 矢印
- G 回転中心
- J 中心線
- L 1 管軸

## 請求の範囲

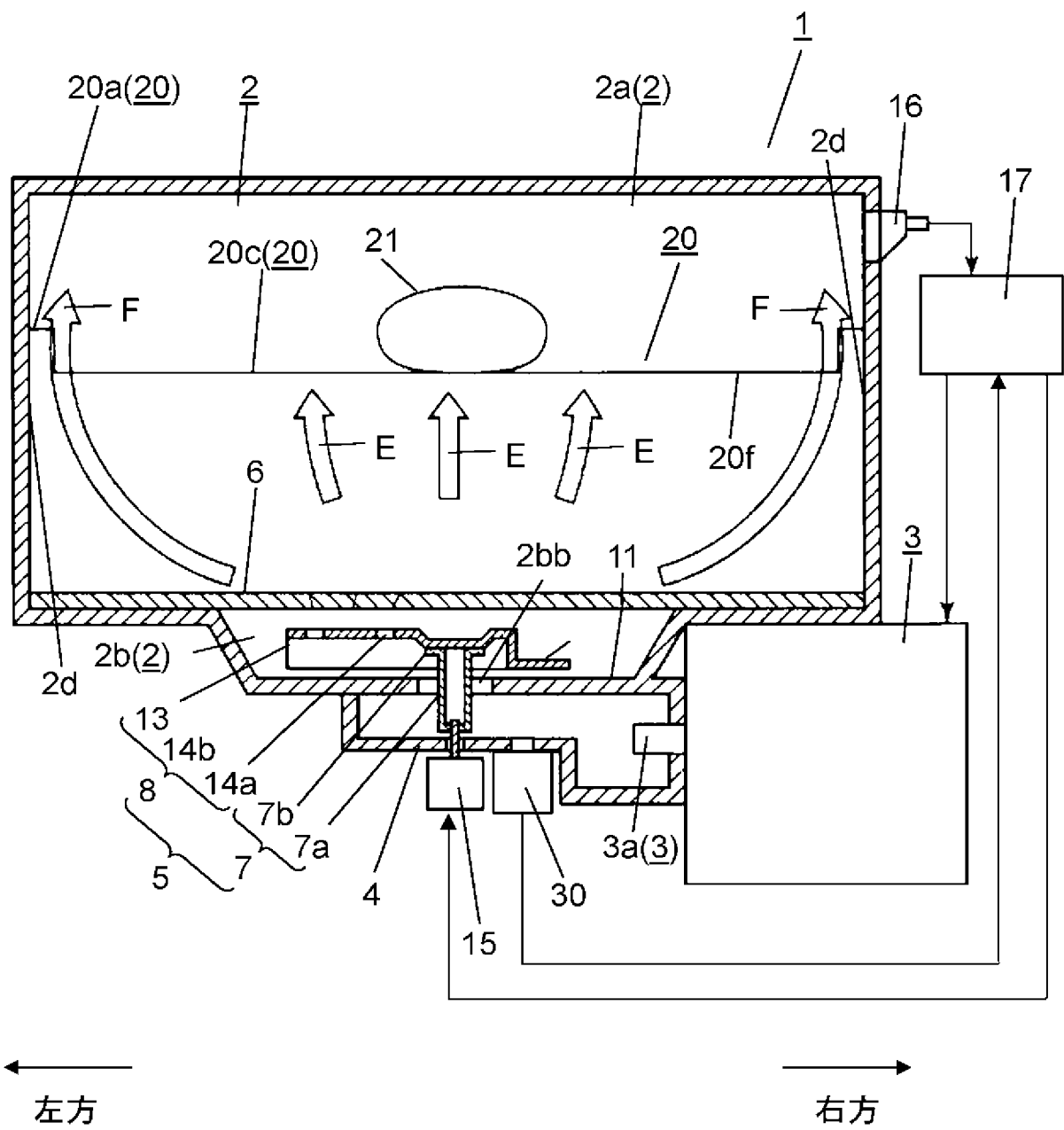
- [請求項1] 被加熱物を収納する加熱室と、  
前記加熱室に供給するマイクロ波を発生させるマイクロ波発生部と、  
前記マイクロ波発生部で発生させた前記マイクロ波を前記加熱室に伝送する導波管と、  
前記導波管を伝送する前記マイクロ波を前記加熱室に放射させる放射アンテナと、  
前記放射アンテナを回転させる回転駆動部と、  
前記導波管内の反射波の少なくとも一部を検出する反射波検出部と、  
前記反射波検出部が検出した反射波検出量に基づいて、前記回転駆動部の駆動を制御し前記放射アンテナの向きを制御する制御部と、を備え、  
前記制御部は、前記反射波検出量が最小となる向き、および前記最小となる向きと異なる向きで、前記放射アンテナを停止させるように前記回転駆動部を制御するマイクロ波加熱装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記放射アンテナの前記向きによって停止時間を変えるように前記回転駆動部を制御する請求項1記載のマイクロ波加熱装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記反射波検出量が最小となる向きにおける前記放射アンテナの停止時間よりも、前記異なる向きにおける停止時間を長くするように前記回転駆動部を制御する請求項2記載のマイクロ波加熱装置。
- [請求項4] 前記導波管内の入射波の少なくとも一部の入射波検出量を検出する入射波検出部を、さらに有し、  
前記制御部は、前記放射アンテナを停止させる複数の前記異なる向きにおける前記入射波検出量と前記反射波検出量から前記被加熱物による前記マイクロ波の吸収量を算出し、それぞれの停止位置での前記吸収量と停止時間の積を等しくなるように前記回転駆動部を制御する請

求項 1 記載のマイクロ波加熱装置。

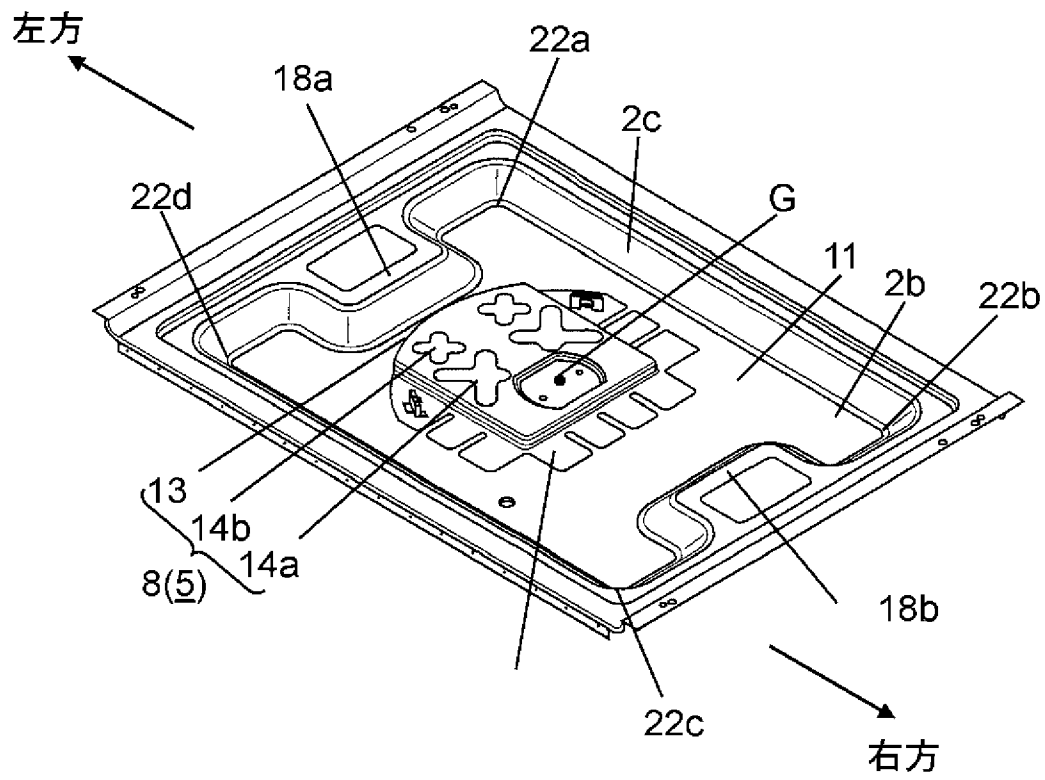
[請求項5] 前記放射アンテナを停止させる前記異なる向きがN箇所の場合、前記制御部は、前記反射波検出量が最小となる向きを基準の向きとして、前記基準の向きおよび前記基準の向きから  $(360^\circ / (N + 1))$  度ずつ回転した向きで前記放射アンテナを停止するように前記回転駆動部を制御する請求項 1 記載のマイクロ波加熱装置。

[請求項6] 前記放射アンテナを停止させる前記異なる向きが1箇所の場合、前記制御部は、前記反射波検出量が最小となる向きと、 $180^\circ$  回転した前記異なる向きで停止するように前記回転駆動部を制御する請求項 5 記載のマイクロ波加熱装置。

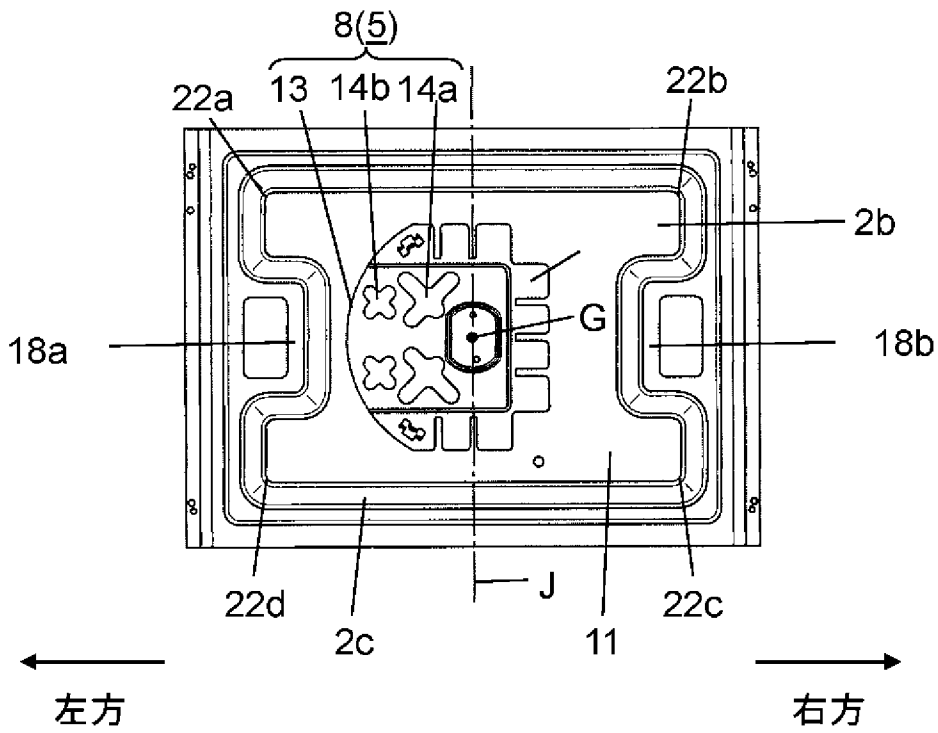
[図1]



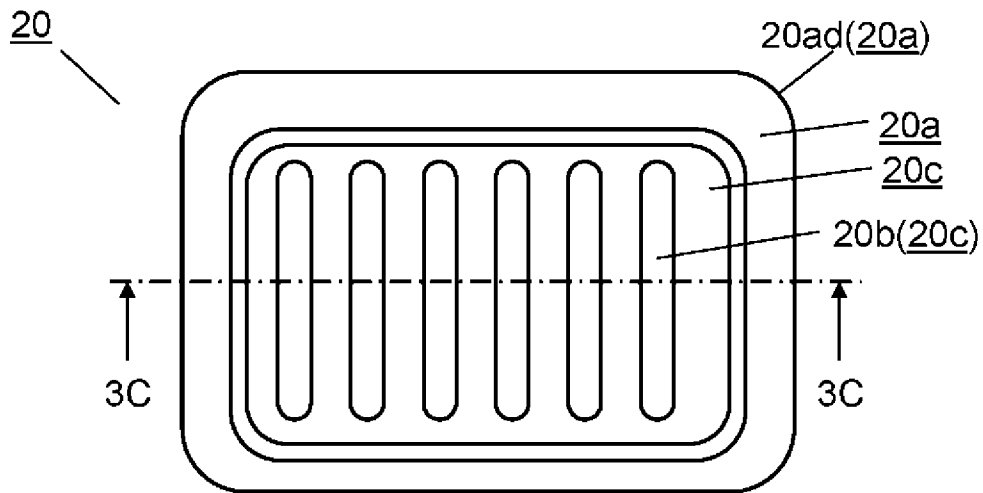
[図2A]



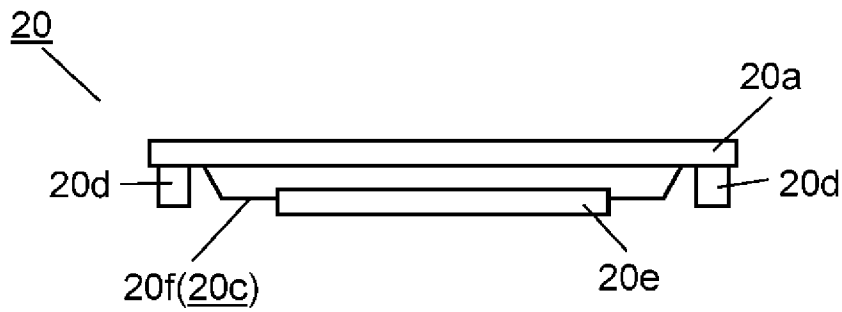
[図2B]



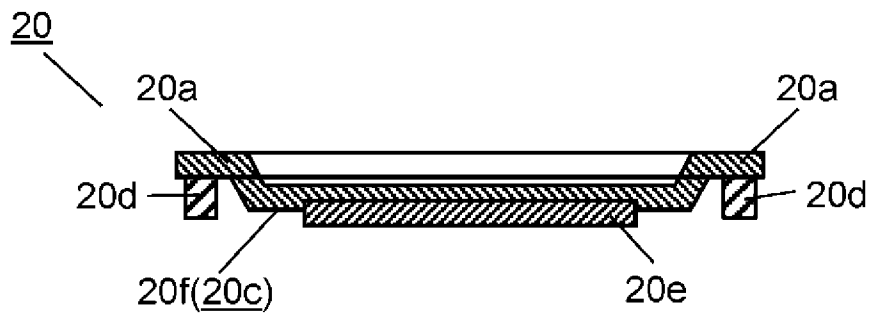
[図3A]



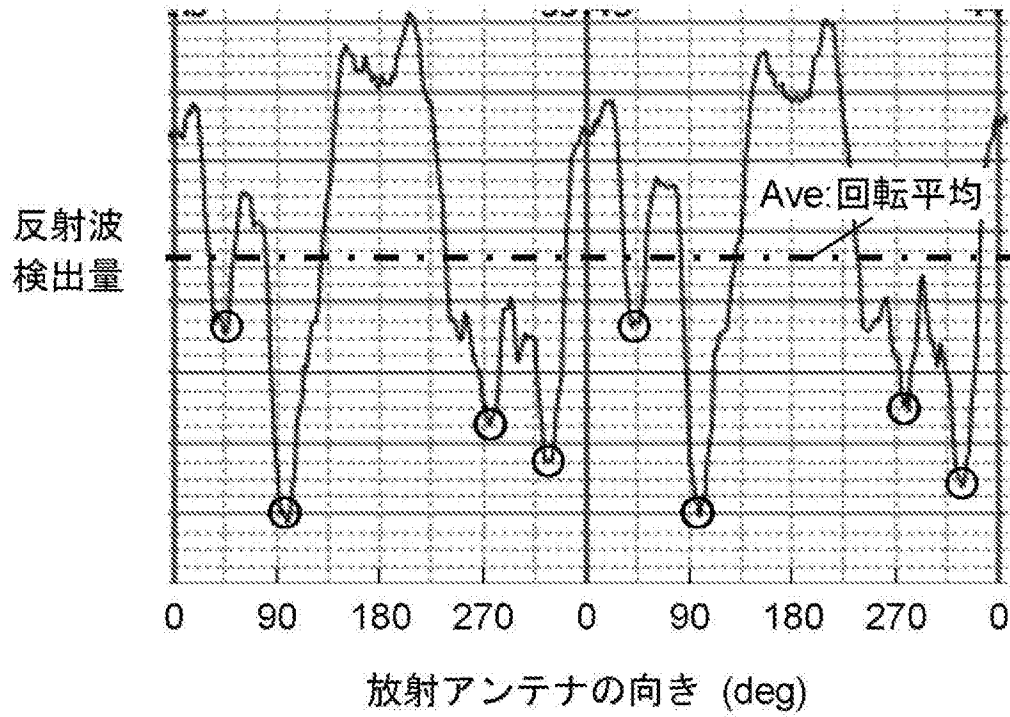
[図3B]



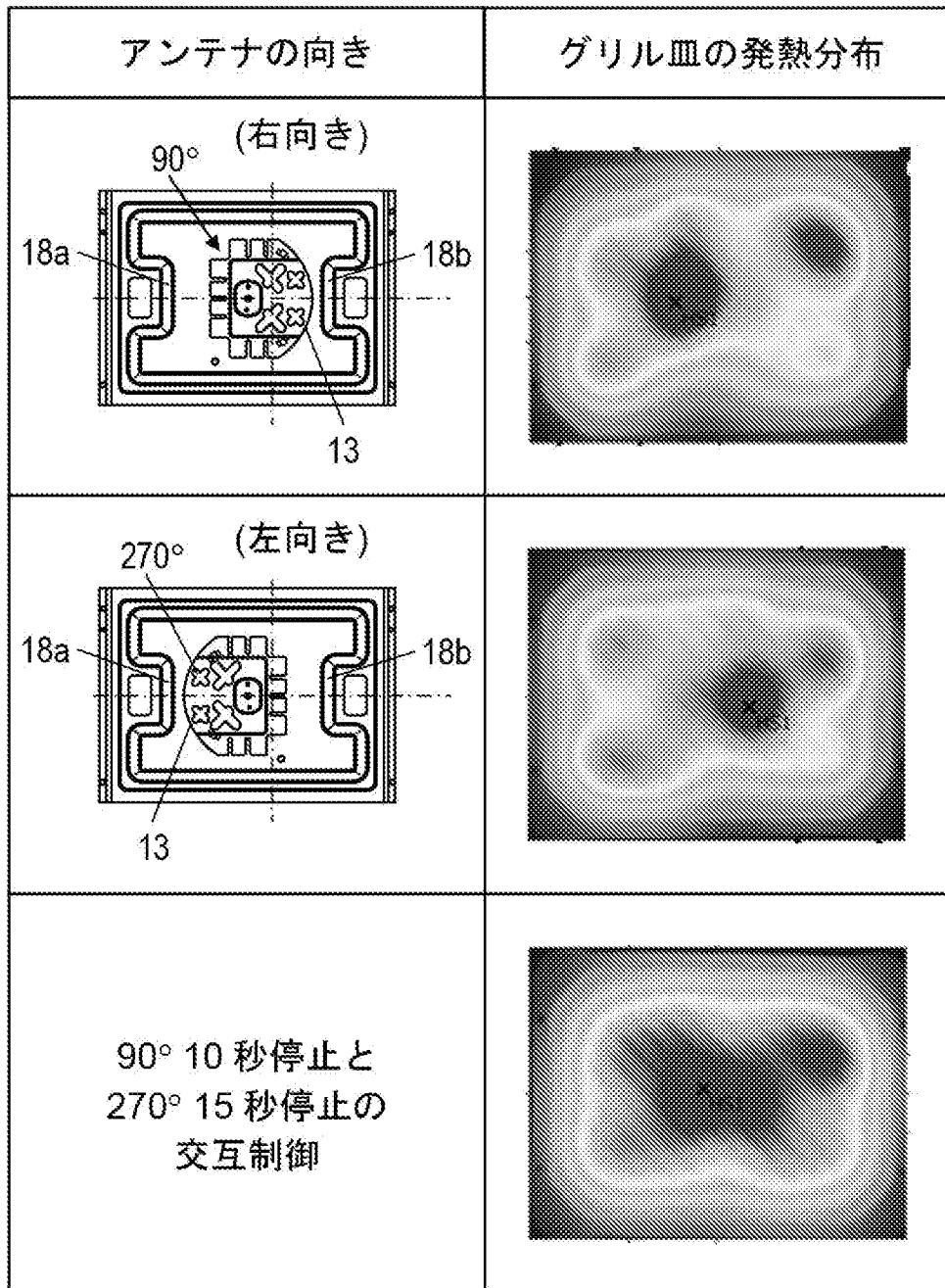
[図3C]



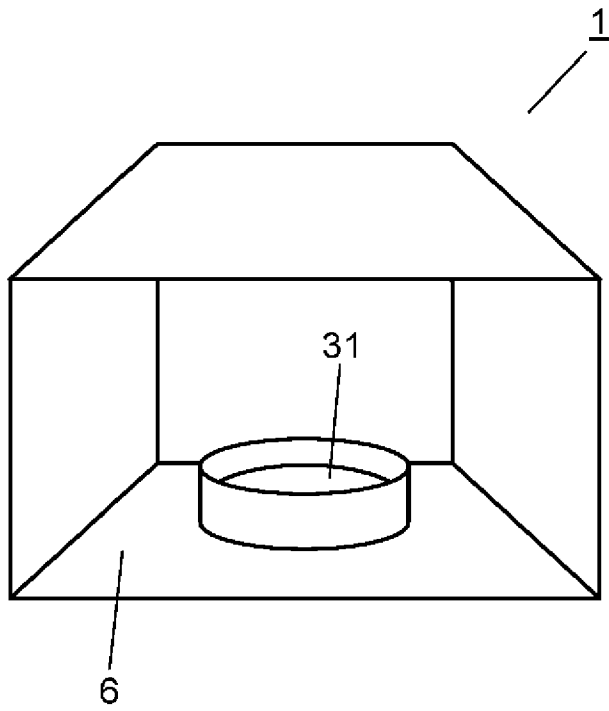
[図4]



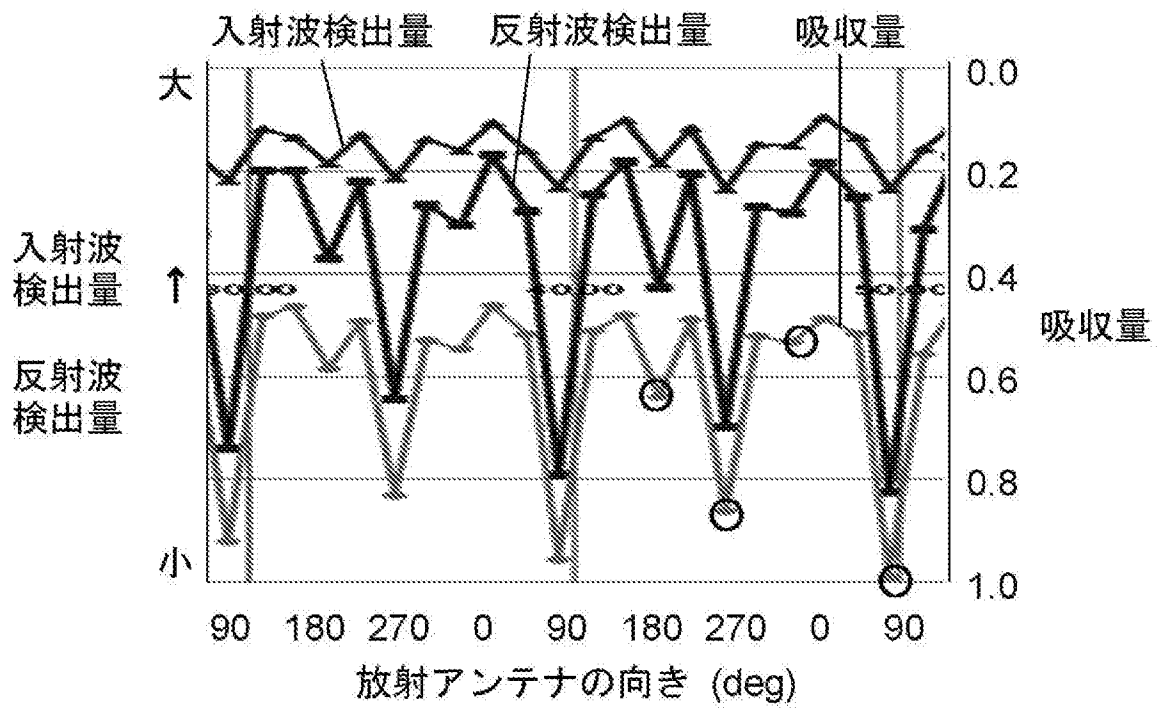
[図5]



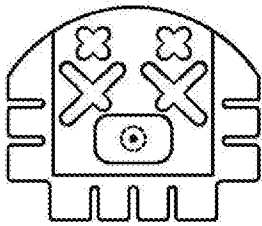
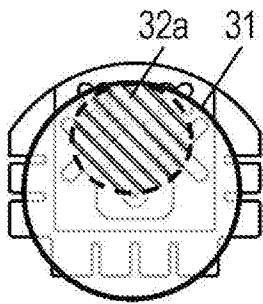
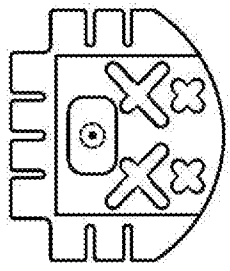
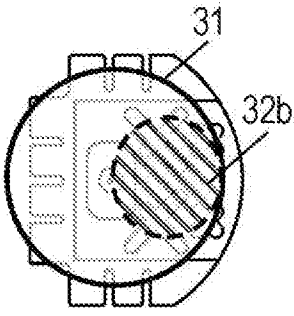
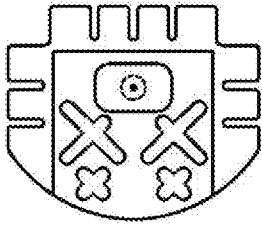
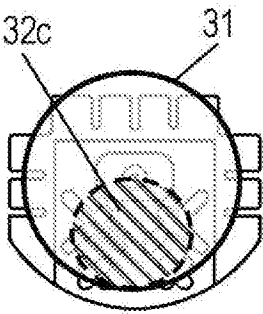
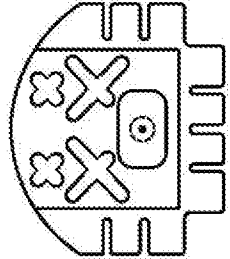
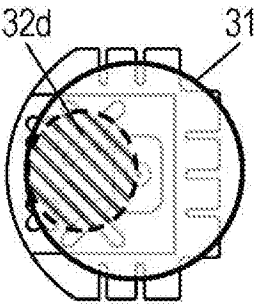
[図6]



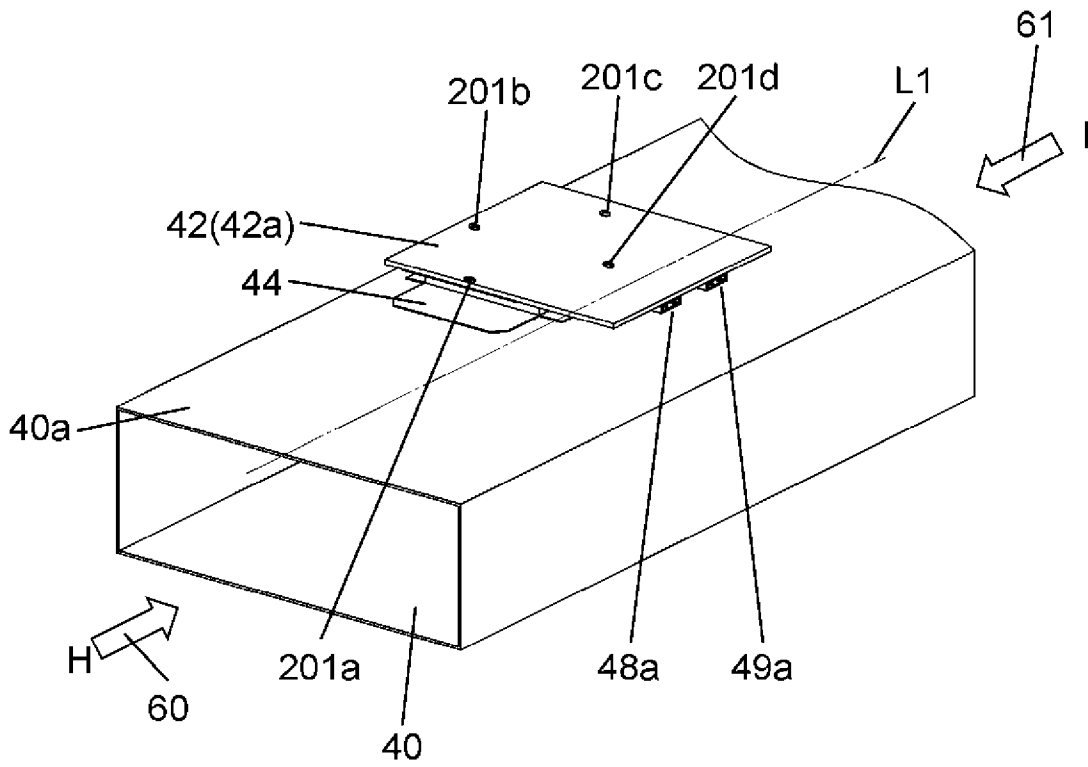
[図7]



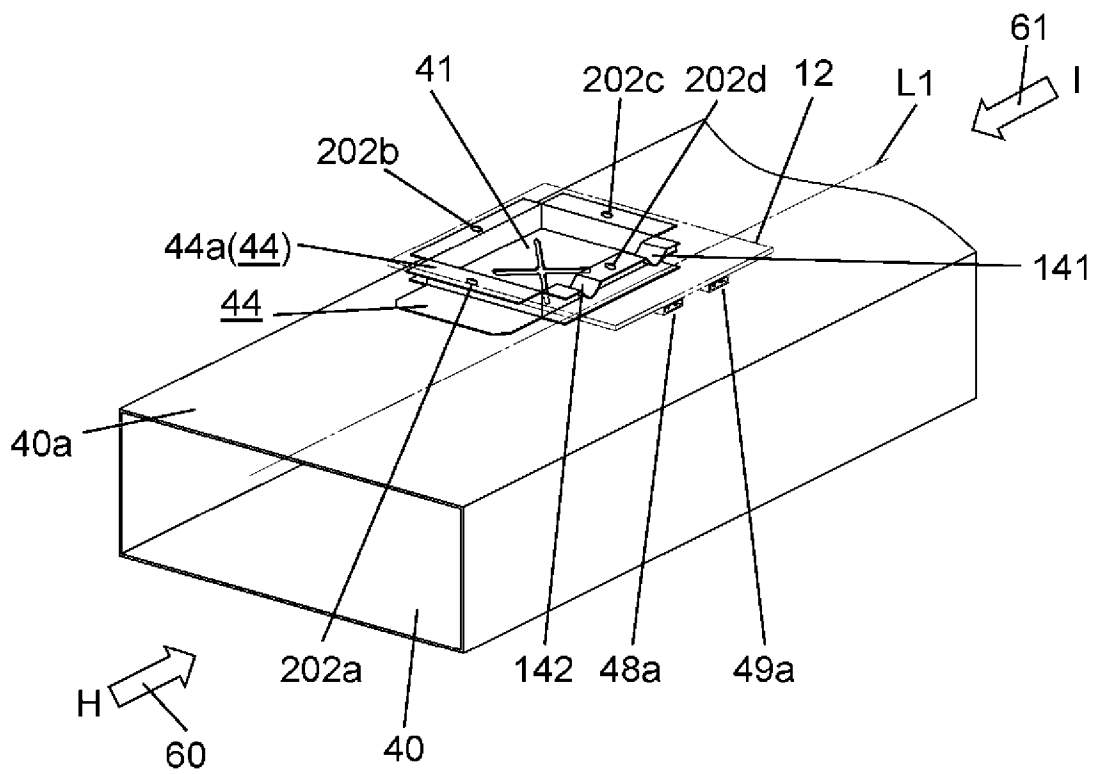
[図8]

アンテナの向き	吸収量	停止時間	加熱部位のイメージ
0°(後ろ向き) 	0.52	10 秒	
90°(右向き) 	1	5 秒	
180°(前向き) 	0.63	8 秒	
270°(左向き) 	0.86	6 秒	

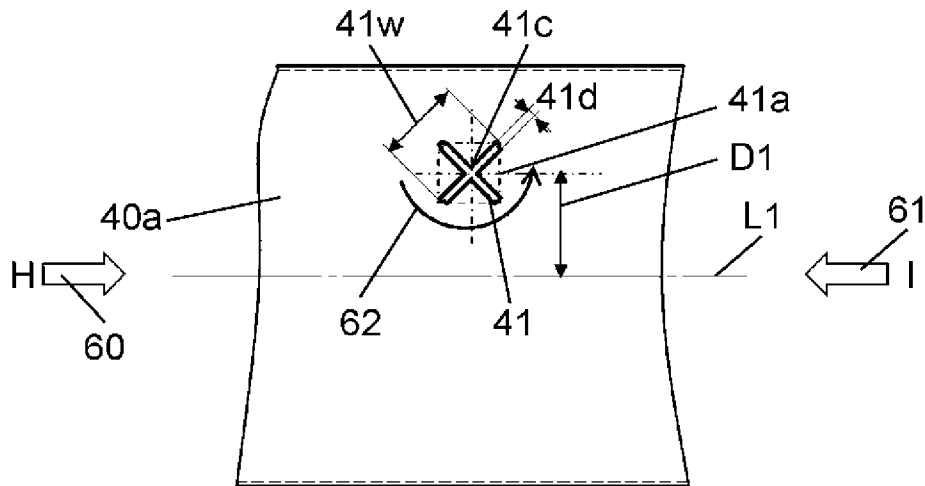
[図9]



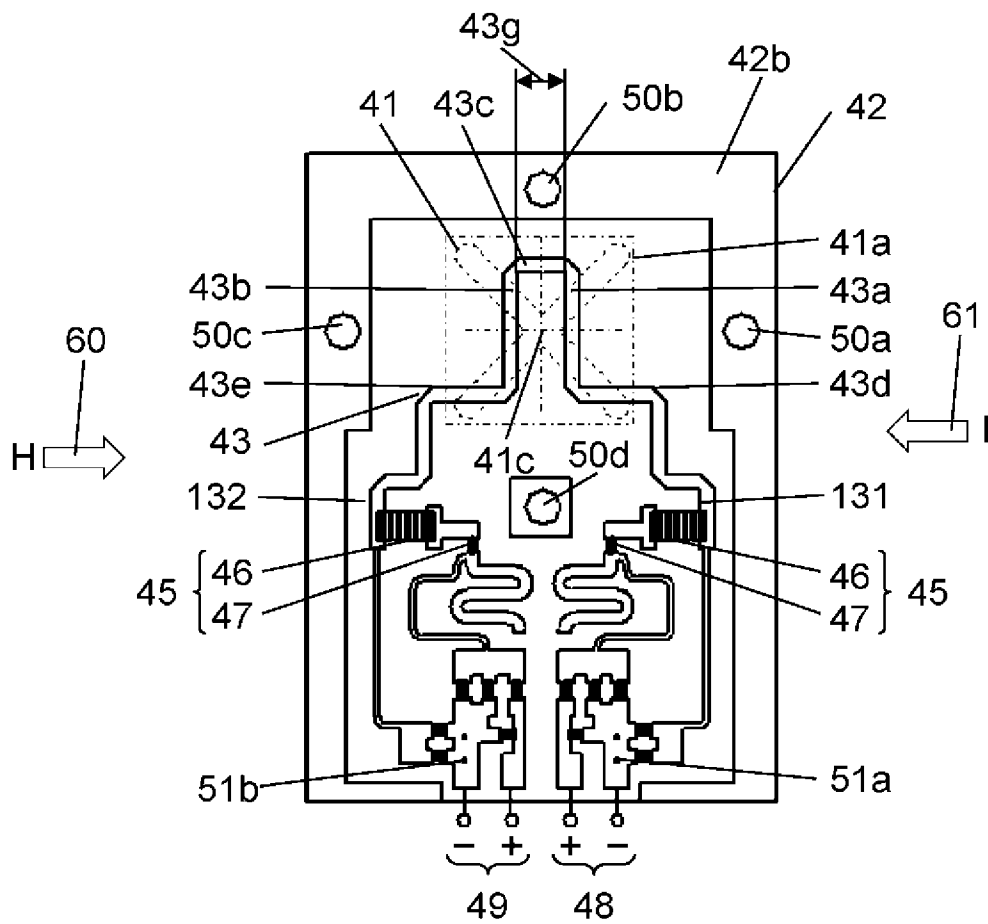
[図10]



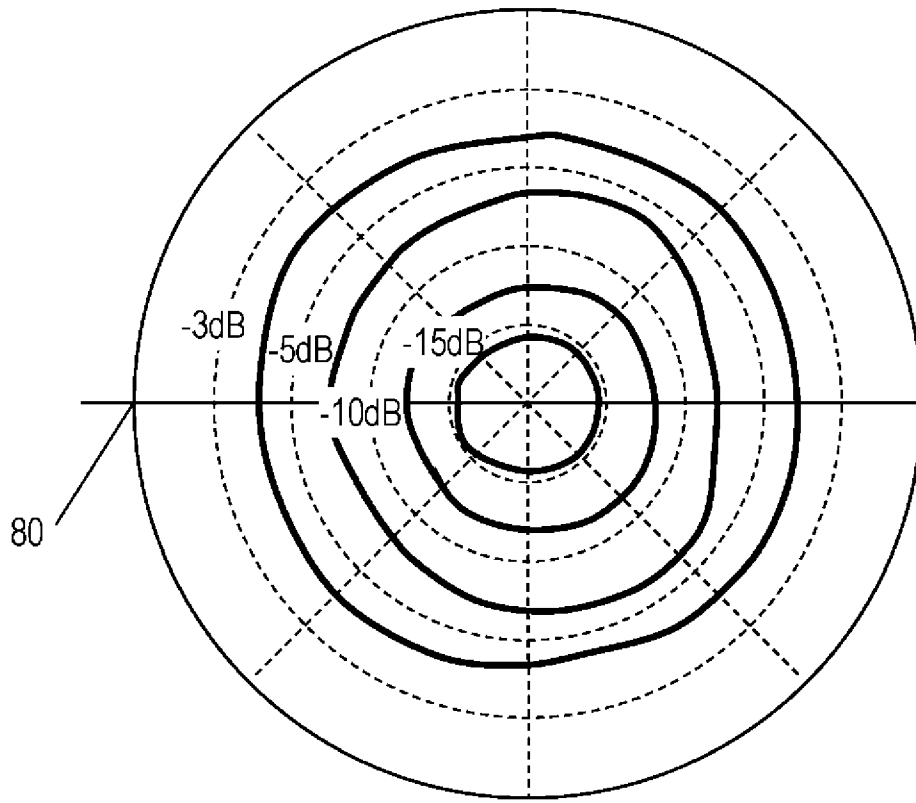
[図11]



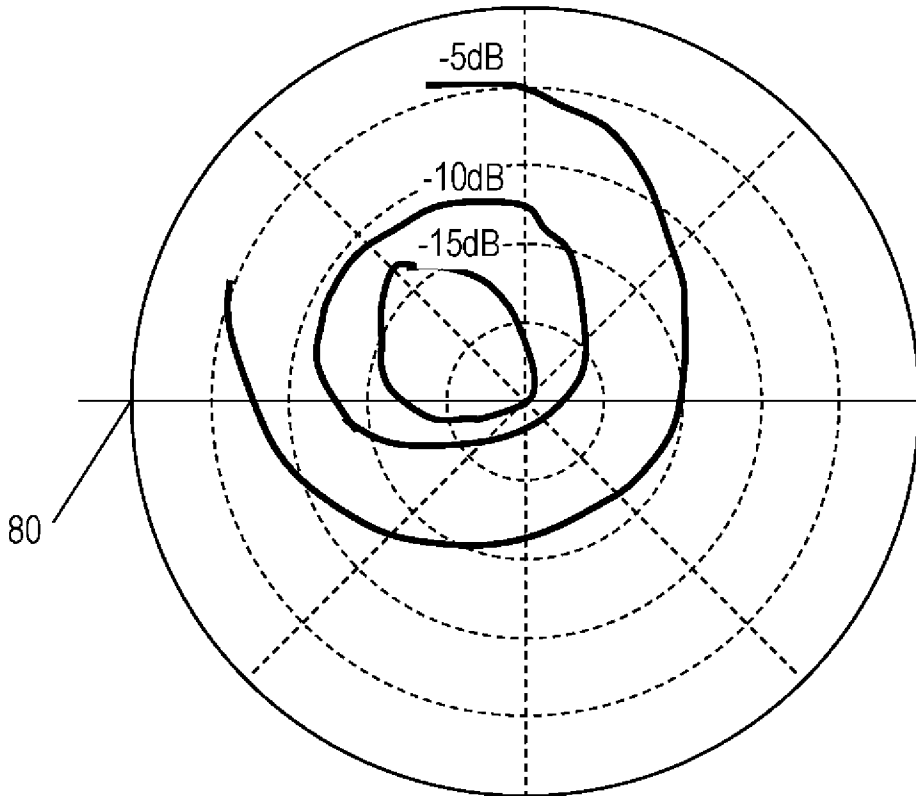
[図12]



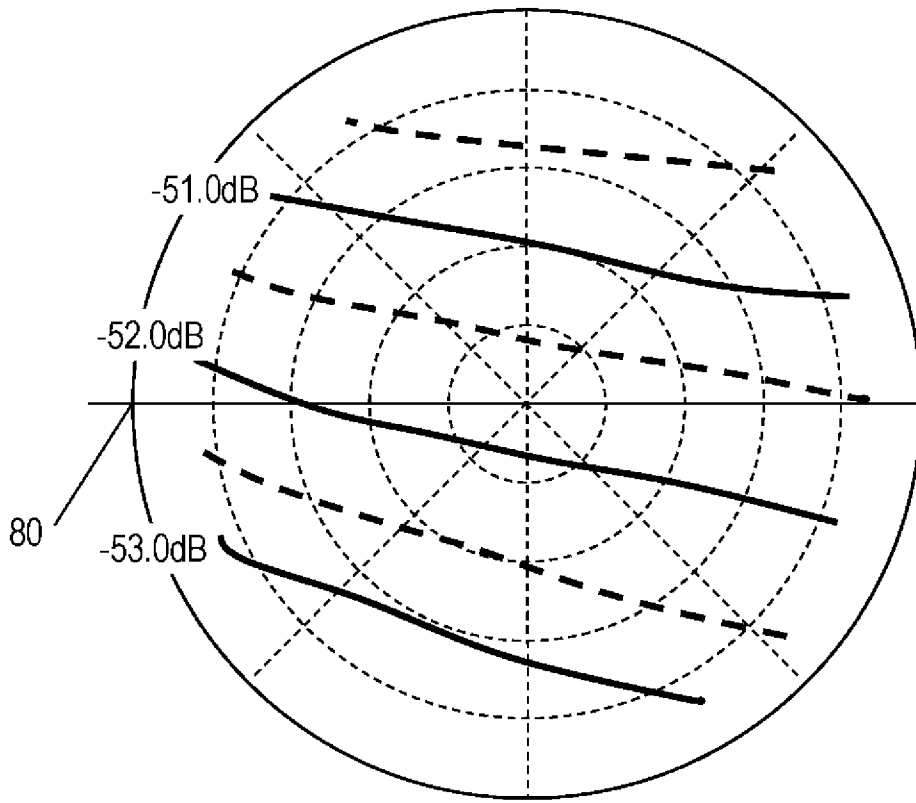
[圖13]



[圖14]



[図15]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/011664

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H05B6/72(2006.01)i, F24C7/02(2006.01)i, H05B6/68(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H05B6/72, F24C7/02, H05B6/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-234174 A (Hitachi Hometec, Ltd.), 22 August 2003 (22.08.2003), claim 1; paragraph [0009]; fig. 1, 2 (Family: none)	1 2-6
Y	JP 7-078681 A (Hitachi Hometec, Ltd.), 20 March 1995 (20.03.1995), claim 1; paragraphs [0009], [0022]; fig. 1 (Family: none)	2-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 26 April 2017 (26.04.17)	Date of mailing of the international search report 16 May 2017 (16.05.17)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H05B6/72(2006.01)i, F24C7/02(2006.01)i, H05B6/68(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. H05B6/72, F24C7/02, H05B6/68

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2003-234174 A（株式会社日立ホームテック）2003.08.22, 請求項1, 段落0009, 図1, 図2（ファミリーなし）	1 2-6
Y	JP 7-078681 A（株式会社日立ホームテック）1995.03.20, 請求項1, 段落0009, 段落0022, 図1（ファミリーなし）	2-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 26.04.2017	国際調査報告の発送日 16.05.2017
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 宮崎 光治 電話番号 03-3581-1101 内線 3337	3L	3528
--	---	----	------