

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7245549号
(P7245549)

(45)発行日 令和5年3月24日(2023.3.24)

(24)登録日 令和5年3月15日(2023.3.15)

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 B 6/68 (2006.01) H 0 5 B 6/68 3 2 0 P

請求項の数 12 (全27頁)

(21)出願番号	特願2021-91069(P2021-91069)	(73)特許権者	504293528 ゼネラルソリューションズ株式会社 滋賀県甲賀市水口町さつきが丘18番地 ゼネラル株式会社工場内
(22)出願日	令和3年5月31日(2021.5.31)	(74)代理人	100157428 弁理士 大池 闡平
(65)公開番号	特開2022-183636(P2022-183636 A)	(74)代理人	110003155 弁理士法人パリュープラス
(43)公開日	令和4年12月13日(2022.12.13)	(72)発明者	神原 誠士 滋賀県甲賀市水口町さつきが丘18番地 ゼネラル株式会社工場内
審査請求日	令和5年1月31日(2023.1.31)	(72)発明者	渡部 創士 滋賀県甲賀市水口町さつきが丘18番地 ゼネラル株式会社工場内
早期審査対象出願		審査官	土屋 正志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電磁波加熱装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁波を出力する発振器と、
前記発振器から伝送される周波数帯域の電磁波により共振が生じる共振構造を有する放射アンテナとを備え、
前記共振構造により形成される電磁波の強電界領域において被加熱物の加熱を行う電磁波加熱装置であって、
前記発振器から前記放射アンテナへ延びる伝送線路に設けられ、前記放射アンテナから戻る反射波の波形を表す反射波情報を抽出する信号抽出部と、
前記発振器から前記放射アンテナへ伝送される入射波の波形を表す入射波情報と前記反射波情報とを用いる演算処理により、前記入射波と前記反射波の位相差を表す位相差情報を生成する位相差情報生成部と、
前記入射波の位相と前記反射波の位相とが等しくなる状態の基準情報と、前記位相差情報とに基づいて、前記放射アンテナにおける共振周波数と前記発振器の発振周波数との差が小さくなる前記発振周波数の調節方向を検出し、その検出された調節方向に基づいて前記発振周波数を制御する制御処理を繰り返し行う制御部とをさらに備えている、電磁波加熱装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記基準情報と前記位相差情報とを用いて、前記共振周波数に対する前記発振周波数のずれ方向を検出し、その検出結果に対し平均化処理を行うことにより、前

記発振周波数の調節方向を検出する、請求項 1 に記載の電磁波加熱装置。

【請求項 3】

前記被加熱物が前記強電界領域を通過するように搬送され、
前記制御部は、前記被加熱物の搬送速度に基づいて、前記平均化処理に用いる検出結果のサンプル数を調節する、請求項 2 に記載の電磁波加熱装置。

【請求項 4】

前記発振器は、直交変調された電磁波を前記放射アンテナに出力し、
前記反射波情報を直交復調する直交復調部をさらに備え、
前記入射波情報を構成する第 1 I 成分情報及び第 1 Q 成分情報と、前記反射波情報を構成する第 2 I 成分情報及び第 2 Q 成分情報とを用いる演算処理により、前記位相差情報を生成する、請求項 1 乃至 3 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

10

【請求項 5】

前記信号抽出部は、前記伝送線路から前記入射波情報を抽出し、
前記直交復調部は、
1 つの直交復調器と、
前記信号抽出部から前記直交復調器に対し、前記入射波情報が入力される第 1 期間と、前記反射波情報が入力される第 2 期間とを切り替える切替スイッチとを備え、
前記位相差情報の生成周期よりも短い周期で、前記切替スイッチにより、前記第 1 期間と前記第 2 期間の切り替えが行われる、請求項 4 に記載の電磁波加熱装置。

【請求項 6】

前記信号抽出部は、前記伝送線路から前記入射波情報を抽出し、
前記信号抽出部から前記位相差情報生成部へ前記入射波情報を伝送する線路には、前記入射波情報と前記反射波情報との位相のずれを補正する遅延線路又は遅延素子が設けられている、請求項 1 乃至 5 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

20

【請求項 7】

前記制御部は、前記発振器の電磁波の出力タイミングにおける位相の前記入射波情報を用いて、前記位相差情報の生成を行うように構成され、前記演算処理の前に、前記入射波情報に対し前記反射波情報との位相のずれの補正を行う、請求項 1 乃至 4 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記位相差情報に基づいて、前記被加熱物に吸収される電磁波エネルギー量を推測し、その推測結果に基づいて前記発振器の出力制御を行う、請求項 1 乃至 7 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

30

【請求項 9】

前記基準情報は、所定の幅を持つ閾値範囲であり、
前記制御部は、前記被加熱物の加熱目標状態に対する、該被加熱物の加熱進行度合いを推測し、その推測結果に基づいて前記閾値範囲の幅を調節する、請求項 1 乃至 8 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

【請求項 10】

前記強電界領域を順番に通過するように、複数の被加熱物が間隔を空けて搬送され、
前記制御部は、1 つの被加熱物が前記強電界領域を通過する期間に前記制御処理を繰り返す周波数制御を行うと共に、該周波数制御の制御履歴情報を記録し、その記録後に前記強電界領域を通過する被加熱物を加熱する期間に、前記制御履歴情報を用いて前記周波数制御を行う、請求項 1 乃至 9 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

40

【請求項 11】

前記強電界領域を順番に通過するように、複数の被加熱物が間隔を空けて搬送され、
前記被加熱物は、印刷装置で印刷されたインクであり、
前記制御部は、前記制御処理の制御パラメータの調節に、前記被加熱物の印刷パターンの情報を用いる、請求項 1 乃至 10 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

【請求項 12】

50

前記放射アンテナが配置された内部空間を外部から遮蔽し、前記被加熱物を含む搬送物の導入部及び導出部が形成されて、前記内部空間では、前記被加熱物が前記放射アンテナの対面領域を通過するように、前記搬送物が前記導入部から前記導出部に向かって搬送される遮蔽部をさらに備えている、請求項 1 乃至 11 の何れか 1 つに記載の電磁波加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被加熱物の加熱に用いられる電磁波加熱装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、食品の加熱など様々な用途に、誘電加熱方式の電磁波加熱装置が利用されている。この方式の電磁波加熱装置では、被加熱物に含まれる誘電体に対し電磁波が照射される。そうすると、電磁波による電界の作用により、誘電体における分子レベルのダイポールが振動し、その振動に伴う誘電損失により発熱が生じて、被加熱物が加熱される。また、他の方式の電磁波加熱装置として、被加熱物に導体成分やイオン物質が含まれる場合には電流により生じる導電（ジュール）損失により、磁性成分が含まれる場合には磁性損失により、被加熱物を加熱する装置がある。

【0003】

特許文献 1 には、トナー像を加熱・溶融して記録媒体上に定着する定着部材を誘電加熱する誘電加熱部が記載されている。この誘電加熱部は、定着部材の外周面又は / 及び内周面に対向して、定着部材の誘電体の周囲に高周波電界を形成する少なくとも一対の棒状電極を備えている。棒状電極は、隣接する棒状電極との極性が異なるように配設されていて、電源から高周波電力が供給される。

【0004】

また、特許文献 2 には、高周波電源装置のインピーダンス整合を行う周波数制御を、位相制御と反射電力制御の二段階制御によって行う高周波電源装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2008 - 292606 号公報
特許第 6157036 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、特許文献 1 には、40MHz の高周波を用いた実験結果が記載されている。この場合、高周波の波長は約 7.5m となる。このことから、特許文献 1 に記載の従来技術では、各棒状電極において長さ方向の電界は概ね均一になると考えられる。それに対し、本願発明者は、電界が強いほど電磁波は被加熱物に吸収されやすくなり、被加熱物を効率的に加熱することができることから、放射アンテナによる電界強度を高めるために、放射アンテナにおいて電磁波による共振が生じる電磁波加熱装置を考えた。

【0007】

しかし、このような電磁波加熱装置は、被加熱物などによって、放射アンテナにおける共振周波数が逐次変化する場合があり、この場合は効率的な加熱状態を維持することが困難であった。そのため、本願発明者は、共振周波数に対して発振器の発振周波数を制御する周波数制御の適用を考えた。

【0008】

ここで、従来の周波数制御では、位相制御と反射電力制御とが順番に行われる。しかし、反射電力制御において反射電力の検出に時間を要することから、従来の周波数制御では、共振周波数に対して発振周波数を高速で追従させることはできない。

【0009】

10

20

30

40

50

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、放射アンテナにおいて電磁波による共振が生じる電磁波加熱装置について、共振周波数に対して発振周波数を高速で追従させることが可能に構成することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述の課題を解決するべく、第1の発明は、電磁波を出力する発振器と、発振器から伝送される周波数帯域の電磁波により共振が生じる共振構造を有する放射アンテナとを備え、共振構造により形成される電磁波の強電界領域において被加熱物の加熱を行う電磁波加熱装置であって、発振器から放射アンテナへ延びる伝送線路に設けられ、放射アンテナから戻る反射波の波形を表す反射波情報を抽出する信号抽出部と、発振器から放射アンテナへ伝送される入射波の波形を表す入射波情報と反射波情報とを用いる演算処理により、入射波と反射波の位相差を表す位相差情報を生成する位相差情報生成部と、入射波の位相と反射波の位相とが等しくなる状態の基準情報と、位相差情報とに基づいて、放射アンテナにおける共振周波数と発振器の発振周波数との差が小さくなる発振周波数の調節方向を検出し、その検出された調節方向に基づいて発振周波数を制御する制御処理を繰り返し行う制御部とをさらに備えている。

10

【0011】

第2の発明は、第1の発明において、制御部は、基準情報と位相差情報とを用いて、共振周波数に対する発振周波数のずれ方向を検出し、その検出結果に対し平均化処理を行うことにより、発振周波数の調節方向を検出する。

20

【0012】

第3の発明は、第2の発明において、被加熱物が強電界領域を通過するように搬送され、制御部は、被加熱物の搬送速度に基づいて、平均化処理に用いる検出結果のサンプル数を調節する。

【0013】

第4の発明は、第1乃至第3の何れか1つの発明において、発振器は、直交変調された電磁波を放射アンテナに出力し、反射波情報を直交復調する直交復調部をさらに備え、入射波情報を構成する第1 I成分情報及び第1 Q成分情報と、反射波情報を構成する第2 I成分情報及び第2 Q成分情報とを用いる演算処理により、位相差情報を生成する。

【0014】

第5の発明は、第4の発明において、信号抽出部は、伝送線路から入射波情報を抽出し、直交復調部は、1つの直交復調器と、信号抽出部から直交復調器に対し、入射波情報が入力される第1期間と、反射波情報が入力される第2期間とを切り替える切替スイッチとを備え、位相差情報の生成周期よりも短い周期で、切替スイッチにより、第1期間と第2期間の切り替えが行われる。

30

【0015】

第6の発明は、第1乃至第5の何れか1つの発明において、信号抽出部は、伝送線路から入射波情報を抽出し、信号抽出部から位相差情報生成部へ入射波情報を伝送する線路には、入射波情報と反射波情報との位相のずれを補正する遅延線路又は遅延素子が設けられている。

40

【0016】

第7の発明は、第1乃至第4の何れか1つの発明において、制御部は、発振器の電磁波の出力タイミングにおける位相の入射波情報を用いて、位相差情報の生成を行うように構成され、演算処理の前に、入射波情報に対し反射波情報との位相のずれの補正を行う。

【0017】

第8の発明は、第1乃至第7の何れか1つの発明において、制御部は、位相差情報に基づいて、被加熱物に吸収される電磁波エネルギー量を推測し、その推測結果に基づいて発振器の出力制御を行う。

【0018】

第9の発明は、第1乃至第8の何れか1つの発明において、基準情報は、所定の幅を持

50

つ閾値範囲であり、制御部は、被加熱物の加熱目標状態に対する、該被加熱物の加熱進行度合いを推測し、その推測結果に基づいて閾値範囲の幅を調節する。

【0019】

第10の発明は、第1乃至第9の何れか1つの発明において、強電界領域を順番に通過するように、複数の被加熱物が間隔を空けて搬送され、制御部は、1つの被加熱物が強電界領域を通過する期間に制御処理を繰り返す周波数制御を行うと共に、該周波数制御の制御履歴情報を記録し、その記録後に強電界領域を通過する被加熱物を加熱する期間に、制御履歴情報を用いて周波数制御を行う。

【0020】

第11の発明は、第1乃至第10の何れか1つの発明において、強電界領域を順番に通過するように、複数の被加熱物が間隔を空けて搬送され、被加熱物は、印刷装置で印刷されたインクであり、制御部は、制御処理の制御パラメータの調節に、被加熱物の印刷パターンの情報を用いる。

10

【0021】

第12の発明は、第1乃至第11の何れか1つの発明において、放射アンテナが配置された内部空間を外部から遮蔽し、被加熱物を含む搬送物の導入部及び導出部が形成されて、内部空間では、被加熱物が放射アンテナの対面領域を通過するように、搬送物が導入部から導出部に向かって搬送される遮蔽部をさらに備えている。

【発明の効果】

【0022】

本発明では、入射波情報と反射波情報を用いる演算処理により、入射波と反射波の位相差を表す位相差信号が生成される。そして、位相差信号と基準情報とに基づいて発振周波数の調節方向を検出し、その検出結果に基づいて発振周波数を制御する制御処理が繰り返されることで、共振周波数に対して発振周波数が追従する。ここで、入射波情報と反射波情報を用いる演算処理は、高速で行うことができる。つまり、位相差情報の生成は高速で行うことができる。また、基準情報は予め準備しておくことができるため、発振周波数の調節方向も高速で検出できる。本発明によれば、共振周波数に対して発振周波数を高速で追従させることが可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、第1実施形態に係る電磁波加熱装置においてカバーを取り外した状態を斜め上から見た斜視図である。

30

【図2】図2は、第1実施形態に係る電磁波加熱装置を斜め上から見た斜視図である。

【図3】図3は、図2のA-Aの断面図である。

【図4】図4は、図2のB-Bの断面図であり、基材が搬送されている状態を示す。

【図5】図5は、第1実施形態に係る電磁波加熱装置の断面図である。

【図6】図6は、第1実施形態に係る電磁波加熱装置の概略回路図である。

【図7】図7は、第1実施形態に係る電磁波加熱装置の制御部により行われる処理のフローチャートである。

【図8】図8は、共振周波数に対する位相差電圧の関係を表すグラフ等を記載した図表である。

40

【図9】図9(a)~(f)は、共振周波数に発振周波数を追従させる様子を説明するための図表である。

【図10】図10は、第1実施形態の第1変形例に係る平均化処理を説明するための図表である。

【図11】図11は、第2実施形態に係る電磁波加熱装置の概略回路図である。

【図12】図12は、第2実施形態に係る電磁波加熱装置の制御部により行われる処理のフローチャートである。

【図13】図13は、共振周波数に発振周波数を追従させる様子を説明するための図表(スミスチャート)である。

50

【図 1 4】図 1 4 は、第 2 実施形態の第 1 変形例に係る電磁波加熱装置の概略回路図である。

【図 1 5】図 1 5 は、第 2 実施形態の第 2 変形例に係る電磁波加熱装置の概略回路図である。

【図 1 6】図 1 6 は、第 3 実施形態に係る電磁波加熱装置の概略回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、以下の実施形態及び変形例は、本発明の一例であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

【0025】

< 第 1 実施形態 >

本実施形態は、高周波等の電磁波を利用して被加熱物 20 を加熱する電磁波加熱装置 10 である。電磁波加熱装置 10 は、誘電加熱方式の加熱装置である。電磁波加熱装置 10 で利用される電磁波は、800MHz 以上の高周波（例えばマイクロ波）である。

【0026】

電磁波加熱装置 10 で加熱される被加熱物 20 は、高周波を吸収する物質（液体、固体など）を含む。被加熱物 20 は、厚みが薄い薄物であり、シート状又は膜状を呈する。被加熱物 20 は、例えば接着剤である。被加熱物 20 は、シート状で長尺の基材（搬送物）11 の表面に塗布又は配置される。被加熱物 20 は、基材 11 と共に所定の方向（図 1 に示す矢印の方向）に搬送されて、高周波による強電界領域を通過する。その際、被加熱物 20 は、高周波を吸収することで加熱される。なお、被加熱物 20 は、シート状又は膜状ではなくてもよく、ある程度の厚みがあってもよい。また、被加熱物 20 が封筒などのシート体に設けられる接着剤の場合、シート体及び基材 11 とともに搬送されてもよい。

【0027】

電磁波加熱装置 10 は、基材 11 の表面に被加熱物 20 を塗布又は配置する上流側装置（例えば、接着剤の塗布装置。図示省略）と、少なくとも上流側装置の入口から電磁波加熱装置 10 の出口までの処理区間において基材 11 を搬送する搬送機構 12 とともに、搬送式の処理システムを構成している。搬送機構 12 は、複数対のローラ 13 を用いて基材 11 及び被加熱物 20 を搬送する（図 4 参照）。以下では、基材 11 の搬送方向を「第 1 方向」と言い、第 1 方向に直交する方向を「第 2 方向」と言う（図 1 等参照）。また、電磁波加熱装置 10 において、カバー 50 側を「表側」と言い、基板 23 側を「裏側」と言う（図 2 等参照）。

【0028】

[電磁波加熱装置の構成]

電磁波加熱装置 10 は、図 1 及び図 2 に示すように、高周波を発振する発振器 21 と、被加熱物 20 を加熱するための高周波を放射する放射アンテナ 22 と、片面に放射アンテナ 22 が設けられた基板 23 と、基板 23 の放射アンテナ 22 側を覆うカバー 50 と、発振器 21 を制御する制御装置 75 とを備えている。制御装置 75 についての詳細は後述する。

【0029】

発振器 21 には、例えば半導体発振器が用いられる。基板 23 及びカバー 50 は、金属製である。基板 23 は接地されている。基板 23 及びカバー 50 は、放射アンテナ 22 が配置された内部空間 40（図 3 参照）を外部から遮蔽する遮蔽部 60 を構成している。カバー 50 は、遮蔽部 60 の内部空間 40 を片側（上側）から区画する第 1 区画部を構成している。基板 23 は、第 1 区画部とは反対側（下側）から内部空間 40 を区画する第 2 区画部を構成している。基板 23 とカバー 50 の間には、平面視における遮蔽部 60 の外周部において周方向に連続する連続隙間 70 が形成されている。

【0030】

放射アンテナ 22 は、インターディジタル型の回路により構成されている。放射アンテナ

10

20

30

40

50

ナ 2 2 は、第 1 歯電極 3 1 と、第 1 歯電極 3 1 に隙間を空けて噛み合う第 2 歯電極 3 2 とを備えている。第 1 歯電極 3 1 は、複数の歯部 3 1 a により 状に形成されている。第 2 歯電極 3 2 は、複数の歯部 3 2 a により 状に形成されている。

【 0 0 3 1 】

第 1 歯電極 3 1 は、真つすぐ延びる基部線路 3 1 b と、基部線路 3 1 b に付け根が接続された複数の歯部 3 1 a とを備えている。複数の歯部 3 1 a は、互いに平行に設けられている。各歯部 3 1 a は、基部線路 3 1 b から斜めに延びている。複数の歯部 3 1 a は、第 1 方向に等間隔で配列されている。

【 0 0 3 2 】

第 2 歯電極 3 2 は、真つすぐ延びる基部線路 3 2 b と、基部線路 3 2 b に付け根が接続された複数の歯部 3 2 a とを備えている。基部線路 3 2 b は、第 1 歯電極 3 1 の基部線路 3 1 b に平行である。複数の歯部 3 2 a は、互いに平行に設けられている。第 2 歯電極 3 2 の歯部 3 2 a は、第 1 歯電極 3 1 の歯部 3 1 a に平行である。各歯部 3 2 a は、基部線路 3 2 b から斜めに延びている。複数の歯部 3 2 a は、第 1 方向に等間隔で配列されている。

10

【 0 0 3 3 】

放射アンテナ 2 2 では、同一平面内において、複数の歯部 3 1 a , 3 2 a が、所定の方向（第 1 方向）に隙間を空けて配列されている。複数の歯部 3 1 a , 3 2 a が配列された領域（以下、「配列領域」と言う。）は、平面視で帯状の領域である。なお、第 1 の方向に配列される歯部（導体線路）3 1 a , 3 2 a の合計本数は、3 本以上であればよく、本実施形態のように 1 0 本以上としてもよい。

20

【 0 0 3 4 】

放射アンテナ 2 2 は、第 1 歯電極 3 1 及び第 2 歯電極 3 2 に加え、第 1 方向における配列領域の一端側で第 1 歯電極 3 1 と第 2 歯電極 3 2 を接続する第 1 接続線路 4 1 と、配列領域の他端側で第 1 歯電極 3 1 と第 2 歯電極 3 2 を接続する第 2 接続線路 4 2 とを備えている。放射アンテナ 2 2 は閉回路である。第 1 接続線路 4 1 には、発振器 2 1 からの高周波が入力される入力部 3 0 が接続されている。入力部 3 0 は、例えば同軸コネクタであり、同軸線路を介して発振器 2 1 に接続されている。入力部 3 0 は、基板 2 3 の裏側に設けられている。入力部 3 0 に高周波が入力される入力期間に、放射アンテナ 2 2 の対面領域（配列領域の上方の領域）では、被加熱物 2 0 を加熱するための強電界領域が形成される。強電界領域は、対面領域のうち放射アンテナ 2 2 の表側近傍に形成され、平行で厚みが薄い領域となる。

30

【 0 0 3 5 】

放射アンテナ 2 2 は、上述の入力期間に、発振器 2 1 が発振する高周波の周波数帯域で、高周波の共振が生じるように構成されている。放射アンテナ 2 2 では、各歯部 3 1 a , 3 2 a で高周波による共振が同時に生じる。歯部 3 1 a の長さ L_1 と歯部 3 2 a の長さ L_2 とは、伝送される高周波の波長（電気長）を λ とした場合に、式 1 及び式 2 を用いて設計される（ n_1 、 n_2 は自然数）。隣り合う歯部 3 1 a と歯部 3 2 a の合計長さは、 $2m \times \lambda / 4$ で表される（ m は自然数）。本実施形態では、歯部 3 1 a , 3 2 a の長さ L_1 , L_2 は、ともに $\lambda / 4$ である。なお、第 1 歯電極 3 1 の各歯部 3 1 a と第 2 歯電極 3 2 の各歯部 3 2 a は、全て同じ長さにしていてもよい、長さを互いに異ならせてもよい。

40

$$\text{式 1 : } L_1 = \lambda (2 n_1 - 1) / 4$$

$$\text{式 2 : } L_2 = \lambda (2 n_2 - 1) / 4$$

【 0 0 3 6 】

放射アンテナ 2 2 は、上述の入力期間に、第 1 方向に隣り合う歯部 3 1 a , 3 2 a の間で比較的強固な電界結合が生じるように構成されている。具体的に、放射アンテナ 2 2 では、複数の歯部 3 1 a , 3 2 a が第 1 方向に等間隔で配列され、第 1 方向に隣り合う歯部 3 1 a , 3 2 a の距離（隙間の寸法）は、歯部 3 1 a , 3 2 a の線路幅の 5 倍以下となっている。この距離は、歯部 3 1 a , 3 2 a の線路幅の 3 倍以下としてもよいし、1 倍以下としてもよい。なお、第 1 歯電極 3 1 の各歯部 3 1 a と第 2 歯電極 3 2 の各歯部 3 2

50

aは、全て同じ線路幅にしているが、線路幅を互いに異ならせてもよい。

【0037】

基板23は、例えば金属製の板材を用いて構成されている。基板23の平面形状は、略矩形である。基板23の長手方向は、第1方向に一致している。基板23の表側には、平面形状が略矩形の凹部24が形成されている。凹部24の長手方向も第1方向に一致している。凹部24には、放射アンテナ22が収容されている。凹部24では、例えば底面に設けられた誘電体(図示省略)によって、放射アンテナ22が浮いた状態で支持されている。放射アンテナ22は、基板23の金属部分から電氣的に絶縁されている。基板23の表面のうち凹部24以外の領域は、放射アンテナ22を囲う平坦領域27となっている。平坦領域27の高さ位置は、例えば、放射アンテナ22の上面と同程度又は少し上側あるいは下側となっている。

10

【0038】

なお、本実施形態では、基板23が、枠状の表側金属板23aと、表側金属板23aの裏面に重ねられた矩形形状の裏側金属板23bとにより構成されているが、基板23は、片面に凹部24が形成された1枚の金属板により構成してもよい。また、平坦領域27の表面及び/又は放射アンテナ22の上面には、強電界による放電の発生を抑制するために、高周波を吸収するコーティング(例えば、誘電体のコーティング)を施してもよい。

【0039】

カバー50は、金属製の筐体である。カバー50は、図2及び図3に示すように、表側から放射アンテナ22を覆う本体部51と、本体部51の全周囲を囲うように本体部51に一体化された外周部52と、本体部51の上面に接続されたダクト部53とを備えている。ダクト部53の外端部には、内部空間40を搬送される被加熱物20に空気を供給する送風機35が取り付けられている。

20

【0040】

本体部51は、平面視において略矩形形状を呈し、例えば凹部24と同程度の平面寸法を有する。本体部51は、凹部24の真上に位置している。本体部51は、下側が開放された箱状に形成されている。図4に示すように、本体部51の内部空間とダクト部53の内部空間とは、互いに繋がっており、送風機35から被加熱物20に向かう空気が流れる送風通路45となっている。

【0041】

30

外周部52は、本体部51よりも外側の部分であり、平面視において略矩形の枠状を呈する。外周部52は、周方向に亘って、連続隙間70を介して基板23の平坦領域27に対面している。外周部52には、連続隙間70を通じた高周波の漏洩を防止するシールド構造55が全周囲に亘って設けられている。シールド構造55は、例えばチョーク構造55により構成されている。チョーク構造の構造や形状は、特に限定されないが、短絡型/4共振チョークを採用することができる。チョーク構造55は、断面視において渦巻状(又はリング形状)の空洞より構成され、放射アンテナ22寄りの位置に開口している。なお、チョーク構造55の寸法は、例えば、断面視の周長が「 $\frac{1}{2} \times a$ (aは自然数)」で、深さが「 $\frac{1}{4} \times b$ (bは自然数)」となる。hは、チョーク構造55における高周波の電気長である。

40

【0042】

ダクト部53は、基材11の搬送方向(第1方向)において上流側(導入部71側)に配置されている。ダクト部53は、第1方向において下流側に向かって斜め下方に傾斜している。送風機35の送風方向は、第1方向の下流側を向いている。また、本体部51の内面には、複数の風向調節板68が設けられている。各風向調節板68は、例えばルーバーであり、風向を第1方向の下流側に向かせる。これらの構成により、送風機35から送風された空気は、第1方向の下流側に向かって流れ、連続隙間70のうち導出部72から主に外部に排出され、一部は側方隙間73,74から排出される。図4及び図5では白抜き矢印が、送風機35から被加熱物20へ供給される空気の風向きを表す。図5では、カバー50のうちシールド部材46よりも上側部分の記載を省略している。なお、風向調

50

節板 6 8 は省略してもよい。

【 0 0 4 3 】

送風通路 4 5 には、放射アンテナ 2 2 から放射される高周波から送風機 3 5 を遮蔽し、且つ、送風機 3 5 から被加熱物 2 0 に向かう空気を通過させる貫通孔 4 6 a が形成された金属製のシールド部材 4 6 が設けられている。シールド部材 4 6 は、板状に形成されている。シールド部材 4 6 は、送風通路 4 5 を上流側と下流側に区画するように（上下に区画するように）、本体部 5 1 に取り付けられている。シールド部材 4 6 には、複数の貫通孔 4 6 a が形成されている。各貫通孔 4 6 a は、放射アンテナ 2 2 から放射される高周波が通過できない大きさに形成されている。

【 0 0 4 4 】

[遮蔽部の構成]

図 3 及び図 4 等を参照しながら、遮蔽部 6 0 の構成について説明を行う。

【 0 0 4 5 】

遮蔽部 6 0 は、内部空間 4 0 に放射アンテナ 2 2 を収容する筐体であり、基板 2 3 及びカバー 5 0 により構成されている。遮蔽部 6 0 は、導入部 7 1 及び導出部 7 2 などを設けることで基材 1 1 の通過を許容しつつ、内部空間 4 0 が遮蔽空間となるように構成されている。内部空間 4 0 では、被加熱物 2 0 が放射アンテナ 2 2 の対面領域を通過するように、基材 1 1 が導入部 7 1 から導出部 7 2 に向かって搬送される。

【 0 0 4 6 】

遮蔽部 6 0 には、内部空間 4 0 を外部に連通させる隙間として、遮蔽部 6 0 の側部の全周囲に亘って連続する連続隙間 7 0 が形成されている。例えば、遮蔽部 6 0 では、カバー 5 0 が、基板 2 3 に対して浮いた状態になるように、支持部材（図示省略）により支持されている。

【 0 0 4 7 】

連続隙間 7 0 は、断面視において、基板 2 3 の平坦領域 2 7 の上面とカバー 5 0 の外周部 5 2 の下面とにより形成されている。断面視における連続隙間 7 0 の隙間寸法（平坦領域 2 7 と外周部 5 2 との距離）は、例えば遮蔽部 6 0 の全周囲に亘って一定である。連続隙間 7 0 の隙間寸法の下限值は、基材（搬送物）1 1 が通過可能な寸法であればよい。連続隙間 7 0 の隙間寸法の上限值は、外部への高周波漏洩を実質的に阻止できればよく、例えば 3 0 mm 以下であり、好ましくは 1 0 mm 以下、さらに好ましくは 5 mm 以下である。

【 0 0 4 8 】

連続隙間 7 0 は、被加熱物 2 0 を含む基材 1 1 が導入される導入部 7 1 と、基材 1 1 が導出される導出部 7 2 と、対面領域の両側方において基材 1 1 の搬送方向に延びる一對の側方隙間 7 3 , 7 4 とにより構成されている。連続隙間 7 0 は、平面視において放射アンテナ 2 2 の対面領域から見て、第 1 方向の上流側、第 1 方向の下流側、及び、第 2 方向の両側方の四方に形成されている。なお、本明細書において対面領域の「側方」とは、搬送方向に直交する方向を意味する。

【 0 0 4 9 】

具体的に、導入部 7 1 及び導出部 7 2 の各々は、基板 2 3 の平坦領域 2 7 の短辺部分と、その短辺部分に対面する外周部 5 2 との間に形成された隙間により構成されている。各側方隙間 7 3 , 7 4 は、基板 2 3 の平坦領域 2 7 の長辺部分と、その長辺部分に対面する外周部 5 2 との間に形成された隙間により構成されている。各側方隙間 7 3 , 7 4 は、導入部 7 1 と導出部 7 2 にそれぞれ繋がっている。

【 0 0 5 0 】

[処理システムの動作]

電磁波加熱装置 1 0 を含めた処理システムの動作について説明を行う。処理システムの電源を ON にすると、電磁波加熱装置 1 0 及び搬送機構 1 2 の各電源が ON になる。これにより、搬送機構 1 2 により基材 1 1 が搬送されると共に、発振器 2 1 から高周波が発振される。発振器 2 1 を制御する制御装置 7 5 の動作については後述する。基材 1 1 は、被加熱物 2 0 側を表側（図 1 において上側）に向けて、放射アンテナ 2 2 の表側近傍を搬送

10

20

30

40

50

される。なお、基材 1 1 は、被加熱物 2 0 側を裏側に向けて搬送してもよい。

【 0 0 5 1 】

電磁波加熱装置 1 0 では、発振器 2 1 から出力された高周波が、第 1 歯電極 3 1 の各歯部 3 1 a 及び第 2 歯電極 3 2 の各歯部 3 2 a に供給される。歯電極 3 1 , 3 2 の各歯部 3 1 a , 3 2 a では、高周波による共振が生じ、各歯部 3 1 a , 3 2 a の先端が、高周波による定在波の腹部となる。放射アンテナ 2 2 では、第 1 歯電極 3 1 の複数の歯部 3 1 a における定在波の腹部が第 1 方向に一直列に並び、第 2 歯電極 3 2 の複数の歯部 3 2 a における定在波の腹部が第 1 方向に一直列に並ぶ。

【 0 0 5 2 】

また、第 1 方向に隣り合う歯部 3 1 a , 3 2 a の間では、比較的強い電界結合が生じる。これにより、放射アンテナ 2 2 の対面領域では、基材 1 1 及び被加熱物 2 0 の搬送路を含むように強電界領域が形成される。強電界領域を通過する被加熱物 2 0 は、誘電成分や導電成分などが高周波により加熱される。これにより、被加熱物 2 0 は昇温を経て、所望の物理 / 化学変化（重合、アニール、乾燥、硬化等）が生じる。なお、基材 1 1 では、複数の被加熱物 2 0 が、基材 1 1 の搬送方向に間隔を空けて並べられている。複数の被加熱物 2 0 は、強電界領域を順番に通過するように間隔を空けて搬送される。

10

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、放射アンテナ 2 2 の各歯部 3 1 a , 3 2 a で高周波の共振が生じ、強電界領域の電界強度が比較的高くなる。従って、共振が生じない場合に比べて、発振器 2 1 への投入電力を抑制することができる。また、本実施形態では、連続隙間 7 0 が遮蔽部 6 0 に形成されているため、基材 1 1 の通過を許容しつつ、外部への高周波の漏洩を抑制できる。また、シールド部材 4 6 を設けることで、送風通路 4 5 の入口を通じての高周波漏洩も抑制することができる。また、送風機 3 5 を設けているため、加熱により被加熱物 2 0 を乾燥させる場合に、被加熱物 2 0 から蒸発した有機溶剤や水分を遮蔽部 6 0 の外部に排出することができ、被加熱物 2 0 を効率的に乾燥させることができる。

20

【 0 0 5 4 】

[制御装置の構成及び動作]

制御装置 7 5 は、発振器 2 1 の発振周波数を制御するように構成されている。制御装置 7 5 は、図 6 に示すように、方向性結合器 7 6 と、位相差情報生成部 7 7 と、制御部 7 8 とを備えている。以下では、制御装置 7 5 について説明を行う前に、発振器 2 1 の構成について説明を行う。方向性結合器 7 6 は、発振器 2 1 から放射アンテナ 2 2 へ延びる伝送線路 1 6 に設けられ、反射波情報を抽出する情報抽出部に相当する。

30

【 0 0 5 5 】

発振器 2 1 は、制御電圧により発振周波数が変化する電圧可変発振器 (V C O) 2 1 a と、電圧可変発振器 2 1 a の後段に設けられた増幅器 2 1 b と、電圧可変発振器 2 1 a と直流電源 1 5 との間に設けられた電圧調整回路 2 1 c とを備えている。電圧調整回路 2 1 c は、スイッチ S W 1 , S W 2 の O N / O F F により、電圧可変発振器 2 1 a に印加する制御電圧を変化させることが可能に構成されている。

【 0 0 5 6 】

例えば、電圧調整回路 2 1 c は、第 1 スイッチ S W 1 及び第 2 スイッチ S W 2 に加え、インダクタ L とコンデンサ C を備えている。電圧調整回路 2 1 c では、インダクタ L の第 1 端子が直流電源 1 5 のプラス側に、コンデンサ C の第 1 端子が直流電源 1 5 のマイナス側に、インダクタ L の第 2 端子とコンデンサ C の第 2 端子とが互いに接続されて電圧可変発振器 2 1 a に接続されている。第 1 スイッチ S W 1 は、インダクタ L の第 1 端子と直流電源 1 5 のプラス側との間に接続されている。第 2 スイッチ S W 2 は、インダクタ L の第 1 端子と直流電源 1 5 のプラス側とを結ぶ配線と、コンデンサ C の第 1 端子と直流電源 1 5 のマイナス側とを結ぶ配線との間に接続されている。

40

【 0 0 5 7 】

第 1 スイッチ S W 1 及び第 2 スイッチ S W 2 のうち第 1 スイッチ S W 1 だけを O N に設定する第 1 状態では、コンデンサ C の充電が行われる。第 1 状態では、制御電圧が徐々に

50

増加し、その増加に伴って発振周波数が徐々に高くなる。また、第1スイッチSW1及び第2スイッチSW2のうち第2スイッチSW2だけをONに設定する第2状態では、コンデンサCの放電が行われる。第2状態では、制御電圧が徐々に低下し、その低下に伴って発振周波数が徐々に低くなる。また、第1スイッチSW1及び第2スイッチSW2の両方をOFFに設定する第3状態では、コンデンサCにおける第1端子と第2端子の電位差、及び、制御電圧は一定である。第3状態では、電圧可変発振器21aの発振周波数は変化しない。なお、電圧調整回路21cの構成は本実施形態に限定されない。

【0058】

制御装置75の各要素について説明を行う。方向性結合器76は、伝送線路16に接続されている。方向性結合器76は、伝送線路16から、放射アンテナ22へ向かう高周波（入射波）の波形を表す入射波信号と、放射アンテナ22から戻ってくる高周波（反射波）の波形を表す反射波信号とをそれぞれ抽出するように構成されている。方向性結合器76は、位相差情報生成部77に接続された第1出力端子及び第2出力端子を有し、第1出力端子から入射波信号を位相差情報生成部77に出力し、第2出力端子から入射波信号を位相差情報生成部77に出力する。

10

【0059】

なお、方向性結合器76から位相差情報生成部77へ入射波信号を伝送する線路には、入射波信号と反射波信号との位相のずれを補正する位相補正部99として、所定の位相だけ信号を遅延させる遅延線路（ケーブル）が設けられている。なお、遅延線路の代わりに、所定の位相だけ信号を遅延させる遅延素子を設けてもよい。

20

【0060】

位相差情報生成部77は、入射波信号と反射波信号とを演算する演算処理により、入射波と反射波の位相差（ $\theta_1 - \theta_2$ ）を表す位相差信号を生成する機器である。位相差信号は、位相差情報に相当する。位相差情報生成部77には、位相検出器又は振幅・位相検出器を用いることができる。位相差情報生成部77は、例えば、式3に示す乗算を行った後に、発振周波数 f に対応する角周波数 ω 及び時間関数 t を含む成分（2倍調波成分（ $\cos(2\omega t + \theta_1 + \theta_2)$ ））を除去するフィルタ処理を行うことにより、式4に示す位相差信号PDSを生成して出力する。フィルタ処理によれば、直流分の位相差信号PDSが残る。位相差情報生成部77における位相差信号PDSの生成及び出力は、連続的に行われる。

30

[式3]

$$\begin{aligned} NPA \times NPB &= A \sin(\omega t + \theta_1) \times B \sin(\omega t + \theta_2) \\ &= -\frac{A \times B}{2} \{ \cos(2\omega t + \theta_1 + \theta_2) - \cos(\theta_1 - \theta_2) \} \end{aligned}$$

[式4]

$$PDS = \frac{A \times B}{2} \{ \cos(\theta_1 - \theta_2) \}$$

40

式3において、NPAは入射波信号（ $A \sin(\omega t + \theta_1)$ ）を表し、NPBは反射波信号（ $B \sin(\omega t + \theta_2)$ ）を表す。 θ_1 は入射波信号NPAの位相、 θ_2 は反射波信号NPBの位相を表す。

【0061】

図6に示す位相差情報生成部77では、入射波信号が入力される第1ログアンプ81と、反射波信号が入力される第2ログアンプ82と、第1ログアンプ81から出力される入射波信号と第2ログアンプ82から出力される反射波信号とを加算する乗算器83（つまり、対数変換された信号の加算により、変換前の信号を乗算した結果を出力する乗算器）

50

と、乗算器 8 3 の出力信号に対し上述のフィルタ処理を施すフィルタ部 8 4 とを備えている。乗算器 8 3 では、対数変換された入射波信号と、対数変換された反射波信号との加算（つまり、入射波信号と反射波信号との乗算）が行われる。フィルタ部 8 4 は、乗算結果から 2 倍周波数成分を除去するものである。フィルタ部 8 4 には、ローパスフィルタを用いることができる。なお、フィルタ部 8 4 は、デジタルフィルタとしてもよく、この場合は、A/D 変換器の後段に設ける。

【0062】

制御部 7 8 は、位相差信号に基づいて、放射アンテナ 2 2 における共振周波数と発振器 2 1 の発振周波数との差が小さくなる発振周波数の調節方向を検出する方向検出動作と、方向検出動作の検出結果に基づいて発振周波数を調節する周波数調節動作とを行う、制御処理を繰り返し行うように構成されている。制御部 7 8 は、方向検出動作を行う検出部 7 8 a と、周波数調節動作を行う第 1 指令部 7 8 b 及び第 2 指令部 7 8 c とを備えている。

10

【0063】

制御部 7 8 は、例えば、マイコンにより構成することができる。この場合、制御部 7 8 には、制御用のプログラムがインストールされる。制御部 7 8 は、CPU が制御用プログラムを実行及び解釈することによって実現される機能ブロックとして、検出部 7 8 a、第 1 指令部 7 8 b 及び第 2 指令部 7 8 c を有する。なお、制御部 7 8 は、アナログ回路により構成してもよい。

【0064】

図 7 のフローチャートを参照して、制御部 7 8 の制御処理について説明を行う。なお、フローチャートでは、ステップ S T 1 ~ S T 3 が方向検出動作に相当し、ステップ S T 4 ~ S T 6 が周波数調節動作に相当する。また、制御部 7 8 は、所定の制御周期 S でフローチャートの制御処理を繰り返す。制御周期 S は、50 m s 以下に設定される。

20

【0065】

検出部 7 8 a には、A/D 変換器を介して、位相差信号が連続的に入力される。ステップ S T 1 において、検出部 7 8 a は、デジタル変換された位相差信号に対し正規化処理等を行うことにより、例えば制御周期 S に等しいサンプリング周期で、位相差信号の電圧値を位相差電圧 V として検出する。ステップ S T 2 では、検出部 7 8 a が、閾値（電圧 = 0）を含む閾値範囲（ $-V_c \sim V_c$ ）と、位相差電圧 V とを比較する第 1 比較動作として、位相差電圧 V が閾値範囲の下限值 $-V_c$ を下回るか否かの判定を行う。閾値範囲は、入射波の位相と反射波の位相とが等しくなる状態の基準情報に相当する。

30

【0066】

ここで、図 8 には、周波数に対する位相差電圧 V の変化を表す第 1 グラフ G 1 と、周波数に対する反射波強度の変化を表す第 2 グラフ G 2 とが重ねて記載されている。第 1 グラフ G 1 は、発振周波数が共振周波数 f_0 よりも小さい下位周波数域 f_b では、位相差電圧 V がゼロより小さくなり、発振周波数が共振周波数 f_0 よりも大きくなる上位周波数域 f_e では、位相差電圧 V がゼロより大きくなり、発振周波数が共振周波数 f_0 と等しくなる周波数（つまり、放射アンテナ 2 2 においてインピーダンス整合が取れている周波数）では、位相差電圧 V がゼロになることを表している。

【0067】

ステップ S T 2 において位相差電圧 V が閾値範囲の下限值 $-V_c$ を下回る場合、発振周波数は、共振周波数 f_0 よりも小さい下位周波数域 f_b にある。この場合、ステップ S T 4 に移行して、検出部 7 8 a から指令を受けた第 1 司令部 7 8 b が、周波数調節動作として、第 1 スイッチ S W 1 に ON 信号を出力する。この時、第 2 スイッチ S W 2 が ON になっていれば、検出部 7 8 a は、第 2 司令部 7 8 c に対し第 2 スイッチ S W 2 を OFF に切り替えさせる。これにより、電圧調整回路 2 1 c は第 1 状態に切り替わり、電圧可変発振器 2 1 a への制御電圧が徐々に増加していく。その結果、発振器 2 1 の発振周波数は、徐々に高くなっていき、共振周波数 f_0 に近づいていく。ステップ S T 4 の実行後は、ステップ S T 1 に戻る。

40

【0068】

50

一方、ステップ S T 2 において位相差電圧 V が閾値範囲の下限値 $-V_c$ を下回らない場合、ステップ S T 3 に移行して、検出部 7 8 a が、第 2 比較動作として、位相差電圧 V が閾値範囲の上限値 V_c を上回るか否かの判定を行う。ステップ S T 3 において位相差電圧 V が閾値範囲の上限値 V_c を上回る場合、発振周波数が、共振周波数 f_0 よりも大きい上位周波数域 f_e にある。この場合、ステップ S T 5 に移行して、検出部 7 8 a から指令を受けた第 2 司令部 7 8 c が、周波数調節動作として、第 2 スイッチ S W 2 に O N 信号を出力する。この時、第 1 スイッチ S W 1 が O N になっていれば、検出部 7 8 a は、第 1 司令部 7 8 b に対し第 1 スイッチ S W 1 を O F F に切り替えさせる。これにより、電圧調整回路 2 1 c は第 2 状態に切り替わり、電圧可変発振器 2 1 a への制御電圧が徐々に低下していく。その結果、発振器 2 1 の発振周波数は、徐々に低くなっていき、共振周波数 f_0 に近づいていく。ステップ S T 5 の実行後は、ステップ S T 1 に戻る。

10

【 0 0 6 9 】

ステップ S T 3 において位相差電圧 V が閾値範囲の上限値 V_c を上回らない場合は、位相差電圧 V が閾値範囲内にある。この場合、ステップ S T 6 に移行して、検出部 7 8 a は、第 1 スイッチ S W 1 が O N になっていれば、第 1 司令部 7 8 b に対し第 1 スイッチ S W 1 を O F F に切り替えさせ、第 2 スイッチ S W 2 が O N になっていれば、第 2 司令部 7 8 c に対し第 2 スイッチ S W 2 を O F F に切り替えさせる。これにより、電圧調整回路 2 1 c は第 3 状態に切り替わり、制御電圧は一定となる。その結果、電圧可変発振器 2 1 a の発振周波数は、その時点の値にホールドされる。ステップ S T 6 の実行後は、ステップ S T 1 に戻る。

20

【 0 0 7 0 】

図 9 を参照して、共振周波数 f_0 に発振周波数を追従させる様子について説明を行う。なお、以下では、ステップ S T 1 から始まって再び第 1 ステップ S T 1 に戻るまでの処理を 1 単位として、「 n 回目の処理」と表現する。

【 0 0 7 1 】

1 回目の処理の時点で、発振周波数の値が f_A になっているとする（図 9 (a) 参照）。この状態で 1 回目の処理が行われると、位相差電圧は検出点 A の縦軸の値となり、位相差電圧が下限値 $-V_c$ を下回っていることが検出される。そのため、電圧調整回路 2 1 c が第 1 状態（第 1 スイッチ S W 1 だけが O N 状態）に切り替えられ、発振周波数は徐々に増加し共振周波数 f_0 に近づいていく。

30

【 0 0 7 2 】

2 回目の処理の時点で、発振周波数の値が f_B になっているとする（図 9 (b) 参照）。この状態で 2 回目の処理が行われると、引き続き位相差電圧が下限値 $-V_c$ を下回っていることが検出される。電圧調整回路 2 1 c は第 1 状態に維持され、発振周波数はさらに共振周波数 f_0 に近づいていく。3 回目の処理の時点で、発振周波数の値が f_C になっているとする（図 9 (c) 参照）。この状態で 3 回目の処理が行われると、位相差電圧が上限値 V_c と下限値 $-V_c$ の間にあることが検出される。この場合は、電圧調整回路 2 1 c が第 3 状態（両スイッチ S W 1 , S W 2 とともに O F F 状態）に切り替えられ、発振周波数がホールドされる。

【 0 0 7 3 】

この状態から、図 9 (d) に示すように、被加熱物 2 0 などの影響により共振周波数 f_0 が小さくなったとする（グラフ G 1 , G 2 が左へ移動したとする）。発振周波数の値は f_C のままである。この状態で 4 回目の処理が行われると、位相差電圧は検出点 C ' の縦軸の値となり、位相差電圧が上限値 V_c を上回っていることが検出される。そのため、電圧調整回路 2 1 c が第 2 状態（第 2 スイッチ S W 2 だけが O N 状態）に切り替えられ、発振周波数が徐々に低下し共振周波数 f_0 に近づいていく。

40

【 0 0 7 4 】

5 回目の処理の時点で、発振周波数の値が f_D になっているとする（図 9 (e) 参照）。この状態で 5 回目の処理が行われると、引き続き位相差電圧が上限値 V_c を上回っていることが検出される。電圧調整回路 2 1 c は第 2 状態に維持され、発振周波数はさらに共

50

振周波数 f_0 に近づいていく。6 回目の処理の時点で、発振周波数の値が f_E になっているとする（図 9（f）参照）。この状態で 6 回目の処理が行われると、3 回目の処理と同様に、電圧調整回路 21c が第 3 状態に切り替えられ、発振周波数がホールドされる。このように、制御処理では、共振周波数 f_0 に対し追従するように発振周波数が調節される。

【0075】

[第 1 実施形態の効果等]

本実施形態では、入射波信号と反射波信号を用いる演算処理により、入射波と反射波の位相差を表す位相差情報が生成される。そして、位相差情報と基準情報（閾値範囲）とに基づいて発振周波数の調節方向を検出し、その検出結果に基づいて発振周波数を制御する制御処理を繰り返し行うことで、共振周波数 f_0 に対して発振周波数が追従する。ここで、上述の演算処理は、高速で行うことができる。つまり、位相差情報の生成は高速で行うことができる。また、基準情報の数値データは予め準備できるため、発振周波数の調節方向も高速で検出できる。本実施形態によれば、共振周波数に対して発振周波数を高速で追従させることが可能である。

10

【0076】

ところで、本実施形態の処理システムでは、被加熱物 20 の搬送を行いながら、その搬送経路において被加熱物 20 の加熱を行う。この場合、被加熱物 20 の有無や、被加熱物 20 における水分量の経時変化、加熱により生じる蒸気などによって、共振周波数 f_0 は逐次変化する。具体的に、被加熱物 20 は少量で軽負荷であり、内部空間 40 における共振特定モードを維持する環境においても、共振モード内で共振周波数 f_0 は逐次変化する。例えば、被加熱物 20 に高周波が印加され、被加熱物 20 の昇温及び乾燥とともに比誘電率が低下するため、共振周波数 f_0 は遷移する。

20

【0077】

ここで、共振周波数 f_0 の時に、被加熱物 20 に吸収される高周波エネルギーの割合（以下、「高周波エネルギー吸収率」という。）は最大となる。しかし、共振周波数 f_0 は逐次変化する場合、従来技術では、共振周波数 f_0 に対し発振周波数を高速に追従させることができず、高周波エネルギー吸収率を高い値に維持することは難しかった。また、開放空間への高周波が漏洩しやすくもなる。

【0078】

それに対し、本実施形態では、共振周波数 f_0 に対して発振周波数を高速で追従させることができるため、搬送式で被加熱物 20 の加熱を行う場合であっても、高周波エネルギー吸収率を高い値に維持することができ、さらに高周波漏洩も抑制できる。

30

【0079】

なお、本願発明者は、(i) 発振周波数を固定する場合は、電磁波加熱装置 10 の電源を ON した直後に、特に高周波エネルギー吸収率が低下すること、及び、(ii) 電磁波加熱装置 10 の電源の ON 時点から上述の周波数制御を実施することで、ON 時点から高周波エネルギー吸収率が大きく改善されることを、制御周期 30ms の実験で確認している。

【0080】

[第 1 実施形態の第 1 変形例]

本変形例では、制御部 78 が、基準情報と位相差情報とを用いて、共振周波数に対する発振周波数のずれ方向（偏移方向）を検出し、その検出結果に対し平均化処理を行うことにより、発振周波数の調節方向を検出する。平均化処理は、閾値範囲（ $-V_c \sim V_c$ ）と位相差電圧 V とを比較する比較動作の結果に対し行われる。以下では、図 10 を参照しながら、実施形態と異なる点を中心に説明を行う。

40

【0081】

本変形例では、第 1 比較動作において位相差電圧 V が閾値範囲の下限値 $-V_c$ を下回る場合に、検出部 78a は、マイナス方向のずれと判定して判定結果（ $-X$ ）を記録する。また、第 2 比較動作において位相差電圧 V が閾値範囲の上限値 V_c を上回る場合に、プラス方向のずれと判定して判定結果（ $+X$ ）を記録する。また、第 2 比較動作において位相差電圧 V が閾値範囲の上限値 V_c を上回らない場合に、位相のずれがない状態と判定し

50

て判定結果 (± 0) を記録する。

【 0 0 8 2 】

検出部 7 8 a は、所定の比較結果のサンプル数 n で、時系列に並ぶ比較動作の判定結果を平均化する平均化処理を行う。式 5 は、 m 番目の判定結果 $D(m)$ から、 $(m + n - 1)$ 番目の判定結果 $D(m + n - 1)$ に対する平均化処理に用いる式の一例である。 Y は平均化処理の算出値を表す。

[式 5]

$$Y = \frac{\{D(m) + D(m+1) + D(m+2) \cdot \dots + D(m+n-1)\}}{n}$$

10

【 0 0 8 3 】

検出部 7 8 a は、平均化処理の算出値 Y がマイナスの場合に、第 1 司令部 7 8 b に対し、第 1 スイッチ $SW1$ に ON 信号を出力させる。検出部 7 8 a は、算出値 Y がプラスの場合に、第 2 司令部 7 8 c に対し、第 2 スイッチ $SW2$ に ON 信号を出力させる。なお、図 1 0 には、位相差電圧 V の時系列変化を表すグラフ $G3$ と共に、比較動作の判定結果の時系列変化を表すグラフ $G4$ と、算出値 Y の時系列変化を表すグラフ $G5$ とを重ねて記載している。本変形例によれば、平均化処理によりノイズを除去できるため、発振周波数の追従精度が向上する。そのため、高周波エネルギー吸収率が増加し、加熱に要する電力を低減させることができる。

20

【 0 0 8 4 】

なお、本変形例において、平均化処理の算出値 Y の比較対象が、閾値範囲であってもよい。検出部 7 8 a は、算出値 Y が閾値範囲の下限值 $-V_c$ を下回る場合に第 1 スイッチ $SW1$ に ON 信号を出力させ、算出値 Y が閾値範囲の上限値 V_c を上回る場合に第 2 スイッチ $SW2$ に ON 信号を出力させる。この場合、算出値 Y を閾値 ($V = 0$) と比較する場合に比べて、ノイズを除去できるため、加熱に要する電力を低減させることができる。

【 0 0 8 5 】

また、制御部 7 8 は、被加熱物 2 0 の搬送速度に基づいて、平均化処理に用いる検出結果のサンプル数 n を調節してもよい。搬送速度が速い場合は、共振周波数 f_0 が細かく変動するため、搬送速度が速いほどサンプル数 n を小さくして、きめ細かな追従制御を行う。なお、搬送速度に基づいて制御周期 S を調節してもよく、ノイズ除去のために搬送速度が速いほど制御周期 S を長くしてもよい。

30

【 0 0 8 6 】

[第 1 実施形態の第 2 変形例]

本変形例では、制御部 7 8 が、基準情報と位相差情報に基づいて、発振周波数の調節方向に加えて、発振周波数の調節量 (又は偏移量) を検出する。この場合、発振周波数の調節量は、位相差電圧 V の大きさ (位相差情報と基準情報との差) に基づいて検出することができる。例えば位相差電圧 V とゼロとの差が大きいほど、発振周波数の調節量は小さくなる。本変形例では、制御部 7 8 により、調節量に応じて、調節方向への発振周波数の調節がなされることで、共振周波数 f_0 に対して発振周波数をより高速に追従させることができる。

40

【 0 0 8 7 】

< 第 2 実施形態 >

本実施形態は、制御装置 7 5 の構成が第 1 実施形態とは異なる。以下では、第 1 実施形態と異なる点を中心に本実施形態について説明を行う。

【 0 0 8 8 】

発振器 2 1 は、図 1 1 に示すように、電圧可変発振器 2 1 a と、電圧可変発振器 2 1 a の後段に設けられたシンセサイザー 2 1 d と、シンセサイザー 2 1 d の後段に設けられた直交変調器 2 1 e と、直交変調器 2 1 e の後段に設けられた増幅器 2 1 b と、電圧調整回路 2 1 c とを備えている。本実施形態では、電圧調整回路 2 1 c が DA コンバータにより

50

構成されている。

【 0 0 8 9 】

シンセサイザ 2 1 d は、電圧可変発振器 2 1 a から高周波 f_{vco} が入力されると、その高周波の周波数 f_{vco} にレジスタ値 R を加えた周波数 f ($f = f_{vco} + R$) の高周波を出力する。シンセサイザ 2 1 d には、レジスタ値 R を記録・更新するレジスタ (図示省略) が設けられている。本実施形態では、発振器 2 1 の発振周波数が、シンセサイザ 2 1 d から出力される高周波の周波数となる。

【 0 0 9 0 】

また、直交変調器 2 1 e は、シンセサイザ 2 1 d から出力される高周波を、第 1 I 成分信号及び第 1 Q 成分信号に変調して、増幅器 2 1 b に出力する。発振器 2 1 は、直交変調された高周波を発振する。

10

【 0 0 9 1 】

制御装置 7 5 は、方向性結合器 7 6 と、第 1 直交復調部 9 1 と、第 2 直交復調部 9 2 と、制御部 7 8 とを備えている。第 1 直交復調部 9 1 及び第 2 直交復調部 9 2 は、直交復調部を構成している。

【 0 0 9 2 】

第 1 直交復調部 9 1 は、入射波信号を、第 1 I 成分信号と第 1 Q 成分信号とに復調する。第 2 直交復調部 9 2 は、反射波信号を、第 2 I 成分信号と第 2 Q 成分信号とに復調する。各直交復調部 9 1 , 9 2 には、直交変調器 2 1 e と同期を取るための同期信号が、シンセサイザ 2 1 d から入力される。

20

【 0 0 9 3 】

制御部 7 8 は、復調後の入射波信号 (第 1 I 成分信号と第 1 Q 成分信号) 、及び、復調後の反射波信号 (第 2 I 成分信号と第 2 Q 成分信号) に基づいて、入射波と反射波の位相差を表す位相差情報を生成する情報生成動作と、位相差情報に基づいて放射アンテナ 2 2 における共振周波数 f_0 と発振器 2 1 の発振周波数との差が小さくなる発振周波数の調節方向を検出する方向検出動作と、方向検出動作の検出結果に基づいて発振周波数を調節する周波数調節動作とを行う、制御処理を繰り返し行うように構成されている。制御部 7 8 は、例えば、マイコンにより構成することができる。制御部 7 8 には、制御用のプログラムがインストールされる。制御部 7 8 は、CPU が制御用プログラムを実行及び解釈することによって実現される機能ブロックとして、検出部 8 7 と指令部 8 8 とを有する。

30

【 0 0 9 4 】

検出部 8 7 は、情報生成動作、及び、方向検出動作を行う。検出部 8 7 は、位相情報生成部を兼ねている。検出部 8 7 では、第 1 I 成分信号及び第 1 Q 成分信号と、第 2 I 成分信号及び第 2 Q 成分信号とを用いる演算処理により、入射波と反射波の位相差 (1 - 2) を表す位相差算出値 PDC が、位相差情報として算出される。そして、位相差算出値 PDC に基づいて発振周波数の調節方向が検出される。

【 0 0 9 5 】

検出部 8 7 は、例えば、式 6 及び式 7 に示す演算処理を行うことにより、入射波情報 NPA と反射波情報 NPB を算出した後、式 8 に示す演算 (複素除算 (共役複素数の乗算)) を行うことにより、入射波情報 NPA により反射波情報 NPB を除した値として位相差算出値 PDC を算出する。

40

【 0 0 9 6 】

なお、式 6 及び式 7 において、第 1 I 成分信号は $A \cos (t + 1)$ で表され、第 1 Q 成分信号は $A i \sin (t + 1)$ で表され、第 2 I 成分信号は $B \cos (t + 2)$ で表され、第 2 Q 成分信号は $B i \sin (t + 2)$ で表される。 $t = t + 1$ 、 $t = t + 2$ とする。

[式 6]

$$NPA = A \{ \cos(\omega t + \theta 1) + i \sin(\omega t + \theta 1) \}$$

50

[式 7]

$$NPB = B \{ \cos(\omega t + \theta 2) + i \sin(\omega t + \theta 2) \}$$

[式 8]

$$\begin{aligned} PDC &= NPB / NPA \\ &= \frac{B \{ (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta) + i (\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta) \}}{A \{ \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha \}} \\ &= \frac{B \{ (\cos(\alpha - \beta) + i \sin(\alpha - \beta)) \}}{A} \\ &= \frac{B \{ (\cos(\theta 1 - \theta 2) + i \sin(\theta 1 - \theta 2)) \}}{A} \end{aligned}$$

10

【 0 0 9 7 】

図 1 2 のフローチャートを参照して、制御部 7 8 の動作について説明を行う。本実施形態では、被加熱物 2 0 の搬送を開始する前に、発振器 2 1 が発振可能な周波数帯域（以下、「発振可能帯域」と言う。）の中で、反射波強度が所定の判定レベル k より低くなる帯域を探索する探索制御を行った後、周波数制御を行う。

20

【 0 0 9 8 】

[探索制御]

図 1 2 (a) は探索制御のフローチャートである。探索制御では、ステップ S T 1 1 で、制御部 7 8 が、発振器 2 1 に初期周波数 f_i （例えば、発振可能帯域の下限値）を設定し、発振器 2 1 による高周波の発振を開始させる。次に、ステップ S T 1 2 で、制御部 7 8 は、発振器 2 1 に周波数掃引を行わせる。周波数掃引が行われる帯域幅（ $f_i \sim f_i + f$ ）はレジスト値 R の初期値に等しい。

【 0 0 9 9 】

ここで、発振器 2 1 から高周波が発振されている期間は、第 1 直交復調部 9 1 にて復調された第 1 I 成分信号及び第 1 Q 成分信号と、第 2 直交復調部 9 2 にて復調された第 2 I 成分信号及び第 2 Q 成分信号とが、連続的な信号として検出部 8 7 に入力される。検出部 8 7 では、各 I 成分信号及び各 Q 成分信号がデジタル変換される。

30

【 0 1 0 0 】

ステップ S T 1 3 では、検出部 8 7 が、式 6 ~ 式 8 の演算により、周波数掃引を行う期間に所定の算出周期で、位相差算出値 P D C を算出する。位相差算出値 P D C は、図 1 3 に示すスミスチャートの複素平面の座標値を表す。ステップ S T 1 4 は、周波数掃引が終了した後に行われる。ステップ S T 1 4 では、検出部 8 7 が、所定の算出周期で算出した複数の位相差算出値 P D C により表される座標値（以下、「算出座標値」と言う。）の中に、入射波の位相 θ_1 と反射波の位相 θ_2 とが等しくなる座標値（スミスチャートにおいて中心点 P_0 を通る中心線 P 上の座標値）があるか否かを判定する。なお、図 1 3 では、中心線 P より上側の領域が $0 \sim \pi / 2$ であり、中心線 P より下側の領域が $-\pi / 2 \sim 0$ である。

40

【 0 1 0 1 】

ステップ S T 1 4 において位相 θ_1 と位相 θ_2 が等しくなる座標値がない場合は、周波数掃引を行った帯域に共振周波数 f_0 はないため、ステップ S T 1 5 でレジスト値 R に所定値 f （上述の帯域幅）を加算した後に、ステップ S T 1 2 に戻る。レジスト値 R は、 $f \times 2$ となる。ステップ S T 1 2 では、制御部 7 8 が、直前に周波数掃引がなされた帯域の隣りの上位帯域（ $f_i + f \sim f_i + f \times 2$ ）で、発振器 2 1 に周波数掃引を行わ

50

せる。

【0102】

一方、ステップST14において位相 θ_1 と位相 θ_2 が等しくなる座標値がある場合は、周波数掃引を行った帯域に共振周波数 f_0 があるため、ステップST16で、検出部87が、位相 θ_1 と位相 θ_2 が等しくなる共振周波数 f_0 における反射係数 B/A が判定レベル k を下回るか否かの判定を行う。判定レベル k は、制御部78に予め記憶されている。

【0103】

ステップST16において反射係数 B/A が判定レベル k を下回らない場合は、周波数掃引を行った帯域における共振周波数 f_0 で反射波強度が小さくないため、ステップST15でレジスト値 R に所定値 f を加算した後に、ステップST12に戻る。一方、ステップST16において反射係数 B/A が判定レベル k を下回る場合は、共振周波数 f_0 で反射波強度が小さくなる帯域が見つかったため、ステップST17において周波数掃引を行った帯域の共振周波数 f_0 を検出した後、探索制御を終了して周波数制御を開始する。

10

【0104】

[周波数制御]

図12(b)は、周波数制御を構成する制御処理のフローチャートである。なお、フローチャートでは、ステップST23が情報生成動作に相当し、ST26～ST27が方向検出動作に相当し、ステップST28～ST29が周波数調節動作に相当する。

【0105】

周波数制御では、ステップST21で、搬送機構12の電源がONに切り替えられて、被加熱物20の搬送が開始される。次に、ステップST22で、制御部78が、ステップST17で検出した共振周波数 f_0 に、発振器21の発振周波数 f を設定する。ステップST23では、検出部87が、その時点における第1I成分信号、第1Q成分信号、第2I成分信号及び第2Q成分信号を用いて、式6～式8の演算により、位相差算出値PDCを算出する。

20

【0106】

次に、ステップST24で、検出部87が、反射係数 B/A が判定レベル k を下回るか否かの判定を行う。ステップST24において反射係数 B/A が判定レベル k を下回らない場合は、ステップST25でレジスト値 R に所定値 f を加算した後に、ステップST22に戻る。これにより、共振周波数 f_0 の変動により、反射波強度が低くなる帯域ではなくなった場合に、他の帯域に移動できる。

30

【0107】

一方、ステップST24において反射係数 B/A が判定レベル k を下回る場合は、ステップST26で、検出部87が、位相差算出値PDCによる表される算出座標値と、スミスチャートの中心線 P を表す基準情報とを比較する第1比較動作として、算出座標値が正位相にあるか否か(つまり、 $\theta_1 > \theta_2$ か否か)の判定を行う。

【0108】

ステップST26において $\theta_1 > \theta_2$ の条件を満たす場合、算出座標値(例えば、図13の位置A)が $0 \sim \pi/2$ にある。この場合、ステップST28に移行して、指令部88が、電圧調整回路21cを介して、所定の加算周波数 p (例えば、 $p = 1 \text{ MHz}$)だけ発振周波数を増加させる。これにより、発振器21の発振周波数は、共振周波数 f_0 に近づく。位相算出値 A は、矢印の方向に動く。ステップST28の実行後は、ステップST23に戻る。

40

【0109】

一方、ステップST26において $\theta_1 > \theta_2$ の条件を満たさない場合、ステップST27に移行して、検出部87が、第2比較動作として、算出座標値が $-\pi/2 \sim 0$ にあるか否か(つまり、 $\theta_1 < \theta_2$ か否か)の判定を行う。ステップST27において $\theta_1 < \theta_2$ の条件を満たす場合、算出座標値(例えば、図13の位置B)が $-\pi/2 \sim 0$ にある。この場合、ステップST29に移行して、指令部88が、電圧調整回路21cを介して、所定の減算周波数 q (例えば、 $q = 1 \text{ MHz}$)だけ発振周波数を減少させる。これにより、

50

発振器 2 1 の発振周波数は、共振周波数 f_0 に近づく。位相算出値 B は、矢印の方向に動く。ステップ S T 2 9 の実行後は、ステップ S T 2 3 に戻る。

【 0 1 1 0 】

ステップ S T 2 7 において $1 < 2$ の条件を満たさない場合は、座標値が中心線 P 上にある。この場合、ステップ S T 2 3 に戻る。発振周波数は、そのままの値に維持される。

【 0 1 1 1 】

[第 2 実施形態の効果等]

本実施形態では、入射波信号と反射波信号を用いるデジタルの演算処理により、入射波と反射波の位相差を表す位相差情報が生成される。そして、位相差情報と基準情報（中心線 P の情報）とに基づいて発振周波数の調節方向を検出し、その検出結果に基づいて発振周波数を制御する制御処理を繰り返し行うことで、共振周波数 f_0 に対して発振周波数が追従する。ここで、上述の演算処理は、高速で行うことができる。また、基準情報の数値データは予め準備できるため、発振周波数の調節方向も高速で検出できる。本実施形態によれば、共振周波数に対して発振周波数を高速で追従させることが可能である。

【 0 1 1 2 】

[第 2 実施形態の第 1 変形例]

本変形例では、図 1 4 に示すように、直交復調部が、1 つの直交復調器 9 1 と、方向性結合器 7 6 から直交復調器 9 1 に対し、入射波信号が入力される第 1 期間と、反射波信号が入力される第 2 期間とを切り替える切替スイッチ S W 3 とを備えている。切替スイッチ S W 3 は、制御部 7 8 により所定の切替周期で切り替えられる。例えば、切替周期は、位相差情報の生成周期の半分以下である。

【 0 1 1 3 】

本変形例では、上述のステップ S T 2 3 の前半は、切替スイッチ S W 3 が入射波信号側の接点に切り替えられて第 1 期間となる。直交復調器 9 1 では、入射波信号が、第 1 I 成分信号及び第 1 Q 成分信号に復調される。ステップ S T 2 3 の後半は、切替スイッチ S W 3 が反射波信号側の接点に切り替えられて第 2 期間となる。直交復調器 9 1 では、反射波信号が、第 2 I 成分信号及び第 2 Q 成分信号に復調される。そして、検出部 8 7 が、式 6 ~ 式 8 の演算処理により、位相差算出値 P D C を算出する。本変形例によれば、直交復調器の構成を簡素化できる。

【 0 1 1 4 】

[第 2 実施形態の第 2 変形例]

本変形例では、図 1 5 に示すように、伝送線路 1 6 から入射波信号を抽出するためにカプラー 9 3 が設けられ、伝送線路 1 6 から反射波信号を抽出するためにアイソレータ 9 4 が設けられている。アイソレータ 9 4 にはサーキュレータ方式のものが用いられる。

【 0 1 1 5 】

カプラー 9 3 により抽出された入射波信号は、復調されることなく、制御部 7 8 に入力される。制御部 7 8 は、入射波信号に基づいて、増幅器 2 1 b で増幅後の入射波信号の強度 A を検出する。強度 A の情報は、上述の反射係数 B / A の算出に用いられる。

【 0 1 1 6 】

アイソレータ 9 4 により抽出された反射波信号は、アッテネータ 9 5 を経て直交復調器 9 1 に入力される。本変形例では、直交復調部が、1 つの直交復調器 9 1 により構成されている。直交復調器 9 1 では、反射波信号が、第 2 I 成分信号及び第 2 Q 成分信号に復調される。直交復調器 9 1 により復調された第 2 I 成分信号及び第 2 Q 成分信号は、制御部 7 8 に入力される。

【 0 1 1 7 】

本変形例では、制御部 7 8 が、発振器 2 1 の高周波の出力タイミングにおける位相の入射波情報（発振情報由来の入射波情報）を用いて、位相差情報の生成を行うように構成されている。具体的に、制御部 7 8 は、発振情報由来の入射波情報の第 1 I 成分情報及び第 1 Q 成分情報と、直交復調器 9 1 で復調された第 2 I 成分情報及び第 2 Q 成分情報とを用いて、式 6 ~ 式 8 の演算処理を行い、位相差算出値 P D C を算出する。この演算処理にあ

10

20

30

40

50

たっては、制御部 78 は、演算処理の前に、入射波情報に対し反射波情報との位相のずれの補正を行う。この補正により、発振器 21 から出力される入射波の位相と、アイソレータ 94 により抽出される反射波信号との位相のずれが補正される。

【0118】

[第2実施形態の第3変形例]

本変形例では、制御部 78 が、最初の被加熱物 20 が強電界領域を通過する初回加熱期間に、上述の周波数制御を行うと共に、該周波数制御の制御履歴情報として、発振周波数の調整履歴（各制御処理における調節方向）をメモリーに逐次記録し、その記録後に強電界領域を通過する被加熱物 20 を加熱する期間に、メモリーに記録した制御履歴情報を用いて周波数制御を行う。

10

【0119】

なお、制御履歴情報として、位相差情報及び発振周波数から算出した共振周波数 f_0 の履歴、又は、発振器 21 の発振周波数（周波数を表す電圧情報など）の履歴を記録してもよい。また、制御履歴情報を用いる周波数制御においては、履歴情報の発振周波数をそのまま適用してもよいが、履歴情報の発振周波数に対して、検出部 78a により逐次検出される位相差電圧 V を用いて補正を行った周波数を、発振器 21 に与えるようにしてもよい。

【0120】

また、内部空間 40 に被加熱物 20 の有無を検出する物体検出センサ（例えば、受光素子、撮像素子）を設け、被加熱物 20 の加熱開始時間（例えば、放射アンテナ 22 の上流側の位置に被加熱物 20 が到達する時間）からの時間経過情報と併せて、制御履歴情報を記録してもよい。制御履歴情報を用いる周波数制御では、物体検出センサにより次の被加熱物 20 の加熱開始タイミングを検出し、その検出タイミングから周波数制御が開始される。

20

【0121】

[第2実施形態の第4変形例]

本変形例では、放射アンテナ 22 に生じる浮遊リアクタンスによる位相のずれを補正するために、電磁波加熱装置 10 のセッティング段階で、反射係数（反射波電力）が最小値を示す周波数と位相角 0° の周波数との差分を補正するための補正用位相角の分だけ、発振器 21 から発振される高周波に対し位相変調を行ってもよい。これにより、復調部で復調される反射波信号における共振インピーダンスの最小値と位相角 0° とを一致させた状態で、電磁波加熱装置 10 を出荷することができる。

30

【0122】

[第2実施形態の第5変形例]

本変形例では、各被加熱物 20 が、基材 11 に印刷されたインクであり、制御部 78 が、例えば、受光素子を用いた受光センサの測定値を用いて、各被加熱物 20 のインク量の検出を行う。インク量は、例えば、被加熱物 20 の通過期間における受光センサの測定値の積算値（光量の積算値）により検出することができる。

【0123】

また、制御部 78 は、インク量の検出値 V_I に基づいて発振器 21 の出力制御を行う。ここで、位相差情報を用いることで、単位時間当たりに被加熱物 20 に吸収される高周波エネルギー量 P を推測可能である。制御部 78 は、被加熱物 20 の加熱開始からの経過時間によって位相差情報を積分することにより、被加熱物 20 に吸収される高周波エネルギー量 $P t$ を推測する。そして、インク量の検出値 V_I と、高周波エネルギー量 $P t$ とを比較することにより、発振器 21 の出力を増減させる。

40

【0124】

例えば、式 9 の算出値 T が、予め定めた乾燥閾値を超えるタイミングで、発振器 21 の出力を停止させることができるし、放射アンテナ 22 の下流端に被加熱物 20 が到達するタイミングで、算出値 T が乾燥閾値となるように発振器 21 の出力を加減することもできる。なお、式 9 において K は、被加熱物 20 に応じて設定する乾燥係数である。

[式 9]

50

式 9 : $T = (P t \times K / V I)$

【 0 1 2 5 】

なお、発振器 2 1 の出力制御に、内部空間 4 0 の空気又は内部空間 4 0 から排出される空気の湿度を検出する湿度センサの計測値を用いてもよい。制御部 7 8 は、湿度センサの計測湿度が所定値より高い場合は、被加熱物 2 0 の乾燥が早期に進んでいると判断して、発振器 2 1 の出力を低下させ、湿度センサの計測湿度が所定値より低い場合は、被加熱物 2 0 の乾燥が遅れていると判断して、発振器 2 1 の出力を増加させる。

【 0 1 2 6 】

< 第 3 実施形態 >

本実施形態は、高周波等の電磁波を利用して、食品等の被加熱物 2 0 を加熱して解凍する電磁波加熱装置 1 0 である。電磁波加熱装置 1 0 は、図 1 6 に示すように、解凍室 1 0 0 を形成する箱状部材 1 0 1 と、高周波を発振する発振器 2 1 と、解凍室 1 0 0 内の被加熱物 2 0 を加熱するための高周波を放射する放射アンテナ 2 2 と、発振器 2 1 を制御する制御装置 7 5 とを備えている。箱状部材 1 0 1 には、空気の導入口及び排出口と、導入口から排出口に空気を送るファンが設けられている。解凍室 1 0 0 には、被加熱物（解凍対象物）2 0 を載せる載置台 1 0 2 が設けられている。なお、放射アンテナ 2 2 は、発振器 2 1 から伝送される周波数帯域の高周波により共振が生じる共振構造を有するものであればよく、第 1 実施形態と同じアンテナを用いることができる。また、本実施形態では、第 1 実施形態の制御装置 7 5 を用いているが、第 2 実施形態の制御装置 7 5 を用いてもよい。

【 0 1 2 7 】

ここで、被加熱物 2 0 の解凍においては、固相か液相により高周波を吸収しやすい周波数が大きく異なる。そのため、被加熱物 2 0 の相変化に伴って共振周波数 f_0 が逐次で変化する。従って、制御装置 7 5 により共振周波数 f_0 に対して発振周波数を高速で追従させる周波数制御を行うことで、効率的に被加熱物 2 0 の加熱・解凍を行うことができる。

【 0 1 2 8 】

また、電磁波加熱装置 1 0 を解凍装置として用いる場合は、被加熱物 2 0 の相変化に伴って共振モードが変化する場合があります。この共振モードの変化は、被加熱物 2 0 の種類及び重量などによって異なる。そのため、制御装置 7 5 は、被加熱物 2 0 の種類及び重量などからなる被加熱物 2 0 の条件ごとに、解凍開始から終了までに被加熱物 2 0 の相変化に伴って遷移する複数の共振モードの各々について、共振周波数 f_0 の時系列変化を共振周波数 f_0 のパターンとして予め記録しておく、その記録したパターンを周波数制御に利用してもよい。例えば、共振モード毎に制御周期 S を予め決めておき、制御装置 7 5 は、被加熱物 2 0 の加熱時間の推移及び共振周波数 f_0 の変化に基づいて、予め記録させた複数の共振パターンのうち何れの共振パターンであるかを検出し、検出した共振パターンに対応する制御周期 S で周波数制御を行ってもよい。また、共振モード毎に発振器 2 1 の発振出力を予め決めておき、制御装置 7 5 は、被加熱物 2 0 の加熱時間の推移及び共振周波数 f_0 の変化に基づいて、予め記録させた複数の共振パターンのうち何れの共振パターンであるかを検出し、検出した共振パターンに対応する発振出力となるように発振器 2 1 を制御してもよい。

【 0 1 2 9 】

[その他の変形例]

上述の実施形態において、制御部 7 8 は、被加熱物 2 0 の加熱目標状態に対する、被加熱物 2 0 の加熱進行度合いを推測し、その推測結果に基づいて、閾値範囲（ $-V_c \sim V_c$ ）の幅を調節する。この場合に、被加熱物 2 0 の加熱進行度合いは、上述の湿度センサの計測値の積算値、被加熱物 2 0 に吸収される高周波エネルギー量 $P t$ 、インクの検出量 $V I$ などを用いて、推測値として算出できる。被加熱物 2 0 の加熱目標状態は、予め閾値として準備することができる。また、被加熱物 2 0 の加熱進行度合いの推測値が、小さい場合は、反射波強度が低くなる帯域ではないと判断して、他の帯域に移動してもよい。

【 0 1 3 0 】

上述の実施形態において、被加熱物 2 0 は、印刷装置で印刷されたインクである場合に

、制御部 78 は、制御処理の制御パラメータの調節に、被加熱物 20 の印刷パターンの情報を用いてもよい。例えば、印刷パターンの解像度に応じて、制御周期 S 、閾値範囲 ($-V_c \sim V_c$) の幅、又は、平均化処理のサンプル数 n を増減させることができる。解像度が高い場合は、共振周波数 f_0 が細かく変動する虞があるため、解像度が高いほど、制御周期 S は短く、閾値範囲の幅を狭く、サンプル数 n は少なくする。

【0131】

上述の実施形態では、各 歯電極 31, 32 において複数の歯部 31a, 32a が基部線路 31b, 32b に対して斜めに設けられているが、複数の歯部 31a, 32a が基部線路 31b, 32b に対して垂直に設けられていてもよい。

【産業上の利用可能性】

10

【0132】

本発明は、被加熱物の加熱に用いられる電磁波加熱装置等に適用可能である。

【符号の説明】

【0133】

- 10 電磁波加熱装置
- 16 伝送線路
- 20 被加熱物
- 21 発振器
- 22 放射アンテナ
- 76 方向性結合器 (信号抽出部)
- 77 位相差情報生成部
- 78 制御部

20

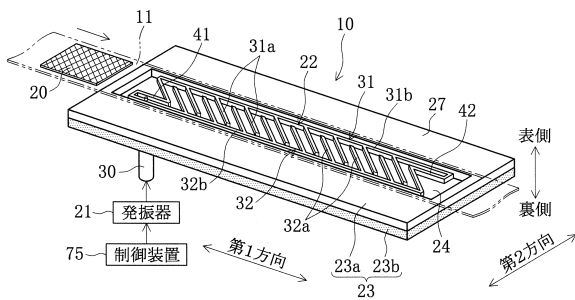
30

40

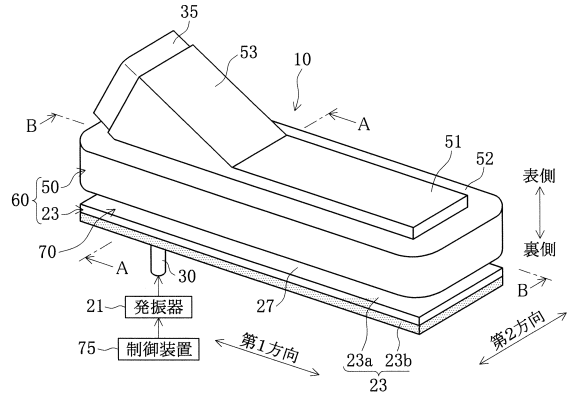
50

【図面】

【図 1】

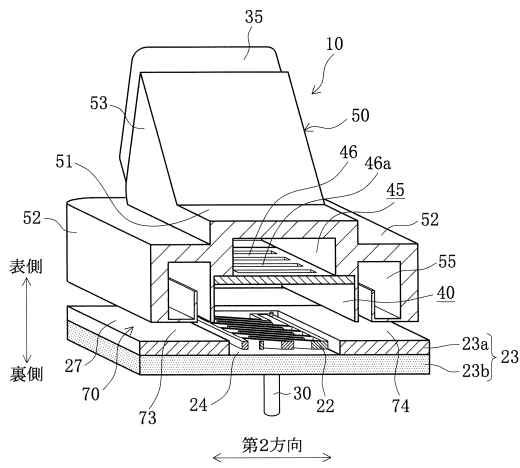


【図 2】

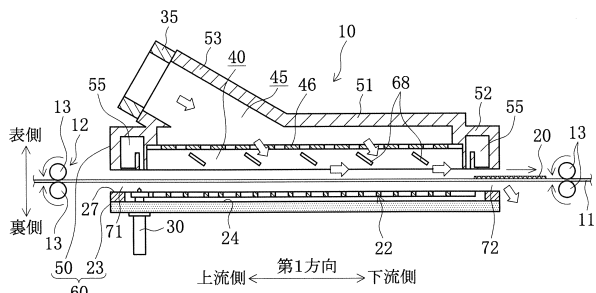


10

【図 3】



【図 4】



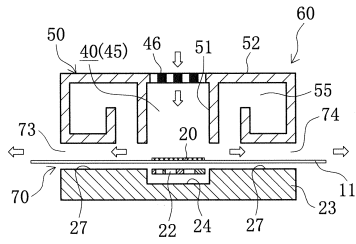
20

30

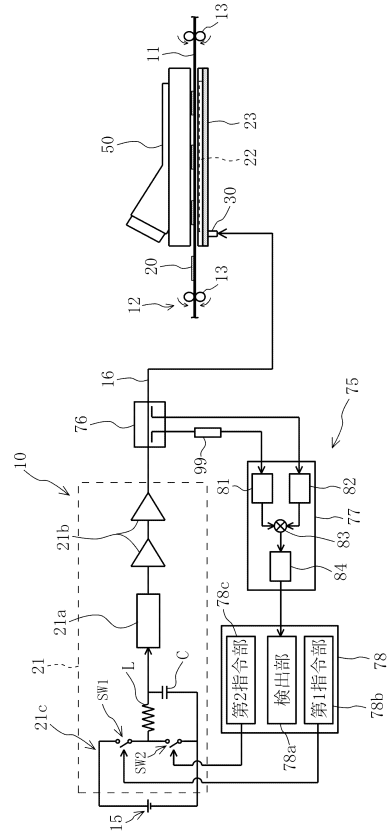
40

50

【図5】



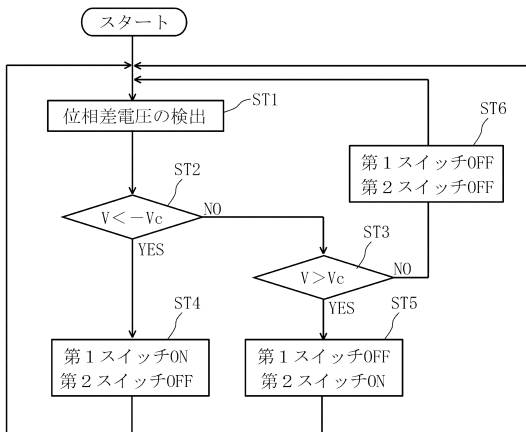
【図6】



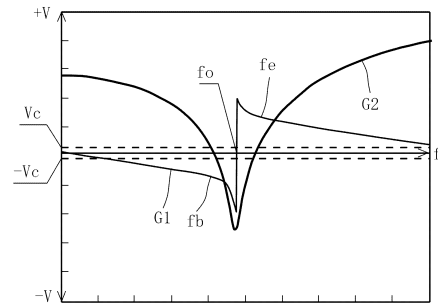
10

20

【図7】



【図8】

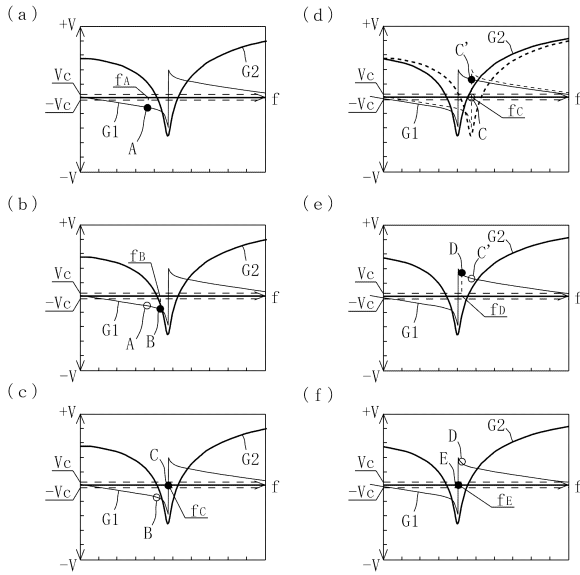


30

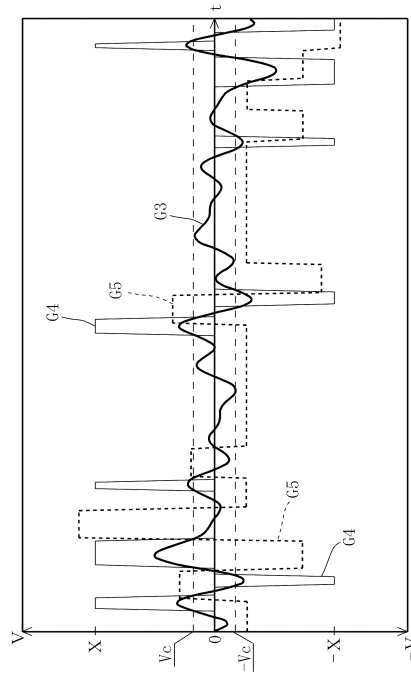
40

50

【図 9】



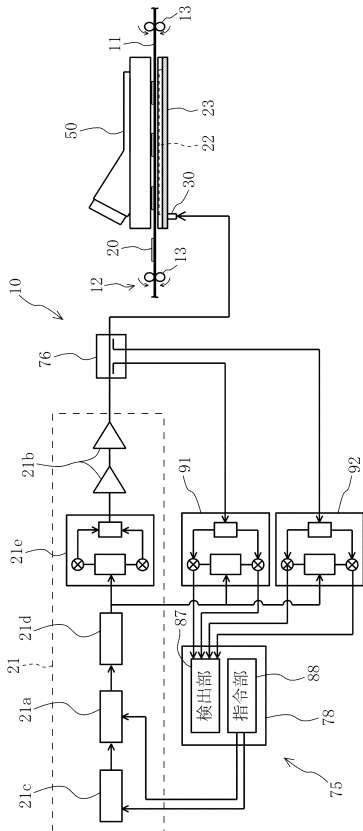
【図 10】



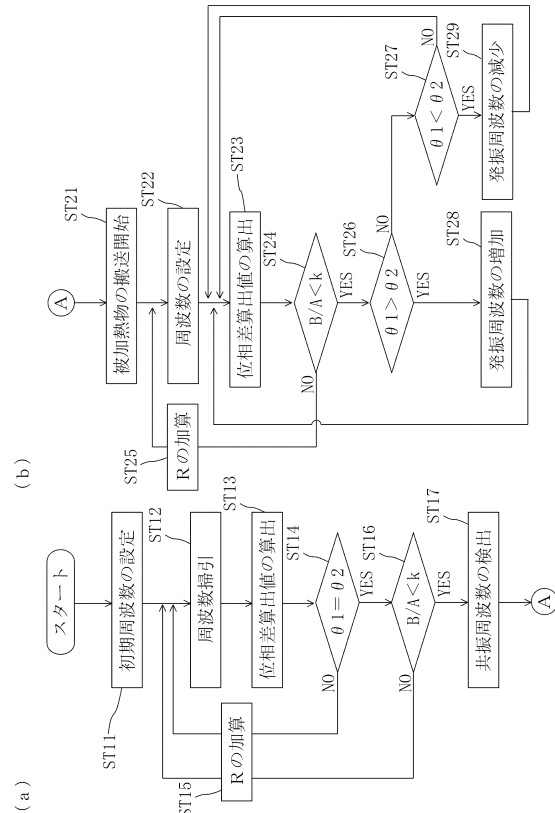
10

20

【図 11】



【図 12】

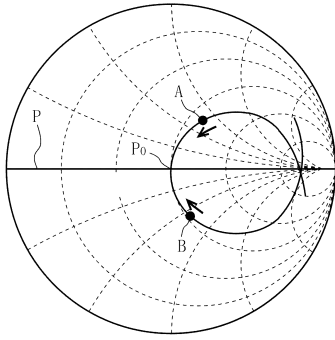


30

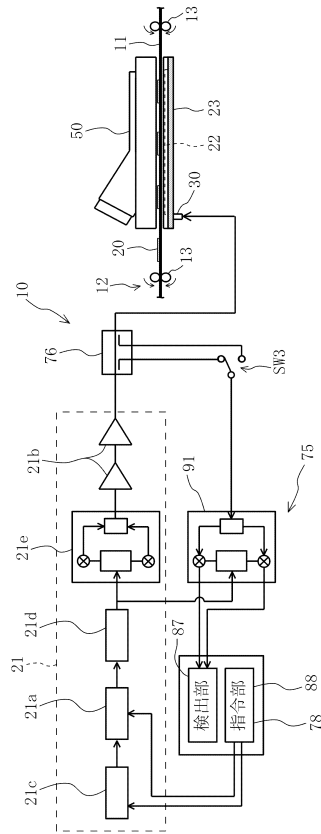
40

50

【図 13】



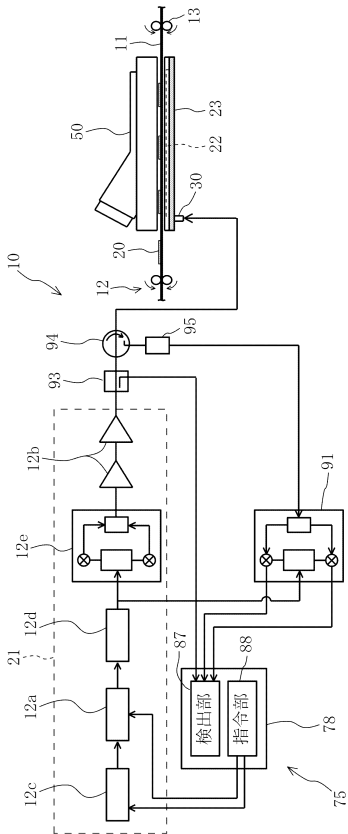
【図 14】



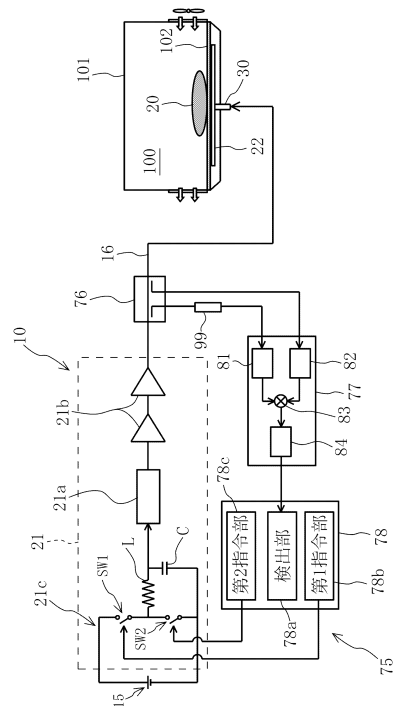
10

20

【図 15】



【図 16】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2003-510402(JP,A)
特開平09-097674(JP,A)
国際公開第2019/104216(WO,A1)
特開昭54-074540(JP,A)
特開昭63-080189(JP,A)
特開2017-050216(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H05B 6/68