

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6808099号  
(P6808099)

(45) 発行日 令和3年1月6日(2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月10日(2020.12.10)

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.               | F I         |
| <b>H05B 6/64 (2006.01)</b> | H05B 6/64 D |
| <b>H05B 6/74 (2006.01)</b> | H05B 6/64 H |
|                            | H05B 6/74 H |

請求項の数 9 (全 21 頁)

|               |                              |           |                             |
|---------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2020-528550 (P2020-528550) | (73) 特許権者 | 000006013                   |
| (86) (22) 出願日 | 平成30年7月2日(2018.7.2)          |           | 三菱電機株式会社                    |
| (86) 国際出願番号   | PCT/JP2018/025058            |           | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号           |
| (87) 国際公開番号   | W02020/008497                | (74) 代理人  | 110003166                   |
| (87) 国際公開日    | 令和2年1月9日(2020.1.9)           |           | 特許業務法人山王内外特許事務所             |
| 審査請求日         | 令和2年7月30日(2020.7.30)         | (72) 発明者  | 未延 博                        |
| 早期審査対象出願      |                              |           | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 |
|               |                              | (72) 発明者  | 山浦 真悟                       |
|               |                              |           | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 |
|               |                              | (72) 発明者  | 田中 泰                        |
|               |                              |           | 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 |

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】

内部に被加熱物を格納可能な導体で構成された壁面を有する加熱室と、  
マイクロ波を発生させるマイクロ波発生部と、  
前記壁面に配置され、前記マイクロ波発生部で発生した前記マイクロ波を前記加熱室内に放射する放射素子と、

内部にガスが密閉され、両端部に電極を有する中空誘電体部材と、  
前記中空誘電体部材の状態を制御するプラズマ制御部と、前記中空誘電体部材の前記電極に接続され、前記プラズマ制御部の制御に基づいて、前記電極に印加する電流を調整する電流調整部とを有する制御部とを備え、

前記中空誘電体部材は、前記放射素子が配置された壁面以外の前記壁面に沿って少なくとも1以上配置され、

前記プラズマ制御部は、前記中空誘電体部材の状態を、前記ガスが前記マイクロ波を反射するプラズマ状態、前記ガスが前記マイクロ波を吸収するプラズマ状態、前記ガスが前記マイクロ波を透過させる気体状態のいずれかの状態に制御するマイクロ波加熱装置。

【請求項2】

前記中空誘電体部材は、前記放射素子が配置された壁面以外の少なくとも1つの前記壁面に沿って、2以上並列して配置され、

前記プラズマ制御部は、前記並列して配置された前記中空誘電体部材のうち2以上の中空誘電体部材の状態を、前記マイクロ波を反射するプラズマ状態に制御することを特徴と

する請求項 1 記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項 3】

前記中空誘電体部材は、前記放射素子が配置された壁面以外の第 1 の壁面から約 0.25 波長離間した位置に 2 以上並列して配置され、且つ、前記放射素子が配置された壁面以外であって前記第 1 の壁面と前記被加熱物を挟んで対向する第 2 の壁面から約 0.25 波長離間した位置に 2 以上並列して配置され、

前記プラズマ制御部は、前記第 1 の壁面に沿って並列して配置された前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、前記第 2 の壁面に沿って並列して配置された前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を透過させる気体状態とする第 1 の状態と、前記第 2 の壁面に沿って並列して配置された前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、前記第 1 の壁面に沿って並列して配置された前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を透過させる気体状態とする第 2 の状態とを、切り換える制御を行うことを特徴とする請求項 2 記載のマイクロ波加熱装置。

10

【請求項 4】

前記制御部は、前記加熱室内の温度分布を示す温度情報を取得し、前記中空誘電体部材の状態を制御する制御条件を蓄積したデータベースを参照し、前記取得した温度情報に対応した前記制御条件を取得するデータ処理部を備え、

前記プラズマ制御部は、前記データ処理部が取得した前記制御条件に応じて前記中空誘電体部材の状態を制御し、

前記電流調整部は、前記プラズマ制御部の制御に基づいて前記電極に印加する電流を調整することを特徴とする請求項 3 記載のマイクロ波加熱装置。

20

【請求項 5】

前記制御部は、前記データ処理部を介して前記プラズマ制御部が前記プラズマ状態を変更した後の前記温度情報を取得し、前記プラズマ状態を変更する前後の前記温度情報を前記制御条件と紐付けて前記データベースに記憶させる更新を行う更新処理部を備え、

前記データ処理部は、更新後の前記データベースを参照し、現在の前記温度情報、および前記電流を印加する前後の前記温度情報に基づいて前記制御条件を取得することを特徴とする請求項 4 記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項 6】

前記中空誘電体部材は、前記放射素子が配置された壁面と交わる壁面に沿って並列して配置され、且つ当該壁面に沿って並列した列を複数積層させて配置され、

前記プラズマ制御部は、前記データ処理部が取得した前記制御条件に応じて前記電極に印加する電流を制御し、隣接する任意の 3 以上の前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、その他の前記中空誘電体部材を、前記マイクロ波を透過させる気体状態とする制御を行うことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載のマイクロ波加熱装置。

30

【請求項 7】

2 以上の前記放射素子を備え、

前記マイクロ波発生部は、前記 2 以上の放射素子が放射する前記マイクロ波の位相に差を設ける位相器を有し、

前記中空誘電体部材は、前記 2 以上の放射素子の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って、2 以上並列して配置され、

前記プラズマ制御部は、前記中空誘電体部材のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材を、前記マイクロ波を吸収するプラズマ状態とする制御を行うことを特徴とする請求項 2 記載のマイクロ波加熱装置。

40

【請求項 8】

前記放射素子は、第 1 の配列方向に 2 以上配列され、且つ第 2 の配列方向に 2 以上配列され、

前記位相器は、前記第 1 の配列方向および前記第 2 の配列方向に配置された各前記放射素子の位相に差を設け、

50

前記中空誘電体部材は、前記第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って 2 以上並列して配置され、且つ前記第 2 の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って、2 以上並列して配置され、

前記プラズマ制御部は、前記第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って配置された前記中空誘電体部材のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材、および前記第 2 の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って配置された前記中空誘電体部材のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材を、前記マイクロ波を吸収するプラズマ状態とする制御を行うことを特徴とする請求項 7 記載のマイクロ波加熱装置。

【請求項 9】

前記中空誘電体部材は、前記第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる前記壁面に沿って並列した列を複数積層させて配置され、且つ前記第 2 の配列方向と交わる前記壁面に沿って並列した列を複数積層させて配置されたことを特徴とする請求項 8 記載のマイクロ波加熱装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、マイクロ波を用いて被加熱物の加熱を行う技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電子レンジに代表されるように、マイクロ波を用いて被加熱物を加熱する技術は、広く知られている。しかしながらマイクロ波による加熱において、加熱室内に発生するマイクロ波の定在波の節となる位置では、加熱に使われるエネルギー（以下、加熱エネルギーという）が小さく、加熱ムラが生じることが問題となっている。

20

この問題を解決する方法として、ターンテーブルを用いて被加熱物を回転させ、被加熱物が受け取る加熱エネルギーを攪拌させる方法、マイクロ波放射装置を回転させることで加熱炉内に生じる加熱エネルギーの分布を攪拌する方法が知られている。

【0003】

さらに、特許文献 1 では、プラズマを用いて加熱エネルギーの平準化を行う方法が提案されている。特許文献 1 に開示された高周波加熱装置は、電磁波を反射するというプラズマの性質を利用して加熱エネルギーを平準化している。当該加熱装置では、加熱炉内の被加熱物の下部にプラズマを内部に生じるネオン管を多数配置し、マイクロ波発生源から加熱室内部へ供給されるマイクロ波がネオン管に到達し、マイクロ波の加熱エネルギーが高い場合にはネオン管内にプラズマが生じ、加熱エネルギーが低いところへマイクロ波を反射することによりマイクロ波の加熱エネルギーを平準化している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開昭 5 1 - 0 8 7 8 3 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

上述した特許文献 1 に記載された高周波加熱装置では、マイクロ波は必ずしも加熱エネルギーが高いネオン管に到達するとは限らず、マイクロ波が被加熱物に当たらずに加熱室内においてエネルギーが損失する場合がある。さらに、閉じられた空間の中に放射されたマイクロ波のビームは広がりをもつことから、密に隣接したネオン管の間でエネルギーの高低は大幅には作れない。以上のように、特許文献 1 に記載された高周波加熱装置では、マイクロ波の反射方向を制御するが困難であり、加熱エネルギーの平準化の効果が低下するという課題があった。

【0006】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、加熱室内の加熱エネ

50

ルギーの分布をプラズマによって制御し、加熱エネルギーの平準化を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係るマイクロ波加熱装置は、内部に被加熱物を格納可能な導体で構成された壁面を有する加熱室と、マイクロ波を発生させるマイクロ波発生部と、壁面に配置され、マイクロ波発生部で発生したマイクロ波を加熱室内に放射する放射素子と、内部にガスが密閉され、両端部に電極を有する中空誘電体部材と、中空誘電体部材の状態を制御するプラズマ制御部と、中空誘電体部材の電極に接続され、プラズマ制御部の制御に基づいて、電極に印加する電流を調整する電流調整部とを有する制御部とを備え、中空誘電体部材は、放射素子が配置された壁面以外の壁面に沿って少なくとも1以上配置され、プラズマ制御部は、中空誘電体部材の状態を、ガスがマイクロ波を反射するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を吸収するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を透過させる気体状態のいずれかの状態に制御するものである。

10

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、加熱室内の加熱エネルギーの分布をプラズマによって制御することができる。これにより、加熱室内の加熱エネルギーの平準化を実現し、被加熱物の加熱ムラを解消することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0009】

【図1】実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置の構成を示す側方模式図である。

【図2】実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置の内部構成を示す上方模式図である。

【図3】実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置の中空誘電体部材の構成を示す図である。

【図4】実施の形態2に係るマイクロ波加熱装置の内部構成を示す上方模式図である。

【図5】実施の形態3に係るマイクロ波加熱装置の構成を示す側方模式図である。

【図6】実施の形態3に係るマイクロ波加熱装置の内部構成を示す上方模式図である。

【図7】図7Aおよび図7Bは、実施の形態3に係るマイクロ波加熱装置の定在波の位置を示す図である。

30

【図8】実施の形態4に係るマイクロ波加熱装置の制御部の構成を示すブロック図である。

【図9】図9Aおよび図9Bは、実施の形態4に係るマイクロ波加熱装置の制御部のハードウェア構成例を示す図である。

【図10】実施の形態4に係るマイクロ波加熱装置の制御部の動作を示すフローチャートである。

【図11】実施の形態5に係るマイクロ波加熱装置の制御部の構成を示すブロック図である。

【図12】実施の形態4, 5に係るマイクロ波加熱装置のその他の構成例を示す図であり、マイクロ波加熱装置の内部構成を示す上方模式図である。

40

【図13】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の構成を示す側方模式図である。

【図14】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の制御部の構成を示すブロック図である。

【図15】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の内部構成を示す上方模式図である。

【図16】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の制御部の動作を示すフローチャートである。

【図17】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の中空誘電体部材のその他の配置例を示す図である。

【図18】実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置の中空誘電体部材のその他の配置例を示す図である。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0010】

以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

## 実施の形態1

図1は、実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置10の構成を示す側方模式図である。

図2は、実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置10の内部構成を示す上方模式図である。図2では、加熱室1の上面、マイクロ波発生部2および放射素子3の記載を省略している。後述するその他の実施形態における上方模式図においても同様である。

マイクロ波加熱装置10は、加熱室1、マイクロ波発生部2、放射素子3、中空誘電体部材4、および制御部100を備える。

加熱室1は、内部に被加熱物Xを格納可能な導体で構成された壁面を有する筐体である。マイクロ波発生部2は、マイクロ波発振器21、マイクロ波増幅器22およびマイクロ波発振制御部23を備える。マイクロ波発振器21は、マイクロ波発振制御部23の制御に基づいてマイクロ波を発振する機器である。マイクロ波増幅器22は、マイクロ波発振器21が発振したマイクロ波を増幅させる機器である。マイクロ波発振制御部23は、マイクロ波発振器21におけるマイクロ波の発振を制御する。

## 【0011】

放射素子3は、マイクロ波発生部2に接続され、当該マイクロ波発生部2において発生したマイクロ波を加熱室1内へ放射する。放射素子3は、加熱室1内の上面の壁面、底面の壁面、または側面の壁面の何れかに配置される。図1では、放射素子3が、加熱室1内の上面の壁面に配置した場合を示している。

## 【0012】

中空誘電体部材4は、後述する制御部100の電流調整部102による電流の印加に応じてプラズマを発生させる。

図3は、実施の形態1に係るマイクロ波加熱装置10の中空誘電体部材4の構成を示す図である。

中空誘電体部材4は、内部にガス41が充填されて密閉され、両端部に電極42が配置されている。電極42は、電流調整部102に接続される。中空誘電体部材4内部のガス41は、電流調整部102から印加される電流に応じて、プラズマを発生させるプラズマ状態と、プラズマが発生しない気体状態とに切り替わる。

## 【0013】

中空誘電体部材4は、低誘電損失、且つ低誘電率である部材で構成するのが望ましい。また、中空誘電体部材4の内部に充填されるガス41は、第18族元素(希ガス元素)を含む気体が望ましいが、窒素または酸素などの媒質、窒素と酸素の混合媒質を用いてもよい。また、ガス41は、プラズマの生成度合いを調整するために、HgまたはフラクトゲルTMAE等の他の媒質を添加して構成してもよい。

## 【0014】

中空誘電体部材4は、加熱室1の室内の壁面のうち、放射素子3が配置された面以外の何れかの壁面に沿って、少なくとも1以上配置される。図2では、加熱室1の側面の壁面1aに沿って6本の中空誘電体部材4が配置され、側面の壁面1bに沿って6本の中空誘電体部材4が配置された場合を示している。なお、中空誘電体部材4を配置する壁面、および中空誘電体部材4の配置本数は、図2で示した構成で限定されるものではなく、適宜設定可能である。

## 【0015】

制御部100は、プラズマ制御部101および電流調整部102を備える。

プラズマ制御部101は、電流調整部102の制御を行う。プラズマ制御部101は、例えばタイマ(図示しない)を有し、タイマのカウントに応じて電流の印加パターンを切り替え、電流調整部102を制御する。ここで、印加パターンは、いずれの中空誘電体部材4を印加するか、印加する電流の電流値および印加時間等の印加条件が複数パターン設

10

20

30

40

50

定された情報である。

【 0 0 1 6 】

電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に印加する電流を調整する。具体的に、電流調整部 1 0 2 は、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に印加する電流を調整することにより、中空誘電体部材 4 の内部に充填されているガス 4 1 をプラズマが発生するプラズマ状態、またはマイクロ波を透過させてプラズマが発生しない気体状態に設定する。また、電流調整部 1 0 2 は、中空誘電体部材 4 のガス 4 1 がプラズマ状態である場合に、さらに印加する電流の電流値の調整を行い、プラズマ状態を、マイクロ波を反射する反射モードと、マイクロ波を吸収する吸収モードとを切り替える設定を行う。

10

【 0 0 1 7 】

電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、配置された中空誘電体部材 4 のうち、少なくとも 1 本以上の中空誘電体部材 4 の内部のガス 4 1 の状態をプラズマ状態に設定する。これにより、加熱室 1 内に入射されたマイクロ波がプラズマ状態の中空誘電体部材 4 によって反射または吸収され、加熱室 1 内の加熱エネルギー分布が変化する。プラズマ状態の設定を複数パターン用意しておき、電流調整部 1 0 2 が時間毎にプラズマ状態のパターンを切り換えることにより、加熱室 1 内の加熱エネルギーの分布を平準化し、被加熱物 X の加熱ムラを抑制する。

【 0 0 1 8 】

図 2 の例では、側面の壁面 1 a に配置された 6 本の中空誘電体部材 4 のうち 1 本の中空誘電体部材 4 a のガス 4 1 の状態をプラズマ状態に設定し、その他の中空誘電体部材 4 を気体状態に設定した場合を示した。なお、プラズマ状態に設定する中空誘電体部材 4 は、1 本の中空誘電体部材 4 a に限定されるものではなく、複数の中空誘電体部材 4 をプラズマ状態に設定してもよい。

20

【 0 0 1 9 】

以上のように、この実施の形態 1 によれば、内部にガス 4 1 が密閉され、両端部に電極 4 2 を有する中空誘電体部材 4 と、中空誘電体部材 4 の状態を制御するプラズマ制御部 1 0 1 と、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に接続され、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、電極 4 2 に印加する電流を調整する電流調整部 1 0 2 とを有する制御部 1 0 0 とを備え、中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 が配置された壁面以外の壁面に沿って少なくとも 1 以上配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、中空誘電体部材 4 の状態を、ガスがマイクロ波を反射するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を吸収するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を透過させる気体状態のいずれかの状態に制御するように構成した。

30

これにより、中空誘電体部材 4 の状態を、ガスがマイクロ波を反射するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を吸収するプラズマ状態、ガスがマイクロ波を透過させる気体状態のいずれかの状態に切り換えることができ、加熱室内のマイクロ波の加熱エネルギーの分布を変更することができる。よって、マイクロ波の加熱エネルギーが平準化され、被加熱物の加熱ムラを抑制することができる。

【 0 0 2 0 】

実施の形態 2 .

40

図 4 は、実施の形態 2 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の内部構成を示す上方模式図である。図 4 では、制御部 1 0 0 の記載を省略している。

また、実施の形態 1 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の構成要素と同一または相当する部分には、実施の形態 1 で使用した符号と同一の符号を付して説明を省略または簡略化する。

【 0 0 2 1 】

中空誘電体部材 4 は、加熱室 1 の室内の壁面のうち、放射素子 3 が配置された面以外の少なくとも 1 つの壁面に沿って、2 以上並列して配置される。図 4 では、側面の壁面 1 a に 8 本の中空誘電体部材 4 を並列して配置し、側面の壁面 1 b に 8 本の中空誘電体部材 4 を並列して配置した場合を示している。

50

## 【 0 0 2 2 】

電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、配置された中空誘電体部材 4 のうち、2 以上の並列した中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とする。図 4 では、側面の壁面 1 a に沿って並列して配置された 8 本の中空誘電体部材 4 a を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とした場合を示している。なお、図 4 において、側面の壁面 1 b に沿って並列して配置された 8 本の中空誘電体部材 4 b を、プラズマが発生しない気体状態とした場合を示している。並列した 2 以上の中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とすることにより、マイクロ波を反射する仮想的な反射面が形成される。中空誘電体部材 4 が形成した反射面により、加熱室 1 内に入射されたマイクロ波が反射され、加熱室 1 内の加熱エネルギー分布を変化させる。

10

## 【 0 0 2 3 】

続いて、電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、マイクロ波を反射するプラズマ状態とした中空誘電体部材 4 a の状態を、マイクロ波を透過させてプラズマが発生しない気体状態とする。即ち、電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、中空誘電体部材 4 a をプラズマ状態と気体状態とで切り替えることにより、反射面の形成と、形成された反射面の消失とを切り替える。中空誘電体部材 4 による反射面の形成と消失により、加熱エネルギーの分布が時間的に変化して平準化され、被加熱物 X の加熱ムラを抑制する。

## 【 0 0 2 4 】

以上のように、この実施の形態 2 によれば、中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 が配置された壁面以外の少なくとも 1 つの壁面に沿って、2 以上並列して配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、並列して配置された中空誘電体部材 4 のうち 2 以上の中空誘電体部材の状態を、マイクロ波を反射するプラズマ状態に制御するように構成した。

20

これにより、プラズマによる仮想的な反射面が形成され、加熱室内のマイクロ波の加熱エネルギーの分布を変更することができる。よって、マイクロ波の加熱エネルギーが平準化され、被加熱物の加熱ムラを抑制することができる。

## 【 0 0 2 5 】

実施の形態 3 .

図 5 は、実施の形態 3 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の構成を示す側方模式図である。

図 6 は、実施の形態 3 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の内部構成を示す上方模式図である。

30

図 5 および図 6 では、制御部 1 0 0 の記載を省略している。また、実施の形態 1 , 2 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の構成要素と同一または相当する部分には、実施の形態 1 , 2 で使用した符号と同一の符号を付して説明を省略または簡略化する。

## 【 0 0 2 6 】

中空誘電体部材 4 は、加熱室 1 の室内の壁面のうち、放射素子 3 が配置された面以外の壁面であって、被加熱物 X を挟んで対向する少なくとも 2 以上の各壁面（第 1 の壁面および第 2 の壁面）に沿って、少なくとも 2 以上配置される。さらに、中空誘電体部材 4 は、壁面からそれぞれ約 0 . 2 5 波長離間した位置に配置される。

## 【 0 0 2 7 】

40

図 5 および図 6 では、加熱室 1 の側面の壁面 1 a（第 1 の壁面）に 8 本の中空誘電体部材 4 a を並列して配置し、加熱室 1 の側面の壁面 1 b（第 2 の壁面）に 8 本の中空誘電体部材 4 b を並列して配置した場合を示している。また、中空誘電体部材 4 a は、壁面 1 a から 0 . 2 5 波長離間した位置に配置され、中空誘電体部材 4 b は、壁面 1 b から 0 . 2 5 波長離間した位置に配置されている。複数並列した配置された中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とすることにより、マイクロ波を反射する仮想的な反射面が形成される。中空誘電体部材 4 が形成した反射面により、加熱室 1 内に入射されたマイクロ波が反射され、加熱室 1 内の加熱エネルギー分布を変化させる。

なお、中空誘電体部材 4 の配置数は、図 6 で示した本数に限定されるものではなく、被加熱物 X を挟んで対向する中空誘電体部材 4 によって仮想的な反射面が形成される配置数

50

であれば適宜設定可能である。

【0028】

電流調整部102は、プラズマ制御部101の制御に基づいて、対向する一方の壁面1aに沿って並列して配置された中空誘電体部材4aの列を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とする。一方、壁面1aに対向する他方の壁面1bに沿って並列して配置された中空誘電体部材4bの列を、マイクロ波を透過させてプラズマが発生しない気体状態とする（以下、第1の状態という）。

次に、電流調整部102は、プラズマ制御部101の制御に基づいて、壁面1aに沿って並列して配置されたマイクロ波を反射するプラズマ状態であった中空誘電体部材4aの列を気体状態とし、壁面1aに対向する他方の壁面1bに沿って並列して配置された気体状態の中空誘電体部材4bの列を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とする（以下、第2の状態という）。

10

【0029】

プラズマ制御部101は、予め設定された時間間隔で上述した第1の状態と第2の状態とを交互に切り替える制御を行う。電流調整部102は、プラズマ制御部101の制御に基づいて印加する電流を調整することにより、中空誘電体部材4a、4bの列を、予め設定された時間間隔で上述した第1の状態と第2の状態とを交互で切り替える。これにより、加熱室1の室内に生じるマイクロ波の定在波の位置が変更される。

【0030】

図7を参照しながら加熱室1の室内に生じるマイクロ波の定在波の位置の変化について説明する。

20

図7は、実施の形態3に係るマイクロ波加熱装置10の定在波の位置を示す図である。また、図7Aは上述した第1の状態におけるマイクロ波の定在波の位置を示し、図7Bは上述した第2の状態におけるマイクロ波の定在波の位置を示している。

【0031】

図7Aおよび図7Bに示すように、壁面1aから0.25波長離れた位置に中空誘電体部材4aの列が位置し、壁面1aと被加熱物Xを挟んで対向する壁面1bから0.25波長離れた位置に中空誘電体部材4bの列が位置している。

まず、図7Aに示すように、電流調整部102は、プラズマ制御部101の制御に基づいて、中空誘電体部材4aの列を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、中空誘電体部材4bの列を気体状態とする（第1の状態）。図7Aに示すように、第1の状態では、中空誘電体部材4aの列によって仮想的な反射面Aが形成される。形成された仮想的な反射面Aがマイクロ波を反射することにより、図7Aに示す定在波Bの波形となる。位置Baに定在波Bの節が位置し、位置Bbに定在波Bの腹が位置する。

30

【0032】

次に、図7Bに示すように、電流調整部102は、プラズマ制御部101の制御に基づいて、中空誘電体部材4bの列を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、中空誘電体部材4aの列を気体状態とする（第2の状態）。図7Bに示すように、第2の状態では、中空誘電体部材4bの列によって仮想的な反射面Cが形成される。形成された仮想的な反射面Cがマイクロ波を反射することにより、図7Bに示す定在波Dの波形となる。位置Daに定在波Dの節が位置し、位置Dbに定在波Dの腹が位置する。

40

【0033】

第1の状態において定在波の節の位置（図7Aにおける位置Ba）は、第2の状態において定在波の腹の位置（例えば、図7Bにおける位置Db）と一致する。同様に、第2の状態において定在波の節の位置（図7Bにおける位置Da）は、第1の状態において定在波の腹の位置（例えば、図7Aにおける位置Bb）と一致する。第1の状態と第2の状態とを切り替えることにより、図7Aおよび図7Bの例では定在波の節の位置が、矢印Eで示した距離移動する。

プラズマ制御部101および電流調整部102が、中空誘電体部材4の状態を第1の状態と第2の状態とに切り替えることにより、定在波の節および腹の位置が移動し、加熱工

50

エネルギー分布が時間平均として平準化され、被加熱物 X の加熱ムラを抑制する。

【 0 0 3 4 】

以上のように、この実施の形態 3 によれば、中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 が配置された壁面以外の壁面 1 a から約 0 . 2 5 波長離間した位置に 2 以上並列して配置され、且つ、放射素子 3 が配置された壁面以外であって壁面 1 a と被加熱物 X を挟んで対向する壁面 1 b から約 0 . 2 5 波長離間した位置に 2 以上並列して配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、壁面 1 a に沿って並列して配置された中空誘電体部材 4 a を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、壁面 1 b に沿って並列して配置された中空誘電体部材 4 b を、マイクロ波を透過させる気体状態とする第 1 の状態と、壁面 1 b に沿って並列して配置された中空誘電体部材 4 a を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、壁面 1 a に沿って並列して配置された中空誘電体部材 4 b を、マイクロ波を透過させる気体状態とする第 2 の状態とを、切り換える制御を行うように構成した。

10

これにより、定在波の節および腹の位置が移動し、加熱エネルギー分布を時間平均として平準化することができる。よって、被加熱物の加熱ムラを抑制することができる。

【 0 0 3 5 】

実施の形態 4 .

この実施の形態 4 では、加熱室 1 の室内の温度分布に基づいて、中空誘電体部材 4 に印加する電流を制御する構成を示す。

図 8 は、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の制御部 1 0 0 A の構成を示すブロック図である。

20

実施の形態 4 のマイクロ波加熱装置 1 0 の制御部 1 0 0 A は、実施の形態 1 - 3 で示した制御部 1 0 0 にデータ処理部 1 0 3 およびデータベース 1 0 4 を追加して構成している。

なお、以下では、実施の形態 1 - 3 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の構成要素と同一または相当する部分には、実施の形態 1 - 3 で使用した符号と同一の符号を付して説明を省略または簡略化する。

【 0 0 3 6 】

制御部 1 0 0 A は、データ処理部 1 0 3、データベース 1 0 4、プラズマ制御部 1 0 1 および電流調整部 1 0 2 で構成される。制御部 1 0 0 A は、加熱室 1 に設置された温度モニタ 2 0 0 と有線または無線で接続されている。温度モニタ 2 0 0 は、例えば温度センサ等で構成され、加熱室 1 内の温度分布を示す温度情報を取得する。温度モニタ 2 0 0 は、加熱室 1 内の温度情報を取得可能であればよく、適当な位置に設置される。

30

【 0 0 3 7 】

データ処理部 1 0 3 は、温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報を参照し、被加熱物 X の近傍領域に加熱されていない領域があるか否か判定する。ここで、被加熱物 X の近傍領域は、例えば加熱室 1 内において被加熱物 X を置くのに推奨される位置が予め設定されている場合に、当該位置から所定の距離以内の領域を設定する。また、加熱室 1 内を撮像した撮像データから被加熱物 X を特定し、当該被加熱物 X が存在する領域を被加熱物 X の近傍領域と設定してもよい。

【 0 0 3 8 】

データ処理部 1 0 3 は、被加熱物 X の近傍領域に加熱されていない領域があると判定した場合に、データベース 1 0 4 を参照し、温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報に対応した制御条件を取得する。データ処理部 1 0 3 は、取得した制御条件をプラズマ制御部 1 0 1 に出力する。データベース 1 0 4 は、温度情報と、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 へ印加する電流値および印加時間を示した制御条件とを紐付けて記憶する記憶領域である。

40

【 0 0 3 9 】

プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 から入力された制御条件に応じて、電流調整部 1 0 2 を制御する。電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部 1 0 1 の制御に基づいて、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に印加する電流を調整する。

【 0 0 4 0 】

50

次に、マイクロ波加熱装置 10 のハードウェア構成例を説明する。

図 9 A および図 9 B は、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 10 の制御部 100 A のハードウェア構成例を示す図である。

マイクロ波加熱装置 10 の制御部 100 A におけるデータ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 の各機能は、処理回路により実現される。即ち、マイクロ波加熱装置 10 の制御部 100 A は、上記各機能を実現するための処理回路を備える。当該処理回路は、図 9 A に示すように専用のハードウェアである処理回路 100 a であってもよいし、図 9 B に示すようにメモリ 100 c に格納されているプログラムを実行するプロセッサ 100 b であってもよい。

#### 【0041】

図 9 A に示すように、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 が専用のハードウェアである場合、処理回路 100 a は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該当する。データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 の各部の機能それぞれを処理回路で実現してもよいし、各部の機能をまとめて1つの処理回路で実現してもよい。

#### 【0042】

図 9 B に示すように、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 がプロセッサ 100 b である場合、各部の機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ 100 c に格納される。プロセッサ 100 b は、メモリ 100 c に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 の各機能を実現する。即ち、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 は、プロセッサ 100 b により実行されるときに、後述する図 10 に示す各ステップが結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 100 c を備える。また、これらのプログラムは、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 の手順または方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

#### 【0043】

ここで、プロセッサ 100 b とは、例えば、CPU (Central Processing Unit)、処理装置、演算装置、プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、または DSP (Digital Signal Processor) などのことである。

メモリ 100 c は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (Electrically EPROM) 等の不揮発性または揮発性の半導体メモリであってもよいし、ハードディスク、フレキシブルディスク等の磁気ディスクであってもよいし、ミニディスク、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc) 等の光ディスクであってもよい。

#### 【0044】

なお、データ処理部 103、プラズマ制御部 101 および電流調整部 102 の各機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、マイクロ波加熱装置 10 における処理回路は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

#### 【0045】

次に、制御部 100 A の動作について説明する。

図 10 は、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 10 の制御部 100 A の動作を示すフローチャートである。

データ処理部 103 は、温度モニタ 200 から温度情報を取得すると (ステップ S T 1

10

20

30

40

50

)、被加熱物 X の近傍領域の温度情報を参照し、加熱されていない領域があるか否か判定を行う(ステップ S T 2)。加熱されていない領域がある場合(ステップ S T 2 ; Y E S)、データ処理部 1 0 3 はデータベース 1 0 4 を参照し、ステップ S T 1 で取得した温度情報に対応した制御条件を取得する(ステップ S T 3)。データ処理部 1 0 3 は、取得した制御条件をプラズマ制御部 1 0 1 に出力する。プラズマ制御部 1 0 1 は、入力された制御条件に基づいて、電流調整部 1 0 2 を制御する(ステップ S T 4)。電流調整部 1 0 2 は、ステップ S T 4 の制御に基づいて、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に電流を印加する(ステップ S T 5)。その後、フローチャートはステップ S T 1 の処理に戻る。

【 0 0 4 6 】

一方、加熱されていない領域がない場合(ステップ S T 2 ; N O)、データ処理部 1 0 3 は被加熱物 X の温度を参照し、設定された温度に達しているか否か判定を行う(ステップ S T 6)。被加熱物 X の温度が設定された温度に達していない場合(ステップ S T 6 ; N O)、データ処理部 1 0 3 は、プラズマ制御部 1 0 1 に現在の制御条件での加熱の継続を指示する(ステップ S T 7)。プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 から入力された指示に基づいて、電流調整部 1 0 2 を制御する(ステップ S T 8)。電流調整部 1 0 2 は、ステップ S T 8 の制御に基づいて、中空誘電体部材 4 の電極 4 2 に電流を印加する(ステップ S T 9)。その後、フローチャートはステップ S T 1 の処理に戻る。

【 0 0 4 7 】

一方、被加熱物 X の温度が設定された温度に達している場合(ステップ S T 6 ; Y E S)、データ処理部 1 0 3 は、プラズマ制御部 1 0 1 に加熱の終了を指示する(ステップ S T 1 0)。プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 から入力された指示に基づいて、電流調整部 1 0 2 を制御して、電流の印加を停止し(ステップ S T 1 1)、処理を終了する。

【 0 0 4 8 】

なお、上述したフローチャートでは、ステップ S T 6 の判定処理において判定した被加熱物 X の温度に基づいて加熱を終了する処理を示したが、予め設定された加熱時間に応じて加熱を終了する処理としてもよい。

【 0 0 4 9 】

以上のように、実施の形態 4 によれば、制御部 1 0 0 は、加熱室 1 内の温度分布を示す温度情報を取得し、中空誘電体部材 4 の状態を制御する制御条件を蓄積したデータベース 1 0 4 を参照し、取得した温度情報に対応した制御条件を取得するデータ処理部 1 0 3 を備え、プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 が取得した制御条件に応じて中空誘電体部材 4 の状態を制御し、電流調整部 1 0 2 は、プラズマ制御部の制御に基づいて電極に印加する電流を調整するように構成した。

これにより、加熱室内の温度分布に基づいて中空誘電体部材 4 のプラズマ状態を制御することができる。被加熱物の加熱ムラを抑制することができる。

【 0 0 5 0 】

なお、上述した実施の形態 4 では、マイクロ波加熱装置 1 0 がデータベース 1 0 4 を備える構成を示したが、外部装置がデータベース 1 0 4 を有する構成としてもよい。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 5 .

この実施の形態 5 では、温度モニタ 2 0 0 が取得した温度情報を用いてデータベース 1 0 4 を更新する構成を示す。

図 1 1 は、実施の形態 5 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の制御部 1 0 0 B の構成を示すブロック図である。

実施の形態 5 の制御部 1 0 0 B は、実施の形態 4 で示した制御部 1 0 0 A のデータ処理部 1 0 3 に替えてデータ処理部 1 0 3 a を備え、更新処理部 1 0 5 を追加して構成している。

なお、以下では、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の制御部 1 0 0 A の構成要素と同一または相当する構成には、実施の形態 4 で使用した符号と同一の符号を付して

10

20

30

40

50

説明を省略または簡略化する。

【 0 0 5 2 】

データ処理部 1 0 3 a は、温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報のうち、プラズマ制御部 1 0 1 および電流調整部 1 0 2 によって、中空誘電体部材 4 のプラズマ状態を変更した後の温度情報を更新処理部 1 0 5 に出力する。更新処理部 1 0 5 は、データ処理部 1 0 3 a からプラズマ状態変更後の温度情報の入力を受け付ける。更新処理部 1 0 5 は、受け付けたプラズマ状態変更後の温度情報を、データベース 1 0 4 に記憶させる。データベース 1 0 4 は、プラズマ状態変更前の温度情報と、制御条件と、プラズマ状態変更後の温度情報とを紐付けて記憶する。

【 0 0 5 3 】

データ処理部 1 0 3 a は、温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報に基づいて制御条件を取得する際に、プラズマ状態変更後の温度情報も参照し、目標とする温度分布となる制御条件を取得する。更新処理部 1 0 5 がプラズマ状態変更後の温度情報を用いてデータベース 1 0 4 を更新することにより、データ処理部 1 0 3 は被加熱物 X が適切な加熱状態となる制御情報を取得可能となる。

【 0 0 5 4 】

また、更新処理部 1 0 5 は、プラズマ状態変更後に温度情報がどのように変化したかを示す情報を用いて、制御条件の学習処理を行う構成としてもよい。更新処理部 1 0 5 は、制御条件の学習結果に基づいて、データベース 1 0 4 に記憶した制御条件を更新する。更新処理部 1 0 5 が制御条件を学習処理することにより、迅速に最適なプラズマ状態の制御を行うことができる。

【 0 0 5 5 】

次に、制御部 1 0 0 A のハードウェア構成例を説明する。なお、実施の形態 4 と同一の構成の説明は省略する。

制御部 1 0 0 A におけるデータ処理部 1 0 3 a および更新処理部 1 0 5 は、図 9 A で示した処理回路 1 0 0 a、または図 9 B で示したメモリ 1 0 0 c に格納されるプログラムを実行するプロセッサ 1 0 0 b である。

【 0 0 5 6 】

以上のように、実施の形態 5 によれば、制御部 1 0 0 は、データ処理部 1 0 3 を介してプラズマ制御部 1 0 1 がプラズマ状態を変更した後の温度情報を取得し、プラズマ状態を変更する前後の温度情報を制御条件と紐付けてデータベース 1 0 4 に記憶させる更新を行う更新処理部 1 0 5 を備え、データ処理部 1 0 3 は、更新後のデータベース 1 0 4 を参照し、現在の温度情報、および電流を印加する前後の温度情報に基づいて制御条件を取得するように構成した。

これにより、更新処理を複数回繰り返し、被加熱物に加熱ムラがない状態まで加熱することができる。また、プラズマ状態を変更した後の情報を蓄積することができ、所望の温度分布となる制御条件をより取得しやすくなる。

【 0 0 5 7 】

また、実施の形態 5 によれば、更新処理部 1 0 5 は、プラズマ状態変更後に温度情報がどのように変化したかを示す情報を用いて、制御条件の学習処理を行うように構成したので、加熱室内の温度分布に対して最適なプラズマ状態の制御を行うことができる、

【 0 0 5 8 】

なお、上述した実施の形態 4 および実施の形態 5 では、図 2、図 4 および図 6 で示した実施の形態 1 - 3 のマイクロ波加熱装置 1 0 に適用する制御部 1 0 0 A、1 0 0 B について説明を行った。しかし、制御部 1 0 0 A、1 0 0 B を適用するマイクロ波加熱装置 1 0 は図 2、図 4 および図 6 で示した構成に限定されるものではなく、例えば図 1 2 に示すマイクロ波加熱装置 1 0 であってもよい。

図 1 2 は、実施の形態 4、5 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 のその他の構成例を示す図であり、マイクロ波加熱装置 1 0 の内部構成を示す上方模式図である。図 1 2 では、制御部 1 0 0 A、1 0 0 B の記載を省略している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 が配置された面（例えば、図 1 で示した上面）と交わる加熱室 1 の側面の全ての壁面 1 a , 1 b , 1 c , 1 d に沿って並列して配置される。また、中空誘電体部材 4 の並列した列は、複数積層させて配置される。図 1 2 の例では、壁面 1 a に沿って並列した中空誘電体部材 4 の列を 3 層積層させて配置した場合を示している。同様に、壁面 1 b に沿って並列した中空誘電体部材 4 の列を 3 層積層させて配置し、壁面 1 c に沿って並列した中空誘電体部材 4 の列を 2 層積層させて配置し、壁面 1 d に沿った並列した中空誘電体部材 4 の列を 2 層積層させて配置した場合を示している。

## 【 0 0 6 0 】

制御部 1 0 0 A、1 0 0 B は、温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報に基づいて、複数の中空誘電体部材 4 のうち、隣接する任意の中空誘電体部材 4 を反射モードのプラズマ状態とする制御を行う。また、その他の中空誘電体部材 4 を、前記マイクロ波を透過させる気体状態とする制御を行う。これにより、中空誘電体部材 4 によって任意の反射面が構成される。図 1 2 の例では、仮想的な反射面 F が形成された場合を示している。温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報に基づいて、仮想的な反射面の形成を制御することにより、マイクロ波の反射方向が制御され、加熱領域が制御される。温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報に基づいて、より効果的な加熱制御を行うことができる。

## 【 0 0 6 1 】

このように、実施の形態 5 のその他の構成によれば、中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 が配置された壁面と交わる壁面 1 a , 1 b , 1 c , 1 d に沿って並列して配置され、且つ当該壁面 1 a , 1 b , 1 c , 1 d に沿って並列した列を複数積層させて配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 が取得した制御条件に応じて電極 4 2 に印加する電流を制御し、隣接する任意の 3 以上の中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を反射するプラズマ状態とし、その他の中空誘電体部材を、マイクロ波を透過させる気体状態とする制御を行うように構成した、

これにより、加熱室内の温度分布に応じた仮想的な反射面が形成され、温度分布に応じた加熱領域の制御を行うことができる。よって温度分布に応じた、より効果的な加熱制御を行うことができる。

## 【 0 0 6 2 】

実施の形態 6 .

この実施の形態 6 では、加熱室 1 内のある領域を集中的に加熱する構成を示す。

図 1 3 は、実施の形態 6 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 A の構成を示す側方模式図である。なお、図 1 3 では、制御部 1 0 0 C の記載を省略している。

図 1 4 は、実施の形態 6 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 A の制御部 1 0 0 C の構成を示すブロック図である。

実施の形態 6 のマイクロ波加熱装置 1 0 A は、実施の形態 4 で示したマイクロ波加熱装置 1 0 のマイクロ波発生部 2 に位相器 2 4 を追加して設けて構成している。また、放射素子 3 を 2 つ設けて構成している。さらに、実施の形態 4 で示したマイクロ波加熱装置 1 0 の制御部 1 0 0 A に替えて制御部 1 0 0 C を設けて構成している。

なお、以下では、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 の構成要素と同一または相当する部分には、実施の形態 4 で使用した符号と同一の符号を付して説明を省略または簡略化する。

## 【 0 0 6 3 】

放射素子 3 a と放射素子 3 b は、空間的に離間する位置に配置され、マイクロ波発生部 2 において発生したマイクロ波を加熱室 1 内へ放射する。放射素子 3 a , 3 b の種類はどのようなものであってもよい。また、放射素子 3 の数は 2 つ以上配列してもよく、同一直線上であれば複数の放射素子 3 を配列可能である。

放射素子 3 a , 3 b には、マイクロ波発生部 2 の位相器 2 4 が接続される。位相器 2 4 は、各放射素子 3 a , 3 b から放射するマイクロ波の位相に差を設ける。位相器 2 4 が設けた位相差により、放射素子 3 a , 3 b から放射されるマイクロ波の放射方向は、少なく

10

20

30

40

50

とも一方向に制御される。

【 0 0 6 4 】

加熱室 1 は閉じた空間であるため定在波が生じ、マイクロ波のビームを自由に制御することができない。そこで、プラズマ制御部 1 0 1 は、少なくとも 1 本以上の中空誘電体部材 4 を吸収モードのプラズマ状態に制御する。これにより、加熱室 1 内のマイクロ波が中空誘電体部材 4 に吸収される。マイクロ波が吸収されることにより、加熱室内の定在波が抑制され、加熱室 1 は開いた空間と同様にマイクロ波のビームが制御される。

【 0 0 6 5 】

図 1 4 を参照しながら、制御部 1 0 0 C の詳細について説明する。

制御部 1 0 0 C のデータ処理部 1 0 3 b は実施の形態 4 と同様に温度モニタ 2 0 0 から入力された温度情報を参照し、被加熱物 X の近傍領域に加熱されていない領域があるか否か判定する。被加熱物 X の近傍領域に加熱されていない領域があると判定した場合に、データ処理部 1 0 3 b は、位相器 2 4 に対して放射するマイクロ波の位相に差を設けるように制御指示を出力する。また、データ処理部 1 0 3 b は、位相器 2 4 に対して放射するマイクロ波の位相に差を設けるように制御指示を出力した場合に、データベース 1 0 4 から少なくとも 1 本以上の中空誘電体部材 4 を吸収モードのプラズマ状態に制御する制御条件を取得する。データベース 1 0 4 は、位相器 2 4 がマイクロ波の位相に差を設けている場合の制御条件を記憶する。

10

【 0 0 6 6 】

図 1 5 は、実施の形態 6 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 A の内部構成を示す上方模式図である。

20

中空誘電体部材 4 は、放射素子 3 a , 3 b の配列方向に伸びる直線と交わる壁面に沿って、並列して配置される。図 1 5 の例では、中空誘電体部材 4 a を、放射素子 3 a , 3 b の配列方向に伸びる直線と交わる壁面 1 a に沿って並列して配置し、中空誘電体部材 4 b が放射素子 3 a , 3 b の配列方向に伸びる直線と交わる壁面 1 b に沿って並列して配置した場合を示している。

【 0 0 6 7 】

プラズマ制御部 1 0 1 は、データ処理部 1 0 3 b が取得した制御条件に基づいて、少なくとも 1 つの中空誘電体部材 4 を吸収モードのプラズマ状態とし、その他の中空誘電体部材 4 を反射モードのプラズマ状態に制御する。図 1 5 の例では、プラズマ制御部 1 0 1 が壁面 1 a に沿って配置された中空誘電体部材 4 a の列のうち、1 本の中空誘電体部材 4 c を吸収モードのプラズマ状態とし、その他の中空誘電体部材 4 a を反射モードのプラズマ状態に制御した場合を示している。同様に、壁面 1 b に沿って配置された中空誘電体部材 4 b の列のうち、1 本の中空誘電体部材 4 d を吸収モードのプラズマ状態とし、その他の中空誘電体部材 4 b を反射モードのプラズマ状態に制御した場合を示している。

30

図 1 5 で示した構成とすることにより、放射素子 3 a , 3 b の配列方向へのマイクロ波の放射方向を変更することができる。

【 0 0 6 8 】

次に、制御部 1 0 0 C のハードウェア構成例を説明する。なお、実施の形態 4 と同一の構成の説明は省略する。

40

制御部 1 0 0 C におけるデータ処理部 1 0 3 b は、図 9 A で示した処理回路 1 0 0 a、または図 9 B で示したメモリ 1 0 0 c に格納されるプログラムを実行するプロセッサ 1 0 0 b である。

【 0 0 6 9 】

次に、制御部 1 0 0 C の動作について説明する。

図 1 6 は、実施の形態 6 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 A の制御部 1 0 0 C の動作を示すフローチャートである。

データ処理部 1 0 3 b は、温度モニタ 2 0 0 から温度情報を取得すると (ステップ S T 1)、被加熱物 X の近傍領域の温度情報を参照し、加熱されていない領域があるか否か判定を行う (ステップ S T 2)。加熱されていない領域がある場合 (ステップ S T 2 ; Y E

50

S)、データ処理部103bは位相器24に対して放射するマイクロ波の位相に差を設けるように制御指示を出力する(ステップST21)。

【0070】

また、データ処理部103bは、データベース104を参照し、放射素子3a, 3bから放射するマイクロ波の位相に差を設ける場合の、制御条件を取得する(ステップST22)。データ処理部103は、取得した制御条件をプラズマ制御部101に出力する。その後、フローチャートはステップST4の処理に進む。一方、加熱されていない領域がない場合(ステップST2; NO)、ステップST6の処理に進む。

【0071】

マイクロ波加熱装置10Aの中空誘電体部材4のその他の配置例について説明する。マイクロ波加熱装置10Aの中空誘電体部材4の配置は、被加熱物Xを集中して加熱可能な配置であれば適宜設定可能である。

図17は、実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置10Aの中空誘電体部材4のその他の配置例を示す図である。図17は、加熱室1の内部構成を示す上方模式図である。

【0072】

上述した図13では放射素子3a, 3bの配列方向を一方向としたが、互いに直交する直線上、且つ各直線上に2以上の放射素子3を配列する構成としてもよい。位相器24は、各放射素子3から放射するマイクロ波の位相に差を設ける。位相器24が設けた位相差により、全ての放射素子3から放射されるマイクロ波の放射方向が制御される。

この場合、図17に示すように、放射素子3a, 3bの配列方向に伸びる直線3Aと交わる壁面1a, 1b、および放射素子3c, 3dの配列方向に伸びる直線3Bと交わる壁面1c, 1dに沿って、中空誘電体部材4を並列して配置する。即ち、放射素子3が配置された面(例えば、図13で示した上面)と交わる全ての壁面に中空誘電体部材4の列が配置される。プラズマ制御部101は、各壁面1a, 1b, 1c, 1dに並列して配置された中空誘電体部材4のうち少なくとも1つの中空誘電体部材4を吸収モードのプラズマ状態に制御する。

当該構成により、4以上の放射素子3の配列面と並行な面上において定在波の発生が抑制され、マイクロ波が2次的に操作される。これにより、4以上の放射素子3が配置された平面と平行な面上における任意の点にマイクロ波ビームを集中させることができる。

【0073】

図18は、実施の形態6に係るマイクロ波加熱装置10Aの中空誘電体部材4のその他の配置例を示す図である。図18は、加熱室1の内部構成を示す上方模式図である。

図18は、中空誘電体部材4を加熱室1の各壁面1a, 1b, 1c, 1dに沿って並列に配置し、且つ当該並列した列を2層積層させ、中空誘電体部材4a, 4b, 4e, 4fの列とした場合を示している。即ち、放射素子3が配置された面(例えば、図13で示した上面)と交わる全ての壁面に中空誘電体部材4の列を2層以上配置する。

【0074】

プラズマ制御部101は、データ処理部103bから入力された制御条件に基づいて、中空誘電体部材4aの列の層毎に、中空誘電体部材4bの列の層毎に、中空誘電体部材4eの列の層毎に、および中空誘電体部材4fの列の層毎に、電流値に差を設ける。プラズマ制御部101は、中空誘電体部材4の列の層毎に吸収効率が異なる吸収モードのプラズマ状態とする制御を行う。具体的に、プラズマ制御部101は、被加熱物Xに近い側に位置する層を構成する中空誘電体部材4に小さい電流値を設定し、被加熱物Xに遠い側に位置する層を構成する中空誘電体部材4に大きい電流値を設定する。これにより、マイクロ波の吸収性能が向上し、被加熱物Xが存在する領域との波動インピーダンス整合が行われ、加熱室1中央へのマイクロ波の反射を抑えることができる。これにより、マイクロ波のビームをより細かく制御し、被加熱物Xの加熱も細かく制御することができる。

【0075】

以上のように、実施の形態6によれば、2以上の放射素子3a, 3bを備え、マイクロ波発生部2は、2以上の放射素子3a, 3bが放射するマイクロ波の位相に差を設ける位

10

20

30

40

50

相器 2 4 を有し、中空誘電体部材 4 は、2 以上の放射素子 3 a , 3 b の配列方向に伸びる直線と交わる壁面に 1 a , 1 b 沿って、2 以上並列して配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、中空誘電体部材 4 のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を吸収するプラズマ状態とする制御を行うように構成した。

これにより、放射素子の配列方向へのマイクロ波の放射方向を変更することができる、よって、集中して加熱を行いたい領域にマイクロ波のビームを集中させることができ、加熱すべき領域を効率的に加熱することができる。

【 0 0 7 6 】

また、この実施の形態 6 によれば、放射素子 3 は、第 1 の配列方向に 2 以上配列され、且つ第 2 の配列方向に 2 以上配列され、位相器 2 4 は、第 1 の配列方向および第 2 の配列方向に配置された各放射素子 3 の位相に差を設け、中空誘電体部材 4 は、第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる壁面に沿って 2 以上並列して配置され、且つ第 2 の配列方向に伸びる直線と交わる壁面に沿って、2 以上並列して配置され、プラズマ制御部 1 0 1 は、第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる壁面 1 a、1 b に沿って配置された中空誘電体部材 4 のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材 4、および第 2 の配列方向に伸びる直線と交わる壁面 1 c、1 d に沿って配置された中空誘電体部材 4 のうち少なくとも 1 つの中空誘電体部材 4 を、マイクロ波を吸収するプラズマ状態とする制御を行うように構成した。

これにより、放射素子の配列面と並行な面上における定在波の発生を抑制することができる。よって、放射素子の配列面と並行な面上における任意の点にマイクロ波のビームを集中させることができる。

【 0 0 7 7 】

また、この実施の形態 6 によれば、中空誘電体部材 4 は、第 1 の配列方向に伸びる直線と交わる壁面 1 a、1 b に沿って並列した列を複数積層させて配置され、且つ第 2 の配列方向と交わる壁面 1 c、1 d に沿って並列した列を複数積層させて配置されるように構成したので、加熱室内に生じる定在波を効果的に抑制し、加熱室に放射するマイクロ波のビームを被加熱物に集中させることができる。

【 0 0 7 8 】

なお、上述した実施の形態 6 では、実施の形態 4 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 に適用する場合を例に説明を行ったが、実施の形態 5 に係るマイクロ波加熱装置 1 0 に適用してもよい。

【 0 0 7 9 】

上記以外にも、本発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 0 】

この発明に係る技術は、プラズマによって加熱ムラを抑制する加熱装置等に適用するのが好ましい。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

1 加熱室、1 a、1 b、1 c、1 d 壁面、2 マイクロ波発生部、3、3 a、3 b 放射素子、4、4 a、4 b、4 c、4 d、4 e、4 f 中空誘電体部材、1 0、1 0 A マイクロ波加熱装置、2 1 マイクロ波発振器、2 2 マイクロ波増幅器、2 3 マイクロ波発振制御部、2 4 位相器、4 1 ガス、4 2 電極、1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C 制御部、1 0 1 プラズマ制御部、1 0 2 電流調整部、1 0 3、1 0 3 a、1 0 3 b データ処理部、1 0 4 データベース、1 0 5 更新処理部、2 0 0 温度モニタ。

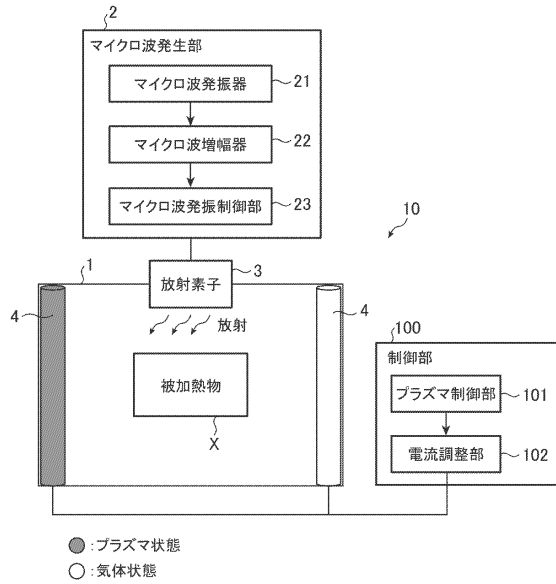
10

20

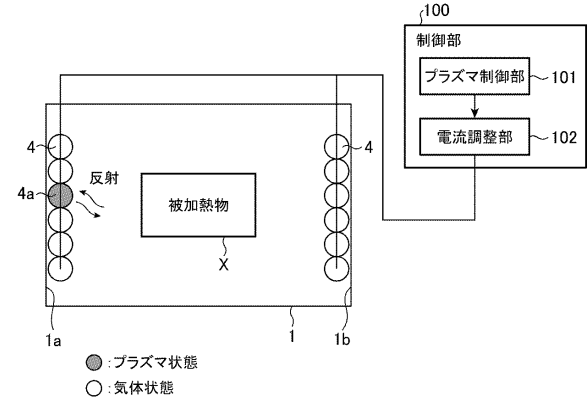
30

40

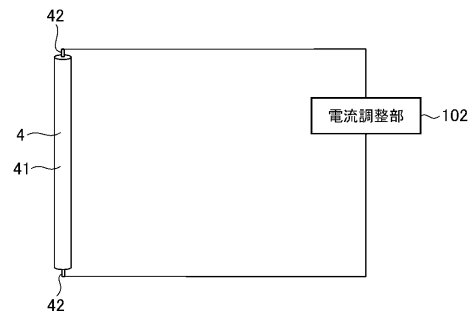
【図1】



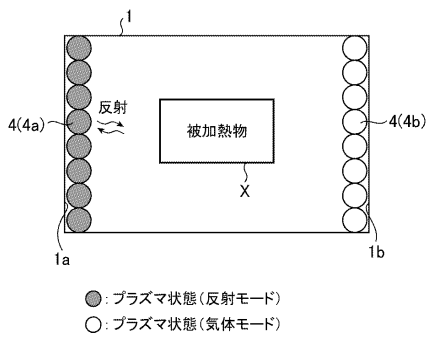
【図2】



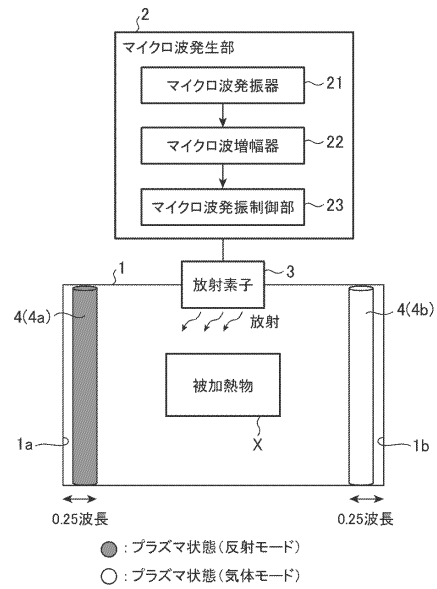
【図3】



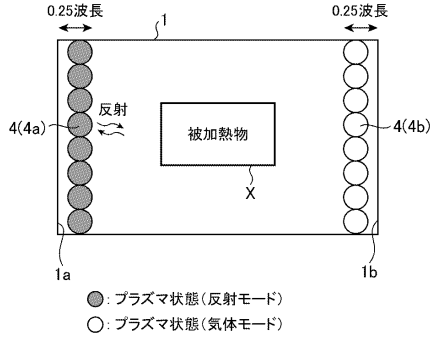
【図4】



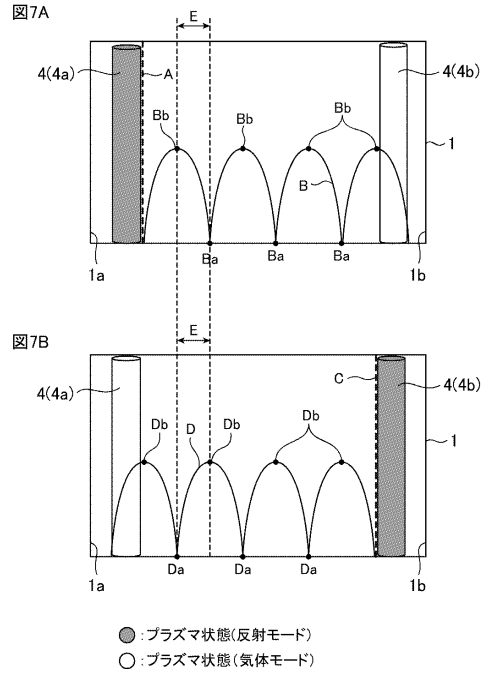
【図5】



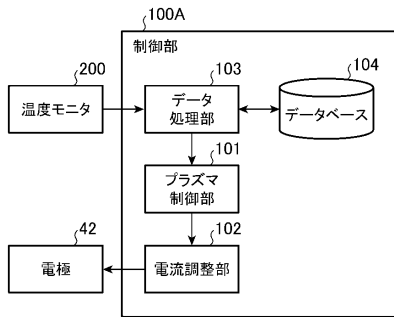
【図6】



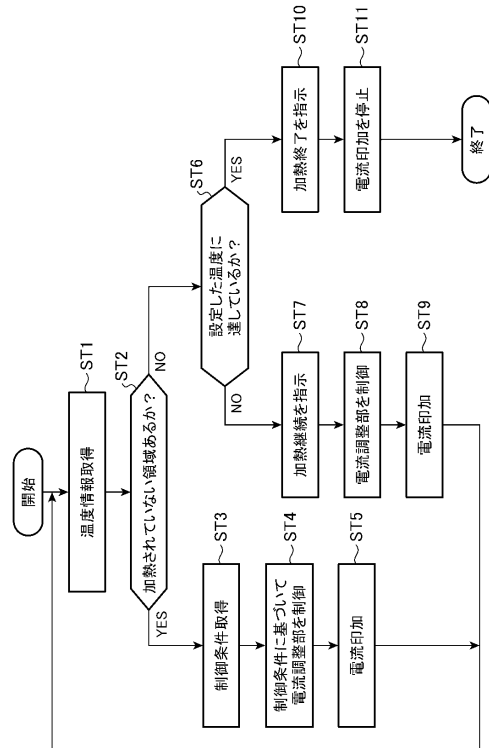
【図7】



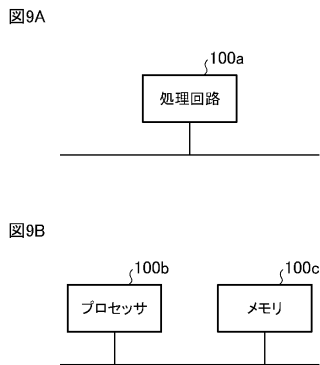
【図8】



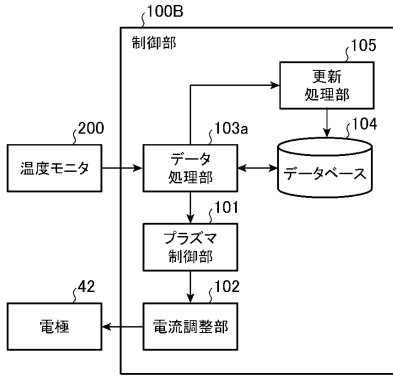
【図10】



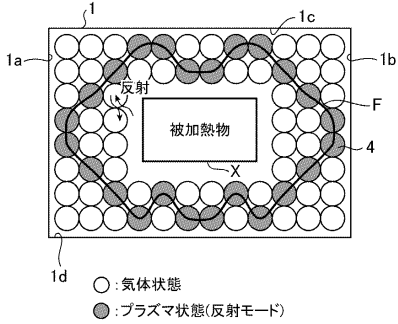
【図9】



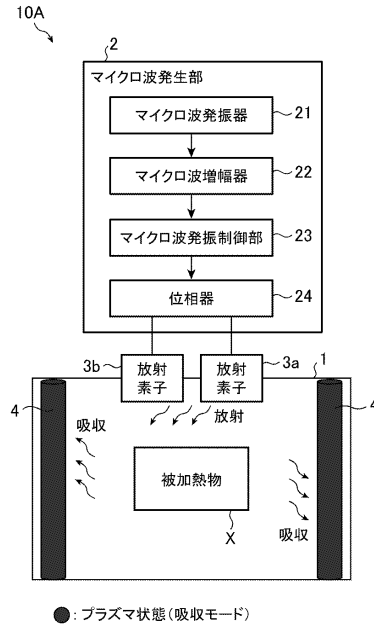
【図11】



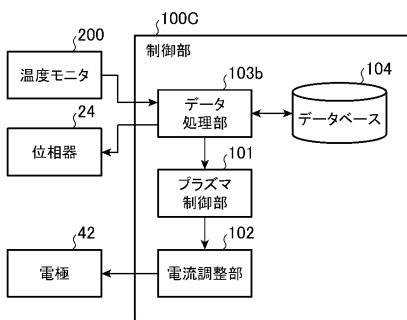
【図12】



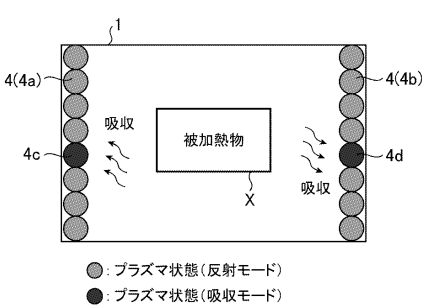
【図13】



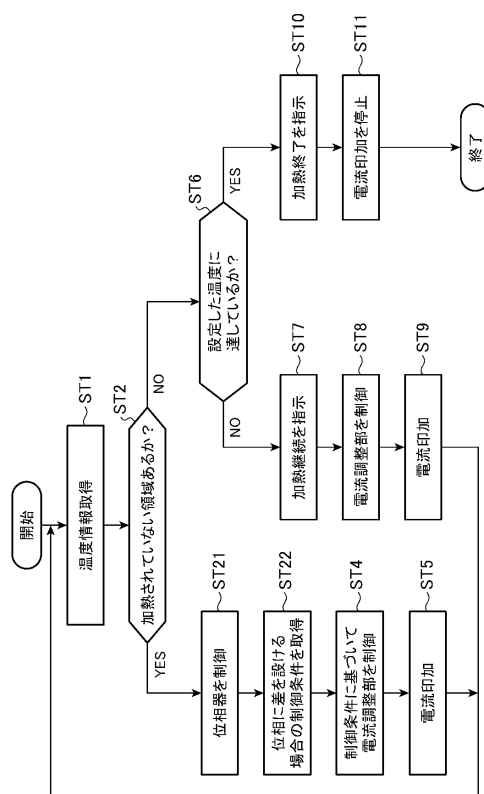
【図14】



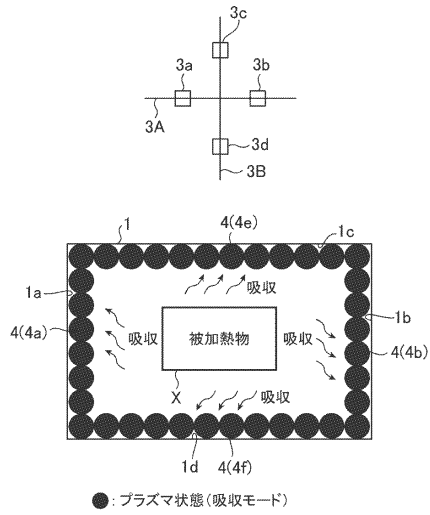
【図15】



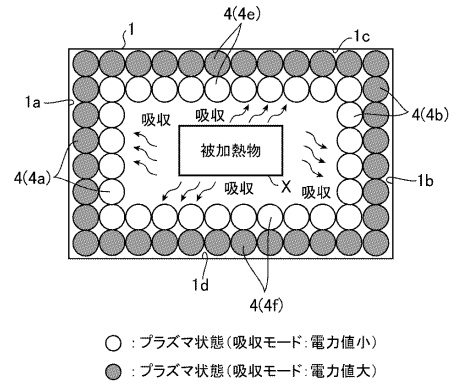
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(72)発明者 瀧川 道生  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 沼田 規好

(56)参考文献 国際公開第2017/141826(WO, A1)  
特開2004-071519(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H05B 6/64  
H05B 6/74