

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7042490号

(P7042490)

(45)発行日 令和4年3月28日(2022.3.28)

(24)登録日 令和4年3月17日(2022.3.17)

(51)国際特許分類

F I

H 0 5 B 6/64 (2006.01)

H 0 5 B 6/64

D

H 0 5 B 6/74 (2006.01)

H 0 5 B 6/74

A

H 0 5 B 6/80 (2006.01)

H 0 5 B 6/80

Z

D 0 6 B 19/00 (2006.01)

D 0 6 B 19/00

B

請求項の数 1 (全35頁)

(21)出願番号 特願2018-220391(P2018-220391)

(22)出願日 平成30年11月26日(2018.11.26)

(62)分割の表示 特願2018-6744(P2018-6744)の分割

原出願日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(65)公開番号 特開2019-125573(P2019-125573 A)

(43)公開日 令和1年7月25日(2019.7.25)

審査請求日 令和3年1月13日(2021.1.13)

(73)特許権者 508067736

マイクロ波化学株式会社

大阪府大阪市住之江区平林南一丁目6 - 1

(74)代理人 100115749

弁理士 谷川 英和

(74)代理人 100121223

弁理士 森本 悟道

(72)発明者 塚原 保徳

大阪府大阪市住之江区平林南一丁目6 - 1 マイクロ波化学株式会社内

(72)発明者 渡辺 久夫

大阪府大阪市住之江区平林南一丁目6 - 1 マイクロ波化学株式会社内

(72)発明者 金城 隆平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マイクロ波処理装置、および炭素繊維の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部を処理対象物が移動する容器と、当該容器内にマイクロ波を照射する照射部を備えたマイクロ波照射手段と、前記容器内に前記処理対象物の移動経路に沿って該処理対象物を覆うように設けられると共に前記マイクロ波照射手段から照射されるマイクロ波を吸収して発熱する発熱部材と、を備えたマイクロ波処理装置であって、前記照射部が照射するマイクロ波の強度が前記発熱部材において強くなる第一のマイクロ波照射位置と、前記照射部が照射するマイクロ波の強度が前記処理対象物において強くなる第二のマイクロ波照射位置とが前記処理対象物の移動経路に沿って設けられているマイクロ波処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロ波を用いて加熱処理等の処理を行なうマイクロ波処理装置等に関するものである。

【背景技術】

【0002】

マイクロ波を用いて処理を行なう従来の技術として、マイクロ波遮蔽材からなる加熱炉本体と、前記加熱炉本体にマイクロ波電力を導入するマイクロ波手段と、マイクロ波遮蔽機能を有する熱伝導材で形成し、前記加熱炉本体の一方側に設けた入口部と他方側に設けた

出口部との間に直線的に配設した加熱筒体と、前記加熱筒体の外周側に設けて前記加熱筒体に熱伝達するマイクロ波発熱体と、前記加熱炉本体の入口部及び出口部の近くに設けて、前記加熱筒体の端部周囲に配設してマイクロ波電力の漏洩を防ぐフィルタと、前記入口部から供給したワークを、前記加熱筒体内を通し、前記出口部より排出し、前記加熱筒体内で加熱する構成としたものが知られていた。（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許第5877448号公報（第1頁、第1図等）

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の技術においては、マイクロ波を用いて処理対象物を適切に処理することができない、という課題があった。

【0005】

例えば、従来の技術においては、マイクロ波を用いて加熱したマイクロ波発熱体の輻射熱で加熱を行なうため、ワーク等の処理対象物を、外部からしか加熱できず、均一な加熱等の所望の加熱を行なうことが困難であった。

【0006】

また、処理対象物にマイクロ波が直接照射されないため、処理対象物が、マイクロ波によって直接加熱できないため、加熱効率が悪いという問題があった。

20

【0007】

本発明は、上記のような課題を解消するためになされたものであり、処理対象物を、マイクロ波を用いて適切に処理することができるマイクロ波処理装置等を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のマイクロ波処理装置は、内部を処理対象物が移動する容器と、当該容器内にマイクロ波を照射する照射部を備えたマイクロ波照射手段と、前記容器内に前記処理対象物の移動経路に沿って該処理対象物を覆うように設けられると共に前記マイクロ波照射手段から照射されるマイクロ波を吸収して発熱する発熱部材と、を備えたマイクロ波処理装置であって、前記照射部が照射するマイクロ波の強度が前記発熱部材において強くなる第一のマイクロ波照射位置と、前記照射部が照射するマイクロ波の強度が前記処理対象物において強くなる第二のマイクロ波照射位置とが前記処理対象物の移動経路に沿って設けられているマイクロ波処理装置である。

30

【0009】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、上記マイクロ波処理装置において、前記照射部は、前記処理対象物の移動経路に沿って複数設けられ、前記各照射部の照射するマイクロ波の位相を制御することにより前記各照射位置のマイクロ波強度を制御するようになっているようにしてもよい。

40

【0010】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、上記マイクロ波処理装置において、前記処理対象物の移動経路に沿って複数設けられ、前記処理対象物及び／または前記発熱部材の性質（材質・厚み）に応じて前記各照射部の照射するマイクロ波の周波数を制御することにより前記各照射位置のマイクロ波の吸収度を制御するようになっているようにしてもよい。

【0011】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、上記マイクロ波処理装置において、前記発熱部材は、前記処理対象物の容器内の搬送を補助する部材であって、前記処理対象物に接触する部分にマイクロ波を吸収して発熱する加熱媒体を有するようになっているようにしてもよい。

【0012】

50

また、本発明のマイクロ波処理装置は、上記マイクロ波処理装置において、前記処理対象物は、炭素繊維の前駆体繊維であり、前記マイクロ波処理装置は、前記前駆体繊維の耐炎化処理に用いられるようにしてもよい。

【0013】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、上記マイクロ波処理装置において、前記発熱部材の、第一のマイクロ波照射位置の温度の情報を取得する第一のセンサと、前記処理対象物の、第二のマイクロ波照射位置の温度の情報を取得する第二のセンサと、前記第一のセンサが取得する温度の情報をを用いて、前記各マイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御する制御手段と、を更に備えたマイクロ波処理装置であってもよい。

【0014】

本発明の炭素繊維の製造方法は、マイクロ波を吸収して発熱する発熱部材を内部に備えた容器内に、マイクロ波を照射して、前記発熱部材に沿って移動する炭素繊維の前駆体繊維を加熱する工程を含む炭素繊維の製造方法であって、前記加熱する工程において、前記発熱部材の第一のマイクロ波照射位置においてマイクロ波の強度が強くなるようマイクロ波を照射し、前記処理対象物の第二のマイクロ波照射位置においてマイクロ波の強度が強くなるようマイクロ波を照射する炭素繊維の製造方法である。

【0015】

本発明のマイクロ波処理装置は、内部に処理対象物が配置される容器と、容器内に、マイクロ波を照射するマイクロ波照射手段と、前記容器内に設けられ、マイクロ波照射手段から照射されるマイクロ波を吸収して発熱する発熱部材と、を備え、マイクロ波照射手段は、発熱部材を加熱する第一のマイクロ波照射と、処理対象物を加熱する第二のマイクロ波照射とを行なうマイクロ波処理装置である。

【0016】

かかる構成により、処理対象物を、マイクロ波を用いて適切に処理することができる。例えば、マイクロ波の照射による発熱部材からの加熱と、処理対象物の内部からの加熱とを組み合わせ、処理対象物を適切に加熱することができる。

【0017】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、処理対象物は、容器内を移動し、発熱部材は、処理対象物の移動経路に沿って部分的に設けられており、マイクロ波照射手段は、移動経路の発熱部材が設けられている部分に対するマイクロ波の照射である第一のマイクロ波照射を行う1以上の第一照射部と、移動経路の発熱部材が設けられていない部分に対するマイクロ波の照射である第二のマイクロ波照射を行う1以上の第二照射部とを備えたマイクロ波処理装置である。

【0018】

かかる構成により、第一のマイクロ波照射を第一照射部で行い、第二のマイクロ波照射を第二照射部で行うことにより、第一のマイクロ波照射の出力と、第二のマイクロ波照射の出力を個別に容易に制御することが可能となり、処理対象物に対して、効率よく処理を行うことができるとともに、高品質な処理結果を得ることができる。

【0019】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、マイクロ波照射手段は、異なる位置からマイクロ波を照射する2以上の照射部を備え、2以上の照射部が照射するマイクロ波の位相を制御して、2以上の照射部が照射するマイクロ波が発熱部材において強めあう第一のマイクロ波照射と、2以上の照射部が照射するマイクロ波が処理対象物において強めあう第二のマイクロ波照射とを行なうマイクロ波処理装置である。

【0020】

かかる構成により、処理対象物をマイクロ波で適切に加熱できる。また、位相を制御することで第一のマイクロ波照射で加熱する位置と、第二のマイクロ波照射で加熱する位置を容易に移動させることができる。

【0021】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、マイクロ波照

10

20

30

40

50

射手段は、発熱部材の発熱が、処理対象物の発熱よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、処理対象物の発熱が、発熱部材の発熱よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する前記第二のマイクロ波照射と、を行うマイクロ波処理装置である。

【 0 0 2 2 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、発熱部材で吸収されたマイクロ波が、発熱部材を透過したマイクロ波よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、発熱部材で吸収されたマイクロ波が、発熱部材を透過したマイクロ波よりも小さくなる周波数のマイクロ波を照射する第二のマイクロ波照射と、を行なうマイクロ波処理装置である。

10

【 0 0 2 3 】

かかる構成により、照射するマイクロ波の周波数の切り替えや組合せにより、処理対象物を適切に加熱することができる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、発熱部材は筒形状を有しており、発熱部材の内側に、所定のガスを供給するガス供給手段をさらに備えたマイクロ波処理装置である。

【 0 0 2 5 】

かかる構成により、発熱部材内の所定のガスの量を制御して、適切な処理を行なうことができる。

20

【 0 0 2 6 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、処理対象物は、容器内を移動し、発熱部材の処理対象部側の一部に、マイクロ波を透過させない非透過部が設けられているマイクロ波処理装置である。

【 0 0 2 7 】

かかる構成により、処理対象物にマイクロ波を直接照射しない部分を設けることができ、マイクロ波の照射の制御の幅が広がる。

【 0 0 2 8 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、発熱部材は、処理対象物の容器内の搬送を補助する部材であって、処理対象物に接触する部分にマイクロ波を吸収して発熱する加熱媒体を有するマイクロ波処理装置である。

30

【 0 0 2 9 】

かかる構成により、発熱部材からの加熱を、接触した加熱媒体からの熱伝導により行なうことができ、熱効率を向上させることができる。

【 0 0 3 0 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、処理対象物は、炭素繊維の前駆体繊維であり、マイクロ波処理装置は、前駆体繊維の耐炎化処理に用いられるマイクロ波処理装置である。

【 0 0 3 1 】

かかる構成により、耐炎化処理済の高品質な炭素繊維の前駆体繊維を得ることができる。

40

【 0 0 3 2 】

また、本発明のマイクロ波処理装置は、前記マイクロ波処理装置において、発熱部材の、第一のマイクロ波照射が行なわれる部分の温度の情報を取得する第一のセンサと、処理対象物の、第二のマイクロ波照射が行なわれる部分の温度の情報を取得する第二のセンサと、第一のセンサが取得する温度の情報をを用いて、第一のマイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御し、第二のセンサが取得する温度の情報をを用いて、第二のマイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御する制御手段と、を更に備えたマイクロ波処理装置である。

【 0 0 3 3 】

かかる構成により、第一のマイクロ波照射による発熱部材の加熱と、第二のマイクロ波照

50

射による処理対象物の加熱とを適切に制御することができる。

【0034】

本発明の炭素繊維の製造方法は、マイクロ波を吸収して発熱する発熱部材を内部に備えた容器内に、マイクロ波を照射して、発熱部材に沿って配置された炭素繊維の前駆体繊維を加熱する工程を含む炭素繊維の製造方法であって、加熱する工程において、発熱部材を加熱する第一のマイクロ波照射と、前駆体繊維を加熱する第二のマイクロ波照射とを行なうようにした炭素繊維の製造方法である。

【0035】

かかる構成により、炭素繊維の前駆体繊維を外側から加熱および直接加熱して、品質のよい炭素繊維を得ることができる。

10

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、マイクロ波を用いて処理対象物を適切に処理することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本発明の実施の形態1におけるマイクロ波処理装置の断面図

【図2】同マイクロ波処理装置の発熱部材を示す図（図2（a））、およびその変形例を示す図（図2（b）～図2（d））

【図3】同マイクロ波処理装置の変形例を示す断面図

【図4】同マイクロ波処理装置の変形例を示す断面図（図4（a）～図4（b））

20

【図5】本発明の実施の形態2におけるマイクロ波処理装置の断面図（図5（a））および断面模式図（図5（b）～図5（c））

【図6】本発明の実施の形態3におけるマイクロ波処理装置の断面図（図6（a））および断面模式図（図6（b）～図6（d））

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、マイクロ波処理装置等の実施形態について図面を参照して説明する。なお、実施の形態において同じ符号を付した構成要素は同様の動作を行うので、再度の説明を省略する場合がある。

【0039】

30

（実施の形態1）

以下、マイクロ波処理装置を、炭素繊維の製造に用いられる前駆体繊維に対して耐炎化処理を行なう装置を例に挙げて説明する。

【0040】

まず、炭素繊維の製造工程の一例について説明する。ポリアクリルニトリル（PAN）等の前駆体繊維を200～300の加熱空気中で60～120分間加熱することによって前駆体繊維の酸化処理を行なう。この処理は、耐炎化処理と呼ばれる。この処理では、前駆体繊維の環化反応を生じさせ、酸素結合により耐炎化繊維が得られる。その後、得られた耐炎化繊維を窒素雰囲気下で1000から1500まで数分間加熱することで、繊維が炭素化され炭素繊維を得ることができる。

40

【0041】

図1は、本実施の形態におけるマイクロ波処理装置を説明するための、処理対象物の移動方向に平行な断面図である。

【0042】

マイクロ波処理装置1は、容器10と、マイクロ波照射手段20と、発熱部材30と、1または2以上のセンサ40と、制御手段50と、搬送手段60とを備えている。

【0043】

容器10は、ステンレス等のマイクロ波反射性を有する材質で構成されている。容器10は、中空であって、横長の箱形状を有している。容器10内には、処理対象物2が配置される。ここでは、処理対象物2は、例えば、PAN系の前駆体繊維であるとする。処理対

50

象物 2 である前駆体繊維は、例えば、一本の前駆体繊維であってもよく、複数の前駆体繊維がまとめられて、糸状や紐状になったものであってもよい。容器 10 内に配置される処理対象物 2 は、単数であってもよく、複数であってもよい。ここでは、容器 10 内に配置される処理対象物 2 が、容器 10 を移動する例について説明する。なお、ここでの移動は、連続的な移動であってもよく、移動と停止とを組み合わせた非連続な移動であってもよい。例えば、容器 10 内でマイクロ波の照射が行なわれている間は、処理対象物 2 の移動を停止し、マイクロ波の照射が行なわれていない間に処理対象物 2 を移動させてもよい。また、ここでの移動は、移動速度が一定の移動であってもよく、移動速度が連続的や非連続に変化する移動であってもよい。かかることは、他の実施の形態においても同様である。なお、以下においては、一例として、処理対象物 2 が連続的に移動している場合について説明する。

10

【0044】

容器 10 の長手方向の両端の一方には、処理対象物 2 の入口 101a が設けられ、他方には出口 101b が設けられている。処理対象物 2 は、入口 101a から容器 10 内部に入り、容器 10 の内部を移動し、出口 101b から外部に出る。ここでは、一例として、処理対象物 2 が、容器 10 の内部を略水平に移動する場合を例に挙げて説明する。ただし、処理対象物の容器 10 の内外における移動方向や移動経路は問わない。例えば、ローラ等により、処理対象物の移動方向が途中で変更されていてもよく、例えば、前駆体繊維の移動方向はローラ等により 1 回以上折り返えされていてもよい。容器 10 は、通常、長手方向が水平となるように配置されるが、容器 10 は、傾斜して配置されてもよい。入口 101a および出口 101b には、容器 10 内に照射されるマイクロ波の外部への漏洩を防ぐためのフィルタ（図示せず）が設けられている。フィルタとしては、例えば、マイクロ波の波長の性質を利用したチョーク構造等を有しており、非接触でマイクロ波電力の通過を防止するものが用いられる。入口 101a および出口 101b は、フィルタ以外のマイクロ波の漏洩を防止する構造を有していても良い。容器 10 のサイズや、容器 10 の外壁等の厚さは問わない。容器 10 の外壁には断熱材（図示せず）等が設けられていてもよい。容器 10 のサイズ等は、例えば、処理対象物、処理時間等に応じて決定される。

20

【0045】

なお、上記のような容器 10 の形状は一例であり、容器 10 は、上記以外のどのような形状としても良い。例えば、容器 10 は、横方向に伸びる円筒形状であっても良く、多角形柱形状であっても良く、これらの形状の組合せ等であっても良い。また、縦長の形状であってもよい。また、処理対象物 2 の移動経路 2a を、図示しないローラ等を用いて、水平方向において処理対象物 2 の移動方向が交互に反転するよう折り畳まれた経路となるようにし、容器 10 を、この移動経路 2a の少なくとも処理対象物 2 が平行に移動する部分を覆うような形状としてもよい。なお、ここでは、説明の便宜上、移動経路 2a を処理対象物 2 と重ねて示している。また、移動経路 2a において、処理対象物 2 の移動方向は矢印の向きで示している。かかることは、以下においても同様である。

30

【0046】

容器 10 の形状や、大きさ等は、例えば、容器 10 に照射されるマイクロ波の分布等に応じて決定される。例えば、容器 10 の形状や大きさは、容器 10 内におけるマイクロ波のモードがマルチモードとなるように、形状や大きさが設定されていることが好ましい。マイクロ波のマルチモードとは、例えば、容器 10 内でマイクロ波の定在波が発生しないモードである。

40

【0047】

容器 10 の、入口 101a および出口 101b が設けられている位置は問わない。例えば、入口 101a および出口 101b が容器 10 の同じ端部や側面等に設けられていてもよい。また、容器 10 は、複数の入口 101a と出口 101b とを有していても良く、例えば、処理対象物 2 の移動方向を図示しないローラ等で変更して、処理対象物 2 を複数の入口 101a と出口 101b とから容器 10 の内外に出し入れしてもよい。

【0048】

50

なお、容器 10 は、処理対象物 2 の入口 101a や、出口 101b や、後述する開口部 102 等の、開口が必要な部分以外は、マイクロ波が漏洩しないように閉じられた構造であることが好ましい。

【0049】

なお、容器 10 の外周には、図示していないが、容器 1 の温度を調整するための温水ジャケットや、冷水ジャケット、ヒータ等が設けられていても良い。また、容器 10 には、図示しない内部を観察するための観察窓や、給排気等を行なう通風口やファン等が設けられていてもよい。

【0050】

図 2 は、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 の発熱部材 30 を模式的に示す斜視図（図 2（a））、および発熱部材 30 の変形例を模式的に示す斜視図（図 2（b）～図 2（c））、および図 2（a）に示した発熱部材 30 の変形例を説明するための、処理対象物 2 の移動経路 2a に沿った断面図（図 2（d））である。容器 10 内には、マイクロ波照射手段 20 から照射されるマイクロ波を吸収して発熱する発熱部材 30 が設けられている。発熱部材 30 は、例えば、マイクロ波照射手段 20 から照射されるマイクロ波の一部を吸収して発熱し、一部を透過するものであることが好ましい。発熱部材 30 は、容器 10 内に配置される処理対象物 2 に沿って配置されている。処理対象物 2 に沿って配置される、ということは、例えば、処理対象物 2 の外周に沿って配置されることと考えてもよく、処理対象物 2 の周りに配置されることと考えてもよい。なお、発熱部材 30 と処理対象物 2 との間隔は、処理対象物 2 の長手方向や移動方向において一定であってもよく、異なってもよく、いずれの場合も、発熱部材 30 が処理対象物に沿って配置されていると考えてもよい。また、発熱部材 30 の、処理対象物 2 を介して対向する部分と、発熱部材 30 との間隔も、一定であってもよく、異なってもよく、いずれの場合も、発熱部材 30 が処理対象物に沿って配置されていると考えてもよい。ここでは、処理対象物 2 が容器 10 内を移動するため、発熱部材 30 は、処理対象物 2 の移動経路 2a に沿って配置されている。例えば、発熱部材 30 の形状は、処理対象物 2 を覆う形状であればどのような形状であってもよい、発熱部材 30 の形状は、図 2（a）に示すように、処理対象物 2 の外周を囲むように設けられた円筒形状であることが好ましいが、例えば、円筒以外の筒形状であってもよく、環状の形状であってもよく、図 2（b）に示すように、処理対象物 2 の移動方向に対して垂直な断面がコの字となる形状であってもよい。また、発熱部材 30 は、図 2（c）に示すように、処理対象物 2 を挟むよう配置された二つの板形状の部材であってもよい。また、発熱部材 30 は、部分的に膨らんだ筒形状や、部分的に凹んだ筒形状や、部分的に湾曲した筒形状等を有していてもよい。

【0051】

発熱部材 30 は、図 2（a）～図 2（c）に示すように、照射されたマイクロ波を吸収して発熱する加熱媒体 301 と、加熱媒体 301 を支持する支持体 302 とを有している。加熱媒体 301 は、通常、支持体 302 の、処理対象物 2 に対向しない側面に設けられている。ここでの側面は、例えば、処理対象物 2 の移動方向に平行な面である。加熱媒体 301 は、例えば、カーボン、SiC、炭素繊維複合材料、珪素化モリブデン、珪素化タングステン等の金属珪素化物等の発熱体や、これらの発熱体の粉末等を含有するセラミック材料等で形成されている。加熱媒体 301 としては、例えば、発熱部材 30 に照射されるマイクロ波の一部を吸収して発熱し、照射されるマイクロ波の一部を透過可能な材料や厚さを有するものが用いられる。加熱媒体 301 としては、例えば、発熱部材 30 に照射されるマイクロ波の一部を透過可能な材料や厚さを有するものが用いられる。なお、加熱媒体として、マイクロ波を部分的に透過可能な厚さの金属層、例えば、厚さ数 μm の金属層を用いてもよい。支持体 302 は、セラミックやガラス等のマイクロ波の透過性が高い材料で構成されている。加熱媒体 301 は、例えば、加熱媒体 301 の材料を支持体 302 の表面に塗布したり貼り付けたりすることで設けられる。なお、加熱媒体 301 が発熱体を含むセラミック等である場合のように、加熱媒体 301 だけで十分な強度等を有している場合、支持体 302 は省略してもよい。加熱媒体 301 としては、例えば、発熱部材 3

10

20

30

40

50

0に照射されるマイクロ波の一部を透過可能な材料や厚さを有するものが用いられる。また、支持体302が、加熱媒体301の補強や、加熱媒体301の形を保つために用いられているものである場合、加熱媒体301だけを発熱部材30と考えるもよい。発熱部材30は、例えば、この発熱部材30に対するマイクロ波照射による発熱が、この発熱部材30を透過したマイクロ波による処理対象物2の発熱よりも大きくなるようなものであることが好ましく、発熱部材30は、例えば、この発熱部材30に対するマイクロ波照射による発熱が、この発熱部材30を透過したマイクロ波による処理対象物2の発熱よりも大きくなるような材質および厚さを有することが好ましい。この場合の発熱部材30の材質および厚さは、加熱媒体301の材質および厚さと考えてもよい。例えば、処理対象物2が、1本の前駆体繊維であるとした場合、円筒形の発熱部材30の内径は9 - 12 mm、11 - 14 mm程度であり、発熱部材30の厚さや、2 - 5 mm程度である。ただし、これ以外のサイズとしてもよい。

10

【0052】

発熱部材30は、例えば、容器10内において、処理対象物2の長手方向や移動方向において、部分的に設けられていてもよく、容器10内における処理対象物2の長手方向や移動方向の全体にわたって設けられていてもよい。例えば、複数の発熱部材30が、処理対象物2の長手方向や移動方向に向かって、所望の間隔を隔てて配置されていてもよい。ここでは、図2(a)に示すような円筒形状の発熱部材30が、処理対象物2の移動経路2aに沿って部分的に配置されている場合について説明する。具体的には、図1に示すように、3つの円筒形状の発熱部材30が、それぞれの内部を処理対象物2が移動するよう、間隔を隔てて配置されている。なお、ここでは、3つの発熱部材30を、容器10の入口101a側から順番に、発熱部材30a~30cと表している。ただし、これらを区別する必要がない場合は、単に発熱部材30と呼ぶ。かかることは、他の照射部201や、照射部202、センサ40等についても同様である。各発熱部材30の処理対象物2の移動方向の長さ(以下、発熱部材30の長さと呼ぶ)、すなわち円筒形状の長手方向の長さは同じであってもよく、異なってもよく、それぞれの長さは問わない。例えば、処理対象物2が容器10内を移動している場合、発熱部材30の長さは、発熱部材30を利用した加熱時間に対応するものと考えてもよい。また、発熱部材30間の間隔は、等間隔であってもよく、等間隔でなくてもよく、それぞれの距離は問わない。例えば、処理対象物2が容器10内を移動している場合、この移動方向における発熱部材30間の間隔、最も入口101a側の発熱部材30と入口101aの距離、および最も出口101b側の発熱部材30と出口101bとの距離(以下、発熱部材が設けられていない部分の長さと呼ぶ)は、発熱部材30を利用しない加熱時間に対応するものと考えてもよい。また、発熱部材30と容器10の入口101aとの距離や、発熱部材30と容器10の出口101bとの距離は、等距離であってもよく、等距離でなくてもよく、その距離は問わない。また、ここでの円筒形状の発熱部材30の直径等は問わない。また、各発熱部材30の直径は同じであってもよく、異なってもよい。ここでは、発熱部材30は、処理対象物2と接しないが、発熱部材30の少なくとも一部が処理対象物と接するようにしてもよい。発熱部材30の側面は、容器10と接しないよう配置されている。

20

30

【0053】

なお、ここでは、説明の便宜上、3つの発熱部材30が設けられている場合について説明したが、発熱部材30の数は、1以上であればよい。例えば、容器10内を移動する炭素繊維の前駆体繊維の耐炎化処理にマイクロ波処理装置1を用いる場合には、発熱部材30を用いた加熱が必要な回数だけ、発熱部材を設けるようにすればよい。また、この場合、各発熱部材30の長さは、例えば、発熱部材30を用いた加熱に必要な時間に対応する長さとするればよく、発熱部材30が設けられていない部分の長さは、発熱部材30を用いない加熱に必要な時間に対応する長さとするればよい。また、処理対象物2の移動経路2aが、折れ曲がりたりしている場合等において、折れ曲がる前の部分と折れ曲がった後の部分の両方に1以上の発熱部材30が配置されていてもよく、この場合、発熱部材30は、同一直線状に配置されていなくてもよい。

40

50

【 0 0 5 4 】

マイクロ波照射手段 2 0 は、容器 1 0 内にマイクロ波を照射する。マイクロ波照射手段 2 0 は、例えば、容器 1 0 に対して取付けられている。マイクロ波照射手段 2 0 は、発熱部材 3 0 を加熱する第一のマイクロ波照射と、処理対象物 2 を加熱する第二のマイクロ波照射とを行なう。なお、発熱部材 3 0 を加熱する、とは、例えば、発熱部材 3 0 のみを加熱することであってもよく、発熱部材 3 0 を処理対象物 2 よりも強く加熱することであってもよい。また、処理対象物 2 を加熱する、とは、例えば、処理対象物 2 のみを加熱することであってもよく、処理対象物 2 を発熱部材 3 0 よりも強く加熱することであってもよい。ただし、第一のマイクロ波照射は、処理対象物 2 の加熱も行なう加熱であることが好ましい。

10

【 0 0 5 5 】

第一のマイクロ波照射とは、例えば、マイクロ波照射による発熱部材 3 0 の発熱が、処理対象物 2 の発熱よりも大きくなるマイクロ波照射である。第一のマイクロ波照射は、発熱部材 3 0 の発熱が支配的となるマイクロ波照射と考えてもよい。ここでの発熱は、例えば、発熱量と考えてもよい。また、ここでの発熱部材 3 0 の発熱は、処理対象物 2 が、マイクロ波によって発熱した発熱部材 3 0 から受取る熱量と考えてもよい。

【 0 0 5 6 】

第二のマイクロ波照射とは、例えば、マイクロ波照射による処理対象物 2 の発熱が、発熱部材 3 0 の発熱よりも大きくなるマイクロ波の照射である。第二のマイクロ波照射は、処理対象物 2 の発熱が支配的となるマイクロ波の照射と考えてもよい。ここでの発熱は、処理対象物 2 が、マイクロ波によって直接受取る熱量や加熱量と考えてもよい。

20

【 0 0 5 7 】

本実施の形態においては、マイクロ波照射手段 2 0 が、第一のマイクロ波照射を行なう 1 または 2 以上の第一照射部 2 0 1 と、第二のマイクロ波照射を行なう 1 または 2 以上の第二照射部 2 0 2 とを有している場合について説明する。

【 0 0 5 8 】

第一照射部 2 0 1 は、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、発熱部材 3 0 が設けられている部分に対してマイクロ波を照射することで、発熱部材 3 0 を加熱する第一のマイクロ波照射を行なう。つまり、第一照射部 2 0 1 が行なう第一のマイクロ波照射は、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、発熱部材 3 0 が設けられている部分に対するマイクロ波の照射である。なお、第一のマイクロ波照射においては、処理対象物 2 においても発熱も起こるようにすることが好ましい。例えば、第一照射部 2 0 1 が行なう第一のマイクロ波照射は、照射されたマイクロ波の一部の吸収による発熱部材 3 0 の発熱と、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波の一部の吸収による処理対象物 2 の発熱とが起こるマイクロ波照射であって、発熱部材 3 0 の発熱が、処理対象物 2 の発熱よりも大きくなるマイクロ波照射である。第一のマイクロ波照射は、発熱部材 3 0 の発熱による処理対象物 2 に対する外側からの加熱が、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波による処理対象物の直接加熱よりも高くなるような発熱部材 3 0 に対するマイクロ波の照射である。例えば、発熱部材 3 0 の材質や厚さ等は、発熱部材 3 0 で吸収されたマイクロ波および発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波によって、処理対象物 2 等が上記のように加熱されるように設定することが好ましい。

30

40

【 0 0 5 9 】

また、第二照射部 2 0 2 は、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、発熱部材 3 0 が設けられていない部分に対してマイクロ波を照射することで、処理対象物 2 を加熱する第二のマイクロ波照射を行なう。つまり、第二照射部 2 0 2 が行なう第二のマイクロ波照射は、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、発熱部材 3 0 が設けられていない部分に対するマイクロ波の照射である。第二照射部 2 0 2 が行なう第二のマイクロ波照射においては、マイクロ波を照射する位置に発熱部材 3 0 が設けられていないため、発熱部材 3 0 等の発熱によって、処理対象物 2 が外側から加熱されることがない。これにより、マイクロ波照射による処理対象物 2 の直接加熱が、マイクロ波照射された発熱部材 3 0 等による処理対象物 2 の外側からの加熱よりも高くなる。

50

【 0 0 6 0 】

なお、以下、本実施の形態においては、一例として、図 1 に示すように、マイクロ波処理装置 1 が、3 つの第一照射部 2 0 1 と 3 つの第二照射部 2 0 2 とを有している場合を例に挙げて示しているが、それぞれの数は問わない。ここでは、説明の便宜上、3 つの第一照射部 2 0 1 を、容器 1 0 の入口 1 0 1 a 側から順番に、第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c と表し、3 つの第二照射部 2 0 2 を、容器 1 0 の入口 1 0 1 a 側から順番に、第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c と表している。マイクロ波照射手段 2 0 が有する 1 または 2 以上の第一照射部 2 0 1 と 1 または 2 以上の第二照射部 2 0 2 は、マイクロ波の出力（例えば、ワット数等）を個別に変更可能なものであることが好ましい。例えば、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 は、後述する制御手段 5 0 からの制御信号等に応じて出力が制御される。なお、図 1 に示すように、複数の発熱部材 3 0 が配列されているマイクロ波処理装置 1 においては、第一照射部 2 0 1 は、各発熱部材 3 0 にマイクロ波を直接照射可能な位置に 1 以上ずつ設けることが好ましく、第二照射部 2 0 2 は、例えば、各発熱部材 3 0 間の領域、最も入口 1 0 1 a 側の発熱部材 3 0 と入口 1 0 1 a との間の領域、および最も出口 1 0 1 b 側の発熱部材 3 0 と出口 1 0 1 b との間の領域のうちの少なくとも 1 以上の領域のそれぞれに対して、マイクロ波を直接照射可能な位置に 1 以上ずつ設けることが好ましい。

10

【 0 0 6 1 】

各第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 は、例えば、マイクロ波発振器 2 0 0 1 と、マイクロ波発振器 2 0 0 1 が発生するマイクロ波を伝送して容器 1 0 内にマイクロ波を照射する伝送部 2 0 0 2 とを備えている。マイクロ波発振器 2 0 0 1 は、どのようなマイクロ波発振器 2 0 0 1 であってもよく、例えば、マイクロトロンや、クライストロン、ジャイロトロン等であってもよく、半導体型発振器等であってもよい。各マイクロ波発振器 2 0 0 1 が出射するマイクロ波の周波数や強度等は問わない。各マイクロ波発振器 2 0 0 1 が出射するマイクロ波の周波数は、例えば、9 1 5 M H z であっても良く、2 . 4 5 G H z であってもよく、5 . 8 G H z であってもよく、その他の 3 0 0 M H z から 3 0 0 G H z の範囲内の周波数であっても良く、その周波数は問わない。伝送部 2 0 0 2 は、例えば、導波管や、マイクロ波を伝送する同軸ケーブル等である。

20

【 0 0 6 2 】

各第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 は、例えば、容器 1 0 に取付けられ、容器 1 0 内にマイクロ波を照射する。例えば、各第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 は、伝送部 2 0 0 2 のマイクロ波発振器 2 0 0 1 が取付けられていない端部が、容器 1 0 の壁面等に設けられた開口部 1 0 2 に取付けられ、この開口部 1 0 2 を通じて、マイクロ波発振器 2 0 0 1 が出射して、伝送部 2 0 0 2 を伝送されたマイクロ波が、容器 1 0 内に照射される。伝送部 2 0 0 2 の開口部 1 0 2 に取付けられる端部には、さらに、伝送部 2 0 0 2 を伝送されたマイクロ波を照射するためのアンテナ（図示せず）等を設けるようにしてもよい。また、開口部 1 0 2 は、マイクロ波透過性の高い P T F E（ポリテトラフルオロエチレン）等のフッ素化ポリマー、ガラス、ゴム、およびナイロン等の材料の板等で塞がれていてもよい。第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 は、マイクロ波を容器 1 0 内に照射可能なものであれば、上記以外のものであっても良い。

30

40

【 0 0 6 3 】

各第一照射部 2 0 1 は、容器 1 0 内の、処理対象物 2 の移動経路 2 a の各発熱部材 3 0 が配置されている部分に対してマイクロ波が照射されるよう、容器 1 0 に取付けられている。ここでの部分とは領域と考えてもよい。例えば、各第一照射部 2 0 1 の伝送部 2 0 0 2 の端部が、容器 1 0 の壁面の、移動経路 2 a の各発熱部材 3 0 が配置されている部分に対面する位置に設けられた開口部 1 0 2 にそれぞれ取付けられている。ここでは、一の発熱部材 3 0 が配置されている部分について設けられた一の開口部 1 0 2 に、一つの第一照射部 2 0 1 が設けられている例を示しているが、複数の第一照射部 2 0 1 が、一の発熱部材 3 0 が配置されている部分について設けられた複数の開口部 1 0 2 にそれぞれ取付けられていてもよい。

50

【 0 0 6 4 】

各第二照射部 2 0 2 は、容器 1 0 内の、処理対象物 2 の移動経路 2 a の各発熱部材 3 0 が配置されてない部分に対してマイクロ波が照射されるよう、容器 1 0 に取付けられている。具体的には、複数の各第二照射部 2 0 2 は、発熱部材 3 0 同士の間部分と、移動経路 2 a の最も後方に配置された発熱部材 3 0 と容器 1 0 の出口 1 0 1 b との間部分とに対してそれぞれマイクロ波が照射されるよう取付けられている。例えば、各第二照射部 2 0 2 の伝送部 2 0 0 2 の端部が、容器 1 0 の壁面の、移動経路 2 a の発熱部材 3 0 が設けられていない部分に対面する位置に設けられた開口部 1 0 2 にそれぞれ取付けられている。ここでは、発熱部材 3 0 が設けられていない一の部分に対して設けられた一の開口部 1 0 2 に、1 つの第一照射部 2 0 1 が設けられている例を示しているが、複数の第一照射部 2 0 1 が、発熱部材 3 0 が設けられていない一の部分について設けられた複数の開口部 1 0 2 にそれぞれ取付けられていてもよい。

10

【 0 0 6 5 】

ここでは、各第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 が照射するマイクロ波は、同じ周波数のマイクロ波であるとする。ただし、複数の第一照射部 2 0 1 および複数の第二照射部 2 0 2 のうちの 1 以上が、他と異なる周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。

【 0 0 6 6 】

容器 1 0 内には、処理対象物の状況や、容器内の状況等の情報を取得する 1 以上のセンサ 4 0 が設けられている。センサ 4 0 は、どのような状況の情報を取得するセンサであってもよい。例えば、容器内の温度の情報を取得する温度センサであってもよく、容器内の湿度の情報等を取得する湿度センサ等であってもよい。あるいはマイクロ波による内部での放電を検知するセンサ等であってもよい。

20

【 0 0 6 7 】

ここでは、センサ 4 0 が放射温度計であり、容器 1 0 内に、6 つのセンサ 4 0 が設置されている場合を例に挙げて説明する。ここでは、説明の便宜上、6 つのセンサ 4 0 を、容器 1 0 の入口 1 0 1 a 側から順番に、センサ 4 0 a ~ 4 0 f と表している。放射温度計とは、物体から放射される赤外線や可視光線の強度を測定することで物体の温度を測定する温度計である。ここでは、放射温度計であるセンサ 4 0 a ~ 4 0 c は、各発熱部材 3 0 が設けられている領域から出る直前の処理対象物 2 の温度を測定するために、移動経路 2 a の発熱部材 3 0 が設けられている領域内の、出口 1 0 1 b 側の近傍となる位置に設置されている。具体的には、センサ 4 0 a ~ 4 0 c は、それぞれ、水平方向の位置が発熱部材 3 0 a ~ 3 0 c の出口 1 0 1 b 側近傍となるよう容器 1 0 に取付けられている。なお、ここでは、図示していないが、一例として、発熱部材 3 0 a ~ 3 0 c の、センサ 4 0 a ~ 4 0 c と、処理対象物 2 との間となる部分には、処理対象物 2 の温度を検出できるようにするための水平方向に伸びるスリット等の開口部が設けられているものとする。また、残りの放射温度計であるセンサ 4 0 d ~ 4 0 f は、各発熱部材 3 0 が設けられていない領域から出る直前の処理対象物 2 の温度を測定するために、移動経路 2 a の発熱部材 3 0 が設けられていない領域内の、出口 1 0 1 b 側の近傍となる位置に設置されている。具体的には、センサ 4 0 d ~ 4 0 e は、それぞれ、容器 1 0 の、水平方向の位置が、各発熱部材 3 0 b ~ 3 0 c よりも処理対象物 2 の移動方向において手前となる位置に取付けられており、センサ 4 0 f は、出口 1 0 1 b の手前となる位置に取付けられている。ここではセンサ 4 0 は、例えば、処理対象物 2 から、移動経路 2 a に対して直交する方向に放射される赤外線等の強度を測定して、温度の情報を取得する。ただし、センサ 4 0 が取付けられている位置は、他の位置であってもよい。センサ 4 0 は、例えば、容器 1 0 の壁面に設けられた開口部等に取り付けられている。なお、前駆体繊維は、例えば、何千本の繊維が燃られて厚さが 1 mm 程度の一本の繊維となっているため、処理対象物 2 が前駆体繊維である場合、その表面温度は、前駆体繊維の内部の温度と同じとみなしてもよい。

30

40

【 0 0 6 8 】

制御手段 5 0 は、マイクロ波照射手段 2 0 が照射するマイクロ波を制御する。例えば、制御手段 5 0 は、マイクロ波照射手段 2 0 が照射するマイクロ波の出力を制御する。例えば

50

、制御手段 50 は、センサ 40 が取得する情報に応じてマイクロ波照射手段 20 が照射するマイクロ波の出力を制御する。

【0069】

ここでは、具体的には、制御手段 50 は、各発熱部材 30 が配置されている領域の出口 101b 側に配置されているセンサ 40 が取得する温度の情報を用いて、移動経路 2a の各発熱部材 30 が配置されている領域に対してマイクロ波を照射する第一照射部 201 が照射するマイクロ波の出力をフィードバック制御する。また、制御手段 50 は、各発熱部材 30 が配置されていない領域の出口 101b 側に配置されているセンサ 40 が取得する温度の情報を用いて、移動経路 2a の各発熱部材 30 が配置されていない領域に対してマイクロ波を照射する第二照射部 202 が照射するマイクロ波の出力をフィードバック制御する。ここでの発熱部材 30 が配置されている領域や発熱部材 30 が配置されていない領域とは、例えば、移動経路 2a に対して垂直な仮想の面で区切られた領域である。例えば、センサ 40a が取得する温度が、第一の閾値よりも高い場合、制御手段 50 は、対応する第二照射部 202a が照射するマイクロ波の出力を下げ、第二の閾値よりも低い場合は、照射するマイクロ波の出力を上げる。ここでの第一閾値は、第二の閾値よりも高い値であるとする。

10

【0070】

なお、制御手段 50 が行なう制御は、フィードバック制御以外の制御であってもよい。また、制御手段 50 が、どのセンサ 40 が取得する情報に応じて、どの照射部の出力を制御するかは問わない。例えば、制御手段 50 は、複数のセンサ 40 の出力に応じて、1 以上の照射部の出力を制御してもよい。また、制御手段 50 は、1 のセンサ 40 の出力に応じて、複数の照射部の出力を制御してもよい。

20

【0071】

また、1 以上のセンサ 40 により、1 以上の発熱部材 30 や、一の発熱部材 30 の異なる位置における温度等の、発熱部材 30 の状況を示す情報を取得し、この状況を示す情報を用いて、制御手段 50 が、1 以上の照射部の出力を制御（例えば、フィードバック制御等）してもよい。例えば、各発熱部材 30 の温度の情報を取得する各センサ 40 が取得した各発熱部材 30 の温度の情報をを用いて、各発熱部材 30 に対してそれぞれ行なわれる第一のマイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御してもよい。

【0072】

30

また、センサ 40 の一部を、発熱部材 30 の、第一のマイクロ波照射が行なわれる部分の温度の情報を取得する第一のセンサとして設け、センサ 40 の一部を、処理対象物 2 の、第二のマイクロ波照射が行なわれる部分の温度の情報を取得する第二のセンサとして設け、制御手段 50 が、第一のセンサが取得する温度の情報を用いて、第一のマイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御し、第二のセンサが取得する温度の情報を用いて、第二のマイクロ波照射に用いられるマイクロ波の出力をフィードバック制御するようにしてもよい。例えば、発熱部材 30a ~ 30c の、センサ 40a ~ 40c と処理対象物 2 との間となる部分にスリット等を設けないようにして、第一のセンサであるセンサ 40a ~ 40c が発熱部材 30a ~ 30c の温度の情報を取得するようにし、制御手段 50 が、センサ 40a ~ 40c がそれぞれ取得した発熱部材 30a ~ 30c の温度の情報をを用いて、第一照射部 201a ~ 201c がそれぞれ照射するマイクロ波の出力をフィードバック制御するとともに、第二のセンサ 40d ~ 40f がそれぞれ取得した発熱部材 30 が設けられていない領域の処理対象物 2 の温度の情報をを用いて、第二照射部 202a ~ 202c が照射するマイクロ波の出力をフィードバック制御するようにしてもよい。このようにすることで、第一のマイクロ波照射による発熱部材 30 の加熱と、第二のマイクロ波照射による処理対象物 2 の加熱とを適切に制御することが可能となる。

40

【0073】

搬送手段 60 は、容器 10 内において処理対象物 2 を搬送する手段である。搬送手段 60 は、容器 10 内に設けられていてもよく、容器 10 外に設けられていてもよい。ここでは、一例として、搬送手段 60 が、容器 10 の入口 101a 側において、処理対象物 2 であ

50

る前駆体繊維が巻付けられたリール 6 1 を回転可能に保持する保持部 6 2 と、処理対象物 2 の移動方向を変更して、処理対象物 2 を入口 1 0 1 a から容器 1 0 内に送り込むローラ 6 3 と、容器 1 0 の出口 1 0 1 b から出てくる処理対象物 2 の移動方向を変更するローラ 6 4 と、ローラ 6 4 で移動方向が変更された処理対象物 2 を巻き取る巻き取り部 6 5 とを備えている場合を示している。ただし、搬送手段 6 0 としてどのような搬送手段を用いてもよい。また、複数の処理対象物 2 を、容器 1 0 内に移動させる場合、複数の搬送手段 6 0 を有していても良い。

【 0 0 7 4 】

次に、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 の動作について具体例を挙げて説明する。ここでは、マイクロ波処理装置 1 を用いて、処理対象物 2 である P A N 系前駆体繊維の耐炎化処理を行なう場合を例に挙げて説明する。なお、ここでは説明を簡略化するために、図 1 に示したマイクロ波処理装置 1 を用いて説明を行なう。処理対象物 2 は、例えば、幅 5 ~ 1 0 mm 程度、厚さ 1 mm ~ 2 mm 程度の前駆体繊維である。照射するマイクロ波としては、例えば、周波数が、9 1 5 M H z または 2 . 4 5 G H z であり、出力が 6 ~ 2 0 K W のものが用いられる。

10

【 0 0 7 5 】

まず、処理対象物 2 である P A N 系前駆体繊維を、その一端側が、入口 1 0 1 a から容器 1 0 内に入り、円筒形状の発熱部材 3 0 a ~ 3 0 c のそれぞれの内側を通して、出口 1 0 1 b から容器 1 0 の外にでるよう、搬送手段 6 0 にセットする。そして、搬送手段 6 0 により、処理対象物 2 を容器 1 0 内で移動させる。搬送手段 6 0 の搬送速度は、例えば、予め決められた速度に制御する。また、第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c および第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c からマイクロ波の照射を開始する。なお、ここでは、第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c および第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c が照射するマイクロ波の周波数は同じ周波数（例えば、2 . 4 5 G H z ）であるとする。搬送手段 6 0 の搬送速度は、例えば、制御手段 5 0 や図示しない制御手段等により、予め決められた速度に制御する。制御手段 5 0 は、各第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c および第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c が照射するマイクロ波が、予め個別に決められた出力のマイクロ波を照射するよう、各第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c および第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c を制御する。

20

【 0 0 7 6 】

処理対象物 2 の入口 1 0 1 a から容器 1 0 内に入り、発熱部材 3 0 の内側に入った部分は、第一照射部 2 0 1 が照射するマイクロ波の一部を吸収することによって発熱する発熱部材 3 0 からの輻射熱によって外側から加熱されるとともに、第一照射部 2 0 1 から照射されたマイクロ波のうちの発熱部材 3 0 で吸収されずに透過したマイクロ波によって直接加熱される。ここでは、例えば、第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c が照射するマイクロ波を、発熱部材 3 0 a ~ 3 0 c が吸収することによって起こる発熱量が、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波による処理対象物 2 の発熱量よりも十分大きくなるような材質や厚さに設定しているとすると、この発熱部材 3 0 の内側の領域においては、処理対象物 2 に対する加熱は、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波による直接加熱よりも、発熱部材 3 0 による外部からの加熱の方が強くなる。なお、第一照射部 2 0 1 a ~ 2 0 1 c から照射されるマイクロ波の出力は、センサ 4 0 a ~ 4 0 c がそれぞれ取得する処理対象物 2 の温度に応じてフィードバック制御され、処理対象物 2 が所望の範囲の温度となるよう制御される。

30

40

【 0 0 7 7 】

処理対象物 2 の発熱部材 3 0 の内側に入っていた部分が外側に出ると、発熱部材 3 0 の直後の発熱部材 3 0 が設けられていない領域に入り、発熱部材 3 0 を介さずに第二照射部 2 0 2 からマイクロ波の照射を受け、マイクロ波によって発熱する。すなわち、マイクロ波で直接加熱される。この発熱部材 3 0 が設けられていない領域においては、発熱部材 3 0 の発熱による処理対象物の加熱が行われなため、マイクロ波による直接加熱が、発熱部材 3 0 等による外部からの加熱よりも強くなる。なお、第二照射部 2 0 2 a ~ 2 0 2 c から照射されるマイクロ波の出力は、センサ 4 0 d ~ 4 0 f がそれぞれ取得する処理対象物 2 の温度に応じてフィードバック制御され、処理対象物 2 が所望の範囲の温度となるよう

50

制御される。

【 0 0 7 8 】

このようにして、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 により、容器 1 0 内を移動する処理対象物 2 に対して、発熱部材 3 0 からの加熱が強い加熱と、マイクロ波照射による直接加熱が強い加熱とを適宜切り替えて行うことができる。これにより、例えば、処理対象物 2 に対する外側からの加熱と、処理対象物 2 への直接加熱とを適宜切り替えて、処理対象物 2 を外側からの加熱や直接加熱とが偏らないよう均等に加熱すること等が可能となる。

【 0 0 7 9 】

特に、耐炎化処理が行なわれていない P A N 系前駆体繊維においては、マイクロ波が吸収されにくいいため、第一照射部 2 0 1 によって発熱部材 3 0 をマイクロ波照射によって加熱している際にも、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波によって、処理対象物 2 を直接加熱することで、第二照射部 2 0 2 によって処理対象物 2 を加熱する時間を削減することができる。

10

【 0 0 8 0 】

また、加熱によって処理対象物 2 がある温度に達すると、処理対象物 2 の発熱がピークに達し、処理対象物 2 が急激に発熱して、処理対象物 2 が炭化したりして、所望の処理が行えなくなる場合がある。例えば、加熱によって処理対象物 2 である前駆体繊維がある温度に達すると、酸化によって前駆体繊維の発熱がピークに達して、前駆体繊維が炭化してしまう場合がある。特に、第二のマイクロ波照射によって処理対象物 2 を直接加熱によって強く加熱する場合、熱効率がよく、また発熱箇所が一箇所に集中したりすることにより、発熱のピークの直前の温度から短時間で発熱のピークとなる温度まで加熱されるため、発熱のピークの前後における加熱のコントロールが困難となる。このため、第二のマイクロ波照射を行なって処理対象物を加熱している場合において、処理対象物 2 の温度が発熱のピークとなる温度の手前の温度になった時点で、第二のマイクロ波照射から第一のマイクロ波照射に切替わるように発熱部材 3 0 を配置することで、処理対象物 2 の加熱を、発熱部材 3 0 からの輻射熱による加熱として、急速な加熱を抑えて、炭化等を抑えることが可能となる。

20

【 0 0 8 1 】

例えば、図 1 に示すようなマイクロ波処理装置 1 のように、処理対象物 2 を容器 1 0 内において移動させて加熱する場合、移動速度と、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 の数や、配置、出力等により、処理対象物 2 がどの位置に達した時点で、発熱のピークとなるかを予め知ることができる。この位置は実験等で検出してもよい。このため、例えば、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、処理対象物 2 の温度が、発熱のピークとなる位置や、この位置およびその前後を覆う位置に発熱部材 3 0 を配置し、この発熱部材 3 0 に対して第一照射部 2 0 1 からマイクロ波を照射することにより、処理対象物 2 が発熱のピークに達した場合の急激な加熱を避けて、処理対象物 2 を適切に処理することが可能となる。また、この発熱のピークとなる位置を含まない位置においては、適宜、発熱部材 3 0 を配置したり、配置しなかったりすることで、移動する処理対象物 2 に対する第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射との切替えを行なって、処理対象物 2 に対して均等な加熱や、所望の加熱を行なうことができる。なお、処理対象物の発熱のピークとなる温度は、例えば、T G - T D A 測定（熱重量・示差熱測定）等により測定可能である。

30

【 0 0 8 2 】

なお、この具体例における発熱部材 3 0 の数や、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 の数や配置等は一例であり、発熱部材 3 0 の数や、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 の数や配置等は問わない。

【 0 0 8 3 】

以上、本実施の形態においては、容器内において、発熱部材を加熱する第一のマイクロ波照射と、処理対象物を加熱する第二のマイクロ波照射とを行なうようにしたので、マイクロ波を用いて処理対象物を適切に処理することができる。例えば、マイクロ波によって発

50

熱させた発熱部材による処理対象物の外側からの加熱と、マイクロ波によって処理対象物を発熱させることによる直接加熱との組み合わせや比率を制御して、適切な加熱を行なうことができる。

【 0 0 8 4 】

また、第一のマイクロ波照射を第一照射部 2 0 1 で行い、第二のマイクロ波照射を第二照射部 2 0 2 で行うことにより、第一のマイクロ波照射の出力と、第二のマイクロ波照射の出力を個別に制御することが可能となり、処理対象物に対する加熱を細かく制御することができ、高品質な処理結果を得ることができる。

【 0 0 8 5 】

なお、図 2 (d) に示すように、発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の少なくとも一部に、マイクロ波を透過させない非透過部 3 0 3 を設けるようにしてもよい。図 2 (d) は、図 2 (a) で示した筒状の発熱部材 3 0 の内側に、非透過部 3 0 3 を設けた発熱部材 3 0 の例を示すための、処理対象物 2 の移動方向に沿った断面図である。発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の少なくとも一部は、発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の一部であることが好ましいが、発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の全てであってもよい。発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の少なくとも一部は、例えば、図 2 (d) に示すように、円筒形状の発熱部材 3 0 の内側の一部である。複数の発熱部材 3 0 が容器 1 0 内に設けられている場合、ここでの発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側の一部は、複数の発熱部材 3 0 のうちの一以上の処理対象物側の全面であってもよい。非透過部 3 0 3 は、マイクロ波を透過させないとともに、熱伝導性のよい材質で構成することが好ましい。このような非透過部 3 0 3 の材質としては、例えば、グラファイトや金属等が利用可能である。なお、支持体 3 0 2 の一部の代わりに、非透過部 3 0 3 を用いてもよく、この場合も、発熱部材 3 0 の処理対象物 2 側に非透過部 3 0 3 が設けられていると考えてもよい。このような非透過部 3 0 3 を設けることにより、非透過部 3 0 3 を設けた部分においては処理対象物 2 に対してマイクロ波が照射されないようにして、処理対象物 2 の直接加熱を行わないようにできるとともに、発熱部材 3 0 の発熱により、処理対象物 2 を外側から加熱することができる。なお、他の実施の形態においても同様に発熱部材 3 0 の少なくとも一部に非透過部を設けてもよい。

【 0 0 8 6 】

なお、上記において、発熱部材 3 0 の厚さは均等な厚さであってもよく、均等な厚さでなくてもよい。発熱部材 3 0 の厚さが均等な厚さでないということは、異なる厚さの部分が混在していることも含む概念である。発熱部材 3 0 の厚さは、発熱部材 3 0 の加熱媒体 3 0 1 の厚さと考えてもよい。例えば、発熱部材 3 0 の厚さは、発熱部材 3 0 の長手方向や、処理対象物 2 の移動方向において均等な厚さであってもよく、均等な厚さでなくてもよい。例えば、容器 1 0 内に複数の発熱部材 3 0 が配置される場合、複数の発熱部材 3 0 のうちの 1 以上（ただし、全部を除く）の厚さが、他の発熱部材 3 0 とは異なる厚さであってもよい。この場合、複数の発熱部材 3 0 のそれぞれの厚さは、長手方向や処理対象物 2 の移動方向において均一な厚さであってもよい。かかることは、以下においても同様である。

【 0 0 8 7 】

例えば、上記の図 1 に示したようなマイクロ波処理装置において、処理対象物 2 の移動経路 2 a の、発熱部材 3 0 が設けられていない部分に対して行なうマイクロ波照射を第二のマイクロ波照射とする代わりに、発熱部材 3 0 が設けられていない 1 以上の部分に、発熱部材 3 0 よりも厚さの薄い第二の発熱部材（図示せず）を設け、この第二の発熱部材に対して第二照射部 2 0 2 から行なうマイクロ波照射を、第二のマイクロ波照射としてもよい。第二の発熱部材の厚さを薄くすることで、照射されるマイクロ波の浸透深さが変化するため、第二の発熱部材の厚さを調節することで、第二の発熱部材に照射されるマイクロ波の第二の発熱部材による吸収を低減して、第二の発熱部材を透過するマイクロ波を増加させて、処理対象物 2 を第二の発熱部材よりも強く加熱することができる。また、この場合、第二の発熱部材の発熱によって、処理対象物 2 を外側からも加熱できる。

【 0 0 8 8 】

なお、複数の発熱部材 30 について、その 1 以上の厚さを他の発熱部材 30 とは異なる厚さとしてもよい。これにより、発熱部材 30 で吸収されるマイクロ波を、発熱部材 30 の厚さによって変更して、第一のマイクロ波照射による、発熱部材 30 の加熱と、発熱部材 30 の加熱との割合を変更することが可能となる。かかることは、第二の発熱部材 30 を用いた第二のマイクロ波照射においても同様である。また、かかることは、以下においても同様である。

【0089】

また、上記において、発熱部材 30 の材質を、発熱部材 30 の長手方向や、処理対象物 2 の移動方向において同じ材質としてもよく、異なる材質としてもよい。異なる材質とは、組成や成分、材料比等が異なる材質であってもよい。発熱部材 30 が異なる材質であるということは、異なる材質の部分が混在していることも含む概念である。ここでの発熱部材 30 の材質は、発熱部材 30 の加熱媒体 301 の材質と考えてもよい。例えば、容器 10 内に複数の発熱部材 30 が配置される場合、複数の発熱部材 30 のうちの 1 以上の材質（ただし、全部を除く）が、他の発熱部材 30 とは異なる材質であってもよい。また、3 以上の発熱部材 30 が、3 以上の異なる材質の発熱部材 30 で構成されていてもよい。この場合、複数の発熱部材 30 のそれぞれの材質は、均一な材質であってもよい。かかることは、以下においても同様である。

【0090】

例えば、上記の図 1 に示したようなマイクロ波処理装置において、処理対象物 2 の移動経路 2a の、発熱部材 30 が設けられていない部分に対して行なうマイクロ波照射を第二のマイクロ波照射とする代わりに、発熱部材 30 が設けられていない 1 以上の部分に、発熱部材 30 とは材質が異なる第二の発熱部材（図示せず）を設け、この第二の発熱部材に対して第二照射部 202 から行なうマイクロ波照射を、第二のマイクロ波照射としてもよい。第二の発熱部材の組成を変えることで、照射されるマイクロ波の浸透深さ等が変化するため、第二の発熱部材の組成を選択することで、第二の発熱部材に照射されるマイクロ波の第二の発熱部材による吸収を低減して、第二の発熱部材を透過するマイクロ波を増加させて、処理対象物 2 を第二の発熱部材よりも強く加熱することができる。また、この場合、第二の発熱部材の発熱によって、処理対象物 2 を外側からも加熱できる。

【0091】

なお、複数の発熱部材 30 について、その 1 以上の材質を他の発熱部材 30 とは異なる材質としてもよい。これにより、発熱部材 30 で吸収されるマイクロ波を、発熱部材 30 の材質によって変更して、第一のマイクロ波照射による、発熱部材 30 の加熱と、発熱部材 30 の加熱との割合を変更することが可能となる。かかることは、第二の発熱部材 30 を用いた第二のマイクロ波照射においても同様である。また、かかることは、以下においても同様である。

【0092】

なお、発熱部材 30 や第二の発熱部材の材質および厚さの組合せを変えてもよいことはいうまでもない。

【0093】

また、上記においては、処理対象部 2 が移動する例について説明したが、処理対象部 2 が容器 10 内を移動しないようにし、処理対象物 2 を、容器 10 内に静置できるようにしてもよい。かかることは、他の実施の形態においても同様である。なお、移動が不要な場合、搬送手段 60 は省略してもよい。

【0094】

（第一の変形例）

図 3 は、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 の第一の変形例を示す図である。この第一の変形例のマイクロ波処理装置 1 は、発熱部材 30 が筒形状を有するマイクロ波処理装置 1 において、発熱部材 30 の内側に酸素を供給するためのガス供給手段 70 をさらに設けたものである。ガス供給手段 70 は、酸素ボンベや、酸素発生器等の酸素を供給する供給部 701 と、例えば、一端が発熱部材 30 の内側に開口するよう発熱部材 30 と取り付け

10

20

30

40

50

られ、他端が供給部 701 と接続された酸素を供給する管 702 と、この管 702 の経路に挿入された酸素の供給量を調節するバルブ 703 とを備えている。管 702 の一端が発熱部材 30 に取り付けられる位置は問わない。このバルブ 703 は、例えば、制御手段 50 等によって制御されてもよく、ユーザの操作等に応じて制御されるようにしても良い。ここでの酸素を供給する、ということは、例えば、容器 10 内の空気等の気体よりも酸素濃度が高い気体（例えば、空気に酸素を加えた気体）等を供給することも含む概念である。なお、複数のガス供給手段 70 が、一の供給部 701 を共用してもよい。また、供給部 701 の代わりに外部の供給部（図示せず）等を用いる場合等においては、ガス供給手段 70 は、供給部 701 を有していなくても良い。

【0095】

なお、発熱部材 30 の内側に供給された酸素が、発熱部材 30 の外側に逃げにくくするために、発熱部材 30 の処理対象物 2 が出入りする両端は、処理対象物 2 を出入り可能とするための開口部を除いて塞ぐようにしても良い。

【0096】

また、ここでは、ガス供給手段 70 を、複数の発熱部材 30 の全てに対して個別に設けた場合について説明したが、ガス供給手段 70 を、複数の発熱部材 30 の一部にだけ設けるようにしても良い。

【0097】

このように、ガス供給手段 70 によって、発熱部材 30 内に酸素を供給することで、酸素濃度を制御して、マイクロ波処理装置 1 において行われる処理を適切に制御することが可能となる。例えば、処理対象物に応じて酸素を供給することで、処理時間の短縮や処理の均一化を促進することが可能となる。

【0098】

なお、かかるガス供給手段 70 を設けてもよいことは、他の実施の形態の筒形状の発熱部材等を有するマイクロ波処理装置においても同様である。

【0099】

また、上記において、ガス供給手段 70 は、酸素以外の所定のガスを供給するようにしてもよい。例えば、所定のガスは、窒素ガスや、アルゴンガス等の希ガスや、水素ガスや、これらの 1 以上の組合せである。ここでの所定のガスを供給する、ということは、例えば、容器 10 内の空気等の気体よりも所定のガスの濃度が高い気体（例えば、空気に所定のガスを加えた気体）等を供給することも含む概念である。ガス供給手段 70 の構成は、例えば、供給部 701 が供給するガスが所定のガスである点を除けば上記と同様である。なお、容器 10 内が空気以外のガスで満たされている場合、ガス供給手段 70 が供給するガスは空気であってもよい。また、異なる発熱部材 30 に接続されているガス供給手段 70 がそれぞれ供給するガスは、同じガスであってもよく、異なるガスであってもよい。また、異なる発熱部材 30 に接続されているガス供給手段 70 がそれぞれ供給するガスは所定の濃度が異なるガスであってもよく、組成比が異なるガスであってもよい。

【0100】

（第二の変形例）

図 4（a）および図 4（b）は、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 の第二の変形例を示す図である。この第二の変形例のマイクロ波処理装置 1 は、図 4（a）および図 4（b）に示すように、発熱部材として、発熱部材 30 の代わりに、処理対象物 2 の容器内における搬送を補助する部材であって、処理対象物 2 に接触する部分を有しており、この処理対象物 2 に接触する部分にマイクロ波を吸収して発熱する加熱媒体を有するローラやベルト等の部材を用いるようにしたものである。なお、図 4（a）および図 4（b）においては、容器 10 a および容器 10 b は、容器 10 に相当する容器である。なお、ここでは説明を省略しているが、図 4（a）および図 4（b）に示したマイクロ波処理装置 1 の変形例も、図 1 に示した制御手段 50 と同様の制御手段やセンサ 40 と同様のセンサを有していても良く、センサの出力に応じて、マイクロ波の出力のフィードバック制御等を行なうようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

例えば、図 4 (a) においては、移動経路 2 a が容器 1 0 a の外側に設けられた複数のローラ 1 1 で多層状に折り返された経路となっており、容器 1 0 a は、この移動経路 2 a の折り返しの部分以外の部分を覆う形状を有しており、移動経路 2 a の折り返しの部分近傍に、それぞれ、処理対象物 2 が出し入れするための複数の入口 1 0 1 a と、出口 1 0 1 b とが設けられている。ローラ 1 1 のサイズ等は問わない。また、図 4 においては、容器 1 0 a は、移動経路 2 a を複数の領域に区切るように設けられた 2 つのキャビティ 1 1 0 a および 1 1 0 b を有しており、複数の入口 1 0 1 a および出口 1 0 1 b は、それぞれの各キャビティ 1 1 0 a および 1 1 0 b の処理対象物 2 が出入りする開口部として設けられている。

10

【 0 1 0 2 】

キャビティ 1 1 0 a 内には、上述したような加熱媒体を表面に有する発熱部材である複数のベルト 3 2 a が、移動経路 2 a を移動する処理対象物 2 を上下等から挟み込んで接触するよう、ローラ 3 3 に架け渡されている。ベルト 3 2 a の材質は、例えば、マイクロ波を一部透過可能な材質であるとする。そして、上述した第一照射部 2 0 1 が、移動経路 2 a のベルト 3 2 a に挟み込まれた部分に対してマイクロ波を照射するように設けられている。ベルト 3 2 は、例えば、ローラ 3 3 がモータ等によって回転することで、隣接する移動経路 2 a の移動方向に移動する。なお、ベルト 3 2 a として、全体が、マイクロ波によって発熱するベルトを用いてもよい。例えば、上述したような加熱媒体等を含む材料をベルト 3 2 a の材料として用いてもよい。ベルト 3 2 a の素材としては、耐熱性樹脂や、グラ

20

【 0 1 0 3 】

また、キャビティ 1 1 0 b 内には、複数のベルト 3 2 b が、移動経路 2 a を移動する処理対象物 2 を上下等から挟み込んで接触するよう、ローラ 3 3 に架け渡されている。このベルト 3 2 b の材質は、マイクロ波透過性が高い材質である。また、このベルト 3 2 b は、表面に、上述したような加熱媒体を有していないものとする。そして、上述した第二照射部 2 0 2 が、移動経路 2 a のベルト 3 2 b に挟み込まれた部分に対してマイクロ波を照射するように設けられている。ベルト 3 2 b は、例えば、ローラ 3 3 がモータ等によって回

30

【 0 1 0 4 】

なお、ベルト 3 2 a および 3 2 b の、処理対象物 2 を挟み込んでいる部分は、ローラ 3 3 の近傍部分以外が処理対象物 2 に接触するよう設けられている。ただし、部分的には接触していない箇所があってもよい。

【 0 1 0 5 】

ベルト 3 2 a は、処理対象物 2 に接することによって搬送を補助して、処理対象物 2 に処理中にたるみが生じて、処理対象物 2 が切れたり、加熱が不均一になったりすることを防止する。また、キャビティ 1 1 0 a 内においては、マイクロ波の照射によってベルト 3 2 a の表面が発熱して、発熱により発生する輻射熱で、ベルト 3 2 近傍の処理対象物を加熱

40

【 0 1 0 6 】

また、ベルト 3 2 b は、ベルト 3 2 a と同様に、処理対象物 2 に接することによって搬送を補助して、処理対象物 2 に処理中にたるみが生じて、処理対象物 2 が切れたり、加熱が不均一になったりすることを防止する。また、キャビティ 1 1 0 b 内のベルト 3 2 b の表面は、マイクロ波の照射によりほとんど発熱せず、ベルト 3 2 b を透過したマイクロ波で処理対象物 2 が直接加熱されることとなるため、第二照射部 2 0 2 により上述したような第二のマイクロ波照射を行なうことができる。

50

【 0 1 0 7 】

なお、ベルト 3 2 b を用いる代わりに、ベルト 3 2 b を省略して、このベルト 3 2 b が省略された部分にマイクロ波を照射することで、第二のマイクロ波照射を行なうようにしても良い。

【 0 1 0 8 】

また、ここでは、容器 1 0 が二つのキャビティ 1 1 0 a および 1 1 0 b を有している場合について説明したが、容器 1 0 が有するキャビティ数は、1 または 2 以上であればよく、その数は問わない。また、各キャビティのサイズ等は問わない。また、第一照射部 2 0 1 によりマイクロ波を照射するキャビティと、第二照射部 2 0 2 によりマイクロ波を照射するキャビティとの数や、その移動経路 2 a に沿った配置順序等は問わない。また、容器 1 0 が有する複数のキャビティ同士は、接続されて配置されていてもよく、分離して配置されていてもよい。例えば、同じ処理対象物 2 に対して上記のような処理を行なうために接続して配置された複数のキャビティや、分離して配置された複数のキャビティを、一の容器 1 0 と考えてもよい。また、一のキャビティから外部に移動した処理対象物 2 を、再度、同じキャビティ内に戻すようにしてもよい。なお、容器 1 0 が、2 以上のキャビティを有していても良いことは、図 4 (a) に示したマイクロ波処理装置以外のマイクロ波処理装置についても同様である。

10

【 0 1 0 9 】

また、図 4 (a) に示したマイクロ波処理装置 1 において、容器 1 0 として、複数のキャビティに区切られていない容器を用いるようにし、この容器 1 0 内において、上記のような 1 以上のベルト 3 2 a および 3 2 b を設け、ベルト 3 2 a に 1 以上の第一照射部 2 0 1 から第一のマイクロ波照射を行ない、ベルト 3 2 b に 1 以上の第二照射部 2 0 2 から第二のマイクロ波照射を行なうようにしても良い。

20

【 0 1 1 0 】

なお、ここでの容器 1 0 a の形状や、移動経路 2 a は一例であり、容器 1 0 の形状や、処理対象物 2 の移動経路は、どのような形状や移動経路であってもよい。

【 0 1 1 1 】

また、例えば、図 4 (b) に示すように、表面に加熱媒体を有する複数のローラ 3 1 a を、移動経路 2 a を移動する処理対象物 2 と表面が接するよう配置し、表面に加熱部材を有さず、マイクロ波をほとんど吸収しない複数のローラ 3 1 b を、この複数のローラ 3 1 a が設けられている領域とは異なる領域において、移動経路 2 a を移動する処理対象物 2 と表面が接するよう配置し、移動経路 2 a のローラ 3 1 a が設けられている領域にマイクロ波を照射する第一照射部 2 0 1 を設け、移動経路 2 a のローラ 3 1 b が設けられている領域にマイクロ波を照射する第二照射部 2 0 2 を設け、第一照射部 2 0 1 および第二照射部 2 0 2 からマイクロ波を照射するようにしてもよい。なお、ローラ 3 1 a として、全体が、マイクロ波によって発熱するローラを用いてもよい。例えば、上述したような加熱媒体等を含む材料をローラ 3 1 a の材料として用いてもよい。ローラ 3 1 a の素材としては、耐熱性樹脂や、セラミックス、ガラス、グラファイト等が利用可能である。ベルト 3 2 a 表面の加熱媒体としてはカーボン、SiC、炭素繊維複合材料、珪素化モリブデン、珪素化タングステン等の金属珪素化物等の発熱体や、これらの発熱体の粉末等を含有するセラミック材料等が利用可能である。

30

40

【 0 1 1 2 】

例えば、図 4 (b) においては、移動経路 2 a が容器 1 0 a の外側に設けられた複数のローラ 1 1 により多層状に折り返された経路となっており、容器 1 0 a は、この移動経路 2 a の折り返しの部分以外の部分を覆う形状を有しており、移動経路 2 a の折り返しの部分近傍に、それぞれ、処理対象物 2 が出し入れするための複数の入口 1 0 1 a と、出口 1 0 1 b とが設けられている。ローラ 1 1 のサイズ等は問わない。

【 0 1 1 3 】

複数のローラ 3 1 a は、処理対象物 2 に接することによって搬送を補助して、処理対象物 2 に処理中にたるみが生じて、処理対象物 2 が切れたり、加熱が不均一になったりするこ

50

とを防止する。また、複数のローラ 3 1 a は、上述した加熱部材として用いられることとなり、マイクロ波照射によって表面が発熱して、発熱により発生する輻射熱で、ローラ 3 1 近傍の処理対象物を加熱するとともに、処理対象物 2 のローラ 3 1 が接触する部分を熱伝導により効率よく加熱することができる。これにより、第一照射部 2 0 1 が行なうマイクロ波照射が第一のマイクロ波照射となる。

【0114】

複数のローラ 3 1 b は、処理対象物 2 に接することによって搬送を補助して、処理対象物 2 に処理中にたるみが生じて、処理対象物 2 が切れたり、加熱が不均一になったりすることを防止する。また、複数のローラ 3 1 b は、マイクロ波照射によってほとんど発熱せず、ローラ 3 1 b を透過したマイクロ波で処理対象物 2 が直接加熱されることとなるため、第二照射部 2 0 2 により、上述したような第二のマイクロ波照射を行なうことができる。

10

【0115】

このローラ 3 1 a およびローラ 3 1 b は、モータ（図示せず）等と接続されて自転するものであってもよく、自転しないものであっても良い。また、ローラ 3 1 a およびローラ 3 1 b の数は、1 以上であればよい。

【0116】

なお、ローラ 3 1 b を用いる代わりに、ローラ 3 1 b を省略して、このローラ 3 1 b が省略された部分にマイクロ波を照射することで、第二のマイクロ波照射を行なうようにしても良い。

また、ローラ 3 1 a とローラ 3 1 b との配置や配列順番等は、上記以外の配置や配列順番であってもよい。また、ローラ 3 1 a とローラ 3 1 b との数は問わない。

20

【0117】

また、図 4 (b) に示したような容器 1 0 b の代わりに、図 4 (a) に示したような複数のキャビティを有する容器を用いるようにしてもよい。そして、例えば、キャビティ毎に、第一照射部 2 0 1 または、第二照射部 2 0 2 を取付け、第一照射部 2 0 1 が取付けられたキャビティ内にはローラ 3 1 a を配置し、第二照射部 2 0 2 が取付けられたキャビティ内にはローラ 3 1 b を配置するようにしてもよい。

【0118】

（実施の形態 2）

図 5 は、本実施の形態におけるマイクロ波処理装置を説明するための、処理対象物の移動方向に平行な断面図（図 5 (a)）、同マイクロ波処理装置の発熱部材の図 5 (a) の点 A を通る長手方向に垂直な断面模式図（図 5 (b)）、および同マイクロ波処理装置の発熱部材の点 B を通る長手方向に垂直な断面模式図（図 5 (c)）である。本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 a は、マイクロ波照射手段 2 1 が異なる位置から出力する複数のマイクロ波の位相を制御することで、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なうようにしたものである。

30

【0119】

マイクロ波処理装置 1 a は、容器 1 0 c と、マイクロ波照射手段 2 1 と、発熱部材 3 0 と、1 または 2 以上のセンサ 4 0 と、制御手段 5 1 と、搬送手段 6 0 とを備えている。

【0120】

容器 1 0 c は、マイクロ波照射手段 2 1 が有する後述する 2 以上の照射部 2 0 3 が取付けられることを除けば、上記実施の形態において図 1 に示した容器 1 0 と同様のものである。また、容器 1 0 c としては、上記実施の形態において説明したような容器が利用可能であり、例えば、複数のキャビティを有する容器等も利用可能である。

40

【0121】

容器 1 0 内には、一本の筒形状の発熱部材 3 0 が処理対象物 2 の移動経路 2 a に沿って設けられている場合について説明する。ただし、発熱部材 3 0 は複数であってもよい。なお、発熱部材 3 0 としては、上記実施の形態において説明した発熱部材 3 0 と同様のものが利用可能である。

【0122】

50

マイクロ波照射手段 2 1 は、異なる位置からマイクロ波を照射する 2 以上の照射部 2 0 3 を備えている。マイクロ波照射手段 2 1 は、例えば、容器 1 0 c の壁面の異なる位置に設けられた開口部 1 0 2 に取付けられて、容器 1 0 c 内にマイクロ波を照射する 2 以上の照射部 2 0 3 を備えている。2 以上の照射部 2 0 3 のうちの少なくとも一部は、照射するマイクロ波の位相を制御可能な照射部 2 0 3 である。位相を制御可能な照射部 2 0 3 は、例えば、上記実施の形態において説明したマイクロ波発振器 2 0 0 1 と、伝送部 2 0 0 2 とを備えた照射部 2 0 3 において、さらに、位相を制御可能な移相器（図示せず）を備えたものである。位相を制御可能な照射部 2 0 3 が有するマイクロ波発振器 2 0 0 1 としては、半導体型発振器を用いることが好ましい。位相を制御しない照射部 2 0 3 については、上記実施の形態の第一照射部 2 0 1 や第二照射部 2 0 2 と同様の照射部が利用可能である。ただし、照射するマイクロ波の位相を制御可能な照射部 2 0 3 は、位相が制御可能であれば、どのような構成であってもよい。ここでの位相の制御は、位相を特定の位相に設定することも含むと考えてもよい。

10

【 0 1 2 3 】

本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 a は、2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の位相を制御して、2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波が発熱部材 3 0 において強めあう第一のマイクロ波照射と、2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波が処理対象物 2 において強めあう第二のマイクロ波照射とを行なうものである。例えば、マイクロ波処理装置 1 a は、後述する制御手段 5 1 等によって、個々の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の位相を制御することで、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なう。マイクロ波が強めあう、ということは、例えば、マイクロ波の強度が強めあうことである。例えば、マイクロ波が強めあう、ということは、マイクロ波の電界強度が強めあうことであってもよく、磁界強度が強めあうことであっても良く、その両方であってもよい。例えば、マイクロ波処理装置 1 a は、制御手段 5 1 等を用いて、2 以上の照射部が照射するマイクロ波の位相を制御して、それぞれから照射されるマイクロ波の位相が所望の位置で干渉により強めあうようにする。例えば、マイクロ波処理装置 1 a は、制御手段 5 1 等を用いて、2 以上の照射部が照射するマイクロ波の位相を制御して、それぞれから照射されるマイクロ波の位相が所望の位置で同位相となるようにすることで、マイクロ波を強めあうようにする。マイクロ波を所望の位置で強めあうようにすることは、マイクロ波を所望の位置で集中させることと考えてもよい。また、マイクロ波処理装置 1 a は、所望の位置で干渉により強めあわないようにすることで、マイクロ波を強めないようにする。また、マイクロ波処理装置 1 a は、所望の位置で同位相とならない、例えば、逆移相となるようにすることで、マイクロ波を強めないようにする。複数の位置から照射されるマイクロ波が所望の位置において強めあうようにするためには、照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波がいずれも同じ周波数とした場合、例えば、所望の位置と、マイクロ波を照射するそれぞれの位置との距離を、マイクロ波の波長で除算し、その余りをマイクロ波の波長で除算して 2 を乗算した値だけ基準となる位相に対して進めるように設定してもよい。ただし、どのように、所望の箇所で同位相となるようマイクロ波の位相を制御するかは問わない。なお、マイクロ波の位相を制御してマイクロ波の強度を所望の位置で高める処理等については、例えば、特開 2 0 1 7 - 2 1 2 2 3 7 号公報等により公知であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

20

30

40

【 0 1 2 4 】

2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の位相を制御して行なわれる第一のマイクロ波照射は、例えば、処理対象物 2 の所望の位置においてマイクロ波が強めあわず、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲の 1 以上の部分において、マイクロ波が強めあうように位相を制御したマイクロ波を、容器 1 0 c 内の複数の位置から照射することである。処理対象物 2 の所望の位置の周囲の 1 以上の部分とは、処理対象物 2 の伸びる方向または処理対象物 2 の移動方向に対して垂直方向に位置する 1 以上の部分である。処理対象物 2 の所望の位置は、例えば、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の所望の位置である。かかることは以下においても同様である。また、ここでの第一のマイクロ波照射は、例えば、処理対象

50

物 2 の所望の位置におけるマイクロ波の強度よりも、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲の 1 以上の部分におけるマイクロ波の強度が高くなるよう、位相を制御したマイクロ波を、容器 1 0 c 内の複数の位置から照射することであってもよい。所望の位置の周囲の 1 以上の部分とは、例えば、発熱部材 3 0 の、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の所望の位置において、移動経路 2 a の進行方向に垂直に交わる仮想面と交わる部分の 1 以上の部分である。また、ここでの第一のマイクロ波照射は、例えば、処理対象物 2 の所望の位置においてマイクロ波が強めあうよう、容器 1 0 c 内の複数の位置から位相を制御したマイクロ波を照射し、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲の 1 以上の部分においてマイクロ波が強めあうよう、容器 1 0 c 内の、上記の複数の位置とは異なる複数の位置から位相を制御したマイクロ波を照射するとともに、発熱部材 3 0 において強めあうよう位相を制御して出力されるマイクロ波の出力を、処理対象物 2 において強めあうよう位相を制御して出力されるマイクロ波の出力よりも高くすることであってもよい。

10

【 0 1 2 5 】

また、2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の位相を制御して行なわれる第二のマイクロ波照射は、例えば、処理対象物 2 の所望の位置においてマイクロ波が強めあい、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲において、マイクロ波が強め合わないよう位相を制御したマイクロ波を、容器 1 0 c 内の複数の位置から照射することである。また、ここでの第一のマイクロ波照射は、例えば、処理対象物 2 の所望の位置におけるマイクロ波の強度が、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲の 1 以上の部分におけるマイクロ波の強度よりも高くなるよう、位相を制御したマイクロ波を、容器 1 0 c 内の複数の位置から照射することであってもよい。また、ここでの第二のマイクロ波照射は、例えば、処理対象物 2 の所望の位置においてマイクロ波が強めあうよう、容器 1 0 c 内の複数の位置から位相を制御したマイクロ波を照射し、発熱部材 3 0 の、この所望の位置の周囲の 1 以上の部分においてマイクロ波が強めあうよう、容器 1 0 c 内の、上記の複数の位置とは異なる複数の位置から位相を制御したマイクロ波を照射するとともに、発熱部材 3 0 において強めあうよう位相を制御して出力されるマイクロ波の出力よりも、処理対象物 2 において強めあうよう位相を制御して出力されるマイクロ波の出力を高くすることであってもよい。

20

【 0 1 2 6 】

なお、ここでの第一のマイクロ波照射を行なってマイクロ波を強め合わせる位置と強め合わせる箇所数や、第二のマイクロ波照射を行なってマイクロ波を強め合わせる位置と、強め合わせる箇所数等は問わない。これらの位置や箇所数は、処理対象物 2 等に応じて行なわれる実験結果やシミュレーション結果等に応じて適宜設定するようにしてもよい。

30

【 0 1 2 7 】

また、第一のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 と、第二のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 とは、同じ照射部 2 0 3 であってもよく、異なる照射部 2 0 3 であってもよく、一部だけが同じである照射部 2 0 3 であってもよい。第一のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波と、第二のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波とは、同じ周波数であってもよく、異なる周波数であってもよい。

【 0 1 2 8 】

1 または 2 以上のセンサ 4 0 は、例えば、上記実施の形態のセンサと同様のものである。各センサ 4 0 は、例えば、容器 1 0 c 内の、第一のマイクロ波照射が行なわれる場所の近傍や、第二のマイクロ波照射が行なわれる場所の近傍に設置される。

40

【 0 1 2 9 】

搬送手段 6 0 については、上記実施の形態と同様であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

【 0 1 3 0 】

制御手段 5 1 は、マイクロ波照射手段 2 1 が複数の位置から照射するマイクロ波の位相をそれぞれ制御する。複数の位置から照射するマイクロ波の位相を制御する、ということは、基準になる 1 以上のマイクロ波の位相は制御せず、他のマイクロ波の位相を制御するこ

50

とも含む概念と考えてもよい。制御手段 5 1 は、上記のように、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の 1 または 2 以上の所望の位置において第一のマイクロ波照射が行なわれ、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の、第一のマイクロ波照射が行なわれる位置を除いた 1 または 2 以上の所望の位置において第二のマイクロ波照射が行なわれるよう、マイクロ波照射手段 2 1 が照射するマイクロ波の位相を制御する。例えば、このような第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とが行なわれるよう複数の照射部 2 0 3 がそれぞれ照射するマイクロ波の位相を制御する。また、制御手段 5 1 は、マイクロ波照射手段 2 1 が複数の位置から照射するマイクロ波の出力を個別に制御してもよい。例えば、制御手段 5 1 は、各照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の出力を個別に制御してもよい。例えば、制御手段 5 1 は、所望の位置に第一のマイクロ波照射を行なう照射部 2 0 3 の出力を、この所望の位置近傍に配置されたセンサ 4 0 が出力する温度の情報等に応じてフィードバック制御する。また、例えば、制御手段 5 1 は、所望の位置に第二のマイクロ波照射を行なう照射部 2 0 3 の出力を、この所望の位置近傍に配置されたセンサ 4 0 が出力する温度の情報等に応じてフィードバック制御する。ただし、フィードバック制御以外の制御を行なっても良い。

【 0 1 3 1 】

10

なお、1 または 2 以上の所望の位置においてマイクロ波が強めあうよう、各照射部 2 0 3 の位相を一旦設定した後、変更が不要である場合や、各照射部 2 0 3 の位相の設定を手動で行なう場合等においては、制御手段 5 1 により照射部 2 0 3 が照射する位相を制御しないにしてもよく、位相を制御するための制御手段は設けないようにしてよい。

20

【 0 1 3 2 】

次に、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 a の動作について具体例を挙げて説明する。ここでは、マイクロ波処理装置 1 a を用いて、処理対象物 2 である P A N 系前駆体繊維の耐炎化処理を行なう場合を例に挙げて説明する。なお、ここでは説明を簡略化するために、図 5 (a) に示したマイクロ波処理装置 1 a を用いて説明を行なう。

【 0 1 3 3 】

ここでは、処理対象物 2 が搬送手段 6 0 によって移動経路 2 a に沿って移動しているものとし、図 5 に示す処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の地点 A に対して、第一のマイクロ波照射が行なわれ、地点 B に対して、第二のマイクロ波照射が行なわれているとする。具体的には、制御手段 5 1 は複数の照射部 2 0 3 を制御して、複数の照射部 2 0 3 に、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の地点 A においてマイクロ波が強めあわず、地点 A の周囲の発熱部材 3 0 の 1 以上の部分において、マイクロ波が強めあうように位相を制御したマイクロ波を照射させる。ここでは、例えば、複数の照射部 2 0 3 のうちの、入口 1 0 1 a 側に取付けられた半数から、地点 A において強め合うようマイクロ波が照射させていたとする。つまり、複数の照射部 2 0 3 のうちの、入口 1 0 1 a 側に取付けられた半数によって、第一のマイクロ波照射が行なわれていたとする。また、制御手段 5 1 は複数の照射部 2 0 3 を制御して、複数の照射部 2 0 3 に、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の地点 A においてマイクロ波が強めあい、地点 A の周囲の発熱部材 3 0 の 1 以上の部分において、マイクロ波が強めあわないように位相を制御したマイクロ波を照射させる。ここでは、例えば、複数の照射部 2 0 3 のうちの、出口 1 0 1 b 側に取付けられた半数から、地点 B において強め合うようマイクロ波が照射させていたとする。つまり、複数の照射部 2 0 3 のうちの、出口 1 0 1 b 側に取付けられた半数によって、第二のマイクロ波照射が行なわれていたとする。なお、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射は、上記の地点 A および地点 B 以外の部分においても行なわれているようにしてもよい。

30

40

【 0 1 3 4 】

第一のマイクロ波照射を行なっていることにより、地点 A においては、図 5 (b) に示すように、発熱部材 3 0 の複数の地点（ここでは、一例として四点）において、マイクロ波が強めあう箇所 3 5 が発生する。そして、この箇所 3 5 で強めあうマイクロ波によって、発熱部材 3 0 が発熱し、発熱部材 3 0 の輻射熱によって、処理対象物 2 が外側から加熱される。なお、地点 A において、処理対象物 2 も、複数の照射部 2 0 3 から照射される複数のマイクロ波が完全に打ち消し合って「 0 」とならない限りは、マイクロ波によって直接

50

加熱される。ただし、複数のマイクロ波が強めあう箇所ではないため、発熱量は小さい。

【 0 1 3 5 】

また、第二のマイクロ波照射を行なっていることにより、地点 B においては、図 5 (c) に示すように、処理対象物 2 においてマイクロ波が強めあう箇所 3 5 が発生する。そして、この箇所 3 5 で強めあうマイクロ波によって、処理対象物 2 が直接加熱される。なお、地点 B の周りの発熱部材 3 0 においても、複数の照射部 2 0 3 から照射される複数のマイクロ波が完全に打ち消し合って「 0 」とならない限りは、マイクロ波によって発熱し、この発熱によって、処理対象物 2 は外側からも加熱される。ただし、複数のマイクロ波が強めあう箇所ではないため、発熱量は小さい。

【 0 1 3 6 】

地点 A 近傍に配置されたセンサ 4 0 が取得する温度によって、制御手段 5 1 が、第一のマイクロ波照射を地点 A に対して行なう複数の照射部 2 0 3 の出力をフィードバック制御することで、地点 A の周囲の発熱部材 3 0 において強めあうマイクロ波の出力を増減して、地点 A において、処理対象物 2 に対して所望の温度による加熱を行なうことができる。また、地点 B 近傍に配置されたセンサ 4 0 が取得する温度によって、制御手段 5 1 が、第一のマイクロ波照射を地点 B に対して行なう複数の照射部 2 0 3 の出力をフィードバック制御することで、処理対象物 2 の地点 B において強めあうマイクロ波の出力を増減して、地点 B において、処理対象物 2 に対して所望の温度による加熱を行なうことができる。

【 0 1 3 7 】

例えば、上記実施の形態において説明したように、処理対象物 2 の発熱のピークとなる位置やその近傍において、上記の地点 A と同様に、周囲の発熱部材 3 0 においてマイクロ波が強めあい、処理対象物 2 において強めあわないように位相を制御して第二のマイクロ波照射を行なうことで、処理対象物 2 が発熱のピークに達した場合の急激な加熱を避けて、処理対象物 2 を適切に処理することが可能となる。また、他の位置においては、例えば、処理対象物 2 においてマイクロ波が強めあうようマイクロ波を照射することで、処理対象物 2 を主としてマイクロ波による直接加熱によって効率良く加熱することができ、処理速度を向上させることができる。また、他の位置においては、例えば、処理対象物 2 においてマイクロ波が強めあうようにしたり、発熱部材 3 0 においてマイクロ波が強めあうようにしたりすることで、移動する処理対象物 2 に対し、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを適切に切替えて行なって、処理対象物 2 に対して均等な加熱や、所望の

【 0 1 3 8 】

なお、この具体例における複数の照射部 2 0 3 の配置は一例であり、複数の照射部 2 0 3 の配置や数等は問わない。

また、容器 1 0 内の処理対象物 2 の移動経路 2 a に対する、地点 A のような発熱部材 3 0 においてマイクロ波が強めあうような地点や、地点 B のような処理対象物 2 においてマイクロ波が強めあうような地点や、地点 C のような発熱部材 3 0 と処理対象物 2 との両方でマイクロ波が強めあうような地点のそれぞれの設定数や、それぞれの配置は問わない。マイクロ波処理装置 1 a においては、例えば、移動経路 2 a に対して、発熱部材 3 0 においてマイクロ波が強めあうような地点と、処理対象物 2 においてマイクロ波が強めあうような地点とが、それぞれ少なくとも 1 以上、移動経路 2 a に対して設定されればよい。

【 0 1 3 9 】

以上、本実施の形態の形態によれば、マイクロ波照射手段 2 1 が異なる位置から照射する複数のマイクロ波の位相を制御して、2 以上のマイクロ波が発熱部材 3 0 において強めあう第一のマイクロ波照射と、2 以上のマイクロ波が処理対象物 2 において強めあう第二のマイクロ波照射とを行なうようにしたことにより、マイクロ波を用いて処理対象物 2 を適切に処理することができる。例えば、マイクロ波によって発熱させた発熱部材による処理対象物の外側からの加熱と、マイクロ波によって処理対象物を直接加熱との組み合わせや比率を制御して、適切な加熱を行なうことができる。

【 0 1 4 0 】

10

20

30

40

50

なお、上記においては、センサ 4 0 が取得する温度の情報等に応じて、照射するマイクロ波の出力をフィードバック制御するようにしたが、1 以上のセンサ 4 0 が取得する温度の情報に応じて、マイクロ波照射手段 2 1 が照射するマイクロ波の位相を制御して、第一のマイクロ波照射や第二のマイクロ波照射によってマイクロ波が強めあう位置を、処理対象物 2 の移動経路 2 a に沿って移動させることで、処理対象物 2 に対する加熱を制御してもよい。例えば、上記において、地点 B のセンサ 4 0 が取得した温度が高い場合に、地点 B の位置を、出口側に移動させることで、第二のマイクロ波照射による加熱を行なうタイミングを遅らせるようにしてもよい。

【 0 1 4 1 】

また、上記において、処理対象物 2 の移動経路 2 a 上の同じ位置において、発熱部材 3 0 において強めあうようマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、処理対象物 2 において強めあうようマイクロ波を照射する第二のマイクロ波照射とを、同時に行なうようにしてもよい。また、この場合、第一のマイクロ波照射のマイクロ波の出力と、第二のマイクロ波照射のマイクロ波の出力とを異なる出力しても良い。

10

【 0 1 4 2 】

また、上記実施の形態においては、処理対象物 2 を容器 1 0 内において移動させる場合を例に挙げて説明したが、処理対象物 2 を、容器 1 0 内において移動させないようにするとともに、容器 1 0 c 内に照射される複数のマイクロ波の位相を制御することで、発熱部材 3 0 における第一のマイクロ波照射によってマイクロ波が強めあう位置と、処理対象物 2 における第二のマイクロ波照射によってマイクロ波が強めあう位置とを経時的に移動させることで、発熱部材 3 0 が加熱される位置と、処理対象物 2 が直接加熱される位置とを、経時的に変更するようにしてもよい。このようにすることで、例えば、処理対象物 2 に対して適切な加熱を行なうことができる。

20

【 0 1 4 3 】

なお、上記実施の形態において、マイクロ波照射手段 2 1 が複数の照射部 2 0 3 から照射するマイクロ波の位相を制御した場合に、照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の強度が発熱部材 3 0 において強くなる第一のマイクロ波照射位置と、照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の強度が処理対象物 2 において強くなる第二のマイクロ波照射位置とが、処理対象物 2 の移動経路 2 a に沿って設けられるように、容器 1 0 c を設計することが好ましい。

【 0 1 4 4 】

30

また、上記実施の形態において、マイクロ波照射手段 2 1 が複数の照射部 2 0 3 から照射するマイクロ波の位相を制御しないようにしてもよい。例えば、マイクロ波照射手段 2 1 がマイクロ波を照射する 1 以上の照射部 2 0 3 を備えている場合において、各照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の位相を制御する代りに、容器 1 0 c の設計によって、照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の強度が発熱部材 3 0 において強くなる第一のマイクロ波照射位置と、照射部 2 0 3 が照射するマイクロ波の強度が処理対象物 2 において強くなる第二のマイクロ波照射位置とが、処理対象物 2 の移動経路 2 a に沿って設けられるようにしてもよい。

【 0 1 4 5 】

(実施の形態 3)

40

図 6 は、本実施の形態におけるマイクロ波処理装置を説明するための、処理対象物の移動方向に平行な断面図 (図 6 (a))、図 6 (a) の点 A を通る長手方向に垂直な断面模式図 (図 6 (b))、点 B を通る長手方向に垂直な断面模式図 (図 6 (c))、および点 C を通る長手方向に垂直な断面模式図 (図 6 (d)) である。本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 b は、マイクロ波照射手段 2 2 が異なる周波数のマイクロ波を照射することで、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なうようにしたものである。

【 0 1 4 6 】

マイクロ波処理装置 1 b は、容器 1 0 d と、マイクロ波照射手段 2 2 と、発熱部材 3 0 と、1 または 2 以上のセンサ 4 0 と、制御手段 5 2 と、搬送手段 6 0 とを備えている。

【 0 1 4 7 】

50

容器 10 d は、マイクロ波照射手段 22 が有する照射部が取付けられることを除けば、上記実施の形態において図 1 に示した容器 10 と同様のものである。また、容器 10 d としては、上記実施の形態において説明したような容器が利用可能であり、例えば、複数のキャビティを有する容器等も利用可能である。

【0148】

容器 10 d 内には、一本の筒形状の発熱部材 30 が処理対象物 2 の移動経路 2 a に沿って設けられている場合について説明する。ただし、発熱部材 30 は複数であってもよい。なお、発熱部材 30 としては、上記実施の形態において説明した発熱部材 30 と同様のものが利用可能である。

【0149】

マイクロ波照射手段 22 は、異なる周波数のマイクロ波を照射可能であり、異なる周波数のマイクロ波を照射することで、上述したような第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なう。例えば、マイクロ波照射手段 22 は、発熱部材 30 の発熱が、処理対象物 2 の発熱よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、処理対象物 2 の発熱が、発熱部材 30 の発熱よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第二のマイクロ波照射と、を行なう。例えば、マイクロ波照射手段 22 は、発熱部材 30 で吸収されたマイクロ波が、発熱部材 30 を透過したマイクロ波よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、発熱部材 30 で吸収されたマイクロ波が、発熱部材 30 を透過したマイクロ波よりも小さくなる周波数のマイクロ波を照射する第二のマイクロ波照射と、を行なう。マイクロ波照射手段 22 がこのような第一のマイクロ波照射において照射するマイクロ波の周波数を、以下、第一の周波数と称す。また、マイクロ波照射手段 22 がこのような第二のマイクロ波照射において照射するマイクロ波の周波数を、以下、第二の周波数と称す。

【0150】

例えば、発熱部材 30 を透過するマイクロ波は、照射するマイクロ波の周波数に依存している。例えば、複素誘電率が $\epsilon' = 1.00$ 、 $\epsilon'' = 1.0$ であるような発熱部材 30 を用いた場合、発熱部材 30 内に侵入したマイクロ波の電力が半分となるような電力半減深度は、 915 MHz なら 36.3 mm 、 2.45 GHz なら 13.6 mm となる。そのため発熱部材 30 の厚さを適切な厚さに設定すれば、例えば、 2.45 GHz のマイクロ波を照射した場合、マイクロ波の半分以上、好ましくは大部分は発熱部材 30 に吸収され、炭素繊維の前駆体繊維等の処理対象物 2 にまではマイクロ波が届かなくなる一方、 915 MHz のマイクロ波を照射した場合、照射したマイクロ波の半分以上、好ましくは大部分を、発熱部材 30 を透過させて、炭素繊維の前駆体繊維にマイクロ波を照射することが可能となる。なお、ここでの発熱部材 30 の厚さは、発熱部材 30 の加熱媒体 301 の厚さと考えてもよい。

【0151】

例えば、電気抵抗率が $2.8 \times 10^{-8} \text{ m}$ であるようなアルミニウム等を発熱部材 30 (例えば、発熱部材 30 の加熱媒体 301) として用いた場合、発熱部材 30 内に侵入したマイクロ波の電界強度が $1/e$ となるような表皮深さは、周波数が 915 MHz ならば $2.2 \text{ }\mu\text{m}$ 、 2.45 GHz なら $1.3 \text{ }\mu\text{m}$ である。そのため発熱部材 30 の厚さ (例えば、発熱部材 30 の加熱媒体 301 の厚さ) を、例えば、百 nm 単位程度でコントロールすれば、第一の周波数を 2.45 GHz とした第一のマイクロ波照射ではマイクロ波の大部分が発熱部材 30 に吸収され、炭素繊維の前駆体等の処理対象物 2 までマイクロ波が届かないようにできる一方、第二の周波数を 915 MHz とした第二のマイクロ波照射では発熱部材 30 で大部分のマイクロ波を吸収させないようにして、処理対象物 2 にマイクロ波を照射して、処理対象物 2 を加熱することが可能となる。なお、上記の複素誘電率の虚部 ϵ'' は、比誘電損失とも呼ばれる場合がある。

【0152】

マイクロ波照射手段 22 は、例えば、処理対象物 2 が移動している場合において、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射と、を、処理対象物 2 の移動経路 2 a の異なる

10

20

30

40

50

位置に対して行なうようにしても良い。また、マイクロ波照射手段 2 2 は、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを、処理対象物 2 の移動経路 2 a の同じ位置に対して同時に行なうようにしても良い。また、マイクロ波照射手段 2 2 は、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを、処理対象物 2 の移動経路 2 a の同じ位置に対して切替えて行なうようにしてもよい。また、マイクロ波照射手段 2 2 は、照射する各周波数のマイクロ波の出力を変更してもよい。

【 0 1 5 3 】

マイクロ波照射手段 2 2 は、例えば、照射するマイクロ波の周波数を変更可能な 1 以上の照射部（図示せず）を有しており、出力する周波数を変更することで、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを切替えて行なっても良い。また、マイクロ波照射手段 2 2 は、第一のマイクロ波照射を行なうための第一の周波数のマイクロ波を照射する 1 以上の照射部（以下、第一周波数照射部 2 0 4 と称す）と、第二のマイクロ波照射を行なうための、第一の周波数とは異なる第二の周波数のマイクロ波を照射する 1 以上の照射部（以下、第二周波数照射部 2 0 5 と称す）と、をそれぞれ有するようにし、これらが照射する異なる周波数のマイクロ波を照射することで、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なっても良い。以下、本実施の形態においては、1 以上の第一周波数照射部 2 0 4 を用いて第一のマイクロ波照射を行ない、1 以上の第二周波数照射部 2 0 5 を用いて第二のマイクロ波照射を行なう場合を例に挙げて説明する。

【 0 1 5 4 】

第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 は、例えば、容器 1 0 d の壁面の異なる位置に設けられた開口部 1 0 2 に取付けられて、容器 1 0 d 内にマイクロ波を照射する。第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 は、処理対象物 2 の移動経路の異なる位置にマイクロ波を照射するよう配置されていてもよく、同じ位置にマイクロ波を照射するよう配置されていてもよい。

【 0 1 5 5 】

図 6 においては、第一周波数照射部 2 0 4 の一つが、照射する第一の周波数のマイクロ波が地点 A を含む領域に照射されるよう容器 1 0 d に取付けられており、第二周波数照射部 2 0 5 の一つが、照射する第一の周波数のマイクロ波が地点 B を含む領域に照射されるよう容器 1 0 d に取付けられており、第一周波数照射部 2 0 4 の一つと第二周波数照射部 2 0 5 の一つとが、地点 C を含む領域に、それぞれ、第一の周波数のマイクロ波と第二の周波数のマイクロ波とを照射するよう取付けられている例について説明している。例えば、第一周波数照射部 2 0 4 が、地点 A と地点 C の情報に、また、第二周波数照射部 2 0 5 が地点 B の上方と下方とにそれぞれ配置されている例について示している。ただし、第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 を配置する位置や、それぞれの配置される数等は問わない。

【 0 1 5 6 】

なお、第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 は、上記実施の形態において説明したように、例えば、マイクロ波発振器 2 0 0 1 と、伝送部 2 0 0 2 とを備えている。ただし、第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 は、マイクロ波発振器 2 0 0 1 が発振するマイクロ波の周波数が異なる。照射部 2 0 3 が有するマイクロ波発振器 2 0 0 1 としては、半導体型発振器を用いることが好ましい。なお、第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 は、上記以外の構造を有していてもよい。

【 0 1 5 7 】

1 または 2 以上のセンサ 4 0 は、例えば、上記実施の形態のセンサと同様のものである。ここでは、3 つのセンサ 4 0 が、それぞれ、容器 1 0 d の、地点 A、地点 B、及び地点 C にの近傍となる位置、例えば、容器 1 0 d の、地点 A、地点 B、及び地点 C の上方の近傍に配置されている場合を例として示している。

【 0 1 5 8 】

搬送手段 6 0 については、上記実施の形態と同様であるため、ここでは詳細な説明は省略する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 9 】

制御手段 5 2 は、マイクロ波照射手段 2 2 が有する第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 が照射するマイクロ波の出力を制御する。例えば、制御手段 5 2 は、上記の三つのセンサ 4 0 が取得する処理対象物 2 の温度の情報に応じて、地点 A、地点 B、及び地点 C にそれぞれマイクロ波を照射する第一周波数照射部 2 0 4 および第二周波数照射部 2 0 5 の出力をフィードバック制御する。ただし、制御はフィードバック制御でなくてもよい。なお、マイクロ波照射手段 2 2 が、照射するマイクロ波の位相を制御可能な複数の照射部（図示せず）を有する場合、制御手段 5 2 は、マイクロ波照射手段 2 2 が有する各照射部が、照射するマイクロ波の周波数をそれぞれ制御してもよい。

【 0 1 6 0 】

次に、本実施の形態のマイクロ波処理装置 1 b の動作について具体例を挙げて説明する。ここでは、マイクロ波処理装置 1 b を用いて、処理対象物 2 である P A N 系前駆体繊維の耐炎化処理を行なう場合を例に挙げて説明する。なお、ここでは説明を簡略化するために、図 6 に示したマイクロ波処理装置 1 b を用いて説明を行なう。なお、ここでの第一周波数照射部 2 0 4 が照射するマイクロ波は、発熱部材 3 0 で吸収されたマイクロ波が、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波よりも大きくなる第一の周波数のマイクロ波であり、第二周波数照射部 2 0 5 が照射するマイクロ波は、発熱部材 3 0 で吸収されたマイクロ波が、発熱部材 3 0 を透過したマイクロ波よりも小さくなる第二の周波数のマイクロ波であるとする。また、ここでの発熱部材 2 0 は、照射される第一の周波数のマイクロ波の半分以上、好ましくは大部分を吸収し、照射される第二の周波数のマイクロ波の半分以上、好ましくは大部分を吸収せずに透過させる厚さを有するものであるとする。

【 0 1 6 1 】

例えば、搬送手段 6 0 により、処理対象物 2 が搬送されている状態において、第一周波数照射部 2 0 4 から、常時、第一の周波数のマイクロ波 1 6 を照射し、第二周波数照射部 2 0 5 から、常時、第二の周波数のマイクロ波 1 7 を照射する。なお、ここでは、第一周波数照射部 2 0 4 が照射するマイクロ波 1 6 の出力および第二周波数照射部 2 0 5 が照射するマイクロ波 1 7 の出力は、それぞれの近傍に配置されるセンサ 4 0 が取得する温度の情報に応じて、フィードバック制御されるものとする。

【 0 1 6 2 】

地点 A においては、第一周波数照射部 2 0 4 から、第一の周波数のマイクロ波 1 6 が照射されて、第一のマイクロ波照射が行なわれることとなるため、発熱部材 3 0 でマイクロ波が吸収されやすく、マイクロ波 1 6 が処理対象物 2 に照射されにくいため、図 6 (b) に示すように、発熱部材 3 0 の発熱が、処理対象物 2 の発熱よりも高くなる。これにより、処理対象物 2 は、発熱部材 3 0 からの輻射熱によって外側から加熱される。なお、発熱部材 3 0 よりも発熱は小さいが、処理対象物 2 も、照射されるマイクロ波 1 6 の一部によって直接加熱される。

【 0 1 6 3 】

地点 B においては、第二周波数照射部 2 0 5 から、第二の周波数のマイクロ波 1 7 が照射されて、第二のマイクロ波照射が行なわれることとなるため、発熱部材 3 0 において、マイクロ波が吸収されにくく、透過したマイクロ波 1 7 が処理対象物 2 に照射されて、図 6 (c) に示すように、処理対象物 2 の発熱が、発熱部材 3 0 の発熱よりも高くなる。これにより、処理対象物 2 は、照射されるマイクロ波 1 7 によって直接加熱される。なお、発熱部材 3 0 も照射されるマイクロ波 1 7 の一部により加熱されるため、発熱部材 3 0 からの輻射熱によって外側から加熱される。

【 0 1 6 4 】

地点 C においては、第一周波数照射部 2 0 4 から、第一の周波数のマイクロ波 1 6 が照射されて、第一のマイクロ波照射が行なわれるとともに、第二周波数照射部 2 0 5 から、第二の周波数のマイクロ波 1 7 が照射されて、第二のマイクロ波照射が行なわれることとなる。第一の周波数のマイクロ波 1 6 によって、発熱部材 3 0 の発熱が、処理対象物 2 の発熱よりも高くなる。一方、第二の周波数のマイクロ波 1 7 によって、第二の周波数のマイ

10

20

30

40

50

クロ波 17 による処理対象物 2 の発熱が、発熱部材 30 の発熱よりも高くなる。これにより、処理対象物 2 は、図 6 (d) に示すように、第一の周波数のマイクロ波 16 の照射に応じて発熱部材 30 からの輻射熱によって外側から加熱されるとともに、第二の周波数のマイクロ波 17 の照射に応じて直接加熱される。

【0165】

各地点 A ~ C に照射されるマイクロ波 16 および 17 の出力は、例えば、それぞれの地点の近傍に設けられたセンサ 40 が取得する処理対象物 2 の温度の情報に応じて、制御手段 52 がそれぞれの地点にマイクロ波を照射する第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 の出力を制御することによって、フィードバック制御される。

【0166】

なお、地点 C に対して、異なる周波数のマイクロ波 16 および 17 を照射する第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 の出力を個別に変更することで、地点 C における発熱部材 30 の発熱量と、処理対象物 2 の発熱量との比率を制御することができる。例えば、第一周波数照射部 204 が出力する第一の周波数のマイクロ波 16 の出力だけを高くすることで、発熱部材 30 の発熱量を処理対象物 2 の発熱量に対して高くすることができる。第二周波数照射部 205 が出力する第二の周波数のマイクロ波 17 の出力だけを高くすることで、処理対象物 2 の発熱量を発熱部材 30 の発熱量に対して高くすることができる。

【0167】

例えば、上記実施の形態において説明したように、移動経路 2a における処理対象物 2 の発熱のピークとなる位置やその近傍において、上記の地点 A と同様に、発熱部材 30 の発熱が処理対象物 2 よりも高くなる第一の周波数のマイクロ波照射を行なうことで、処理対象物 2 が発熱のピークに達した場合の急激な加熱を避けて、処理対象物 2 を適切に処理することが可能となる。また、移動経路 2a のこれ以外の他の位置に対しては、例えば、適宜、第一の周波数のマイクロ波を照射したり、第二の周波数のマイクロ波を照射したり、第一の周波数のマイクロ波と第二の周波数のマイクロ波との両方を照射したりすることによって、移動する処理対象物 2 に対し、第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを適切に組み合わせて行なうことができ、処理対象物 2 に対して所望の加熱を行なうことができる。

【0168】

なお、この具体例における第一周波数照射部 204 と第二周波数照射部 205 との配置等は一例であり、第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 の配置や数等は問わない。マイクロ波処理装置 1b は、第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 のそれぞれを少なくとも 1 以上有していればよい。例えば、複数の第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 を容器 10 に対して取付けるようにしてもよい。

【0169】

また、上記具体例において、地点 C と同様に、第一周波数照射部 204 と第二周波数照射部 205 とを、複数の地点のそれぞれに対してマイクロ波を照射する照射部として設けるようにして、この複数の地点のうちの一以上の地点に対して、異なる周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。また、この場合において、一の地点に対して、第一周波数照射部 204 と第二周波数照射部 205 とのうち的一方だけからマイクロ波を照射することで、いずれか一方の周波数のマイクロ波だけを照射できるようにしてもよく、一の地点に対してマイクロ波を照射する照射部を、第一周波数照射部 204 と第二周波数照射部 205 とで切替えることで、一の地点に対して照射するマイクロ波の周波数を変更できるようにしてもよい。

【0170】

また、上記具体例において、第一周波数照射部 204 および第二周波数照射部 205 を設ける代わりに、周波数を変更可能な複数の照射部（図示せず）を、例えば、移動経路 2a に沿って設けるようにし、それぞれから、それぞれの位置に適した周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。例えば、図 6 のような地点 A ~ C の上方に、周波数を変更可

10

20

30

40

50

能な複数の照射部を配置し、地点 A および地点 C の上方の照射部から、第一の周波数のマイクロ波を照射し、地点 B の上方の照射部から第二の周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。このように、第一の周波数のマイクロ波を照射する一の照射部と、第二の周波数のマイクロ波を照射する一の照射部とを、一の照射部により実現してもよい。

【0171】

また、この場合、それぞれの照射部から照射されるマイクロ波の周波数を、適宜変更するようにしてもよい。例えば、地点 B の上方の照射部から照射されるマイクロ波の周波数を、処理対象物 2 の材質や太さ、移動速度等に応じて、地点 B の上方の照射部から照射されるマイクロ波の周波数を第二の周波数から第一の周波数に変更するようにし、地点 C の上方の照射部から照射されるマイクロ波の周波数を、第一の周波数から第二の周波数に変更するようにしてもよい。また、センサ 40 が取得する温度の情報等に応じて、各照射部が照射するマイクロ波の周波数を変更してもよい。

10

【0172】

また、1 以上のそれぞれの地点に対してマイクロ波を照射する照射部（図示せず）を複数設けるとともに、各照射部を、照射するマイクロ波の周波数を変更可能な照射部とし、それぞれの地点にマイクロ波を照射する複数の照射部のマイクロ波の周波数を異なる周波数とすることで、各地点に対して、異なる周波数のマイクロ波を照射できるようにしてもよい。また、この場合、一の地点に対してマイクロ波を照射する複数の照射部のマイクロ波を同じ周波数のマイクロ波としたり、一の照射部だけがマイクロ波を照射するようにしたりすることで、異なる周波数のマイクロ波を照射する必要がない地点に対しては、一の周波数のマイクロ波だけを照射できるようにしてもよい。

20

【0173】

以上、本実施の形態においては、容器内に異なる周波数のマイクロ波を照射して第一のマイクロ波照射と、第二のマイクロ波照射とを行なうようにしたので、マイクロ波を用いて処理対象物を適切に処理することができる。例えば、マイクロ波によって発熱させた発熱部材による処理対象物の外側からの加熱と、マイクロ波によって処理対象物を発熱させることによる処理対象物の直接加熱とを組み合わせや比率を制御して、適切な加熱を行なうことができる。

【0174】

なお、上記実施の形態 3 において、マイクロ波照射手段 22 は、発熱部材 30 に対するマイクロ波の損失が、処理対象物 2 に対する損失よりも大きくなる周波数のマイクロ波を照射する第一のマイクロ波照射と、発熱部材 30 に対する損失が、処理対象物 2 に対する損失よりも小さくなる周波数のマイクロ波を照射する第二のマイクロ波照射とを、上記の第一のマイクロ波照射と第二のマイクロ波照射との代わりに行なうようにしてもよい。ここでのマイクロ波の損失は、マイクロ波による発熱部材 30 や、処理対象物 2 の発熱と考えても良い。マイクロ波の損失は、例えば、比誘電損失等で表すことができる。比誘電損失とは、複素誘電率の虚部 ϵ'' である。通常、比誘電損失が大きくなると、マイクロ波照射による発熱が大きくなり、比誘電損失が小さくなると、マイクロ波照射による発熱が小さくなる。このような第一のマイクロ波照射において照射するマイクロ波の周波数を、上述した第一の周波数と考えるようにしてもよい。また、このような第二のマイクロ波照射において照射するマイクロ波の周波数を、上述した第二の周波数と考えるようにしてもよい。なお、ここでの発熱部材 30 の比誘電損失は、発熱部材 30 の加熱媒体 301 の比誘電損失と考えてもよい。

30

40

【0175】

なお、上記において、容器 10d が複数のキャビティを有するようにし、キャビティ毎に、例えば、第一周波数照射部 204 または第二周波数照射部 205 のいずれか一方を 1 または 2 以上取付けるようにして、各キャビティ内に異なる周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。このような構成により、処理対象物 2 に対して各キャビティ内で異なる周波数のマイクロ波を照射することができ、照射する異なる周波数のマイクロ波の出力等が制御しやすくなる。

50

【 0 1 7 6 】

また、上記実施の形態においては、処理対象物を容器内において移動させる場合を例に挙げて説明したが、処理対象物 2 を容器 1 0 d 内に移動させないようにするとともに、容器 1 0 d 内に照射されるマイクロ波の周波数を経時的に変更することで、発熱部材 3 0 を加熱するための第一のマイクロ波照射と、処理対象物 2 を加熱するための第二のマイクロ波照射とを時間単位で切替えて行なうようにして、処理対象物 2 に対する発熱部材 3 0 からの加熱と、処理対象物 2 に対するマイクロ波による直接加熱とを、時間単位で切替えて行なうようにしても良い。

【 0 1 7 7 】

なお、上記実施の形態 3 においては、マイクロ波照射手段 2 2 が、異なる二つの周波数のマイクロ波を照射する場合について説明したが、マイクロ波照射手段 2 2 が、三以上の異なる周波数のマイクロ波を照射できるようにしてもよい。例えば、マイクロ波照射手段 2 2 が、照射するマイクロ波の周波数が異なる三以上の照射部をそれぞれ一以上有していても良い。また、マイクロ波照射手段 2 2 が、照射するマイクロ波の周波数を変更可能な三以上の照射部を有するようにし、この照射部のうちの三以上が、異なる周波数のマイクロ波を照射するようそれぞれが照射するマイクロ波の周波数を制御するようにしてもよい。また、上記実施の形態において、複数の照射部の共用可能な部分については、共用できるようにしてもよい。

10

【 0 1 7 8 】

また、上記実施の形態 2 において、上記実施の形態 3 において説明したように、第一のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 が、第一の周波数のマイクロ波を照射するようにし、第二のマイクロ波照射を行なう 2 以上の照射部 2 0 3 が、第二の周波数のマイクロ波を照射するようにしてもよい。

20

【 0 1 7 9 】

また、上記各実施の形態においては、マイクロ波処理装置を、PAN系等の前駆体繊維を処理対象物として、この処理対象物に対して耐炎化処理を行なう場合を例に挙げて説明したが、このマイクロ波処理装置は、前駆体繊維以外の処理対象物に対する処理や、耐炎化処理以外の処理にも利用可能なものであり、このような場合においても上記実施の形態と同様の効果を奏する。例えば、処理対象物の材質等は問わない。例えば、処理対象物は、綿系、ウール系、カシミア系、ポリマー系、または金属系等であってもよい。ポリマー系は、例えば、ナイロン系、フロロカーボン系、またはポリエチレン系等である。例えば、上記のマイクロ波処理装置を、綿系、ウール系、カシミア系等の乾燥等に用いるようにしてもよい。また、例えば、上記各実施の形態のマイクロ波処理装置を、ポリマー系や金属系等の加熱や、焼成、焼結等の処理等に用いるようにしてもよい。また、上記各実施の形態のマイクロ波処理装置を、耐炎化処理を行なった前駆体繊維の炭化処理、すなわち耐炎化処理を行なった前駆体繊維を用いて炭素繊維を製造する処理に用いてもよい。また、上記各実施の形態のマイクロ波処理装置において、前駆体繊維に対して上述したような耐炎化処理を行なった後、さらに同じ容器内において、炭化処理を行なって炭素繊維を製造してもよい。また、処理対象物 2 は、繊維状のものに限られるのではなく、例えば、棒状や鎖状、シート状、フィルム状、チューブ状等の他の形状のものであってもよい。また、処理対象物 2 は、発熱部材内等に配置可能なものや、発熱部材内を移動可能なものであれば、必ずしも所定の方

30

40

【 0 1 8 0 】

50

なお、マイクロ波処理装置内において、耐炭化処理を行なった前駆体繊維を用いて炭素繊維を製造する場合、上述したガス供給手段 70 が、例えば、炭素繊維の製造に必要な窒素等のガスを供給することが好ましい。

【0181】

また、上記の実施の形態においては、マイクロ波処理装置の後ろに、処理を行なった処理対象物を巻き取る巻き取り部 65 を設けた例について説明したが、耐炭化処理を行なった処理対象物を、巻き取ったりせずに、他の処理装置（図示せず）内に供給するようにしてもよい。例えば、上記のマイクロ波処理装置で耐炭化処理を行なった前駆体繊維を、そのまま耐炭化処理を行なった前駆体繊維に対して炭化処理を行なう装置（図示せず）に搬送手段 60 を用いて送り込むようにしてもよい。

10

【0182】

なお、上記の各実施の形態において説明した炭素繊維の前駆体繊維の耐炭化処理は、炭素繊維の製造方法の一工程と考えてもよい。すなわち、この耐炭化処理を含む炭素繊維の製造方法は、マイクロ波を吸収して発熱する発熱部材を内部に備えた容器内に、マイクロ波を照射して、発熱部材に沿って配置された炭素繊維の前駆体繊維を加熱する工程を含む炭素繊維の製造方法であって、上記の加熱する工程において、発熱部材を加熱する第一のマイクロ波照射と、前駆体繊維を加熱する第二のマイクロ波照射とを行なうようにした炭素繊維の製造方法である。

【0183】

なお、この炭素繊維の製造方法においては、第二のマイクロ波の照射を行なっている場合において、前駆体繊維が発熱ピークとなる温度に達する場合に、第二のマイクロ波照射をやめて、第一のマイクロ波照射を行なうようにすることが好ましい。ここでの発熱ピークとなる温度となる場合、とは、例えば、発熱ピークとなる温度に達する時点を含む期間であり、好ましくは発熱ピークとなる温度に達する時点とその前後の期間である。

20

【0184】

本発明は、以上の実施の形態に限定されることなく、種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0185】

以上のように、本発明にかかるマイクロ波処理装置等は、マイクロ波を照射して処理対象物に対して所望の処理を行なう装置等として適しており、特に、加熱処理を行なう装置等として有用である。

30

【符号の説明】

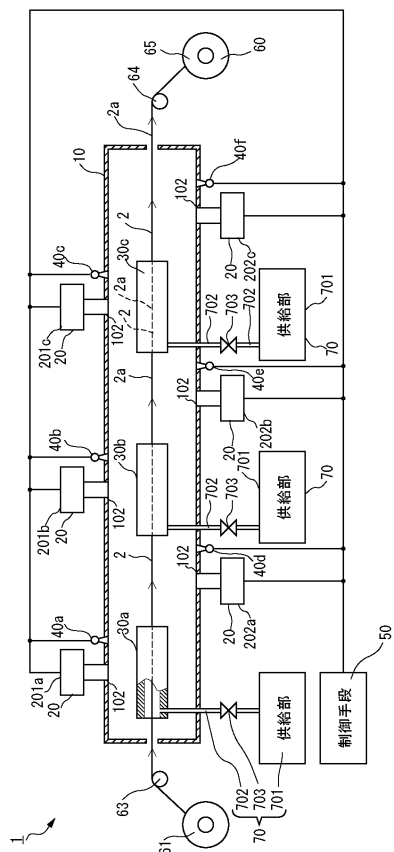
【0186】

- 1、1 a、1 b マイクロ波処理装置
- 2 処理対象物
- 2 a 移動経路
- 10、10 a ~ 10 d 容器
- 20、21、22 マイクロ波照射手段
- 30、30 a ~ 30 c 発熱部材
- 31、31 a、31 b ローラ
- 32、32 a、32 b ベルト
- 40 40 a ~ 40 f センサ
- 50、51、52 制御手段
- 60 搬送手段
- 70 ガス供給手段
- 201、201 a ~ 201 c 第一照射部
- 202、202 a ~ 202 c 第二照射部
- 203 照射部
- 204 第一周波数照射部

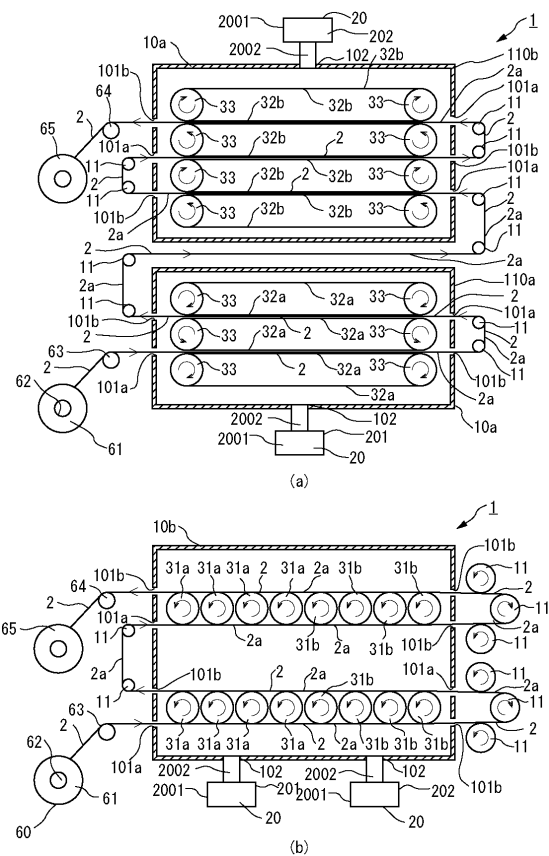
40

50

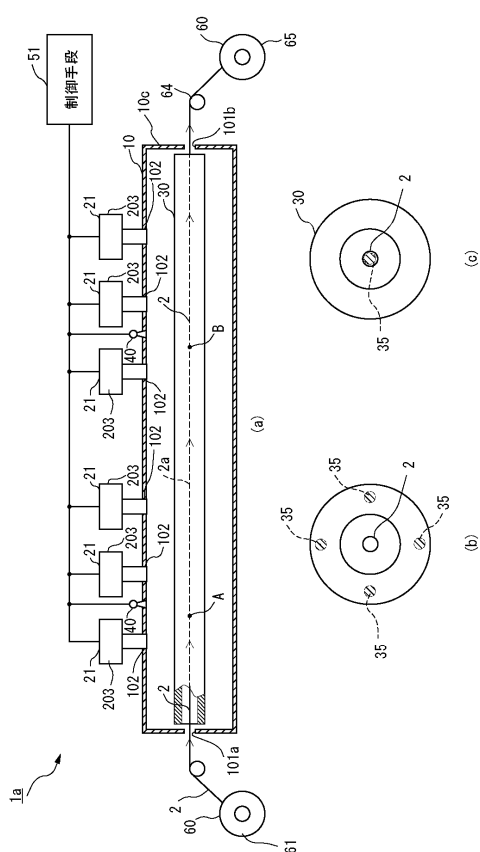
【 図 3 】



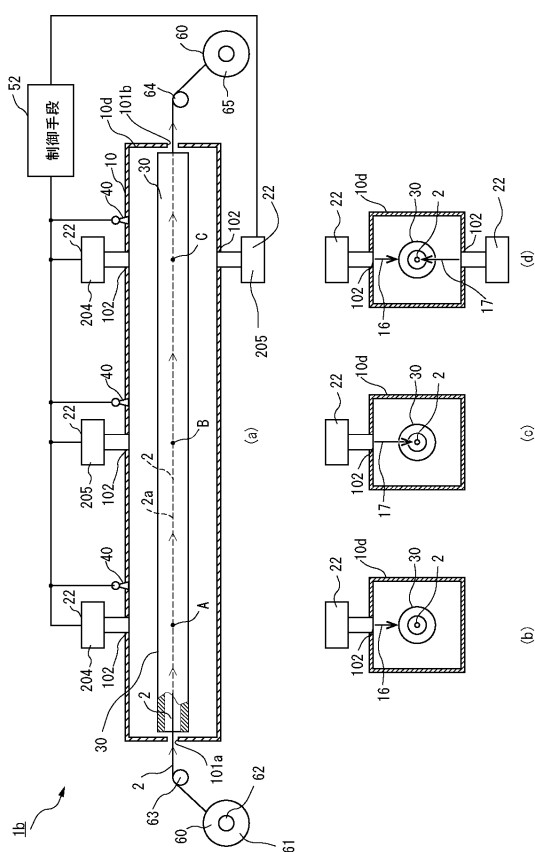
【 図 4 】



【圖 5】



【 図 6 】



フロントページの続き

大阪府大阪市住之江区平林南一丁目 6 - 1 マイクロ波化学株式会社内
(72)発明者 衣川 千佳
大阪府大阪市住之江区平林南一丁目 6 - 1 マイクロ波化学株式会社内
審査官 根本 徳子
(56)参考文献 特許第 6 1 5 1 8 4 4 (J P , B 1)
国際公開第 2 0 1 3 / 1 4 5 9 3 2 (W O , A 1)
特開 2 0 1 3 - 0 0 2 7 6 7 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 5 B 6 / 4 6 - 6 / 8 0
D 0 6 B 1 9 / 0 0