

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年7月5日(05.07.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/123249 A1

(51) 国際特許分類:
H05B 6/68 (2006.01) *H05B 6/80* (2006.01)
D01F 9/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/039325

(22) 国際出願日: 2017年10月31日(31.10.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

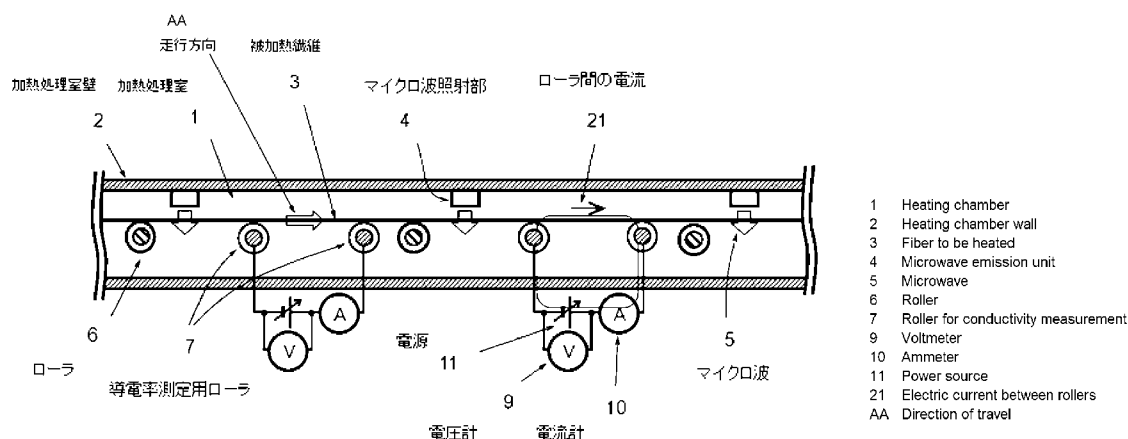
(30) 優先権データ:
特願 2016-253258 2016年12月27日(27.12.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1058039 東京都港区西新橋二丁目15番12号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 豊田 一行 (TOYODA, Kazuyuki); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 山田 正行 (YAMADA, Masayuki); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 山本 哲夫 (YAMAMOTO, Tetsuo); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 廣地 志有 (HIROCHI, Yukitomo); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 浅井 一秀 (ASAI, Kazuhide); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 岩倉 裕幸 (IWAKURA, Hiroyuki); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国

(54) Title: MICROWAVE HEATING DEVICE, AND DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING CARBON FIBERS

(54) 発明の名称: マイクロ波加熱処理装置及び炭素繊維の製造装置と製造方法



(57) Abstract: In a process for producing carbon fibers, when microwaves are used for heating a fiber to be heated, the physical properties thereof change as the process progresses, posing the problem in that it is difficult to maintain an optimal heating state. This microwave heating device that performs heating using microwaves in a heating chamber is provided with a microwave emitting part that: applies a voltage between two specific points on the fiber to be heated; calculates the conductivity of the fiber to be heated from the value of the voltage applied between the two points, the value of the electric current flowing between the two points, the distance between the two points, and the cross-sectional area of the fiber to be heated; and adjusts the microwave output so as to perform heating according to a pre-calculated carbonization rate for the carbon fiber to be heated, the electric conductivity, and the microwave output.



際電気内 Toyama (JP). 浜野 勝艶(HAMANO, Katsuyoshi); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目 1 番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 武鎗 良治(TAKEYARI, Ryoji); 〒1878511 東京都小平市御幸町 3 2 番地 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 炭素繊維の製造プロセスにおいて、マイクロ波で加熱する場合に被加熱繊維の物理的な性質がプロセスの進行と共に変化し、最適な加熱状態を維持することが難しいという問題がある。加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加し、その2点間の電圧値と、その2点間に流れる電流値と、その2点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と導電率とに応じた加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波照射部を備える。

明 細 書

発明の名称：

マイクロ波加熱処理装置及び炭素繊維の製造装置と製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、マイクロ波電力の照射により前駆体繊維を炭素化するマイクロ波加熱処理装置、及び、これを用いた炭素繊維の製造装置及び製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 炭素繊維は、物理的、化学的に優れた性質を有し自動車、航空・宇宙、産業機械他幅広い分野での利用が進んでいる。

炭素繊維製造プロセスの炭素化において、従来はポリマー原料を紡糸した被加熱繊維（前駆体繊維）を、抵抗加熱ヒータで300℃から2000℃程度に昇温した加熱炉の中をロール トゥ ロール(roll to roll)方式で送りながら製造している（特許文献1、2、3参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開平11-158738号公報
特許文献2：特開2013-249570号公報
特許文献3：特開2014-125683号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の炭素繊維製造プロセスにおける被加熱繊維の加熱方法は、加熱炉の壁を含めて炉内全体を昇温するため、ロール トゥ ロール方式で加熱処理するためにセッティングする被加熱繊維の製造開始や終了時、及び保守を行う際、加熱炉の昇降温に多大な時間と労力を要する。

また加熱炉壁を含む加熱対象の熱容量が大きいため特に昇温時に大量の電力を消費する。そこで被加熱繊維を炭素化する際、加熱炉全体を加熱せず

、マイクロ波を被加熱繊維に照射して消費電力の削減と加熱炉の保守性を改善する方法が検討されている。

[0005] しかし、炭素繊維の製造プロセスにおいて、マイクロ波で加熱する場合に被加熱繊維の物理的な性質がプロセスの進行と共に変化し、最適な加熱状態を維持することが難しいという問題がある。

またマイクロ波で加熱している状態の被加熱繊維の温度を直接正確に測定できればフィードバック制御が可能であるが、被加熱繊維の輻射熱による熱逃げを抑制するための断熱機構を設けた場合、放射温度計による被加熱繊維の温度測定は非常に困難になる。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明によれば、加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、

被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加し、

その2点間の電圧値と、その2点間に流れる電流値と、その2点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と導電率とに応じた加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節する技術を提供する。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、加熱処理室の中を走行する被加熱繊維の導電率を測定し、導電率とマイクロ波電力と炭素化率の関係をあらかじめ取得した関係を基にしてマイクロ波出力を調節することができ、被加熱繊維の炭素化処理を高品質で行うことができる。

また本発明によれば、炭素繊維の製造プロセスにおいて、マイクロ波加熱装置による加熱処理を可能とし、加熱処理における被加熱繊維の温度を演算測定し、炭素化状態に応じた加熱処理制御を行うことを可能とするものである。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置における炭素化処理

状態 を説明する図（加熱処理室の断面図）である。

[図1B]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置における炭素化处理状態 を説明する図（加熱処理室における被加熱繊維の加熱部位の位置関係を示す図）である。

[図1C]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置における炭素化处理状態 を説明する図（加熱処理室における被加熱繊維の加熱部位の位置関係に基づく温度、炭素 化率、誘電損失、導電率、マイクロ波出力を示す図）である。

[図2A]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置に加熱処理室を説明する 図（図 1 A の加熱処理室の断面詳細図）である。

[図2B]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置に加熱処理室を説明する 図（図 1 A の加熱処理室の内部を上から見た図）である。

[図3]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部と導電率測定部に関する 図

[図4]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部と導電率測定部に関する 図

[図5]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部と導電率測定部に関する 図

[図6]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部の構造を示しており、（ a ） は側面から見た図、（ b ） は下から見た図である。

[図7]本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部の構造、及び、マイクロ波照 射の波形を模式的に示した図である。

[図8]本発明の実施の形態に係わる炭素繊維に製造工程を示す図である。

[図9]本発明の実施の形態に係わる被加熱繊維の導電率毎のマイクロ波電力とその 温度の関係を示す図である。

[図10]本発明の実施の形態に係わる制御装置のブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図 1 A～C は、本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置における炭素化処理状態を説明する図である。

図 1 A は、加熱処理室の断面図であり、被加熱繊維 3 の炭素化を行う加熱処理室 1 の断面を模式的に示している。

図 1 B は、加熱処理室における被加熱繊維の加熱部位の位置関係を示す図であり、被加熱繊維 3 がマイクロ波 5 に加熱されるモードと加熱処理室 1 内の位置との関係を示している。

図 1 C は、加熱処理室における被加熱繊維の加熱部位の位置関係に基づく温度、炭素化率、誘電損失、導電率、マイクロ波出力を示す図であり、即ち、加熱処理室 1 内の位置における被加熱繊維 3 の温度、炭素化率、誘電損失、導電率、マイクロ波出力を示している。ここで、図 1 A～C において、加熱処理室 1 内での位置は同じ関係になるように示してある。

[0010] 図 1 A において、被加熱繊維 3 は図に示した加熱処理室 1 の左端から入って右端に一定の速度で送られ、ロールトゥロール方式で加熱処理される。走行中の被加熱繊維 3 は後述する図 2 A（および図 2 B）のローラ 6 により加熱処理室 1 内部における進行する位置が変化しないように支持されている。加熱処理室 1 内部にはマイクロ波照射部 4 が数か所（本実施例では 3 か所）に設けられ、その下部を通過する被加熱繊維 3 にマイクロ波を照射して加熱処理を行うものである。

またマイクロ波照射部 4 の間に導電率測定部 14 が設けられ（本実施例では各導電率測定部間の 2 ヶ所）、被加熱繊維 3 の導電率を測定する。詳細は後述する図 10 にて説明する。

ここで、マイクロ波照射部 4 の数や設置位置は被加熱繊維 3 の数や処理温度、送り速度によって増減させる。

また、マイクロ波の周波数は 2.45 GHz を用いるが、照射による加熱処理のできる周波数であればその他の周波数でも構わない。

[0011] 図 1 B において、被加熱繊維 3 がマイクロ波 5 に加熱されるモードは加熱処理室 1 の左側から右に進むにしたがって炭素化が進行し、誘電加熱から誘

導加熱に移行する。

被加熱繊維 3 はポリマー原料から紡糸した合成繊維で炭素を含んでいる。

被加熱繊維 3 は、不活性ガス雰囲気中の加熱処理室 1 内を走行する間に、被加熱繊維 3 の有機物に変質してその一部が被加熱繊維 3 の外へ放出される。これによって被加熱繊維 3 の炭素の濃度が高くなると共に、加熱によって化学組成も変化し、マイクロ波の吸収状態が誘電損失による誘電加熱から誘導電流による誘導加熱側に変化するものである。

誘導加熱が生じる状態で被加熱繊維 3 を 300℃程度から 2000℃程度まで昇温し、これをしばらく維持して炭素化処理を行う。

[0012] 図 1 C において、導電率は炭素化処理の進行により炭素化率が大きくなると上昇し、誘電損失は逆に減少する。

被加熱繊維 3 の温度は導電率の上昇と共に加速度的に上がり、効率的に炭素化が進むように 2000℃程度に維持される。

マイクロ波出力は被加熱繊維 3 の昇温時に最大となり、被加熱繊維 3 が 2000℃に到達した時点で徐々に低下させ、被加熱繊維 3 の温度が 2000℃に維持されるように制御される。

[0013] 誘電加熱による発熱量 P_1 を数 1 に、誘導加熱による発熱量 P_2 を数 2 に示す。

[0014] [数 1]

誘電加熱による発熱量 P_1

$$P_1 = K \cdot \epsilon_r \cdot \tan \delta \cdot f \cdot E^2 \text{ [W/m}^3\text{]}$$

K	: 0.556 x 10 ⁻¹⁰
ϵ_r	: 誘電体の比誘電率
$\tan \delta$	: 誘電体の誘電損失
f	: 周波数 [Hz]
E	: 電界強度 [V/m]

[0015]

[数2]

誘導加熱による発熱量 P_2

$$P_2 = \sigma \cdot |E|^2 / 2 \text{ [W/m}^3\text{]}$$

P_2 : 発熱量 [W/m³]
 E : マイクロ波電界強度 [V/m]
 σ : 導電率 [S/m] = [1/Ωm]

[0016] 誘電加熱による発熱量は誘電損失 $\tan \delta$ に比例し、誘導加熱による発熱量は導電率 σ に比例する。

炭素化処理の初期では被加熱繊維 3 のマイクロ波に対する誘電損失 $\tan \delta$ が大きいので、誘電加熱が主な加熱メカニズムとなり、炭素化が進行して導電率 σ が増加してくると誘導加熱のメカニズムが加わり高温での効率的な加熱が可能となる。

[0017] 図 2 A、B は、本発明の実施の形態に係わるマイクロ波加熱装置に加熱処理室を説明する図であり、図 2 A は、前述した図 1 A の加熱処理室の断面詳細図であり、図 2 B は、加熱処理室の内部を上から見た図である。

加熱処理室壁 2 には加熱処理室 1 内部に不活性ガスを供給する図示しない配管が接続されている。被加熱繊維 3 は不活性ガスの雰囲気中で加熱処理が行われる。

また加熱処理室 1 の内部には連続的に送られてくる複数の被加熱繊維 3 を支持するローラ 6 が設けられ、複数の被加熱繊維 3 が一定の高さを維持しながら送られる。

加熱処理室 1 の天井部には被加熱繊維 3 にマイクロ波 5 を照射するマイクロ波照射部 4 が 3 式設けてあり、走行中の複数の被加熱繊維 3 にマイクロ波 5 を照射する。

また、マイクロ波 5 による照射で被加熱繊維 3 を効率よく加熱するために、被加熱繊維 3 の周囲には図示しない断熱用のカバーが設けてある。

この断熱用カバーはマイクロ波の吸収率は低く、被加熱繊維からの輻射熱の透過を抑制する高融点材料で構成される。

なお図 2 A、B については、後述に詳細を示す。

[0018] 図 6 は、本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部 4 の構造を示しており、(a) は側面から見た図、(b) は下から見た図である。

図 6 に示すようにマイクロ波照射部 4 はマグネトロン 23、アイソレータ 24、方向性 結合器 25、整合器 26、導波管 27 で構成され、導波管 27 の終端は壁で閉じられており、その壁は図示しない機構で導波管 27 の軸方向にマイクロ波の 1 波長程度の範囲で移動できるようになっている。

また、導波管 27 の下側にはマイクロ波の波長の $1/2$ の間隔でスリット 28 が設けて いる。すなわち、 $1/2$ 波長はスリットのピッチを示しており、隣り合うスリットの間隔 を $1/2$ 波長とするものである。なお、図 6 においてはスリットがジグザグに配置されて いる実施例としているが、スリットは平行であっても良い。

また、マグネトロン 23 の出力するマイクロ波は整合器から導波管にかけて共振するよ うに調節され、マイクロ波の電界の最も大きな部分である腹 30 (後述する図 7 参照) が スリット 28 に位置するようになっており、スリット 28 からマイクロ波が導波管 27 の 外へ放射される。

ここで、ローラ 6 の高さや取付け位置は被加熱繊維 3 の引き回し方によって異なるが、 これに伴って被加熱繊維 3 の走行位置も変わるため、マイクロ波照射部 4 の位置はこれら を考慮して適切な位置に設けられる。

[0019] 図 2 A、B において、複数のマイクロ波照射部 4 の下流側には導電率測定用ローラ 7 が 2 式ずつ設けてある。

この導電率測定用ローラ 7 には被加熱繊維 3 に電圧を印加するための複数の滑車状端子 8 が設けてあり、電源 11 により 2 式の導電率測定用ローラ 7 を経由して、それぞれの滑 車状端子 8 に電圧を印加し、この 2 式の滑車状端子 8 の間の電圧と電流をそれぞれ電圧計 9 と電流計 10 で測定できるようになっている。

導電率測定用ローラ 7 と滑車状端子 8 の回転軸は同一で、滑車状端子 8 の外周の被加熱 繊維 3 との接触部は導電率測定用ローラ 7 と絶縁されている。

被加熱繊維 3 の特定の 2 点間に電圧を印加する滑車状端子 8 は、被加熱繊維 3 の走行と 共に導電率測定用ローラ 7 の滑車状端子 8 と一体となって回転しながら滑車状端子 8 と被 加熱繊維 3 との間で電流を流す構造になっている。

被加熱繊維 3 の特定の 2 点間の電源ラインは回転ロールの端部に設けたロータリコネクタ 13 を経由して加熱処理室 1 の外部に設けた電源 11 に接続されている。

また複数の被加熱繊維 3 の特定の 2 点間に電圧を印加する際、それぞれに電源 11、電圧計 9、電流計 10 を設けても良いが、連続して測定する必要がない場合は、図 2 のよう にロータリコネクタ 13 に接続した端子選択ユニット 12 により時分割して電圧を印加する構造としても良い。

測定した電圧値と電流値のデータは制御装置（制御部）に送られ、被加熱繊維 3 の導電率が算出される。

また、電源 11 と電氣的に接続されている導電率測定系は他の部材と絶縁されている。

[0020] 図 10 は、本発明の実施の形態に係わる制御装置のブロック図を示す。

電源（導電率測定用）から交流又は直流の電圧を被加熱繊維と接触する測定部の端子（電極端子）に供給する。測定部で測定された端子間の電圧と被加熱繊維に流れる電流値を A/D（アナログ/デジタル）変換部でデジタル化し制御部に送る。制御部において予め記憶部に記憶している被加熱繊維の温度、導電率、測定端子間の電圧値、電流値と、測定した（A/D 変換部から入力された）電圧と電流値の関係から被加熱繊維の温度が所定の値になるように導電率を演算し、マイクロ波電源に制御信号を送る。マイクロ波電源は制御部から入力した制御信号に従って前記導電率の演算により調整したマイクロ波を被加熱繊維に照射する。

なお、制御部は測定した被加熱繊維の電圧と電流値を時間の経過とともに記憶部に記憶し、所望の導電率が得られるように温度、導電率、測定端子間の電圧値、電流値を演算して所望の制御信号としてマイクロ波電源に出力す

るものである。このような制御により、被加熱繊維の導電率は、該繊維の加熱による炭素化の度合を示すものとして測定され、該測定結果をフィードバックしてマイクロ波の照射を調整するものである。

[0021] なお図2 A、Bでは、導電率測定系における被加熱繊維3の特定の2点間に印加する電圧は直流となっているが、交流でも良い。

導電率の測定に直流を用いる場合、測定系の寄生容量を考慮せずに容易に電圧、電流値の測定が可能となる利点がある。また、導電率の測定に交流を用いる場合、直流に比べて被加熱繊維と接触する滑車状端子部でのスパーク発生の頻度を少なくでき、電流経路の接触部での電食による劣化を少なくでき、電圧の変更が容易(例えばトランスによる可変が容易)となる利点がある。

したがって、導電率測定系の規模が大きく複雑となる場合、寄生容量が大きい場合は直流が向いており、そうでない場合は交流が向いている。

[0022] 次に本発明の実施の形態に係わる導電率測定系について説明する。

図2 A、Bにおいて、加熱処理室1内を走行する被加熱繊維3が接触する一对の導電率測定用ローラ7の滑車状端子8を端子選択ユニット12で選択し、電源11から供給される電圧を印加する。

この状態での導電率測定用ローラ7の滑車状端子8の間に印加した電圧値と、滑車状端子8の間の被加熱繊維3に流れる電流(ローラ間の電流21)の測定値のデータを制御装置に送り、次の数3で導電率を求める。

[0023] [数3]

$$\frac{I [A]}{V [V]} = r [\Omega]$$

$$r [\Omega] = \rho \frac{L [m]}{A [m^2]}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \left[\frac{1}{\Omega \cdot m} \right]$$

I: 滑車状端子間の電流
V: 滑車状端子間の電圧
r: 滑車状端子間の被加熱繊維の抵抗
 ρ : 被加熱繊維の低効率
L: 滑車状端子間の距離
A: 被加熱繊維の断面積
 σ : 被加熱繊維の導電率

[0024] 導電率 σ を測定する被加熱繊維3を端子選択ユニット12で選択しながら

加熱処理室 1 を走行する複数の被加熱繊維 3 の導電率の測定を順次繰り返す行う。

そして測定した導電率を所定の範囲に保持するようにマイクロ波照射電力を調整する。

ここで、あらかじめ求めておいた導電率とマイクロ波出力と炭素化率の関係を制御装置の記憶部に記憶しておき、マイクロ波照射電力を適切に調節することで安定した所望の炭素化処理を行うことができる。

[0025] 図 3、図 4、図 5 は、本発明の実施の形態であるマイクロ波照射部と導電率測定部に関する図であり、前述した図 2 B の加熱処理室壁 2 を省略して被加熱繊維 3 の加熱処理の仕方を模式的に示している図である。

図 3 は、被加熱繊維 3 の走行方向の上流側(図の左側)から下流側(図の右側)に向かって第 1 マイクロ波照射部 17、第 1 導電率測定部 15、第 2 マイクロ波照射部 18、第 2 導電率測定部 16、第 3 マイクロ波照射部 19 の順に各ユニットが設けてある。

まず第 1 マイクロ波照射部 17 が被加熱繊維 3 を加熱処理し、この加熱処理された後の導電率を第 1 導電率測定部 15 で測定し、必要に応じて第 1 マイクロ波照射部 17 と第 2 マイクロ波照射部 18 のマイクロ波電力を調節する。

次に第 2 導電率測定部 16 で測定された導電率を基に必要なに応じて、第 2 マイクロ波照射部 18 と第 3 マイクロ波照射部 19 のマイクロ波電力を調節する。

[0026] 図 4 は、前述した図 3 に対し、マイクロ波照射部 4 を複数連結した場合を示しており、被加熱繊維 3 の走行速度を上げることができる。

このとき各マイクロ波照射部は、図 7 に示すように隣り合う導波管内におけるマイクロ波の位相差 20 が $1/4$ 波長になるように各マイクロ波照射部の取付位置が調節されている。

[0027] ここで、マイクロ波電力の照射による所望の導電率については、予め実測により求めて制御装置に記憶した被加熱繊維の導電率(σ)に対応したマイク

口波出力と温度の関係から、被加熱繊維の温度が所定の温度になるようにマイクロ波電力を調節する。

図9は、本発明の実施の形態に係わる被加熱繊維の導電率毎のマイクロ波電力とその温度の関係を示す図である。

被加熱繊維3の温度を保持温度に維持した状態で炭素化が進行して導電率(σ)が例えばdからaに向けて高くなると被加熱繊維3の温度が上昇してしまうため、マイクロ波電力を図9の矢印Aの方向に向けて下げて行く調節を行う。

[0028] 図7は、本発明の実施の形態に係わるマイクロ波照射部4の構造を示しており、前述した図6(b)のマイクロ波照射部4を複数連結した場合の構造、及び、マイクロ波照射の波形を模式的に示している。

これは第1マイクロ波照射部17のマイクロ波5電界の節29の部分を通じた被加熱繊維3が次マイクロ波照射部では腹30の部分を通ずして、照射されるマイクロ波の電界強度の差を小さくして均一に加熱処理されるようにするのに有効となる。

[0029] 図5は、前述した図4に対し、第1マイクロ波照射部17と第2マイクロ波照射部18における導電率を、第1導電率測定部15と第2導電率測定部16で測定し、必要に応じてそれぞれのマイクロ波照射部のマイクロ波出力を適切な値に調節する場合を示している。

この図5で示した構成は図4で示した構成よりも加熱処理装置の外形寸法を小さくすることができる。

[0030] 図8は、本発明の実施の形態に係わる炭素繊維に製造工程を示す図である。

炭素繊維製造プロセスの炭素化において、まずポリマー原料を投入し、紡糸部により被加熱繊維(前駆体繊維)を、糸状またはひも状に加工し、マイクロ波炭素化部に出力する。この出力はロール トゥ ロール(roll to roll)方式で所望の速度で送るものであり、マイクロ波炭素部において、所定のマイクロ波照射により炭素化することにより、所望の炭素繊維を製造して

いる。

炭素化された炭素繊維にプラズマ加工処理等により所定の加工を施し、所望の炭素繊維を取り出すものである。

[0031] 上述した本発明の実施の形態においては、導電率を測定して照射するマイクロ波電力にフィードバックするものであるが、別の実施の形態として、ロールの回転速度を可変する制御とすることもできる。

これは、加熱炉の内部において、被加熱繊維にマイクロ波電力を照射すると、定在波によって横（並列）方向にムラが出来る可能性があり、その場合、ロールの個々のスピード（すなわちロールの回転速度）にフィードバックするものである。また、このロールの回転速度およびマイクロ波電力の両方を可変する制御（測定した導電率に基づくフィードバックの制御）とすることで、より細かな制御が可能となる。

[0032] また、被加熱繊維の導電率の測定において、1本単位の繊維をロールで搬送して測定対象とするか、若しくは、複数の被加熱繊維（ファイバ）を一括して搬送して測定対象とすることができる。

1本のファイバ搬送においての、ロール部分接触により導電率測定は炭素化の精度を高めることができ、また、複数ファイバの場合には炭素化の効率を高めることができる。また、被加熱繊維の導電率の測定結果が所望の範囲外となった場合には、当該被加熱繊維の該当する長さ部分を異常と判断し、エラー処理、例えば、当該長さ部分の被加熱繊維を廃棄する工程とすることができる。

[0033] 以上説明したように、本発明の実施の形態によれば、被加熱繊維の導電率を測定する部材を加熱処理室の中に設け、この部材で測定した被加熱繊維の導電率とマイクロ波の出力及び被加熱繊維の炭素化率の関係についてあらかじめ求めた関係を基に、マイクロ波電力の出力を調節しながら被加熱繊維の炭素化処理を行うことができる。

本発明の実施の形態によれば、加熱処理室の中を走行する被加熱繊維の温度を正確に測定できない状態でも導電率を測定し、導電率とマイクロ波電力

と炭素化率の関係をあらかじめ取得した関係を基にしてマイクロ波出力を調節して、炭素化処理を高品質で行うことができる。

[0034] 本発明の実施の形態（１）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トウ

ロール(roll to roll)方式で加熱処理を行っている被加熱繊維の特定の２点間に電圧を印加し、その２点間の電圧値と、その２点間に流れる電流値と、その２点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、事前に測定した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と導電率の関係から、適切な加熱処理状態になるように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波加熱処理装置である。

本発明の実施の形態（２）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トウ

ロール(roll to roll)方式で被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の特定の２点間に印加する電圧が直流である前記実施の形態（１）のマイクロ波加熱処理装置である。

本発明の実施の形態（３）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トウ

ロール(roll to roll)方式で被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の特定の２点間に印加する電圧が交流である前記実施の形態（１）のマイクロ波加熱処理装置である。

本発明の実施の形態（４）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トウ

ロール(roll to roll)方式で炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の２点間に電圧を印加する部分において被加熱繊維と接触する端子が滑車状であって、この滑車状の端子が回転ローラにそれぞれの回転軸が共通となるように設けられ、且つ滑車状の端子の被加熱繊維との接触部と回転ロールは絶縁され、被加熱繊維の進行と共に滑車状の端子がロールと一体となって回転しながら一対の滑車状の端子を経由して被

加熱繊維に電流を流す構造である前記実施の形態（１）のマイクロ波加熱処理装置である。

[0035] 本発明の実施の形態（５）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トゥ

ロール(roll to roll) 方式で被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の特定の２点間に電圧を印加する電源ラインは回転ロールの端部に設けたロータリ式のコネクタを経由して加熱処理室の外部に設けた電源に接続されている前記実施の形態（４）のマイクロ波加熱処理装置である。

本発明の実施の形態（６）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トゥ

ロール(roll to roll) 方式で帯状に複数の被加熱繊維の炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率測定を２本以上で行い、それぞれの導電率が予め設定した所定の範囲に入るようにマイクロ波電力を制御する前記実施の形態（１）乃至（４）のマイクロ波加熱処理装置である。

本発明の実施の形態（７）として、導電率測定部をマイクロ波照射部の上流側または下流側又は両側に設けた前記実施の形態（１）乃至（４）のマイクロ波加熱処理装置である。本発明の実施の形態（８）として、導電率測定部の電圧を印加する端子をマイクロ波照射部の上流側と下流側に設けて、マイクロ波照射部で加熱処理中の被加熱繊維の導電率を測定する前記実施の形態（１）乃至（４）のマイクロ波加熱処理装置である。

[0036] 本発明の実施の形態（９）として、加熱処理室の中でマイクロ波を用いてロール トゥ

ロール(roll to roll)方式で加熱処理を行っている被加熱繊維の特定の２点間に電圧を印加し、その２点間に印加する電圧値と、その２点間に流れる電流値と、その２点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を測定し、この導電率と、マイクロ波電力と、被加熱繊維の炭素化状態との関係を予め求め、その関係に基づいて被加熱繊維の加熱処理に用いるマイ

クロ波電力の出力を調節するための制御装置を有するマイクロ波加熱処理装置である。

[0037] 本発明に係る第1の構成は、

加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、

被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加する電圧印加部と、

その2点間の電圧値と、その2点間に流れる電流値と、その2点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出する導電率算出部と、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と前記導電率算出部が算出した導電率とに応じた加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波照射部を備えたことを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0038] 本発明に係る第2の構成は、

前記第1の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、

前記被加熱繊維はロール トゥ ロール(roll to roll)方式で加熱処理されることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0039] 本発明に係る第3の構成は、

前記第2の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、

炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の2点間に電圧を印加する部分において被加熱繊維と接触する端子が滑車状であって、この滑車状の端子が回転ローラにそれぞれの回転軸が共通となるように設けられ、且つ滑車状の端子の被加熱繊維との接触部と回転ローラは絶縁され、被加熱繊維の進行と共に滑車状の端子がローラと一体となって回転しながら一対の滑車状の端子を経由して被加熱繊維に電流を流す構造であることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0040] 本発明に係る第4の構成は、

前記第2または第3の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、

被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の 特定の 2 点間に電圧を印加する電源ラインは回転ロールの端部に設けたロータリ式のコネクターを経由して加熱処理室の外部に設けた電源に接続されていることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0041] 本発明に係る第 5 の構成は、

前記第 2 乃至第 4 の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、
帯状に複数の被加熱繊維の炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率測定を複数で行い、それぞれの導電率が予め設定した所定の範囲に入るようにマイクロ波電力を制御することを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0042] 本発明に係る第 6 の構成は、

前記第 1 乃至第 5 の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、
被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の 特定の 2 点間に印加する電圧が直流または交流の何れかであることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0043] 本発明に係る第 7 の構成は、

前記第 1 乃至第 6 の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、
導電率測定部をマイクロ波照射部の上流側または下流側又は両側に設けたことを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0044] 本発明に係る第 8 の構成は、

前記第 1 乃至第 7 の構成のマイクロ波加熱処理装置であって、
導電率測定部の電圧を印加する端子をマイクロ波照射部の上流側と下流側に設けて、マイクロ波照射部で加熱処理中の被加熱繊維の導電率を測定することを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[0045] 本発明に係る第 9 の構成は、

加熱処理室の中でマイクロ波を用いて加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、被加熱繊維の特定の 2 点間に電圧を印加する電圧印加部と、その 2 点間に印加する電圧値と、その 2 点間に流れる電流値と、その 2 点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を測定する導電率測定部

と、この測定した導電率と、マイクロ波電力と、被加熱繊維の炭素化状態との関係を予め求め、その関係に基づいて被加熱繊維の加熱処理に用いるマイクロ波電力の出力を調節するための制御装置を有するマイクロ波加熱処理装置。

[0046] 本発明に係る第10の構成は、

所定の前駆体繊維を炭素化して炭素繊維を製造する炭素繊維の製造装置において、

ポリマー原料を投入する前駆体繊維投入部と、

該投入された前駆体繊維を糸状またはひも状に加工して被加熱繊維とする紡糸部と、

該糸状またはひも状に加工された被加熱繊維を加熱して炭素繊維とするマイクロ波炭素化部とより構成され、

前記マイクロ波炭素化部は、加熱処理室を備え、

該加熱処理室は、前記被加熱繊維をマイクロ波照射により加熱処理を行うものであって、

前記被加熱繊維は、前記加熱処理室の中の特定の2点間で電圧を印加され、

該印加された2点間の電圧値と、該2点間に流れる電流値と、該2点間の距離と、当該被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率と、前記マイクロ波照射と、前記算出した導電率とに応じて加熱処理を行うように、前記マイクロ波照射の出力を調節するマイクロ波照射部を備えたことを特徴とする炭素繊維の製造装置。

[0047] 本発明に係る第11の構成は、

前記第10の構成の炭素繊維の製造装置であって、

前記マイクロ波炭素化部より出力される炭素繊維に所定の加工を施し、所望の炭素繊維を製造することを特徴とする炭素繊維の製造装置。

[0048] 本発明に係る第12の構成は、

所定の前駆体繊維を炭素化して炭素繊維を製造する炭素繊維の製造方法において、

ポリマー原料を投入する前駆体繊維投入手段と、該投入された前駆体繊維を糸状またはひも状に加工して被加熱繊維とする紡糸手段と、該糸状またはひも状に加工された被加熱繊維を加熱して炭素繊維とするマイクロ波炭素化手段とより構成され、

前記マイクロ波炭素化手段は、加熱処理手段を備え、

該加熱処理手段は、前記被加熱繊維をマイクロ波照射により加熱処理を行うものである、

前記被加熱繊維は、前記加熱処理手段の中の特定の２点間で電圧を印加され、

該印加された２点間の電圧値と、該２点間に流れる電流値と、該２点間の距離と、当該被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率と、前記マイクロ波照射と、前記算出した導電率とに応じて加熱処理を行うように、前記マイクロ波照射の出力を調節するマイクロ波照射手段を備えたことを特徴とする炭素繊維の製造方法。

[0049] 本発明に係る第１３の構成は、

前記第１２の構成の炭素繊維の製造方法であって、

前記マイクロ波炭素化手段より出力される炭素繊維に所定の加工を施し、所望の炭素繊維を製造することを特徴とする炭素繊維の製造方法。

[0050] 本発明に係る第１４の構成は、

加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱方法において、

被加熱繊維の特定の２点間に電圧を印加する電圧印加手段と、

その２点間の電圧値と、その２点間に流れる電流値と、その２点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出する導電率算出手段と、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と前記算出した導電率とに 応じた加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波照射手段とを備えた ことを特徴とするマイクロ波加熱処理方法。

[0051] 本発明の実施の形態によれば、炭素繊維の製造プロセスにおいて、マイクロ波加熱装置 による加熱処理を可能とし、加熱処理における被加熱繊維の温度を演算測定し、炭素化状態に応じた加熱処理制御を行うことを可能とするものである。

本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上述した実施形態に限定される ものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変更して実施することができる。

産業上の利用可能性

[0052] 本発明は、炭素繊維製造プロセスにおける被加熱繊維(前駆体繊維)の炭素化に有効で利 用可能である。

また、マイクロ波電力の照射により前駆体繊維を炭素化するマイクロ波加熱処理装置、 及び、これを用いた炭素繊維の製造装置及び製造方法に有効で利用可能である。 この出願は、2016年12月27日に出願された日本出願特願2016-253258を基礎として優先権の利益を主張するものであり、その開示の全てを引用によってここに取り込む。

符号の説明

[0053] 1 : 加熱処理室、2 : 加熱処理室壁、3 : 被加熱繊維、4 : マイクロ波照射部、5 : マイ クロ波、6 : ローラ、7 : 導電率測定用ローラ、8 : 滑車状端子、9 : 電圧計、10 : 電 流計、11 : 電源、12 : 端子選択ユニット、13 : ロータリコネクタ、14 : 導電率測 定部、15 : 第1導電率測定部、16 : 第2導電率測定部、17 : 第1マイクロ波照射部 、18 : 第2マイクロ波照射部、19 : 第3マイクロ波照射部、20 : 位相差、21 : ロ ーラの電流、23 : マグネトロン、24 : アイソレータ、25 : 方向性結合器、26 : 整 合器、27 : 導波管、28 : スリット、29 : 節、30 : 腹。

請求の範囲

- [請求項1] 加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加する電圧印加部と、
- その2点間の電圧値と、その2点間に流れる電流値と、その2点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出する導電率算出部と、
- あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と前記導電率算出部が算出した導電率とに応じた加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波照射部を備えたことを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。
- [請求項2] 前記請求項1記載のマイクロ波加熱処理装置であって、
- 前記被加熱繊維はロール トゥ ロール(roll to roll)方式で加熱処理されることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。
- [請求項3] 前記請求項2に記載のマイクロ波加熱処理装置であって、
- 炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の2点間に電圧を印加する部分において被加熱繊維と接触する端子が滑車状であって、この滑車状の端子が回転ローラにそれぞれの回転軸が共通となるように設けられ、且つ滑車状の端子の被加熱繊維との接触部と回転ローラは絶縁され、被加熱繊維の進行と共に滑車状の端子がローラと一体となって回転しながら一対の滑車状の端子を経由して被加熱繊維に電流を流す構造であることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。
- [請求項4] 前記請求項2または請求項3に記載のマイクロ波加熱処理装置であって、
- 被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加する電源ラインは回転ローラの端部に設けたロータリ式のコネクタを経由して加熱処理

室の外部に設けた電源に接続されていることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[請求項5] 前記請求項2乃至請求項4記載のマイクロ波加熱処理装置であって、

带状に複数の被加熱繊維の炭素化処理を行っている被加熱繊維の導電率測定を複数で行い、それぞれの導電率が予め設定した所定の範囲に入るようにマイクロ波電力を制御することを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[請求項6] 前記請求項1乃至請求項5に記載のマイクロ波加熱処理装置であって、

被加熱繊維の炭素化を行っている被加熱繊維の導電率を測定するために、被加熱繊維の特定の2点間に印加する電圧が直流または交流の何れかであることを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[請求項7] 前記請求項1乃至請求項6記載のマイクロ波加熱処理装置であって、導電率測定部をマイクロ波照射部の上流側または下流側又は両側に設けたことを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[請求項8] 前記請求項1乃至請求項7記載のマイクロ波加熱処理装置であって、

導電率測定部の電圧を印加する端子をマイクロ波照射部の上流側と下流側に設けて、マイクロ波照射部で加熱処理中の被加熱繊維の導電率を測定することを特徴とするマイクロ波加熱処理装置。

[請求項9] 加熱処理室の中でマイクロ波を用いて加熱処理を行うマイクロ波加熱装置において、被加熱繊維の特定の2点間に電圧を印加し、その2点間に印加する電圧値と、その2点間に流れる電流値と、その2点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を測定し、この導電率と、マイクロ波電力と、被加熱繊維の炭素化状態との関係を予め求め、その関係に基づいて被加熱繊維の加熱処理に用いるマイクロ波電力の出力を調節するための制御装置を有するマイクロ

口波加熱処理装置。

[請求項10]

所定の前駆体繊維を炭素化して炭素繊維を製造する炭素繊維の製造装置において、 ポリマー原料を投入する前駆体繊維投入部と、

該投入された前駆体繊維を糸状またはひも状に加工して被加熱繊維とする紡糸部と、 該糸状またはひも状に加工された被加熱繊維を加熱して炭素繊維とするマイクロ波炭素化 部とより構成され、

前記マイクロ波炭素化部は、加熱処理室を備え、

該加熱処理室は、前記被加熱繊維をマイクロ波照射により加熱処理を行うものであって、 前記被加熱繊維は、前記加熱処理室の中の特定の2点間で電圧を印加され、

該印加された2点間の電圧値と、該2点間に流れる電流値と、該2点間の距離と、当該 被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率と、前記マイクロ波照射と、前記算出した導 電率とに応じて加熱処理を行うように、前記マイクロ波照射の出力を調節するマイクロ波 照射部を備えたことを特徴とする炭素繊維の製造装置。

[請求項11]

前記請求項10に記載の炭素繊維の製造装置であって、

前記マイクロ波炭素化部より出力される炭素繊維に所定の加工を施し、所望の炭素繊維 を製造することを特徴とする炭素繊維の製造装置。

[請求項12]

所定の前駆体繊維を炭素化して炭素繊維を製造する炭素繊維の製造方法において、

ポリマー原料を投入する前駆体繊維投入手段と、

該投入された前駆体繊維を糸状またはひも状に加工して被加熱繊維とする紡糸手段と、 該糸状またはひも状に加工された被加熱繊維を加熱して炭素繊維とするマイクロ波炭素化 手段とより構成され、

前記マイクロ波炭素化手段は、加熱処理手段を備え、

該加熱処理手段は、前記被加熱繊維をマイクロ波照射により加熱処理を行うものであって、

前記被加熱繊維は、前記加熱処理手段の中の特定の２点間で電圧を印加され、

該印加された２点間の電圧値と、該２点間に流れる電流値と、該２点間の距離と、当該被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出し、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率と、前記マイクロ波照射と、前記算出した導電率とに応じて加熱処理を行うように、前記マイクロ波照射の出力を調節するマイクロ波照射手段を備えたことを特徴とする炭素繊維の製造方法。

[請求項13] 前記請求項１２に記載の炭素繊維の製造方法であって、

前記マイクロ波炭素化手段より出力される炭素繊維に所定の加工を施し、所望の炭素繊維を製造することを特徴とする炭素繊維の製造方法。

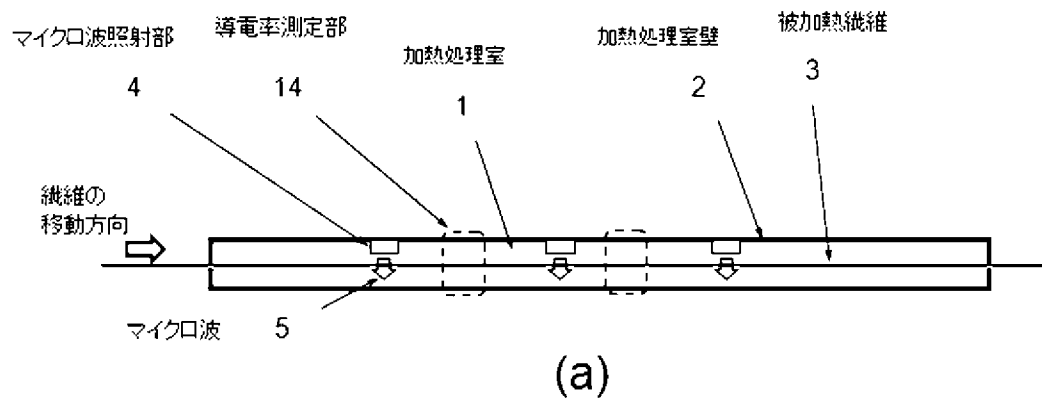
[請求項14] 加熱処理室の中でマイクロ波による加熱処理を行うマイクロ波加熱方法において、

被加熱繊維の特定の２点間に電圧を印加する電圧印加手段と、

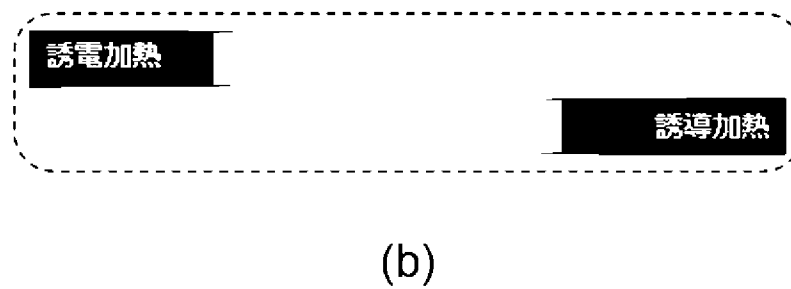
その２点間の電圧値と、その２点間に流れる電流値と、その２点間の距離と、被加熱繊維の断面積から被加熱繊維の導電率を算出する導電率算出手段と、

あらかじめ算出した被加熱繊維の炭素化率とマイクロ波出力と前記算出した導電率とに応じて加熱処理を行うように、マイクロ波出力を調節するマイクロ波照射手段とを備えたことを特徴とするマイクロ波加熱処理方法。

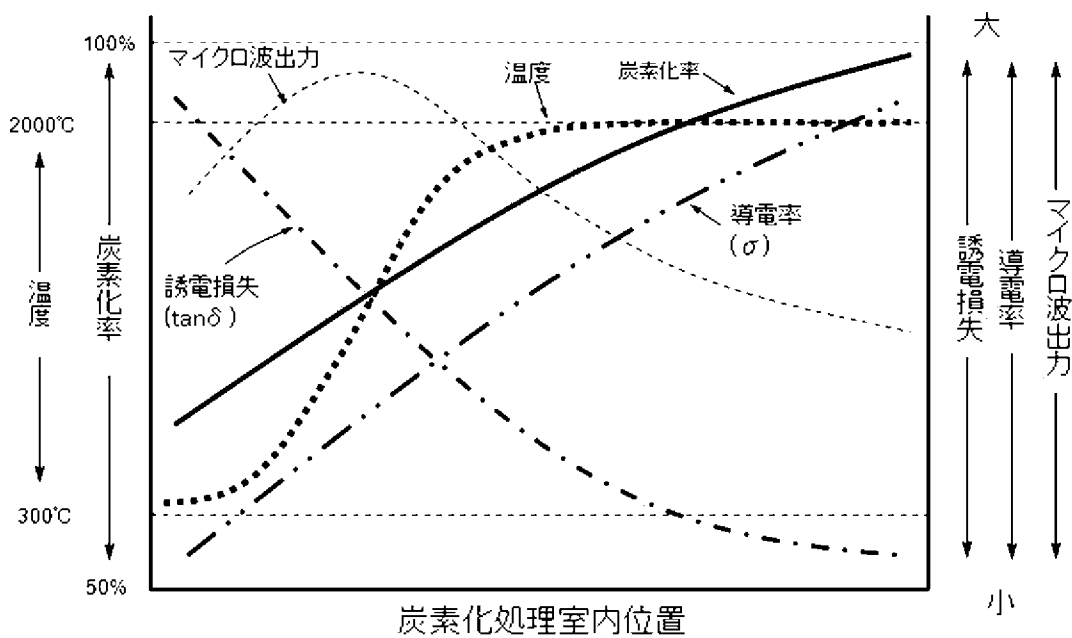
[図1A]



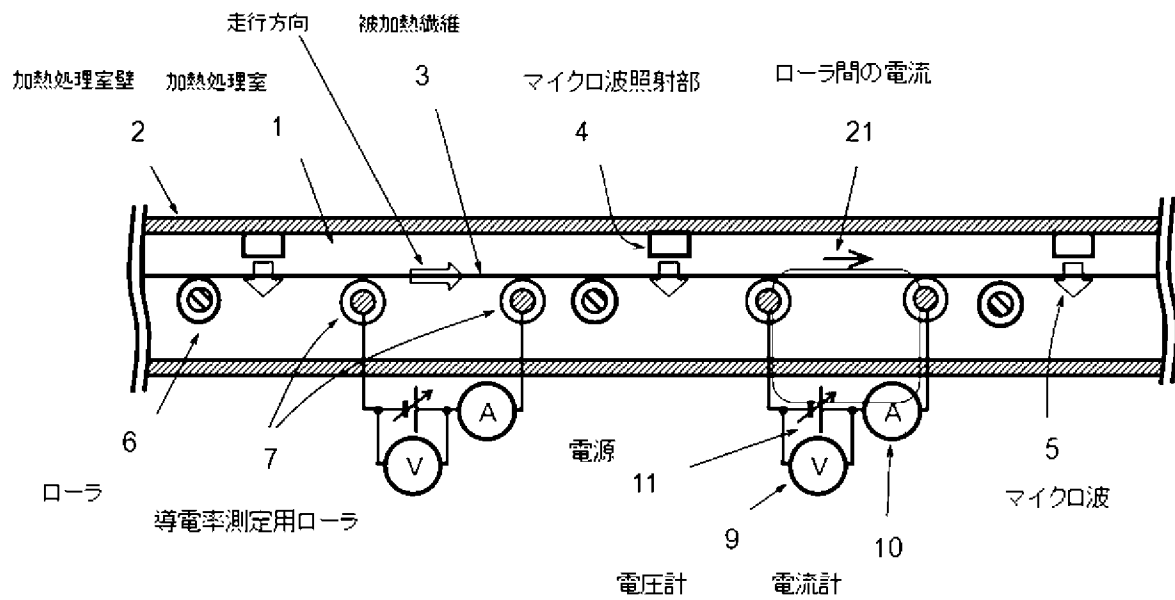
[図1B]



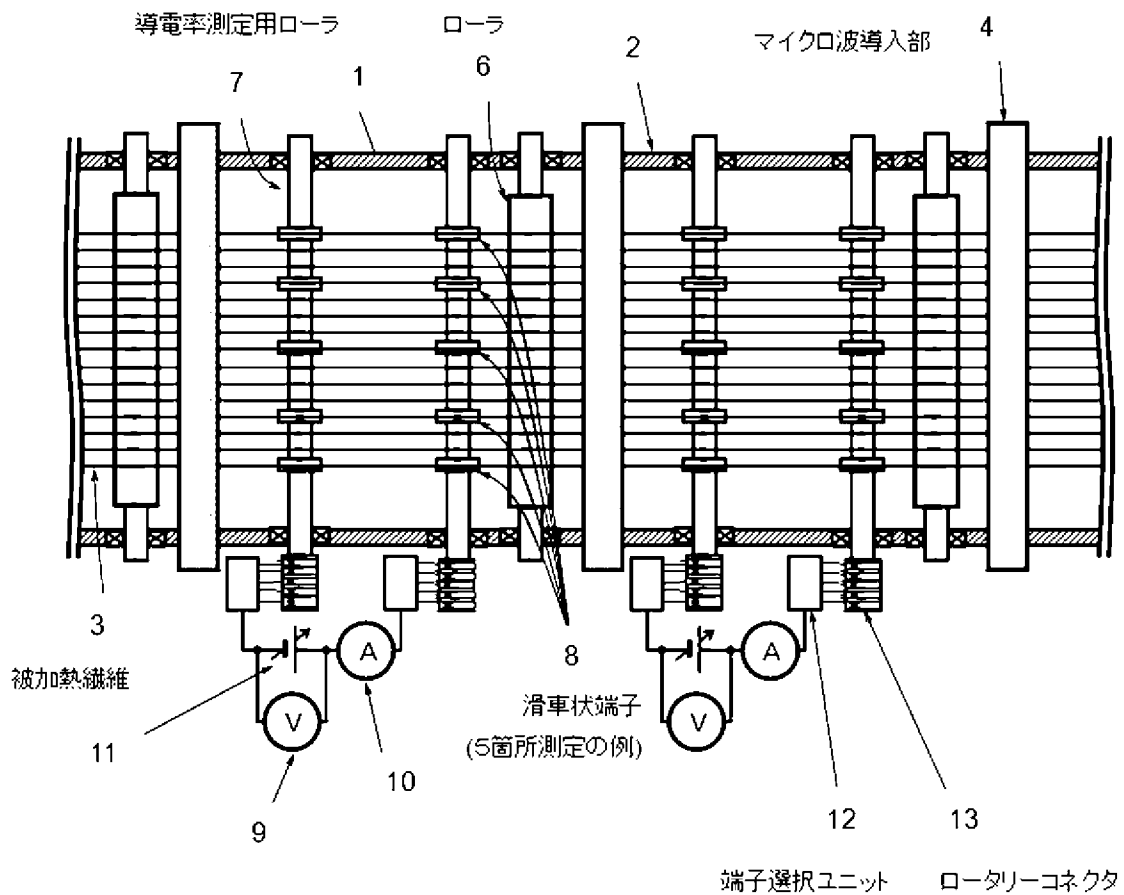
[図1C]



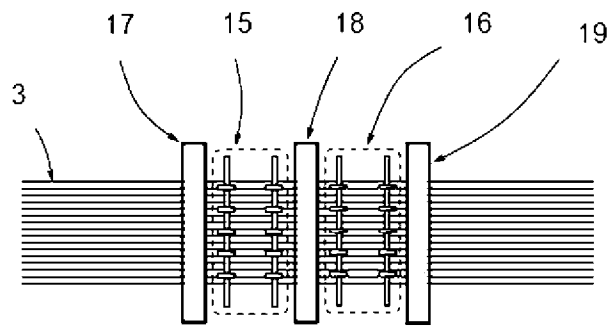
[図2A]



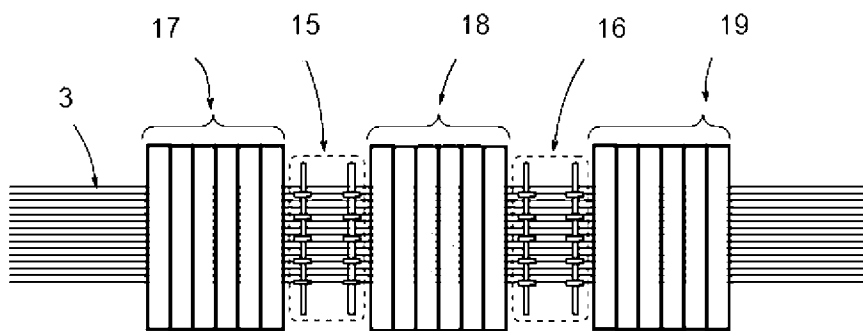
[図2B]



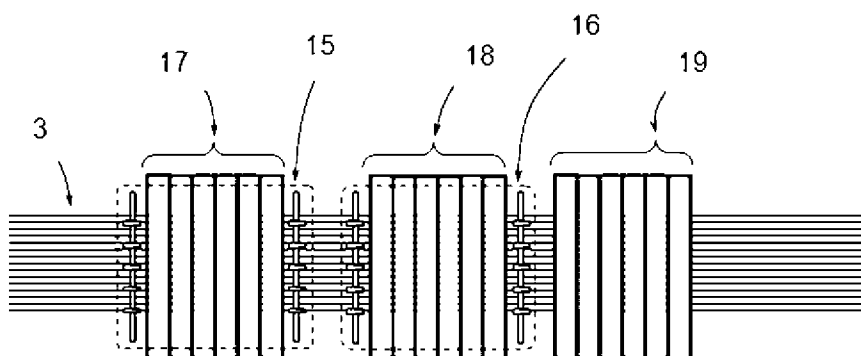
[図3]



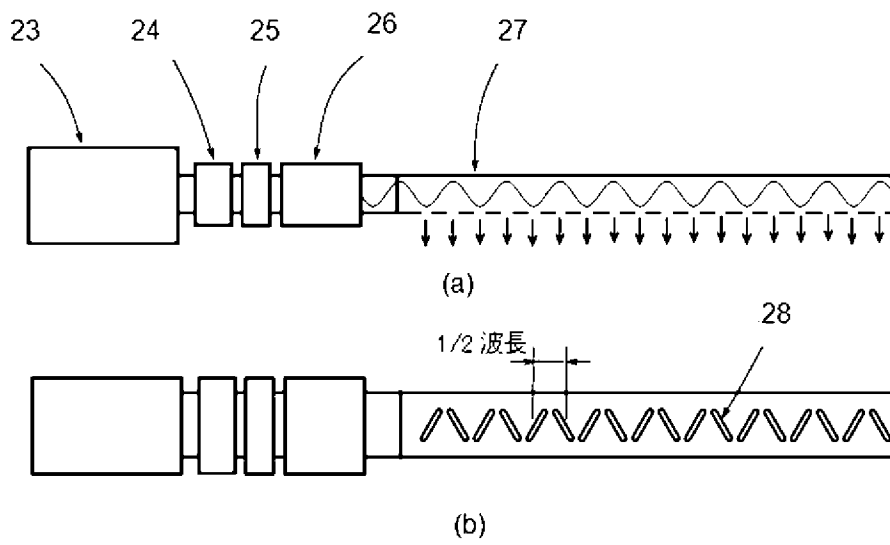
[図4]



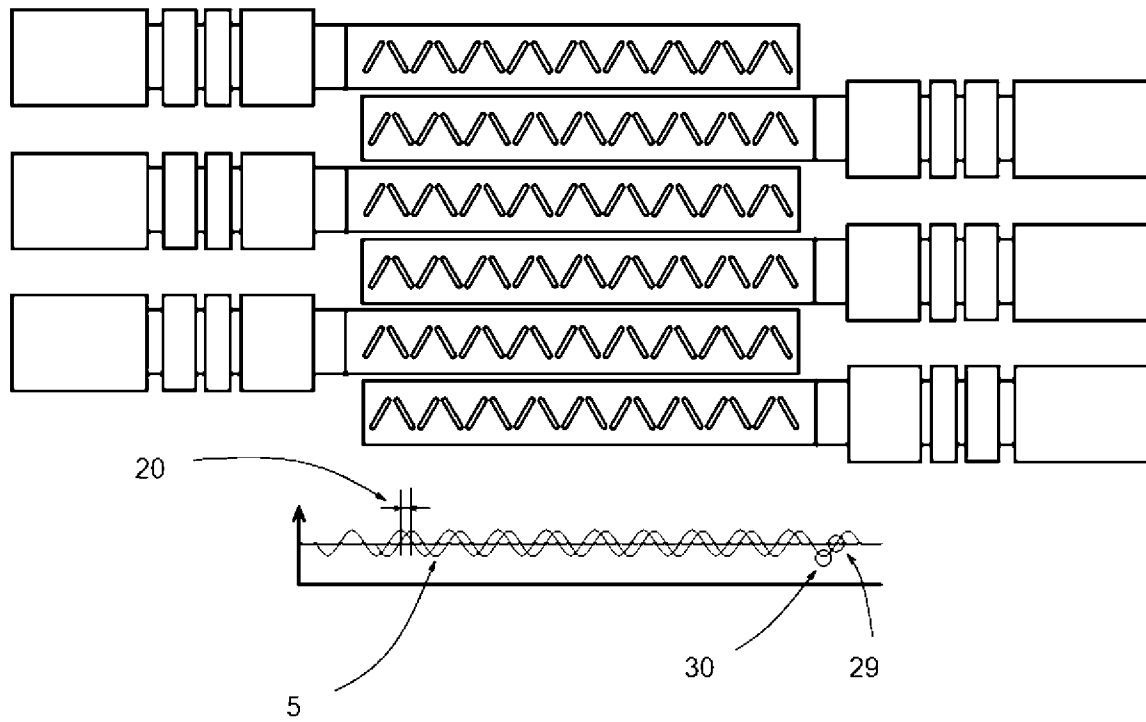
[図5]



[図6]



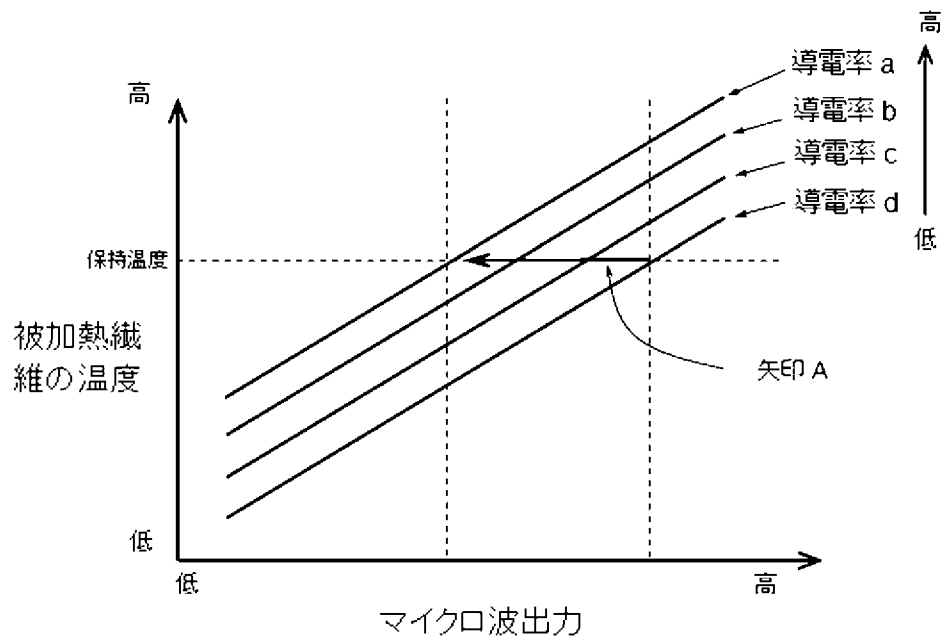
[図7]



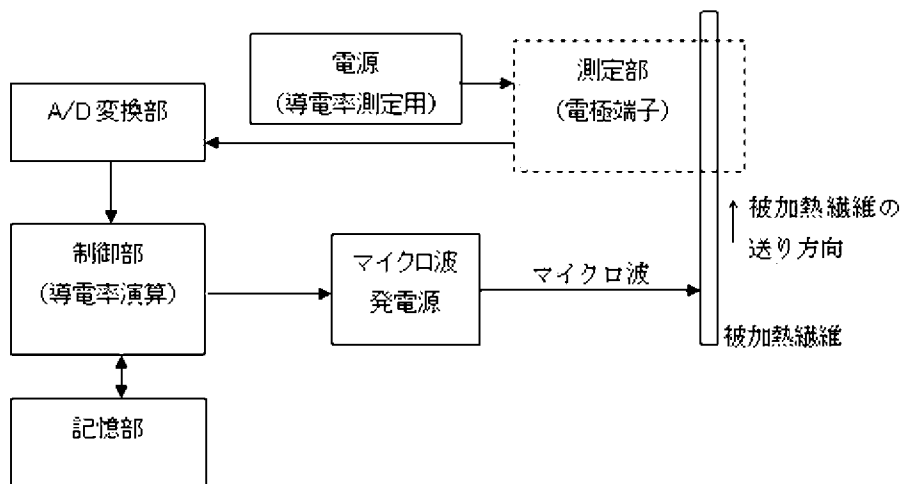
[図8]

ポリマ原料による紡糸部	前躯体繊維投入部	マイクロ波炭素化部	プラズマ加工処理部	炭素繊維取出部
-------------	----------	-----------	-----------	---------

[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H05B6/68 (2006.01) i, D01F9/14 (2006.01) i, H05B6/80 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H05B6/68, D01F9/14, H05B6/80

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 58-144125 A (HIROCHIKU KK) 27 August 1983, specification, page 2, lower left column, line 2 to page 4, upper left column, line 14, fig. 1-4 (Family: none)	1-14
A	JP 2013-221232 A (TEC ONE COMPANY) 28 October 2013, paragraphs [0033]-[0060], fig. 1 (Family: none)	1-14

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

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

Date of the actual completion of the international search
27 December 2017

Date of mailing of the international search report
23 January 2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039325

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/0348283 A1 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 01 December 2016, paragraphs [0050]-[0088], fig. 1 & KR 10-2016-0138775 A	1-14
A	JP 2006-128075 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 18 May 2006, paragraph [0075], fig. 9 & US 2006/0081624 A1, paragraph [0139], fig. 9 & EP 1643641 A2 & KR 10-2006-0051930 A & CN 1764332 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05B6/68(2006.01)i, D01F9/14(2006.01)i, H05B6/80(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05B6/68, D01F9/14, H05B6/80

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 58-144125 A (株式会社広築) 1983.08.27, 明細書第2ページ左下欄第2行-第4ページ左上欄第14行, 図1-4 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2013-221232 A (テックワン株式会社) 2013.10.28, 段落[0033]-[0060], 図1 (ファミリーなし)	1-14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.12.2017

国際調査報告の発送日

23.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮崎 光治

3 L

6215

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2016/0348283 A1 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 2016. 12. 01, 段落[0050]-[0088], 図 1 & KR 10-2016-0138775 A	1-14
A	JP 2006-128075 A (セイコーエプソン株式会社) 2006. 05. 18, 段落[0075], 図 9 & US 2006/0081624 A1, 段落[0139], 図 9 & EP 1643641 A2 & KR 10-2006-0051930 A & CN 1764332 A	1-14