

(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
2011 年 12 月 1 日(01.12.2011)

(10) 国際公開番号
WO 2011/149045 A1

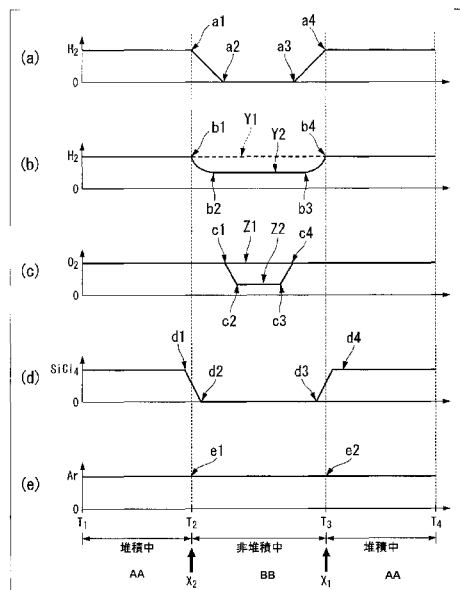
- (51) 国際特許分類:
C03B 37/018 (2006.01) *C03B 8/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/062189
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 27 日(27.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-121902 2010 年 5 月 27 日(27.05.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.) [JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 成敏 (YAMADA Naritoshi) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP). 加藤 優一 (KATO Yuichi) [JP/JP]; 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FIBER PREFORM PRODUCING DEVICE AND PRODUCING METHOD

(54) 発明の名称: 光ファイバ母材の製造装置及び製造方法

[図4]



AA DURING DEPOSITION
BB DURING NON-DEPOSITION

(57) Abstract: Disclosed is an optical fiber preform producing method using a combustion burner comprising a glass starting material gas jet nozzle, a combustion gas port (A) having a plurality of supporting gas jet nozzles disposed in the vicinity of the glass starting material gas jet nozzle, and a combustion gas port (B) including no supporting gas jet nozzle, said producing method being provided with: a step (α) for maintaining a pilot light by a combustion gas from the combustion gas port (B) at the time of a shift from a deposition mode in which glass particles are deposited around a target member to a non-deposition mode in which the deposition is not performed, and switching gas to be jetted from the combustion gas port (A) from the combustion gas to a purge gas while the flow rate of a supporting gas from the supporting gas jet nozzles maintains a given flow rate or higher; and/or a step (β) for maintaining the pilot light of the combustion burner by the combustion gas from the combustion gas port (B) at the time of a shift from the non-deposition mode to the deposition mode, and switching the gas to be jetted from the combustion gas port (A) from the purge gas to the combustion gas while the flow rate of the supporting gas from the supporting gas jet nozzles maintains the given flow rate or higher.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/149045 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ガラス原料ガス噴出ノズル、並びにその近傍に配された複数の助燃ガス噴出ノズルを有する燃焼ガスポートA及び前記助燃ガス噴出ノズルを含まない燃焼ガスポートBを有する燃焼バーナを用いた光ファイバ母材の製造方法であって、ターゲット部材の周囲へのガラス微粒子堆積を行う積モードから、前記堆積を行わない非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで種火を維持し、前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの流速を一定以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α ；及び前記非堆積モードから前記堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの流速を一定以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記パージガスから燃焼ガスに切り替える工程 β ；のうちの少なくとも一方を備える。

明 細 書

発明の名称： 光ファイバ母材の製造装置及び製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、いわゆる外付け法による光ファイバ母材の製造装置及び製造方法に関する。

本願は、2010年5月27日に、日本に出願された特願2010-121902号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 一般に外付け法と呼ばれる製造方法に基づく光ファイバ母材の製造装置では、棒状のターゲット部材の両端をガラス旋盤などで保持して回転させ、ターゲット部材の周囲に、ガラス微粒子生成用燃焼バーナの火炎中で生成されたガラス微粒子を堆積させる。このターゲット部材は後に除去されたり、あるいは後に光ファイバとされたときにコア部となる石英系のガラス棒であったりする。

[0003] ガラス原料ガスを燃焼ガス及び助燃ガスとともにバーナの火炎中に導入することにより、火炎中で火炎加水分解反応等を生じさせて SiO_2 等のガラス微粒子を生成する。このガラス微粒子を前記のように回転するターゲット部材の周囲に堆積する。

ガラス微粒子生成用燃焼バーナをターゲット部材の軸方向にトラバースさせながら、この堆積工程を行うことによりターゲット部材の周囲にガラス微粒子堆積層を形成し、その堆積層が所定の重量となったとき堆積工程を終了する。

こうして形成されたターゲット部材とガラス微粒子堆積層との複合体であるガラス微粒子堆積体が、後に、高温の炉の中で加熱処理され、ガラス微粒子堆積層の部分が焼結されて透明ガラス化され、光ファイバ母材が得られる。

[0004] この光ファイバ母材の製造装置において、複数のガラス微粒子生成用燃焼

バーナを順次一方向にトラバースさせてガラス微粒子堆積を行うことがある。この場合、一つのバーナは、堆積開始点から終了点に至る期間のみガラス微粒子生成・堆積を行い、その後は他の、トラバースしながらガラス微粒子堆積しているバーナの障害とならないようにトラバース行路から外れた行路を通して堆積開始点にまで戻る。この戻りの期間ではバーナの火炎は極力小さくする必要があるので、従来では燃焼ガス及び助燃ガスの流量をできるだけ下げるか、あるいは、燃焼ガスの流量を極力下げるとともに助燃ガスの弁を閉じている。

[0005] しかしながら、前記のように堆積終了点から堆積開始点までの戻りの期間において燃焼ガス及び助燃ガスの流量をできるだけ下げる場合には、ガラス微粒子生成用燃焼バーナのノズル近辺で炎が燃焼し、ノズル先端が赤熱してしまい、バーナの寿命が極端に短くなるという問題がある。

[0006] このような問題に対し、例えば、戻りの期間において酸素の導入を停止する方法（例えば、特許文献 1 参照）や、戻りの期間において酸素ノズルにパージガスを流す方法（例えば、特許文献 2 参照）などが提案されている。

また、酸素ノズル先端の劣化への対策として、例えば、水素に不活性ガスや窒素を混合したガスを用いること方法（例えば、特許文献 3 参照）や、ノズルの厚みを 1 mm 以下に薄くし、ガスの流速を高くすること方法（例えば、特許文献 4 参照）、酸素ガス用ノズルの周囲にシール層を設けること方法（例えば、特許文献 5 参照）などが提案されている。

なお、上述した文献において、酸素は「助燃ガス」に、水素は「燃焼ガス」に、不活性ガスや窒素は「パージガス」に、それぞれ相当する。

[0007] しかしながら、前記の特許文献 1、特許文献 2 に記載の方法においても、ガスの流量が変化、つまりガスの流速が低下する瞬間においては、ノズルが一時的に高温になり、これを繰り返すことにより、ノズルが変形することがある。

また、特許文献 3 に記載の方法では、製造条件によっては少なからず堆積効率に影響を及ぼし好ましくない場合がある。

[0008] 特許文献4に記載の方法では、点火、消火、種火などの状況においてがガスの流速が減るため、ノズルが赤熱してしまう。また、ノズルの厚みを1mm以下にすると前記赤熱による変形が著しくなり、結局ノズルの寿命が短くなってしまう。

さらに、特許文献5に記載の方法では、ノズルの変形を避けられるが、シール層を設けることでバーナが大型化、複雑化して好ましくない。また、バーナの製作精度が落ちたり、バーナが大きくなりすぎて堆積効率が低下したりする。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開平4－170336号公報
特許文献2：特開平4－175239号公報
特許文献3：特開平11－79774号公報
特許文献4：特開平6－247722号公報
特許文献5：特開昭59－232933号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明は、上記のような実情に鑑みてなされたものであり、ガラス微粒子生成用燃焼バーナを用いた光ファイバ母材の製造方法において、堆積効率を低下させることなくノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できる、とくに堆積モードと非堆積モード（種火状態）との間の移行を高い頻度で繰り返す場合により効果的にノズル先端部の劣化を抑制できる、光ファイバ母材の製造方法の提供を第一の目的とする。

また、本発明は、ガラス微粒子生成用燃焼バーナを備えた光ファイバ母材の製造装置において、シンプルな構成であり、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制し、堆積モードと非堆積モード（種火状態）との間の移行を高い頻度で繰り返す場合でも、燃焼バーナの長寿命化を図ることが可能な、光ファ

イバ母材の製造装置の提供を第二の目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の第1の態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、ガラス原料ガス噴出ノズル、及び前記ガラス原料ガス噴出ノズルの近傍に配された少なくとも2つ以上の互いに隣接する燃焼ガスポートを有し、前記燃焼ガスポートが、前記ガラス原料ガス噴出ノズルに対して寄り添うように配置された複数の小口径の助燃ガス噴出ノズルを有する少なくとも1つの燃焼ガスポートAと、前記助燃ガス噴出ノズルを含まない少なくとも1つの燃焼ガスポートBと、を有する燃焼バーナを用いて、前記ガラス原料ガス噴出ノズルからのガラス原料ガス、前記各燃焼ガスポートからの燃焼ガス及び前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスからなる混合ガスを燃焼することによりターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる光ファイバ母材の製造方法であって、前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モードから、前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させない非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α ；及び前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させない非堆積モードから、前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記パージガスから燃焼ガスに切り替える工程 β ；のうちの少なくとも一方を備える。

上記光ファイバ母材の製造方法は、前記工程 α を備え、前記燃焼ガスからパージガスへの切替えを行った後に、前記助燃ガスの流量を維持し、減少さ

せ、若しくは前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を停止し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスを前記助燃ガスからパージガスに切り替えてもよい。

- [0012] 上記光ファイバ母材の製造方法は、前記工程 β を備え、前記工程 β に先だって、前記助燃ガスの流量を維持し、増加させ、若しくは前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を開始し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスを前記パージガスから助燃ガスに切り替えてもよい。

上記光ファイバ母材の製造方法は、前記工程 α および前記工程 β を備えてもよい。

- [0013] 本発明の第2の態様に係る光ファイバ母材の製造装置は、ガラス原料ガス噴出ノズル、及び前記ガラス原料ガス噴出ノズルの近傍に、少なくとも2つ以上の互いに隣接する燃焼ガスポートを有し、前記燃焼ガスポートが、前記ガラス原料ガス噴出ノズルに対して寄り添うように配置された複数の小口径の助燃ガス噴出ノズルを有する少なくとも1つの燃焼ガスポートAと、前記助燃ガス噴出ノズルを含まない少なくとも1つの燃焼ガスポートBと、を有する燃焼バーナを用いて、前記ガラス原料ガス噴出ノズルからのガラス原料ガス、前記各燃焼ガスポートからの燃焼ガス及び前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスからなる混合ガスを燃焼することによりガラス微粒子を堆積させる燃焼バーナと；前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モード及び前記ガラス微粒子を堆積させない非堆積モードの2つの間を移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える又は前記燃焼ガスポートAから噴出するガスをパージガスから前記燃焼ガスに切り替えるガス切替機構と；を少なくとも備える。

前記ガラス原料ガス噴出ノズルは前記燃焼バーナの中心に配され、前記燃焼ガスポートA及び前記燃焼ガスポートBは、前記ガラス原料ガス噴出ノズル

ルの外側に、該ガラス原料ガス噴出ノズルに対して同心円状に配置されていてもよい。

発明の効果

[0014] 本発明の第1の態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる堆積モードから、ガラス微粒子を堆積させない非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α ；及び前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させない非堆積モードから、前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼バーナの燃焼ガスで種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスを前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスをパージガスから燃焼ガスに切り替える工程 β ；のうちの少なくとも一方を備えている。

上記光ファイバ母材の製造方法が工程 α を備える場合、堆積モードから非堆積モードへ移行するに際し、前記燃焼ガスポートAの助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスを前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持することで、燃焼ガスポートAからの燃焼ガスの流速がある程度遅くなってもノズル先端が赤熱しない。前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを燃焼ガスからパージガスに切り替えた状態では、燃焼は起きないため、ノズル先端も高温にならない。つまり、ノズル先端が高温になるのを防ぐことができる。前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを燃焼ガスからパージガスに切り替えた後、助燃ガスの流量を維持し、減少させ、若しくは助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を停止し、あるいは助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスを助燃ガスからパージガスに切り替えれば、ノズル先端が高温に

なるのをより確実に防ぐことができる。

また、燃焼ガスポートBで燃焼バーナの種火を維持しているので、後に非堆積モードから堆積モードに移行する際に、確実にかつ迅速に着火できる。したがって、堆積効率の低下を抑制することができる。

以上説明の通り、本発明の上記態様では、堆積効率を低下させることなくノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できる、とくに堆積モードから非堆積モード（種火状態）への移行を高い頻度で繰り返す場合により効果的にノズル先端部の劣化を抑制できる、光ファイバ母材の製造方法を提供することができる。

なお、上述した工程 α の後に、「消火状態」を設けてもよい。すなわち、工程 α の「種火状態」から「消火状態」へ移行させてもよい。

[0015] 上記光ファイバ母材の製造方法が工程 β を備える場合、前記燃焼ポートAから噴出するガスが燃焼ガスからパージガスに切り替えてある状態では、燃焼は発生しないため、ノズル先端も高温状態になることは無い。非堆積モードから堆積モードへ移行するに際し、前記燃焼ポートAの助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスを前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持することで、燃焼ガスポートAからの燃焼ガスの流速がある程度遅いときも赤熱しない。つまり、ノズル先端が高温になるのを防ぐことができる。上記工程 β に先だって、助燃ガスの流量を維持し、増加させ、若しくは助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を開始し、あるいは助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスをパージガスから助燃ガスに切り替えれば、ノズル先端が高温になるのをより確実に防ぐことができる。

また、燃焼ガスポートBで燃焼バーナの種火を維持しているので、非堆積モードから堆積モードに移行する際に、確実にかつ迅速に着火できる。したがって、堆積効率を低下させることもない。

以上説明の通り、本発明の上記態様では、堆積効率を低下させることなくノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できる、とくに非堆積モード（種火状態）から堆積モードへの移行を高い頻度で繰り返す場合により効果的にノズル

ル先端部の劣化を抑制できる、光ファイバ母材の製造方法を提供することができる。

なお、上述した工程 β の前に、「消火状態」を設けてもよい。すなわち、「消火状態」から工程 β の「種火状態」へ移行させてもよい。

[0016] 本発明の第2の態様に係る光ファイバ母材の製造装置では、堆積モード及び非堆積モードの2つの間を移行する際に、燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、燃焼ガスポートAの助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速をノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを燃焼ガスからパージガスに切り替える又は前記燃焼ガスポートAから噴出するガスをパージガスから燃焼ガスに切り替えるガス切替機構を備えている。

たとえば、堆積モードから非堆積モードに移行するに際し、前記燃焼ガスポートAの助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持することで、燃焼ガスポートAからの燃焼ガスの流速がある程度遅くなっても赤熱しない。前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを燃焼ガスからパージガスに切り替えた状態では、燃焼は起きないため、ノズル先端も高温にならない。その後に助燃ガスの噴出を停止または助燃ガスからパージガスに切り替えることで、ノズル先端が高温になるのを防ぐことができる。よって、本発明の態様に係る光ファイバ母材の製造装置では、燃焼バーナのノズル先端の赤熱を防止することができる。また、非堆積モードから堆積モードに移行する際にも、上記と同様の作用・効果が得られる。

以上説明の通り、本発明上記態様によれば、ガラス微粒子生成用燃焼バーナを備えた光ファイバ母材の製造装置において、シンプルな構成で、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制でき、燃焼バーナの長寿命化を図ることが可能な、光ファイバ母材の製造装置を提供することができる。

なお、本発明における「パージガス」とは、特定のガスに代替して用いられるガスであって、相対的に反応性の低いガスを意味する。具体的には、例

えば、窒素ガス、及び、ヘリウムやネオン、アルゴンなどの不活性ガスが、パージガスとして挙げられる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]光ファイバ母材の製造方法に用いる製造装置系の一例を示した概略説明図である。

[図2]光ファイバ母材の製造方法に用いる製造装置系の一例を示した概略説明図である。

[図3]燃焼バーナのノズル部分の一例であり、その先端側から見た図である。

[図4]燃焼バーナのトラバースの循環において、燃焼バーナに供給される各種ガスの流量について示した図である。

[図5]燃焼ガスと助燃ガスの平均流速をそれぞれ変化させて燃焼させたときの、ノズル先端の赤熱状態を目視確認した結果を示す図である。

[図6]燃焼バーナのノズル部分の他の一例であり、その先端側から見た図である。

[図7]燃焼バーナのノズル部分の他の一例であり、その先端側から見た図である。

[図8]光ファイバ母材の製造方法に用いる製造装置系の一例を示した概略説明図である。

[図9]従来の燃焼バーナのノズル部分の一例であり、その先端側から見た図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の好適な実施の形態について説明する。

[0019] 図1及び図2は本発明の一実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法に用いられる製造装置系の一例を示した各概略説明図である。

図1及び図2において、1はターゲット部材で、これはチャンバ2内に収納され、その両端がガラス旋盤などで回転自在に支持されている。なお、このターゲット部材1は、後の工程で除去されたり、あるいは光ファイバ母材のコアとなる棒状部材もしくはコアとその周りのクラッドの一部となる棒状

部材からなる。

前記チャンバ2は火炎及びガラス微粒子流の整流を行うとともに、ガラス微粒子堆積層を保護するものである。

チャンバ2の側壁の1つ（図1中、右下側）には、内部のターゲット部材1の軸方向に沿って、開口部2aが設けてあり、また、その反対側の側壁（図1中、左上側）には、燃焼ガスなどが排気される排気部2bが設けられている。

このチャンバ2の開口部2aには、ガラス微粒子合成用の燃焼バーナ3が配置されている。この燃焼バーナ3は、外部に設けられたトラバース手段（図示省略）により、図中の区間（X1 X2 X3 X4 X1）をトラバースして循環する。

[0020] 以下では、多重管構造を備えた燃焼バーナ3（たとえば、図3）について詳細に述べるが、本発明に係る光ファイバ母材の製造方法は、図3に例示する構成（ガラス原料ガス噴出ノズルや不活性ガス噴出ノズル等が同心円状に配された構成）に限定されない。多重管構造を有する燃焼バーナ3を構成する各ノズル（ガラス原料ガス噴出ノズルや不活性ガス噴出ノズル等）は、管の肉厚レベルにおいて、相互に「近傍」あるいは「寄り添う」ように配置される。

図3に示すような多重管構造以外に、たとえば、ガラス原料ガス噴出ノズルの「近傍」に、少なくとも2つ以上の隣接する燃焼ガスポートガラス原料ガス噴出ノズルと不活性ガス噴出ノズルとが独立して配置される構造が挙げられる。この構造において、燃焼ガスポートのうちの少なくとも1つは、ガラス原料ガス噴出ノズルに対して「寄り添う」ように配置された助燃ガス噴出ノズルを備えてもよい。ここで、「近傍」あるいは「寄り添う」とは、「種火状態」において燃焼バーナのノズル先端の赤熱が発生し得る程度の距離内に配置されること、を意味する。

[0021] 図3は、このような製造装置において用いられる、前記燃焼バーナ3のノズル部分の一例を先端側から見た図である。

この燃焼バーナ 3 A (3) は、中心に配されたガラス原料ガス噴出ノズル 3 1、及び前記ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 の外側に配された不活性ガス噴出ノズル 3 2、不活性ガス噴出ノズル 3 2 の外側に同心円状に配された少なくとも 2 つ以上の隣接する燃焼ガスポート 3 3 を有する。

そして、前記燃焼ガスポート 3 3 は、前記ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 に対して同心円周上に配置された、複数の小口径の助燃ガス噴出ノズル 3 4 を含む、少なくとも 1 つの燃焼ガスポート 3 3 A を有する。

また、前記燃焼ガスポート 3 3 は、助燃ガス噴出ノズル 3 4 を含まない、少なくとも 1 つの燃焼ガスポート 3 3 B も有する。

[0022] このようなノズル構造を有する燃焼バーナ 3 には、各種ガス供給源（図示略）から各種ガス供給配管を介して燃焼ガス（ここでは H_2 ガス）、助燃ガス（ O_2 ガス）、ガラス原料ガス（ $SiCl_4$ ）、不活性ガス（ Ar ガスなど）及びパージガス（ N_2 ガス）が供給される。

具体的に、ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 には、ガラス原料ガス（ $SiCl_4$ ）が供給される。なお、ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 にガラス原料ガスと一緒に助燃ガス及び／又は燃焼ガスを供給してもよい。これにより種火の吹き消えを防止することができる。

不活性ガス噴出ノズル 3 2 には、不活性ガス（ Ar ガスなど）が供給される。ここで用いられる不活性ガスは、シールガスと呼ぶこともある。

なお、不活性ガス噴出ノズル 3 2 は原料の反応生成物がガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 の先端に堆積するのを防止するために設けられているが、本発明においては必須のものではない。

[0023] 図 2 の左側に示すように、燃焼バーナ 3 に対して、上述した各ガスが適宜導入される。例えば、図 3 に示す燃焼バーナ 3 において、燃焼ガスポート 3 3 A には燃焼ガス（ H_2 ガス）又はパージガス（ N_2 ガス）がそれぞれ供給される。また、燃焼ガスポート 3 3 B には、燃焼ガス（ H_2 ガス）が供給される。

燃焼ガスポート 3 3 A に接続される燃焼ガス供給配管には、例えば燃焼ガ

ス用の配管とパージガス用の配管とが並行して接続されている。燃焼ガス用の配管及びパージガス用の配管それぞれに配置された弁の開閉によって、燃焼ガスとパージガスとが切り替えられ、その流量が制御される。配管構造は上記に限られず、燃焼ガスとパージガスが切り替えられる機能を有していればよい。たとえば、3方弁などを利用した構造を採用してもよい。

助燃ガス噴出ノズル34には、助燃ガス（ O_2 ガス）が供給される。

[0024] 詳細は後述するが、本実施形態の光ファイバ母材の製造装置は、前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる堆積モードから、ガラス微粒子を堆積させない非堆積モードに移行するに際し、前記燃焼ガスポート33Bからの燃焼ガスにより燃焼バーナ3の種火を維持し、前記燃焼ガスポート33Aの前記助燃ガス噴出ノズル34から噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、燃焼ガスポート33Aから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替えるガス切替機構を備えている。この切替えの後、ガス切替機構は前記助燃ガスの流量を維持し、減少させ、若しくは助燃ガスの噴出を停止し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズル34から噴出するガスを助燃ガスからパージガスに切り替えることもできる。このガス切替機構は、非堆積モードから堆積モードに移行する際にも、助燃ガス噴出ノズルや各燃焼ガスポートにおける噴出ガスの切替のために機能する。

[0025] このような装置系を用いて、回転するターゲット部材の軸方向に一方向から複数回トラバースさせて、該ターゲット部材1の周囲にガラス微粒子堆積層5を形成してガラス微粒子堆積体を得ることができる。

具体的には、まず、ターゲット部材1を回転させると共に、このターゲット部材1の外周に対峙した前記燃焼バーナ3を燃焼させながら、図1に示したX1の地点（堆積開始位置）からX2の地点（堆積終了位置）にかけてトラバースさせる。

燃焼バーナ3の堆積工程（堆積モード）に相当するX1→X2の区間では、バーナに付設された弁6や弁7を操作することにより、燃焼ガス、助燃ガ

ス、ガラス原料ガス、不活性ガスが供給され、火炎加水分解反応によって火炎 4 中でガラス微粒子が生成される。火炎 4 中に生じたガラス微粒子は、ターゲット部材 1 の外周に付着し、次第に堆積されてガラス微粒子堆積層 5 を形成していく。

[0026] 燃焼バーナ 3 が堆積終了位置 X 2 に到達し堆積工程が終了すると、燃焼バーナ 3 は、前記外部のトラバース手段の駆動により、X 2 の地点から X 3、X 4 を経由して堆積開始位置 X 1 に至る区間を移動する。この区間において、燃焼バーナ 3 は帰還工程（非堆積モード）に入る。

燃焼バーナ 3 は、X 2 の地点から後退する。すなわち、燃焼バーナ 3 はターゲット部材 1 およびチャンバ 2 の開口部 2 a から退避して位置 X 3 にまで下がる。その後、他のバーナに接触しないように図 1 中左側へ、すなわち X 3 の地点から X 4 の地点へ燃焼バーナ 3 は移動する。燃焼バーナ 3 は、図 1 中左端の X 4 の地点に到達すると X 1 の方向へと上昇してチャンバ 5 内に入り、再び X 1 → X 2 へと移動する。

[0027] このトラバースの循環を複数回行うことにより、ガラス微粒子が次第に堆積、成長してガラス微粒子堆積層 5 が得られ、その結果、所望径のガラス微粒子堆積体を得られる。

なお、本発明は上述した「循環方式」に限定されるものではなく、「往復方式」としても構わない。「往復方式」の一例として、上記循環方式と同様に X 1 → X 2 の区間でトラバースし、X 2 に到達した後に燃焼バーナ 3 を種火にしてそのまま X 1 に向けてトラバースし、X 1 に到達した後に燃焼バーナ 3 の種火を堆積モードに対応する火炎に変更して再び X 1 → X 2 の動作を行うものが挙げられる。なお、ターゲット部材とバーナとは相対的に移動すればよい。すなわち、何れか一方を固定し他方を移動させてもよいし、両方を移動させてもよい。

また、「往復方式」の他の例としては、堆積モードに相当するトラバース区間 X 1 - X 2 の両側に、それぞれ非堆積モードに相当するトラバース区間 X 2 - X 3 及び X 4 - X 1 を設けた例が挙げられる。この構成では、バーナ

を、たとえば「 $X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_2 \rightarrow X_1 \rightarrow X_4 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_2 \cdots$ 」という手順で移動させる。この構成は、特に2本以上のバーナが1ユニットを構成し、このユニット単位でバーナを駆動する場合に有効である。すなわち、この構成によれば、ユニット中のバーナを個別のタイミングで非堆積モードに移行させることができる。

このような動作を繰り返し行う方式を、本願明細書では「往復方式」と定義する。

このようにして形成された多孔質体からなるガラス微粒子堆積体をチャンバ2中から取り出し、その後、高温の加熱炉中で熱処理すれば、ガラス微粒子堆積体が透明ガラス化して、目的とする光ファイバ母材が得られる。

[0028] 特に本実施形態の光ファイバ母材の製造方法は、上述したような燃焼バーナ3のトラバースの循環において、前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる堆積モード（ $X_1 \rightarrow X_2$ の区間）から、ガラス微粒子を堆積させない非堆積モード（帰還モード、 $X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow X_1$ の区間）に移行する際に、前記燃焼ガスポート33Bからの燃焼ガスで前記燃焼バーナ3の種火を維持し、前記燃焼ガスポート33Aの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される、助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α を備えている。前記燃焼ガスからパージガスへの切替えの後に、前記助燃ガスの流量を維持し、減少させ、若しくは前記助燃ガスの噴出を停止し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズル34から噴出するガスを前記助燃ガスからパージガスに切り替えてもよい。

[0029] 本実施形態において、燃焼バーナ3のトラバースの循環の際に燃焼バーナ3に供給される各種ガスの流量を、模式的に図4にまとめて示す。図4の（a）～（e）の横軸は共通の時間軸である。時刻 T_1 と時刻 T_2 の間は第一堆積モード（図には「堆積中」と記載）を、時刻 T_2 と時刻 T_3 の間は非堆積モード（図には「非堆積中」と記載）を、時刻 T_3 と時刻 T_4 の間は第二堆積モード（図には「堆積中」と記載）を、それぞれ表している。ここで、

時刻 T 2 は図 1 において X 2 の位置に、時刻 T 3 は図 1 において X 1 の位置に、相当する。

[0030] また、図 4 に示した各グラフにおける縦軸は、(a) の場合、燃焼ガスポート 3 3 A に供給される燃焼ガス (H_2 ガス) の流量を、(b) の場合、燃焼ガスポート 3 3 B に供給される燃焼ガス (H_2 ガス) の流量を、(c) の場合、助燃ガス噴出ノズル 3 4 に供給される助燃ガス (O_2 ガス) の流量を、(d) の場合、ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 に供給されるガラス原料ガス ($SiCl_4$) の流量を、(e) の場合、不活性ガス噴出ノズル 3 2 に供給される不活性ガス (Ar ガスなど) の流量を、それぞれ示している。

[0031] 図 4 の (a) において、符号 a 1 は時刻 T 2 でガスの流れを遮断したことを、符号 a 2 はガス流量がゼロに達したことを、符号 a 3 はガスの流れを復帰させたことを、符号 a 4 は時刻 T 3 でガスの流れが回復したことを、各々示している。

図 4 の (b) に示すとおり、非堆積中における、燃焼ガスポート 3 3 B に供給される燃焼ガスの流量は、堆積中のレベル Y 1 より低めのレベル Y 2 となるように制御する (b 1 b 2 b 3 b 4)。この制御は必須ではないが、非堆積中の燃焼ガスの流量を減少させるほど火力が抑えられるので好ましい。

特に、図 4 の (a) における「a 1 a 2」の変化は、燃焼ガスポート 3 3 A への燃焼ガスの供給が停止し、代わって燃焼ガスポート 3 3 A に「a 2」の時点でパージガスが流れ始めたことを意味する。これとほぼ同じタイミングで、図 4 の (b) に示されているように、燃焼ガスポート 3 3 B に供給される燃焼ガスの流量は、燃焼が維持できるレベルに減少 (Y 1 Y 2) している。図 4 の (c) に示す助燃ガスポート 3 4 における「c 1」は、図 4 の (a) の「a 2」とほぼ同じ時刻である。ゆえに、図 4 の (c) に示したような「c 1 c 2」の変化が起こっても、つまり助燃ガスの流量が減少しても、パージガスの効果によりノズル 3 4 の先端が赤熱することはない。

[0032] 一方、助燃ガスの流量制御において注意すべき点は、「c 1」から流量を減少させ、または助燃ガスの供給を停止し、あるいは助燃ガスからパージガ

スへの切り替えを始めるタイミングが、「a 2」のタイミング以降に設定される点である。つまり、上記のような助燃ガスの流量制御を行う時点でポート 3 3 A にパージガスが流れていることが大切である。ポート 3 3 B の流量が Y 1 であるか Y 2 であるかは特に問題とはならない。

すなわち、図 4 の (c) に示すとおり、非堆積中における、助燃ガス噴出ノズル 3 4 に供給される助燃ガスの流量は、堆積中のレベル Z 1 と同等に制御するか、あるいはレベル Z 1 より低めのレベル Z 2 となるように制御する。また、図示しないが、助燃ガスの供給を完全に停止し、あるいは助燃ガスからパージガスに切り替えてもよい。

[0033] 図 4 の (d) に示すとおり、ガラス原料ガス噴出ノズル 3 1 に供給されるガラス原料ガスの流量は、時刻 T 2 を跨ぐように減少 (d 1 → d 2) させ、時刻 T 3 を跨ぐように増加 (d 3 → d 4) させる。図 4 の (d) に示した例では、時刻 T 2、T 3 において、ガラス原料ガスの流量が、堆積中の流量の半分になっている。この図 4 に示された増減プロファイルは、堆積モードと非堆積モードの切換のタイミングと、燃焼ガスの切換のタイミングとを意図的に「ずらした」例を示している。

この 2 つのタイミングが同時である場合には、異なる 2 種類のガスが瞬間的に混在して、3 次元的に乱れた不安定な状況となりやすい。すなわち、火炎の制御が困難な状況に陥りやすい。これに対して、図 4 の (d) に示すように、上記 2 つのタイミングを意図的にずらした場合には、燃焼ガスの切換が一定の時間間隔をおいて行われることになるので、火炎状態の安定が確保されやすく、ひいては制御性が向上する。すなわち、燃焼ガスの高温部が安定して、ノズル先端から離れた位置に発生する状態を維持できるので、ノズル先端も高温にならない。つまり、ノズル先端が高温になる機会を与えないことから、より好ましい。

図 4 の (e) に示されているように、不活性ガス噴出ノズル 3 2 に供給される不活性ガスの流量は、堆積中、非堆積中の区切り (e 1、e 2) においても、一定量を維持すればよい。

[0034] 本発明では、以下の原理を利用している。

(1) 燃焼ガスポート 33A において助燃ガスノズルの先端が赤熱するのは、燃焼ガス及び助燃ガスの流速が低すぎるときである。

燃焼ガス及び助燃ガスの流速が低いと、燃焼ガスと助燃ガスがノズル先端付近で燃焼するため、ノズル先端が高温になる。よって、助燃ガスノズルの先端の赤熱を避けるためには、燃焼ガス又は助燃ガスの流速を早くしておけばよい。

[0035] 図 3 に示すようなノズル構造を有するマルチノズル式バーナを用いて、燃焼ガス (H_2 ガス) 及び助燃ガス (O_2 ガス) の平均流速と助燃ガスノズル先端の赤熱状態との関係を調べるために、燃焼ガス (H_2 ガス) 及び助燃ガス (O_2 ガス) の流速をそれぞれ変化させて燃焼させた。図 5 は、そのときの、助燃ガスノズル先端の赤熱状態を目視確認した結果を示す図である。

図 5 から、 O_2 ガスの流速を一定とした場合、 H_2 ガスの流速が遅くなると赤熱状態が生じることがわかる。また、 O_2 ガスの流速が速い場合には、 H_2 ガスの流速がある程度遅くなっても赤熱しないこともわかる。

この結果、マルチノズル式バーナにおいては、酸素流速が例えば 6 [m/sec] 以上であれば、赤熱は観察されず、バーナの寿命が短くなるという問題が解消されることが明らかとなった。なお、この実験結果はあくまでも一例であり、本発明はこの数値に拘束されるものではない。

[0036] (2) さらに、助燃ガスまたは燃焼ガスがパージガスに置き換わった状態では、燃焼は起きないため、助燃ガスノズル先端も高温にならない。

助燃ガスのパージガスは助燃性の低いガス、燃焼ガスのパージガスは燃焼性の低いガスであればよい。例えば不活性ガスや窒素ガスなどが取扱やすさの点から好適である。

図 3 に示すようなノズル構造の燃焼バーナ 3 において、燃焼ガスポート 33B に燃焼ガスを流して種火の状態にした。一方、燃焼ガスポート 33A において、助燃ガスノズル周りの燃焼ガスポート 33A に窒素を流した状態で、助燃ガスノズルに助燃ガスを流速 0 ~ 8 m/sec で変えて流して、酸素

ノズル先端の赤熱状態を目視したところ、ノズルの赤熱は確認されなかった。また、助燃ガスノズルに窒素を流速 $0 \sim 8 \text{ m/sec}$ まで変えて流したところ、やはりノズルの赤熱は確認されなかった。

[0037] (3) 燃焼ガスのみの火炎は吹き消えしやすいが、燃焼ガスに助燃ガスを伴った火炎は吹き消えにくい。

[0038] 本実施形態では、上記(1)を維持した状態で、(2)の状態にシフトし、その後に助燃ガスの流速を落とすことで、ノズル先端が高温になる機会を与えない。(1)の状態、(2)での燃焼ガス流速の低下、その後の助燃ガス流速の低下のいずれによってもノズル先端は高温にならない。

[0039] すなわち、本実施形態では、堆積モードから非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポート33Aの助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持されるので、燃焼ガスの流速がある程度遅くなってもノズル先端が赤熱しない。前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替えた状態では、燃焼は起きないため、ノズル先端も高温にならない。その後に助燃ガスの供給を停止または助燃ガス噴出ノズルから噴出されるガスを助燃ガスからパージガスに切り替えることで、ノズル先端が高温になる機会を与えない。燃焼ガスの流速を低下させ、その後に助燃ガスの流速を低下させてもノズル先端は高温にならない。

[0040] また、燃焼ガスポート33Bで燃焼バーナ3の種火を維持しているので、後に非堆積モードから堆積モードに移行する際(工程 β)に、確実にかつ迅速に着火できる。したがって、堆積効率の低下を抑制することができる。

以上説明の通り、本実施形態では、堆積効率を低下させることなくノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できる、とくに堆積モードから非堆積モード(種火状態)への移行を高い頻度で繰り返す場合により効果的にノズル先端部の劣化を抑制することができる。

[0041] なお、前記工程 α の後に、前記燃焼ガスポート33Bの燃焼ガスを停止して、燃焼バーナ3の火炎を消火する工程を備えてもよい。

その場合、燃焼ガスポート 3 3 B の燃焼ガスを停止することで、迅速かつ自然に燃焼バーナ 3 の火炎を消火することができる。

- [0042] 燃焼バーナ 3 が堆積開始位置 X 1 に帰還し、非堆積モードから堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポート 3 3 B に前記燃焼ガスを供給して着火した後、前記燃焼ガスポート 3 3 A の前記助燃ガス噴出ノズル 3 4 から助燃ガスを前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上で流すとともに、前記燃焼ガスの供給を開始して燃焼を開始する（工程 β ）。

すなわち、燃焼ガスポート 3 3 A にパージガスを流した状態で、燃焼ガスポート 3 3 B から流出させた燃焼ガスに着火させる。より具体的には、燃焼ガスポート 3 3 A にパージガスを、燃焼ガスポート 3 3 B には燃焼ガスを、各々流しながら、燃焼ガスに着火させる。その際、助燃ガスを一定流量以上に増加させてから、燃焼ガスポート 3 3 A のパージガスを燃焼ガスに切り替える。

- [0043] 本実施形態では、燃焼バーナ 3 において 2 つの燃焼ガスポート 3 3（燃焼ガスポート 3 3 A、燃焼ガスポート 3 3 B）が互いに隣接するように配されている。

2 つの燃焼ガスポート 3 3 が隣接していれる場合、いずれか 1 つの燃焼ポートからの燃焼ガスで種火を維持しておけば、隣接する他の燃焼ガスポート 3 3 に燃焼ガスを流し始めることで、確実に自然に着火（引火）できる。すなわち、着火に失敗する可能性を低下させるためには、燃焼ガスポート 3 3 が互いに隣接している方が好ましい。

- [0044] 図 1 に示したノズル構造の燃焼バーナ 3 において、中心側の燃焼ガスポート 3 3 B において燃焼ガスを種火の状態にし、燃焼ガスポート 3 3 A の助燃ガスノズルに助燃ガス（ O_2 ガス）を 6 [m/sec] で流し、燃焼ガスポート 3 3 A に不活性ガス（ N_2 ガス）を流した状態で、不活性ガスから燃焼ガス（ H_2 ガス）への切り替えを行ったところ、問題なく着火した。

互いに隣接していない 2 つの燃焼ガスポートを有する燃焼バーナを用いて同様の方法を試みたところ、着火に失敗することがあった。

[0045] 以上、説明してきたように、本実施形態によれば、堆積モードから非堆積モードへ移行（消火）する際に、バーナの火力を小さくしてもノズルが高温になり変形することがないので、バーナのノズル赤熱による劣化が防止され、その結果、バーナの長寿命化が可能となる。

堆積モードにおいては、燃焼反応を阻害する不活性ガスなどを排除できるため、堆積率の低下を防止することができる。

また、種火で火炎を維持しているので、非堆積モードから堆積モードに移行（着火）する際に、再度着火するための別途の手段が不要であるとともに、確実にかつ迅速に着火できる。したがって、堆積効率の低下を防止することができる。

[0046] また、上記のようなバーナの構造は、酸素ノズル周りのシール層などが必要なく、ガス系についてパージガスとの切り替え機能のみを追加すれば得られるので、バーナやガス系の構造が複雑とならない。よって、バーナ品質（精度）の低下などによる使用開始時からの初期的なトラブルの発生を防止できる。また、シンプルな構造ゆえ、堆積効率を低下させることもない。

以上説明の通り、本実施形態では、堆積効率を低下させることなくノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できる、とくに堆積モード非堆積モード（種火状態）堆積モードの移行を高い頻度で繰り返す場合により効果的にノズル先端部の劣化を抑制することができる。

[0047] そして、本実施形態に係る光ファイバ母材の製造装置では、上述したような構造の燃焼バーナ3と；堆積モードから非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポート33Bからの燃焼ガスで前記燃焼バーナ3の種火を維持し、前記燃焼ガスポート33Aの前記助燃ガス噴出ノズル34から噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替えるガス切替機構を備えている。この切替えの後、ガス切替機構は前記助燃ガスの噴出を停止し、または前記助燃ガス噴出ノズル34から噴出するガスをパージガスに切り替えることもできる。したがって、このよう

な光ファイバ母材の製造装置によれば、シンプルな構成で、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制し、燃焼バーナ 3 の長寿命化を図ることが可能である。

[0048] なお、上記実施形態では、燃焼ガスポート 3 3 B が、燃焼ガスポート 3 3 A よりも内側に配されたノズル構造を有する燃焼バーナ 3 A を例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば図 6 に示す燃焼バーナ 3 B (3) のように、燃焼ガスポート 3 3 A が、燃焼ガスポート 3 3 B よりも内側に配された構造であってもよい。

[0049] また、上記実施形態では、燃焼ガスポート 3 3 A と燃焼ガスポート 3 3 B をそれぞれ 1 つずつ備えた燃焼バーナを例に挙げて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。燃焼バーナ 3 は、燃焼ガスポート 3 3 A 及び／又は燃焼ガスポート 3 3 B を 2 つ以上備えていてもよい。例えば図 7 に示す燃焼バーナ 3 C (3) のように、燃焼ガスポート 3 3 A を 2 つ備えた構造 (3 3 A a、3 3 A b) としてもよい。

[0050] また、上記実施形態では、1 本のガラス微粒子合成用の燃焼バーナ 3 が配置された例を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば図 8 に示すように、複数のガラス微粒子合成用の燃焼バーナ 3 a、3 b、3 c…(3) が配置されていてもよい。

[0051] また、上記実施形態では、燃焼バーナ 3 を配置してトラバースさせるための開口部 2 a を有するチャンバ 2 について説明したが、チャンバ 2 の構造はこれに限定されるものではない。上記のような大きな開口部 2 a ではなく、単に燃焼バーナ 3 の出入りできるスリット (間隙) を有するチャンバなどであってもよい。

実施例

[0052] 以下、本発明の実施例及び比較例について説明する。

<実施例 1>

図 3 に示したようなノズル構造を有する燃焼バーナを用いて、回転するターゲット部材の軸方向に一方向から複数回燃焼バーナをトラバースさせて、

該ターゲット部材の周囲にガラス微粒子堆積層を形成してガラス微粒子堆積体を得た。このガラス微粒子堆積体から光ファイバ母材を製造した。

- [0053] 前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる堆積モードから、ガラス微粒子を堆積させない非堆積モードに移行するに際して、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持しながら、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α と；非堆積モードから堆積モードに移行するに際して、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスをパージガスから燃焼ガスに切り替える工程 β と；を、交互に複数回行った。前記非堆積モード中では、前記燃焼ガスポートAにパージガスが流れている間、前記助燃ガスを停止した。

この方法により光ファイバ母材を100本製造した。

- [0054] 上述した工程 α あるいは工程 β の間、ノズル先端の状態を目視で観察した。

その結果、いずれの工程中においても、ノズルの赤熱は観察されず、ノズルの変形も観察されなかった。なお、種火時の燃焼ガス（ H_2 ガス）の流量は10slmであった。

- [0055] <実施例2>

種火時の燃焼ガス（ H_2 ガス）量を7slmとしたことを除いては、実施例1と同様にして光ファイバ母材を100本製造した。

その結果、3本目の母材製造中に種火が消えた。その後、種火中に助燃ガス（ O_2 ガス）を4slm流したところ、100本の光ファイバ母材を製造しても種火は消えることはなかった。

- [0056] <実施例3>

消火を燃焼ガスポートBの燃焼ガスを停止することにより行ったことを除いては、実施例1と同様に光ファイバ母材を製造した。

この製造の間、ノズル先端の状態を目視で観察した結果、ノズルの赤熱は観察されなかった。

[0057] <実施例4>

非堆積モードから堆積モードに移行する際に、燃焼ガスポートBに前記燃焼ガスを供給して着火した後、燃焼ガスポートAにおいて、前記助燃ガスを前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上で流すとともに、前記燃焼ガスの供給を開始して燃焼を開始する方法により、着火したことを除いては、実施例1と同様に光ファイバ母材を製造した。

この製造の間、ノズル先端の状態を目視で観察した結果、ノズルの赤熱は観察されなかった。

[0058] <比較例1>

図9に示したようなノズル構造の燃焼バーナを用いて、光ファイバ母材を製造した。堆積モードから非堆積モードに移行するに際し、助燃ガス噴出ノズルから噴出されるガスを助燃ガス（ O_2 ガス）からパージガスに切り替えた。この方法により光ファイバ母材を100本製造した。

工程中、ノズル先端の状態を目視で観察した。

その結果、燃焼バーナ3の火炎を堆積モードに対応する火炎から種火にすると、種火から堆積モードに対応する火炎に戻すときのいずれにおいてもノズル先端の赤熱が観察された。

また、光ファイバ母材を100本製造する過程でノズルが変形し、堆積効率が20%低下した。

[0059] <比較例2>

助燃ガス（ O_2 ガス）、燃焼ガス（ H_2 ガス）の順に消火したことを除いては、比較例1と同様に光ファイバ母材を製造した。

この製造の間、ノズル先端の状態を目視で観察した結果、ノズルの赤熱が観察された。

[0060] <比較例 3>

非堆積モードから堆積モードに移行するに際し、燃焼ガス（ H_2 ガス）、助燃ガス（ O_2 ガス）の順に着火したことを除いては、比較例 1 と同様に光ファイバ母材を製造した。この製造の間、ノズル先端の状態を目視で観察した結果、ノズルの赤熱が観察された。

[0061] 以上の結果より、以下のことが確認された。すなわち、実施例 1 と比較例 1 との比較から、堆積モードから非堆積モードへの移行時、あるいは非堆積モードから堆積モードへの移行時に、上記実施形態に係る方法を用いることにより、ノズル先端が高温になる機会を与えず、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制できることが確認された。

また、実施例 3 と比較例 2 との比較から、消火時に燃焼ガスポート B の燃焼ガスを停止することで、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制するとともに迅速かつ自然に消火することができることが確認された。

また、実施例 4 と比較例 3 から、1 つの燃焼ガスポートで種火を維持しておけば、隣接する他方の燃焼ガスポートに燃焼ガスを流し始めることで、ノズル先端部の赤熱による劣化を抑制するとともに確実に自然に着火（引火）できることが確認された。

[0062] 以上、本発明の実施形態に係る光ファイバ母材の製造装置及び製造方法について説明してきたが、本発明は上記の例に限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

産業上の利用可能性

[0063] 本発明は、いわゆる外付け法による光ファイバ母材の製造装置及び製造方法に広く適用可能である。なお、本発明は、種火状態を高頻度に繰り返す堆積方法において特に有効であるが、一般的な着火、消火を繰り返す多孔質体の製造においても有効である。

符号の説明

- [0064] 1 ターゲット部材
 2 チャンバ

- 3 燃焼バーナ
- 4 火炎
- 5 ガラス微粒子堆積層
- 3 1 ガラス原料ガス噴出ノズル
- 3 2 不活性ガス噴出ノズル
- 3 3 A, 3 3 B 燃焼ガスポート
- 3 4 助燃ガス噴出ノズル

請求の範囲

[請求項1]

ガラス原料ガス噴出ノズル、及び前記ガラス原料ガス噴出ノズルの近傍に配された少なくとも2つ以上の互いに隣接する燃焼ガスポートを有し、前記燃焼ガスポートが、前記ガラス原料ガス噴出ノズルに対して寄り添うように配置された複数の小口径の助燃ガス噴出ノズルを有する少なくとも1つの燃焼ガスポートAと、前記助燃ガス噴出ノズルを含まない少なくとも1つの燃焼ガスポートBと、を有する燃焼バーナを用いて、前記ガラス原料ガス噴出ノズルからのガラス原料ガス、前記各燃焼ガスポートからの燃焼ガス及び前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスからなる混合ガスを燃焼することによりターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させる光ファイバ母材の製造方法であって、

前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モードから、前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させない非堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える工程 α ；及び

前記ターゲット部材の周囲にガラス微粒子を堆積させない非堆積モードから、前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モードに移行する際に、前記燃焼ガスポートBからの燃焼ガスで前記燃焼バーナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記パージガスから燃焼ガスに切り替える工程 β ；のうちの少なくとも一方を備えること、を特徴とする光ファイバ母材

の製造方法。

[請求項2]

前記工程 α を備え、

前記燃焼ガスからパージガスへの切替えを行った後に、前記助燃ガスの流量を維持し、減少させ、若しくは前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を停止し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスを前記助燃ガスからパージガスに切り替えること、を特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項3]

前記工程 β を備え、

前記工程 β に先だって、前記助燃ガスの流量を維持し、増加させ、若しくは前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスの噴出を開始し、あるいは前記助燃ガス噴出ノズルから噴出するガスを前記パージガスから助燃ガスに切り替えること、を特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項4]

前記工程 α および前記工程 β を備えること、を特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項5]

ガラス原料ガス噴出ノズル、及び前記ガラス原料ガス噴出ノズルの近傍に、少なくとも 2 つ以上の互いに隣接する燃焼ガスポートを有し、前記燃焼ガスポートが、前記ガラス原料ガス噴出ノズルに対して寄り添うように配置された複数の小口径の助燃ガス噴出ノズルを有する少なくとも 1 つの燃焼ガスポート A と、前記助燃ガス噴出ノズルを含まない少なくとも 1 つの燃焼ガスポート B と、を有する燃焼バーナを用いて、前記ガラス原料ガス噴出ノズルからのガラス原料ガス、前記各燃焼ガスポートからの燃焼ガス及び前記助燃ガス噴出ノズルからの助燃ガスからなる混合ガスを燃焼することによりガラス微粒子を堆積させる燃焼バーナと；

前記ターゲット部材の周囲に前記ガラス微粒子を堆積させる堆積モード及び前記ガラス微粒子を堆積させない非堆積モードの 2 つの間を移行する際に、前記燃焼ガスポート B からの燃焼ガスで前記燃焼バー

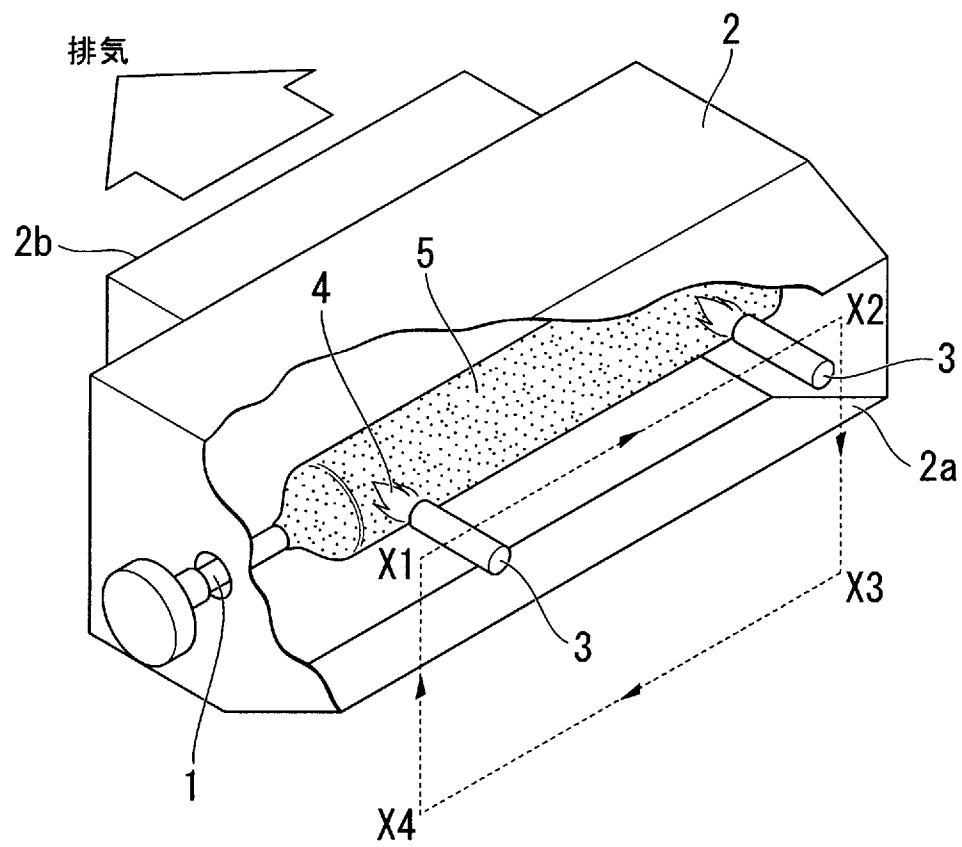
ナの種火を維持し、前記燃焼ガスポートAの前記助燃ガス噴出ノズルから噴出される助燃ガスの流速を前記ノズル先端が赤熱しない程度の流速以上に維持した状態で、前記燃焼ガスポートAから噴出するガスを前記燃焼ガスからパージガスに切り替える又は前記燃焼ガスポートAから噴出するガスをパージガスから前記燃焼ガスに切り替えるガス切替機構と；

を少なくとも備えることを特徴とする光ファイバ母材の製造装置。

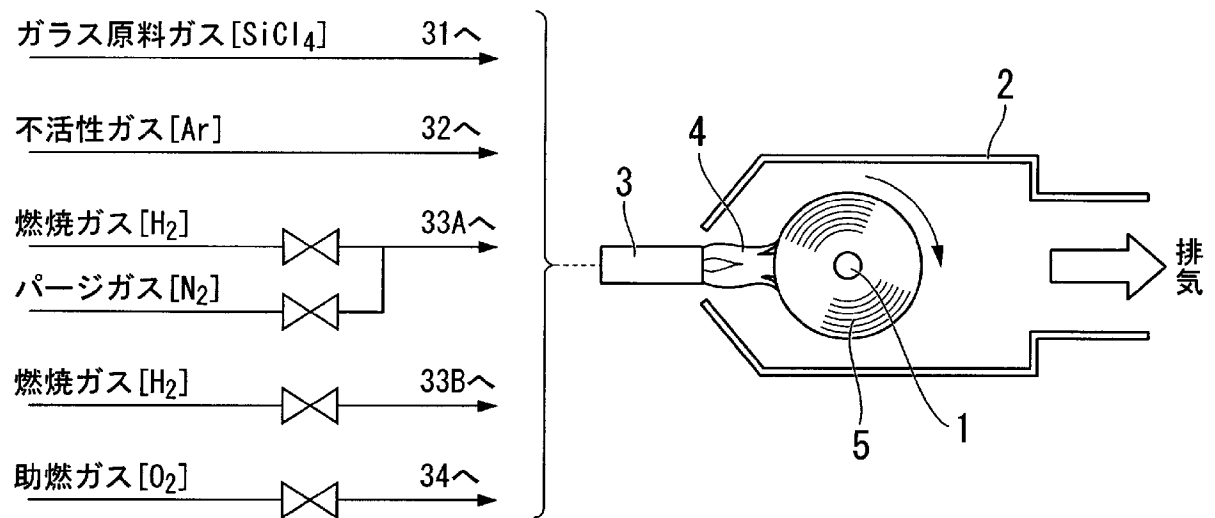
[請求項6]

前記ガラス原料ガス噴出ノズルは前記燃焼バーナの中心に配され、
前記燃焼ガスポートA及び前記燃焼ガスポートBは、前記ガラス原料ガス噴出ノズルの外側に、該ガラス原料ガス噴出ノズルに対して同心円状に配置されていることを特徴とする請求項5に記載の光ファイバ母材の製造装置。

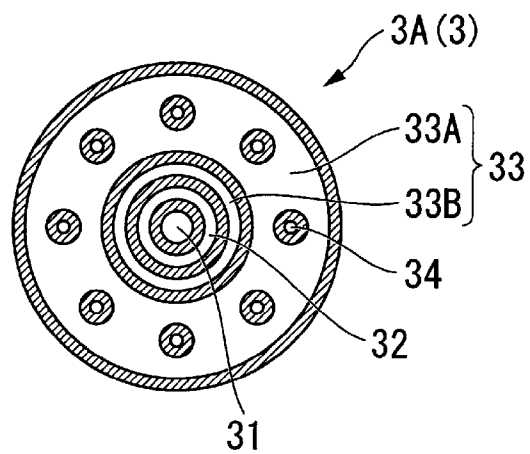
[図1]



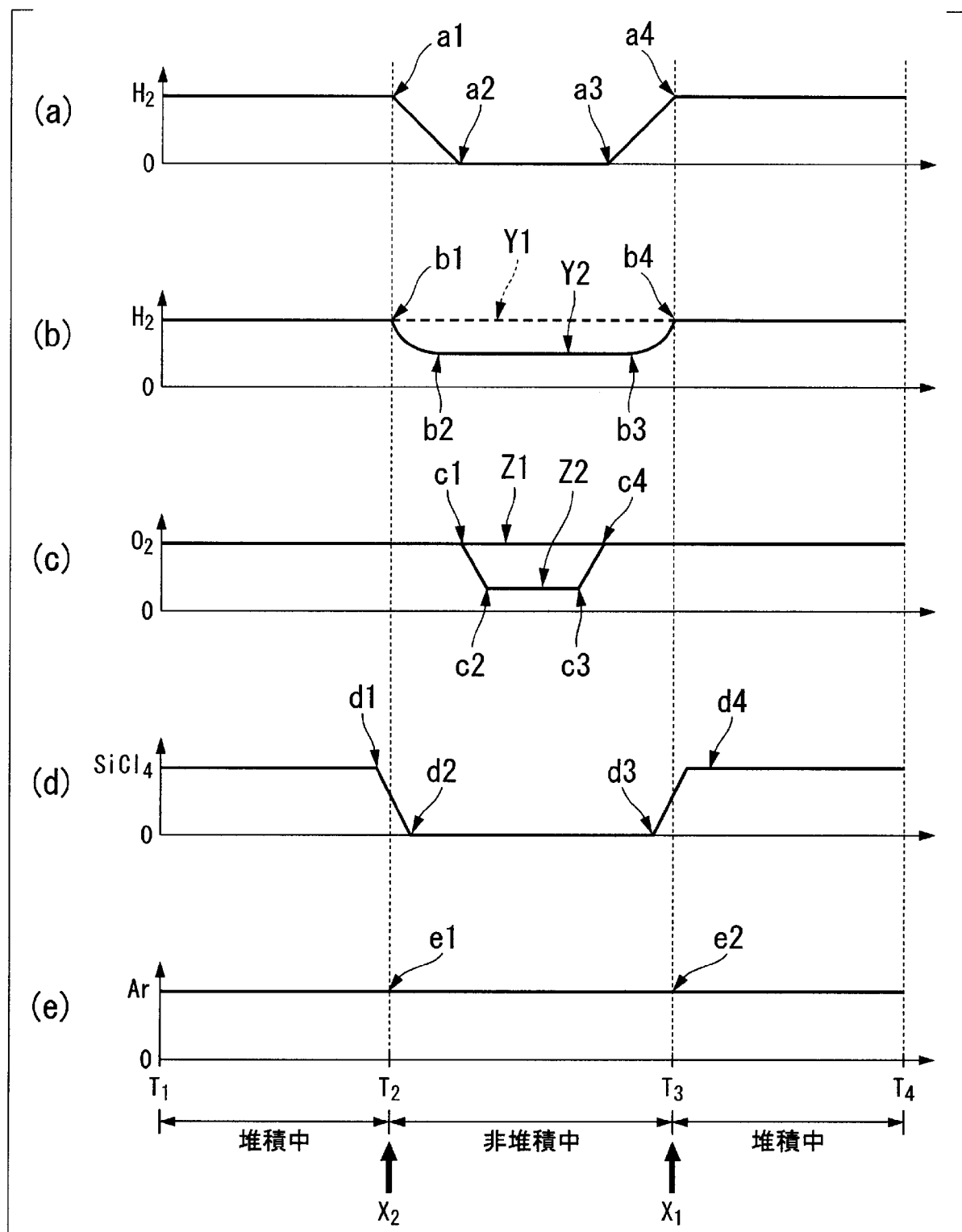
[図2]



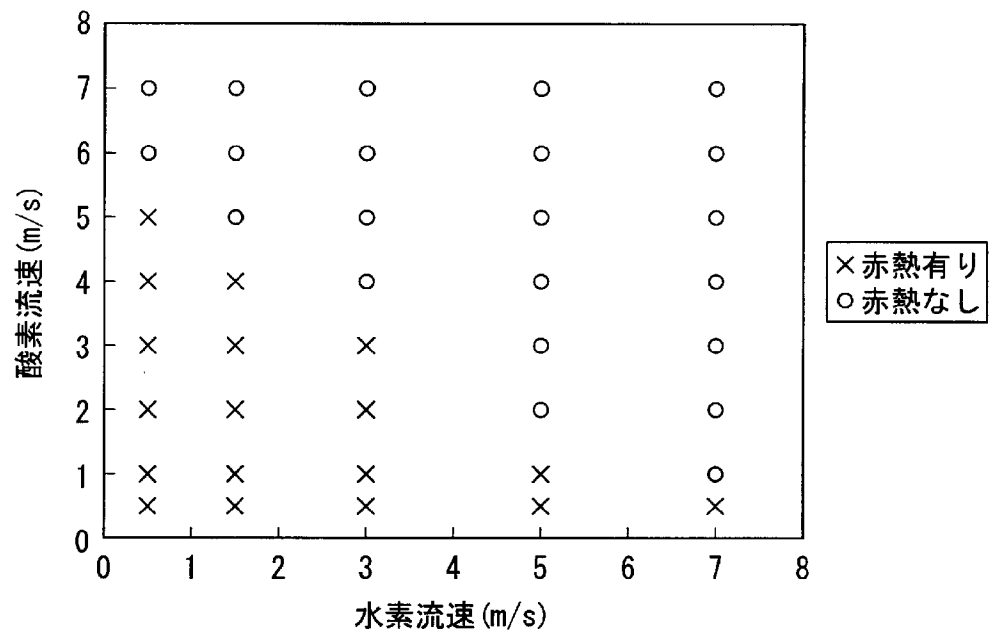
[図3]



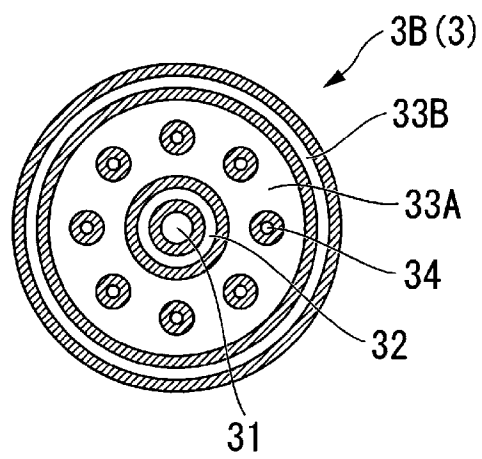
[図4]



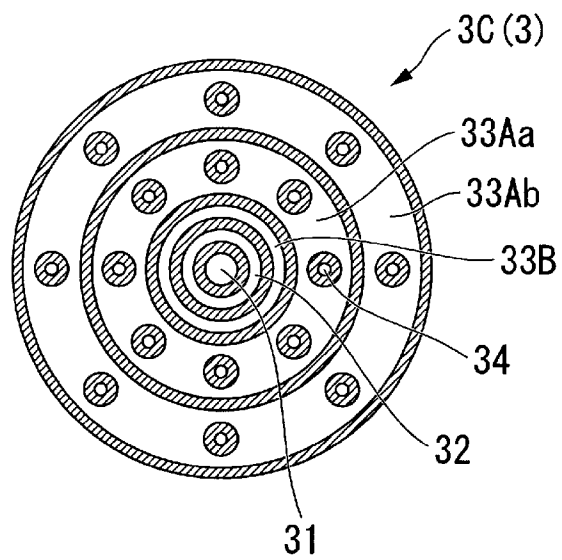
[図5]



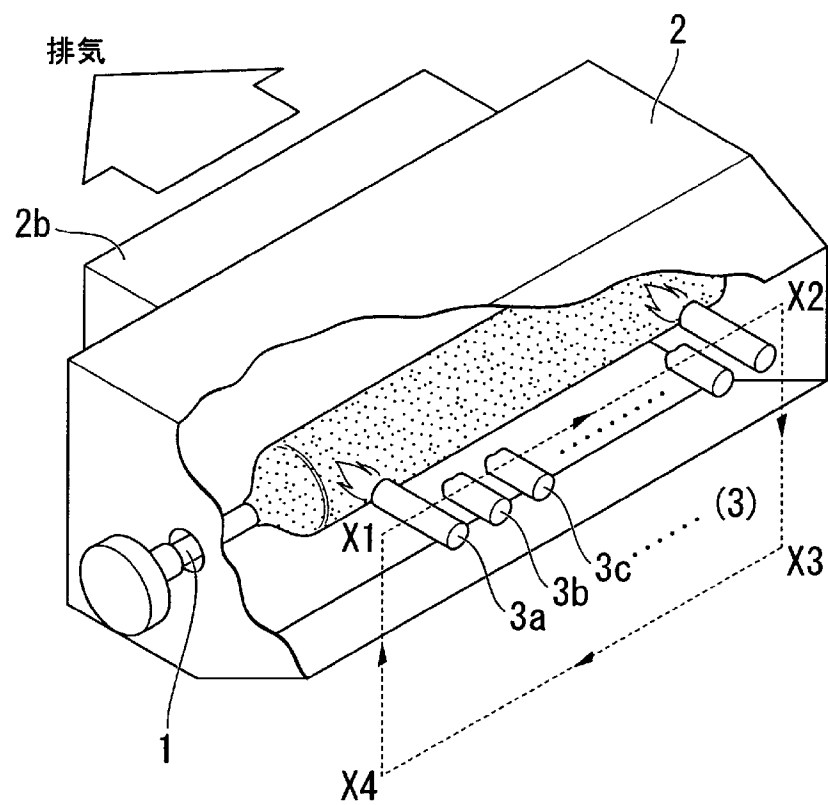
[図6]



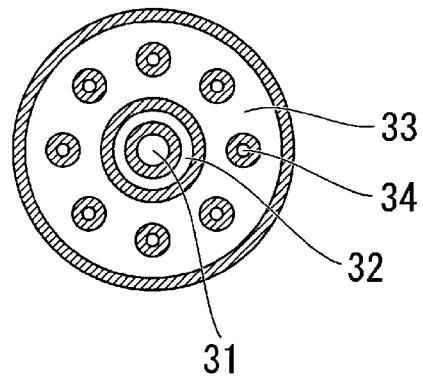
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/062189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B37/018(2006.01)i, C03B8/04(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)

C03B37/018, C03B8/04

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 2003-212554 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 30 July 2003 (30.07.2003), entire text (Family: none)	1-6
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 85330/1990 (Laid-open No. 44336/1992) (Fujikura Electric Wire Corp.), 15 April 1992 (15.04.1992), entire text (Family: none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August, 2011 (19.08.11)

Date of mailing of the international search report

30 August, 2011 (30.08.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/062189

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/107392 A1 (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), entire text & US 2010/0323311 A1 & EP 2248775 A1 & WO 2009/107392 A1 & CN 101965316 A & KR 10-2009-0092685 A & KR 10-2010-0136965 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. C03B37/018 (2006. 01) i, C03B8/04 (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（I P C））

Int.Cl. C03B37/018, C03B8/04

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 2003-212554 A（住友電気工業株式会社）2003. 07. 30, 全文参照（ファミリーなし）	1-6
A	日本国実用新案登録出願 2-85330 号（日本国実用新案登録出願公開 4-44336 号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（藤倉電線株式会社）1992. 04. 15, 全文参照（ファミリーなし）	1-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「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

1 9 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

増山 淳子

4 T

9 8 3 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

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	WO 2009/107392 A1 (信越化学工業株式会社) 2009.09.03, 全文参照 & US 2010/0323311 A1 & EP 2248775 A1 & WO 2009/107392 A1 & CN 101965316 A & KR 10-2009-0092685 A & KR 10-2010-0136965 A	1-6