

(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
2022年3月31日(31.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/065482 A1

(51) 国際特許分類:

C03B 37/018 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2021/035364

(22) 国際出願日:

2021年9月27日(27.09.2021)

(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 2020-162358 2020年9月28日(28.09.2020) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.**)

[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 斎藤 崇広(**SAITO Takahiro**); 〒5410041

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 森田 圭省
(**MORITA Keisei**); 〒5410041 大阪府大阪市中央
区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式
会社内 Osaka (JP). 井上 裕基(**INOUE Hiroki**);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番
33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

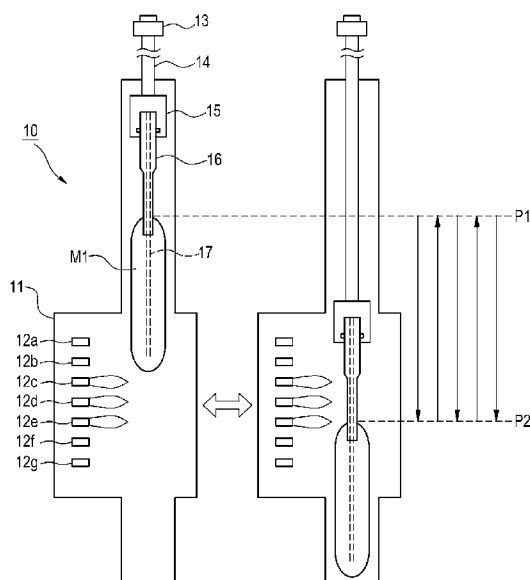
(74) 代理人: 特許業務法人 信栄特許事務所(**SHIN-EI
PATENT FIRM, P.C.**); 〒1050003 東京都港区
西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イースト
ビルディング8階 Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** METHOD AND FACILITY FOR PRODUCING OPTICAL FIBER BASE MATERIAL

(54) 発明の名称: 光ファイバ母材の製造方法および製造設備

FIG1A



(57) **Abstract:** An optical fiber base material production method for producing an optical fiber base material having a core part and a clad part using a production facility equipped with at least three burners, the method comprising a core part deposition step for depositing glass microparticles for a core, which have been produced in flames formed by the burners, onto a first target material while subjecting the burners and the first target material to a first back-and-forth movement relative to each other and a clad part deposition step for depositing glass microparticles for a clad, which have been produced in flames formed by the burners, onto a core part produced through the core part deposition step while subjecting the burners and a second target material containing the core part to a second back-and-forth movement relative to each other, in which the number of the burners to be used in the core part deposition step is smaller than the number of the burners to be used in the clad part deposition step, the distance between halfway marks in the first back-and-forth movement is equal to or longer than the length of an effective part of the optical fiber base material, at least three burners are used in the clad part deposition step, the distance between halfway marks in the second back-and-forth movement is shorter than that in the first back-and-forth movement, and the halfway marks in the second back-and-forth movement vary during the

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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

clad part deposition step.

(57) 要約: 少なくとも3本以上のバーナを備えた製造設備を用いて、コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造方法であって、前記バーナと第1ターゲット材とを相対的に第1往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したコア用ガラス微粒子を前記第1ターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程と、前記バーナと前記コア部堆積工程を経て得られるコア部を含む第2ターゲット材とを相対的に第2往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したクラッド用ガラス微粒子を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程と、を備え、前記コア部堆積工程において使用する前記バーナの本数は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数未満であり、前記第1往復移動における折り返し点間の距離は、前記光ファイバ母材の有効部の長さ以上であり、前記クラッド部堆積工程では、少なくとも3本以上の前記バーナを使用し、前記第2往復移動における折り返し点間の距離は、前記第1往復移動における折り返し点間の距離よりも短く、前記第2往復移動における折り返し点は、前記クラッド部堆積工程中において変動する、光ファイバ母材の製造方法。

明 細 書

発明の名称：光ファイバ母材の製造方法および製造設備

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバ母材の製造方法および製造設備に関する。本出願は、2020年9月28日出願の日本国特許出願第2020-162358号に基づく優先権を主張し、前記日本国特許出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 光ファイバ母材の製造方法として、VAD (Vapor-phase Axial Deposition) 法やOVD (Outside Vapor Deposition) 法が知られている。特許文献1には、OVD法によってターゲット材にスートを堆積させる際に、複数本のバーナに対してターゲット材を往復移動させる方法が開示されている。特許文献1における上記往復移動は、定められた地点間を単純に往復するものである。

[0003] 特許文献2には、OVD法を用いた多孔質ガラスプリフォームの製造方法であって、プリフォーム全長に沿って配置した複数のバーナアレイと出発部材との間に相対的な振動運動を生じさせることで、出発部材上にガラススートを沈積させる方法が開示されている。特許文献2における上記振動運動は、プリフォーム全長未満の長さで往復を繰り返すものであり、製造過程において折り返し点を変更するものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開昭63-310745号公報

特許文献2：日本国特開平4-260618号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、少なくとも3本以上のバーナを備えた製造設備を用いて、コア部およびク

ラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造方法であって、

前記バーナと第 1 ターゲット材とを相対的に第 1 往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したコア用ガラス微粒子を前記第 1 ターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程と、

前記バーナと前記コア部堆積工程を経て得られるコア部を含む第 2 ターゲット材とを相対的に第 2 往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したクラッド用ガラス微粒子を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程と、を備え、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナの本数は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数未満であり、

前記第 1 往復移動における折り返し点間の距離は、前記光ファイバ母材の有効部の長さ以上であり、

前記クラッド部堆積工程では、少なくとも 3 本以上の前記バーナを使用し、

前記第 2 往復移動における折り返し点間の距離は、前記第 1 往復移動における折り返し点間の距離よりも短く、

前記第 2 往復移動における折り返し点は、前記クラッド部堆積工程中において変動する。

[0006] 本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造設備は、

コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造設備であって、

少なくとも 3 本以上のバーナと、

前記バーナとターゲット材とを相対的に往復移動させる往復移動機構と、を備え、

前記コア部をターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程において使用する前記バーナの本数が、前記クラッド部を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数よりも少なく、

前記コア部堆積工程において前記バーナを2本以上使用する場合、前記コア部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短い。

図面の簡単な説明

[0007] [図1A]図1Aは、本開示の一実施形態に係るコア部堆積工程を示す模式図である。

[図1B]図1Bは、本開示の一実施形態に係るクラッド部堆積工程を示す模式図である。

[図2]図2は、コア用バーナの本数と堆積速度との関係を示すグラフである。

[図3]図3は、コア用バーナの本数と堆積所要時間との関係を示すグラフである。

[図4]図4は、コア用バーナの本数と往復移動範囲との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] [本開示が解決しようとする課題]

VAD法は、コア用バーナとクラッド用バーナが1本ずつのため、堆積速度を向上させることが難しい。また、堆積工程の初期段階においてコア部の比屈折率差が変化しやすいため、コア部の比屈折率差が光ファイバ母材の長手方向で変化しやすい。また、斜め方向にスートを堆積させていくため、径方向のプロファイル制御が難しいという問題もある。

[0009] 堆積速度を向上させ、長手方向において比屈折率差を安定させ、径方向のプロファイル制御を容易にする方法として、OVD法が挙げられる。しかし、特許文献1に開示された方法では、使用するバーナの本数を増やしていくと、増やした分だけ往復移動の距離が長くなる。そのため、製造設備が大型化するという問題がある。一方で、使用するバーナの本数を少なくすると、堆積速度は落ちてしまう。

[0010] 特許文献2に開示された方法によれば、製造設備の大型化を抑制しつつ堆

積速度を向上させることができる。しかし、特許文献2のような方法でコア部を堆積させようとする、例えば、 SiCl_4 や酸水素ガスの添加量に加えて、 GeCl_4 等のドーパントの添加量も各バーナにおいて制御する必要があるが、各バーナアレイの折り返し地点を変更させながら各バーナにおいて上記制御を適切に行うことは困難である。そのため、特許文献2のような方法でコア部を堆積させようとする、光ファイバ母材の長手方向でGe等の添加量が増加し易くなり、長手方向において屈折率分布が変動し易くなる。また、 GeCl_4 等のドーパントを導入する機構を長手方向全長にわたって配置する必要があり、設備コストも上昇する。

[0011] 本開示の目的は、設備の大型化を抑制しながらも十分な堆積速度を達成することができ、また、長手方向における屈折率分布の変動を抑制することが可能な、光ファイバ母材の製造方法および製造設備を提供することである。

[0012] [本開示の効果]

上記開示の構成によれば、設備の大型化を抑制しながらも十分な堆積速度を達成することができ、また、長手方向における屈折率分布の変動を抑制することが可能な、光ファイバ母材の製造方法および製造設備を提供することができる。

[0013] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、

少なくとも3本以上のバーナを備えた製造設備を用いて、コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造方法であって、

前記バーナと第1ターゲット材とを相対的に第1往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したコア用ガラス微粒子を前記第1ターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程と、

前記バーナと前記コア部堆積工程を経て得られるコア部を含む第2ターゲット材とを相対的に第2往復移動させながら、前記バーナによって形成され

る火炎内で生成したクラッド用ガラス微粒子を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程と、を備え、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナの本数は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数未満であり、

前記第1往復移動における折り返し点間の距離は、前記光ファイバ母材の有効部の長さ以上であり、

前記クラッド部堆積工程では、少なくとも3本以上の前記バーナを使用し、

前記第2往復移動における折り返し点間の距離は、前記第1往復移動における折り返し点間の距離よりも短く、

前記第2往復移動における折り返し点は、前記クラッド部堆積工程中において変動する。

この構成によれば、設備の大型化を抑制しながらも十分な堆積速度を達成することができ、また、長手方向における屈折率分布の変動を抑制することが可能になる。なお、バーナを「使用する」とは、実質的にガラス微粒子堆積体を堆積するバーナであることを意味しており、火が付いているだけのバーナ、 SiCl_4 やシロキサンなどのガラス原料ガスや GeCl_4 などのドーパントガスを極微量しか導入していないバーナは、使用するバーナの本数には含まれない。

[0014] 前記光ファイバ母材の製造方法は、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナが2本以上であって、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短いことが好ましい。

この構成によれば、コア部堆積工程においてバーナを2本以上使用するの
で、ガラス微粒子の堆積速度を上げることができる。

[0015] 前記光ファイバ母材の製造方法は、

前記コア部堆積工程において、前記コア用ガラス微粒子の原料ガスが Ge

C I₄を含んでいてもよい。

この構成によれば、コア部の屈折率を所望の範囲に設定することができる。

[0016] 前記光ファイバ母材の製造方法において、

前記コア部堆積工程では、隣接する2以上の前記バーナを使用することが好ましい。

この構成によれば、例えば、隣接するバーナを用いているため、第1往復移動における移動距離を短くすることができる。結果として、設備の大型化を更に抑制することが可能である。

[0017] 前記光ファイバ母材の製造方法は、

前記製造設備において、隣り合う前記バーナの間隔は50mm以上400mm以下であることが好ましい。

隣り合うバーナの間隔を50mm以上とすることで、バーナから出た炎同士が堆積面上で干渉しなくなるため、堆積速度や収率の向上につながる。また、隣り合うバーナの間隔を400mm以下とすることで、各往復移動の距離が短くなり、設備の大型化を更に抑制することが可能である。

[0018] 本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造設備は、

コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造設備であって、

少なくとも3本以上のバーナと、

前記バーナとターゲット材とを相対的に往復移動させる往復移動機構と、を備え、

前記コア部をターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程において使用する前記バーナの本数が、前記クラッド部を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数よりも少なく、

前記コア部堆積工程において前記バーナを2本以上使用する場合、前記コア部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナのうち

で最端にあたる２つのバーナ間の距離よりも短い。

この構成によれば、設備の大型化を抑制しながらも十分な堆積速度を達成することができ、また、長手方向における屈折率分布の変動を抑制することが可能になる。

[0019] [本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示に係る実施の形態の例を、図面を参照しつつ説明する。以下の説明では、異なる図面であっても同一又は相当の要素には同一の符号または名称を付し、重複する説明を適宜省略する。

[0020] (光ファイバ母材の製造設備)

図１Ａは、本開示の一実施形態に係るコア部堆積工程を示す模式図である。図１Ｂは、本開示の一実施形態に係るクラッド部堆積工程を示す模式図である。まず、図１Ａ及び１Ｂを用いて、本実施形態に係る光ファイバ母材の製造設備１０について説明する。製造設備１０は、コア部、またはコア部および一部のクラッド部を有する光ファイバ母材Ｍ１、コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材Ｍ２をＯＶＤ法によって製造するための設備である。製造設備１０は、反応容器１１と、バーナ１２ａ～１２ｇと、昇降装置（往復移動機構）１３と、支持棒１４と、保持具１５と、を備えている。

[0021] コア部堆積工程において、反応容器１１の内部には、種棒パイプ１６及び出発棒（第１ターゲット材）１７が収納される。クラッド部堆積工程において、反応容器１１の内部には、出発部材（第２ターゲット材）１８が収納される。本明細書では、第１ターゲット材と第２ターゲット材をまとめて、単に「ターゲット材」とも称する。反応容器１１は、その内側の空間内でターゲット材に対してガラス微粒子を堆積させるための容器である。反応容器１１は、光ファイバ母材を形成する際の高温の環境条件においても塩化水素ガス等による腐食を起こしにくい材料、例えば、二酸化ケイ素、炭化ケイ素、ニッケル、又はニッケル合金等で形成される。

[0022] 支持棒１４は、反応容器１１の上方から反応容器１１の内部へと挿入される。支持棒１４の下端には、保持具１５が連結されている。保持具１５は、

直接的または間接的にターゲット材を保持する。また、保持具 15 は、保持しているターゲット材を、ターゲット材の軸回りに回転させることができる。

[0023] 種棒パイプ 16 は、例えば、石英ガラスで形成される。出発棒 17 は、例えば、アルミナ、ガラス、耐火性セラミクス、カーボンなどの材料により形成される。出発部材 18 は、例えば、コア部堆積工程を経て得られる光ファイバ母材 M1 を中実化して延伸した部材である。支持棒 14 の上端は、昇降装置 13 に連結されている。昇降装置 13 は、支持棒 14 を上下方向に往復移動させることによって、ターゲット材を上下方向に往復移動させることができる。

[0024] 反応容器 11 には、ターゲット材が往復移動する方向（図 1A の例では上下方向）に沿って、複数のバーナ 12a ~ 12g（以下、まとめて「バーナ 12」とも称する）が設けられている。製造設備 10 に備えられるバーナの本数は、3 本以上であれば特に制限はされない。製造設備 10 において、隣り合うバーナの間隔は、50 mm 以上 400 mm 以下であることが好ましい。また、光ファイバ母材の屈折率分布を安定させるという観点から、各バーナは、特にクラッド部堆積工程において使用するクラッド用の各バーナは、等間隔で配置されていることが好ましい。

[0025] バーナ 12 は、ガスを吹き出す複数のポートを有している。各ポートは、 SiCl_4 やシロキサン等を含むガラス原料ガスを供給する配管や、酸水素ガス等の火炎形成ガスを供給する配管に通じている。コア部堆積工程において使用するコア用のバーナは、さらに、 GeCl_4 等のドーパントガスを供給する配管とも通じている。設備の大型化をさらに抑制し易くし、また、設備にかかるコストを抑制するという観点からは、クラッド用のバーナの一部を、コア用のバーナとして兼用させることが好ましい。

[0026] コア用のバーナの本数は、クラッド用のバーナの本数未満であれば特に制限はされない。コア用のバーナは 1 本でもよいが、例えば、製造設備 10 内において隣接する 2 以上のバーナであることが好ましい。また、設備の大型

化の抑制と堆積速度の向上を上手くバランスさせるという観点からは、クラッドバーナ本数の3／10～5／10程度の本数であることが好ましい。

[0027] また、コア用のバーナを2本以上設ける場合、設備の大型化を防ぐため、コア用のバーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離を、クラッド用のバーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短くすることが好ましい。

[0028] 図1Aの例では、バーナ12c～12eの3本がコア部堆積工程において使用するバーナである。また、図1Bに示すように、クラッド部堆積工程において使用するクラッド用のバーナは、バーナ12a～12gの7本である。バーナ12c～12eの3本は、コア用とクラッド用を兼用するバーナである。また、コア用のバーナのうちで最上部にあるバーナ12cと最下部にあるバーナ12eの間の距離、すなわち、コア用のバーナの最端にあたる2つのバーナ間の距離は、クラッド用のバーナのうちで最上部にあるバーナ12aと最下部にあるバーナ12gの間の距離、すなわち、クラッド用のバーナの最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短くなっている。

[0029] 反応容器11には、排気ガスを排出する排気口（図示せず）が設けられている。排気口には排気管が接続されており、ターゲット材に堆積されなかった余剰のガラス微粒子を含む内部の排気ガスが排気口から排気管へと送り出される。

[0030] なお、図1A及び図1Bに示す製造設備10は、ターゲット材を上下方向に往復移動させるものだが、バーナ12が上下方向に往復移動できるように構成してもよい。また、往復移動する方向はターゲット材の軸方向であればよく、ターゲット材をどのように保持するかによって、往復移動の方向は異なる。例えば、ターゲット材の軸方向が左右方向である場合、バーナ12とターゲット材とが横方向に相対的に往復移動できるように製造設備10を構成する。

[0031] （光ファイバ母材の製造方法）

引き続き、図1Aおよび1Bを用いて、本実施形態に係る光ファイバ母材

の製造方法について説明する。本実施形態に係る製造方法は、少なくとも3本以上のバーナ12を備えた製造設備10を用いて、コア部、コア部および一部のクラッド部を有する光ファイバ母材M1、コア部およびクラッド部を有するM2をOVD法によって製造する方法であって、コア部堆積工程と、クラッド部堆積工程と、を備える。

[0032] コア部堆積工程では、コア用のバーナと出発棒17とを相対的に第1往復移動させながら、コア用のバーナによって形成される火炎内で生成したコア用ガラス微粒子を出発棒17上に堆積させて、コア部のガラス微粒子が表面に堆積している光ファイバ母材M1を製造する。既に述べたように、図1Aに示す例では、バーナ12c～eをコア用のバーナとして用いている。

[0033] コア部堆積工程において、コア用のバーナ12c～eには、ガラス原料ガス及び火炎形成ガスが供給される。ガラス原料ガスには、例えば、 SiCl_4 又はシロキサンが含まれる。また、コア部堆積工程において用いるガラス原料ガスは、例えば、ドーパントとして GeCl_4 を含むものであることが好ましい。 GeCl_4 の導入量は、特に制限されないが、例えば、堆積量を増加させるという観点からは、0.1g/分以上であることが好ましく、0.5g/分以上であることがより好ましい。

[0034] ガラス原料ガスとして SiCl_4 と GeCl_4 を用いた場合、 SiO_2 及び GeO_2 を主成分とするコア用ガラス微粒子がバーナ12c～eの火炎中で生成される。火炎形成ガスは、例えば、酸水素ガスであり、可燃性ガスである水素と助燃性ガスである酸素とを含むものである。

[0035] コア部堆積工程では、例えば、バーナ12c～eからガラス原料ガスと火炎形成ガスを噴出させ、保持具15によって出発棒17を出発棒17の軸回りに回転させながら、出発棒17の軸方向に沿って第1往復移動をさせる。

[0036] ここで、第1往復移動とは、2つの折り返し点間の単純な往復移動である。図1Aの例では、折り返し点P1と折り返し点P2の間を、矢印で示したように単純に往復移動する。コア部堆積工程では、単純な往復移動をさせることにより、光ファイバ母材M1の長手方向におけるGe導入量を均一化す

ることが容易になっている。すなわち、屈折率分布の制御をすることが容易となる

[0037] 折り返し点P 1は、光ファイバ母材M 1の下端部（出発棒1 7の下端部近傍）がコア用のバーナのうちに最上段にあるバーナ1 2 cと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 1の上端部の位置近傍である。折り返し点P 2は、光ファイバ母材M 1の上端部がコア用のバーナのうちに最下段にあるバーナ1 2 eと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 1の上端部の位置近傍である。なお、コア用のバーナが1本の場合、折り返し点P 1は、光ファイバ母材M 1の下端部がコア用のバーナと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 1の上端部の位置近傍である。同様に、折り返し点P 2は、光ファイバ母材M 1の上端部がコア用のバーナと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 1の上端部の位置近傍である。

[0038] いずれの場合においても、折り返し点P 1及びP 2間の距離は、光ファイバ母材M 1の有効部（例えば、光ファイバ製品に使用される部分であり、クラッド部製造工程後に径が一定となっている部分）の長さ以上である。なお、コア部堆積工程の過程で光ファイバ母材M 1が長手方向に長くなっていくにつれて、折り返し点P 1は上方向に僅かずつ移動してもよい。同様に、折り返し点P 2は下方向に僅かずつ移動してもよい。

[0039] コア用のバーナの本数を増やしていくと、折り返し点P 1及びP 2間の距離が長くなっていき、製造設備1 0は大きくなっていく。しかし、本実施形態に係るコア部堆積工程では、コア用のバーナを2本以上設ける場合、コア用のバーナのうちに最端にあたる2つのバーナ間の距離を、クラッド用のバーナのうちに最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短くしている。よって、バーナ1 2の全てを使用する場合よりも第1往復移動における往復移動量が短くなるので、結果として、製造設備1 0の大型化を抑制できる。

[0040] クラッド部堆積工程は、例えば、コア部堆積工程に続いて、コア部堆積工程と同一の製造設備1 0内において実施される。クラッド部堆積工程では、クラッド用のバーナと出発部材1 8とを相対的に第2往復移動させながら、

クラッド用のバーナによって形成される火炎内で生成したクラッド用ガラス微粒子を出発部材 18 上に堆積させて、クラッド部のガラス微粒子が表面に堆積している光ファイバ母材 M2 を製造する。既に述べたように、図 1 B に示す例では、バーナ 12 a ~ 12 g をクラッド用のバーナとして用いている。なお、バーナ 12 c ~ e は、コア用とクラッド用を兼用したバーナである。

- [0041] クラッド部堆積工程において、クラッド用のバーナ 12 a ~ g には、ガラス原料ガス及び火炎形成ガスが供給される。ガラス原料ガスには、例えば、 SiCl_4 又はシロキサンが含まれる。一方で、クラッド部堆積工程において用いるガラス原料ガスは、 GeCl_4 等のドーパントを含まない。クラッド部堆積工程においては、主に SiO_2 を主成分とするクラッド用ガラス微粒子がバーナ 12 a ~ g の火炎中で生成される。火炎形成ガスは、例えば、酸水素ガスであり、可燃性ガスである水素と助燃性ガスである酸素とを含むものである。
- [0042] クラッド部堆積工程では、例えば、バーナ 12 a ~ g からガラス原料ガスと火炎形成ガスを噴出させ、保持具 15 によって出発部材 18 を出発部材 18 の軸回りに回転させながら、出発部材 18 の軸方向に沿って第 2 往復移動をさせる。
- [0043] ここで、第 2 往復移動とは、クラッド部堆積工程中において折り返し点の変動する往復移動である。図 1 B の例では、折り返し点 P3 と折り返し点 P8 の間を、矢印で示したように何度も折り返し点を変動させながら往復移動する。具体的には、まず、光ファイバ母材 M2 の上端部が折り返し点 P3 にある状態から下方向へ移動し、光ファイバ母材 M2 の上端部が折り返し点 P4 に達すると上方向へと移動方向が反転する。次に、光ファイバ母材 M2 の上端部が折り返し点 P5 に達すると下方向へと移動方向が反転する。そして、折り返し点 P6 および P7 のそれぞれでも移動方向を反転させて、光ファイバ母材 M2 の上端部が折り返し点 P8 に達する。その後は、同様にして、折り返し点 P3 へ向けて何度も折り返し点を変動させつつ移動方向を反転さ

せながら往復移動を続ける。

[0044] 折り返し点P 3およびP 8間の距離は、第1往復移動における折り返し点P 1およびP 2間の距離よりも短い。また、折り返し点P 3は、例えば、光ファイバ母材M 2の下端部がクラッド用のバーナのうちで下から2番目にあるバーナ1 2 fと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 2の上端部の位置近傍である。折り返し点P 8は、例えば、光ファイバ母材M 2の上端部がクラッド用のバーナのうちで上から2番目にあるバーナ1 2 bと同じ高さにある場合における、光ファイバ母材M 2の上端部の位置近傍である。折り返し点P 3およびP 8を上記のように設定することで、常に「クラッド用のバーナの本数－1本」以上のバーナ1 2から光ファイバ母材M 2へとクラッド用ガラス微粒子が当たる状態になるため、堆積速度を向上させることができる。また、光ファイバ母材M 2の非有効部を短くすることもできる。

[0045] 上記のようにして得られた光ファイバ母材M 2は、さらに、焼結工程、ジャケット部堆積工程、線引工程等を経て、光ファイバ製品となる。

[0046] [実施例]

以下、本開示に係る実施例および比較例として製造例1から製造例11を示して、本開示をさらに詳細に説明する。以下の説明において、製造例1～9が実施例であり、製造例10及び11が比較例である。なお、本開示は、以下の実施例に限定されるものではない。

[0047] (製造例1)

10本のバーナが150mm間隔で設けられた製造設備において、出発棒としてφ10mmのアルミナマンドレルを使用して、コア部とクラッド部を含む光ファイバ母材を製造した。コア部堆積工程では、上記10本のバーナのうちの1本をコア用バーナとして使用し、SiCl₄及びGeCl₄を含むガラス原料ガスと酸水素ガスとをコア用バーナから噴出させながら、出発棒を第1往復移動させて、出発棒上にコア用ガラス微粒子を堆積させた。クラッド部堆積工程では、上記10本のバーナのすべてをクラッド用バーナとして使用し、SiCl₄を含むガラス原料ガス（ドーパントガスは含まない）と酸

水素ガスとをクラッド用バーナから噴出させながら、出発棒を第2往復移動させ、コア部上にクラッド用ガラス微粒子を堆積させて、製造例1の光ファイバ母材を得た。なお、焼結後の光ファイバ母材は、外径が50mm、内径が5mm、長さが1000mm、クラッド径／コア径が5で、焼結前のスートは、外径が100mm、内径が10mm、長さが1380mm、スート重量が4320g、嵩密度が0.4g/cm³、となる条件で製造した。

[0048] (製造例2～10)

使用するコア用バーナの本数を変えたこと以外は製造例1と同様にして、製造例2～10の光ファイバ母材を製造した。製造例2～10におけるコア用バーナの本数は、それぞれ2～10本とした。また、製造例2～10のそれぞれにおいて、隣接する一連のバーナをコア用バーナとして使用した。

[0049] 製造例1～10のコア部製造時における堆積速度、堆積所要時間、及び第1往復移動の範囲を、図2～4にそれぞれ示す。図2の縦軸の堆積速度は、製造例1（コア用バーナ1本）の堆積速度で規格化した場合（製造例1の堆積速度を1.0とした場合）の値である。図3の縦軸の堆積所要時間は、製造例1（コア用バーナ1本）の堆積所要時間で規格化した場合（製造例1の堆積所要時間を1.0とした場合）の値である。図4の縦軸の往復移動範囲は、製造例10（コア用バーナ10本）の第1往復移動における往復移動範囲で規格化した場合（製造例10の往復移動範囲を1.0とした場合）の値である。

[0050] 図2及び3から、コア用バーナの本数を増やすと、堆積速度が向上し、堆積所要時間が短くなることが分かる。一方で、コア用バーナの数が増える場合、それ以上増やしても堆積速度の向上度合いは鈍化することが分かる。図4から、コア用バーナの本数を増やすと、第1往復移動の範囲が直線的に増加することが分かる。すなわち、コア用バーナの本数が増えるにつれて、製造設備の大きさは直線的に増加していく。以上の結果から、堆積速度を向上させて堆積所要時間を短くすることと、設備の大型化を抑制することとをバランス良く実現させるためには、コア用バーナの本数を2本以上、かつ

、クラッド用バーナの本数の $2/3$ 以下にすることが好ましいと考えられる。

[0051] (製造例3)

上記の製造例3 (コア用バーナが3本) の条件で、光ファイバ母材を30本製造し、得られた光ファイバ母材の有効部の上端の位置 (0 mm)、並びに、当該上端の位置から下端へ向かって250 mm、500 mm、750 mm、及び1000 mmの位置のそれぞれで、クラッド径とコア径の比 (クラッド径/コア径) を算出した。

[0052] (製造例11)

VAD法を用いて、焼結後の光ファイバ母材は、外径が50 mm、長さが1000 mm、クラッド径/コア径が5で、焼結前のスートは、外径が100 mm、長さが1380 mm、スート重量が4320 g、嵩密度が 0.4 g/cm^3 、となる条件で、製造例11の光ファイバ母材を30本製造した。コア部のドーパントガスには、 GeCl_4 を用いた。製造例11の光ファイバ母材について、製造例3と同様に、各位置でのクラッド径とコア径の比を算出した。その結果、製造例3と比較して、クラッド径/コア径のばらつき 3σ が36%悪化した。

[0053] 上記結果から、本開示に係る光ファイバ母材の製造方法は、従来のVAD法による製造方法よりも、クラッド径/コア径の変動率やばらつきが小さく、長手方向において径変動の少ない光ファイバ母材を製造できることが分かる。

[0054] 以上、本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。また、上記説明した構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等に変更することができる。

符号の説明

[0055] 10: (光ファイバ母材の) 製造設備

- 1 1 : 反応容器
- 1 2 a ~ 1 2 g : バーナ
- 1 3 : 昇降装置 (往復移動機構)
- 1 4 : 支持棒
- 1 5 : 保持具
- 1 6 : 種棒パイプ
- 1 7 : 出発棒 (第 1 ターゲット材)
- 1 8 : 出発部材 (第 2 ターゲット材)
- M 1 , M 2 : 光ファイバ母材
- P 1 ~ P 8 : 折り返し点

請求の範囲

[請求項1]

少なくとも3本以上のバーナを備えた製造設備を用いて、コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造方法であって、

前記バーナと第1ターゲット材とを相対的に第1往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したコア用ガラス微粒子を前記第1ターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程と、

前記バーナと前記コア部堆積工程を経て得られるコア部を含む第2ターゲット材とを相対的に第2往復移動させながら、前記バーナによって形成される火炎内で生成したクラッド用ガラス微粒子を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程と、を備え、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナの本数は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数未満であり、

前記第1往復移動における折り返し点間の距離は、前記光ファイバ母材の有効部の長さ以上であり、

前記クラッド部堆積工程では、少なくとも3本以上の前記バーナを使用し、

前記第2往復移動における折り返し点間の距離は、前記第1往復移動における折り返し点間の距離よりも短く、

前記第2往復移動における折り返し点は、前記クラッド部堆積工程中において変動する、

光ファイバ母材の製造方法。

[請求項2]

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナが2本以上であって、

前記コア部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる2つのバーナ間の距離よりも短い、

請求項 1 に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項3] 前記コア部堆積工程において、前記コア用ガラス微粒子の原料ガスが GeCl_4 を含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項4] 前記コア部堆積工程では、隣接する 2 以上の前記バーナを使用する、請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項5] 前記製造設備において、隣り合う前記バーナの間隔は 50 mm 以上 400 mm 以下である、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項6] コア部およびクラッド部を有する光ファイバ母材を製造する光ファイバ母材の製造設備であって、

少なくとも 3 本以上のバーナと、

前記バーナとターゲット材とを相対的に往復移動させる往復移動機構と、を備え、

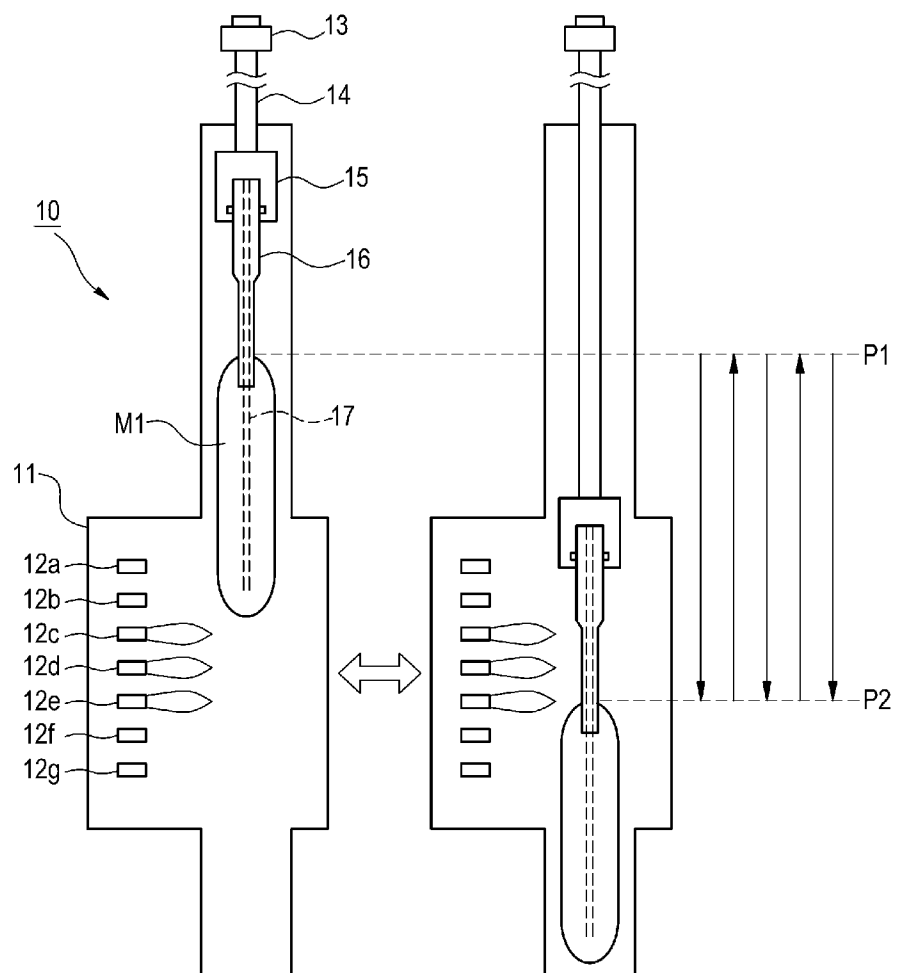
前記コア部をターゲット材上に堆積させるコア部堆積工程において使用する前記バーナの本数が、前記クラッド部を前記コア部上に堆積させるクラッド部堆積工程において使用する前記バーナの本数よりも少なく、

前記コア部堆積工程において前記バーナを 2 本以上使用する場合、前記コア部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる 2 つのバーナ間の距離は、前記クラッド部堆積工程において使用する前記バーナのうちで最端にあたる 2 つのバーナ間の距離よりも短い、

光ファイバ母材の製造設備。

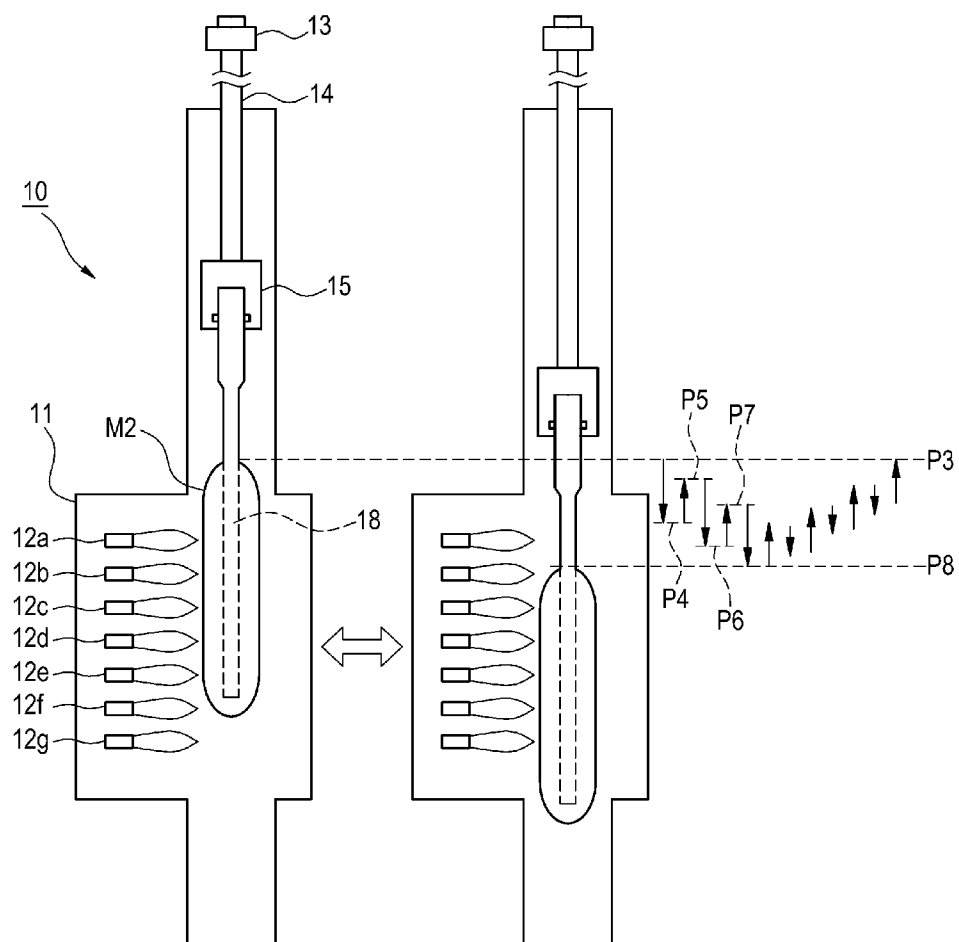
[図1A]

FIG1A

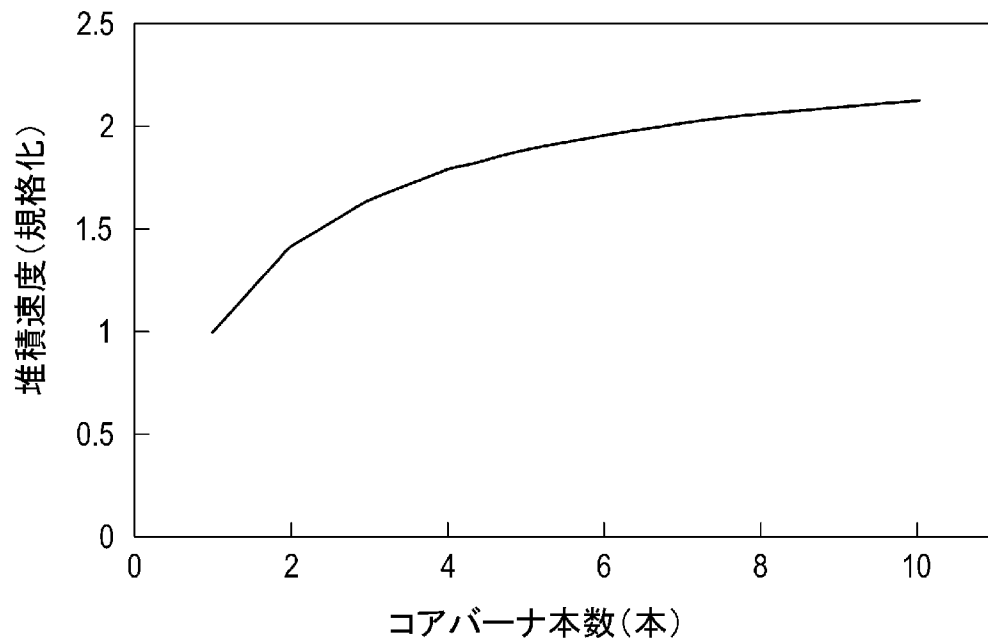


[図1B]

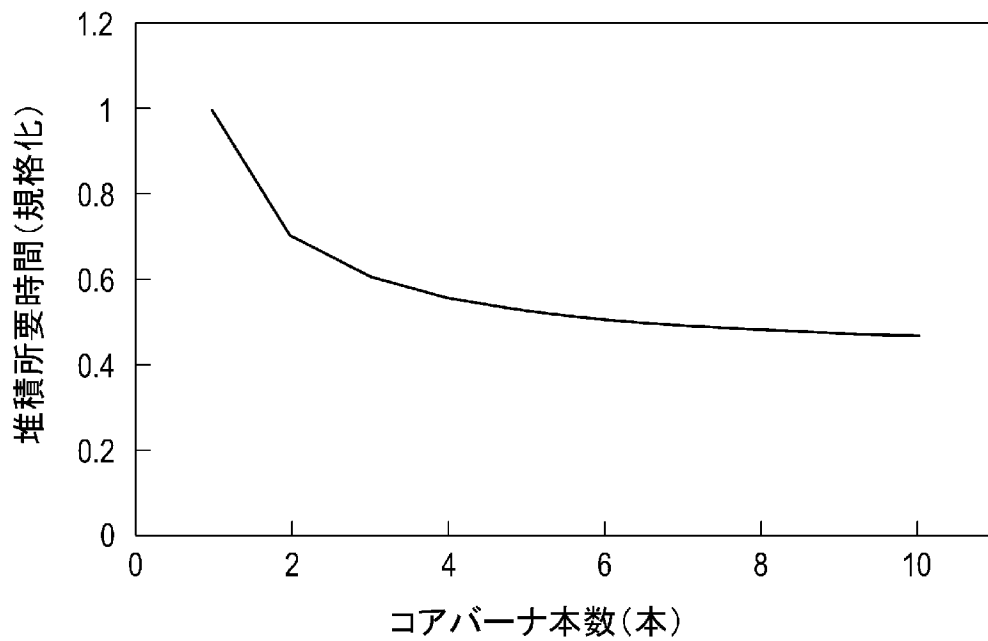
FIG.1B



[図2]

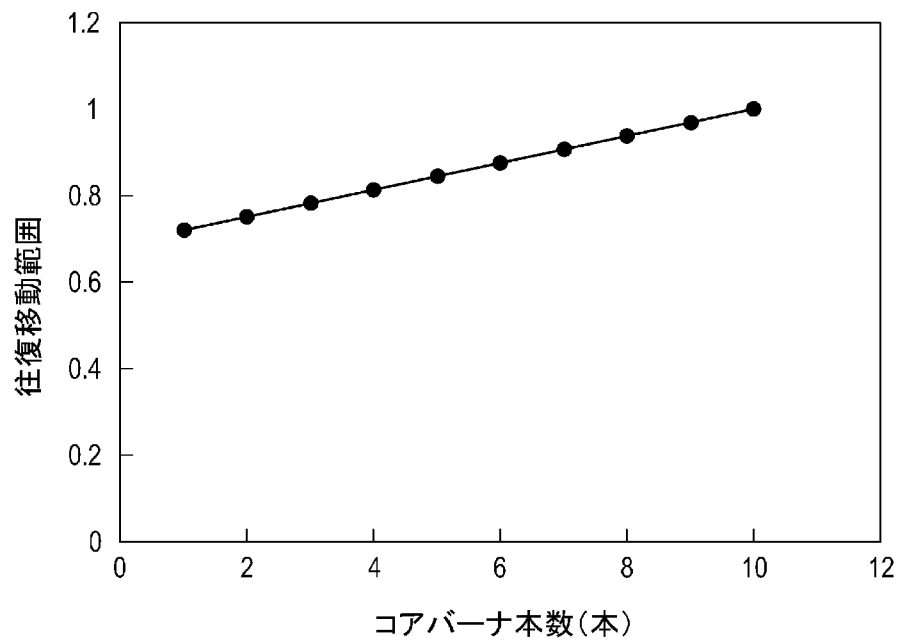
FIG.2

[図3]

FIG.3

[図4]

FIG.4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/035364

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C03B 37/018**(2006.01)i

FI: C03B37/018 C

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

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
X	JP 2005-060148 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 10 March 2005 (2005-03-10)	6
Y	example 1, paragraphs [0034]-[0039], fig. 6	1-5
Y	JP 2002-338257 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 27 November 2002 (2002-11-27)	1-5
	paragraph [0012]	
Y	JP 2003-201139 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 15 July 2003 (2003-07-15)	5
	paragraph [0030]	

☐ 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

08 November 2021

Date of mailing of the international search report

30 November 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/035364

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2005-060148	A	10 March 2005	US 2005/0031279 A1 example 1, paragraphs [0055]- [0063], fig. 6 EP 1505039 A2 CN 1579977 A	
JP	2002-338257	A	27 November 2002	(Family: none)	
JP	2003-201139	A	15 July 2003	US 2004/0093905 A1 paragraph [0041] WO 2003/037809 A1 EP 1440949 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03B 37/018(2006.01)i FI: C03B37/018 C		
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）） C03B37/018		
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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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
X	JP 2005-060148 A（住友電気工業株式会社）10.03.2005（2005 - 03 - 10） 実施例1, [0034] - [0039], 図6	6
Y		1-5
Y	JP 2002-338257 A（住友電気工業株式会社）27.11.2002（2002 - 11 - 27） [0012]	1-5
Y	JP 2003-201139 A（住友電気工業株式会社）15.07.2003（2003 - 07 - 15） [0030]	5
☐ 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抵触するものではなく、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 08.11.2021		国際調査報告の発送日 30.11.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 須藤 英輝 4T 1584 電話番号 03-3581-1101 内線 3465

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/035364

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2005-060148	A	10.03.2005	US 2005/0031279 A1 実施例1, [0055] - [0063], 図6 EP 1505039 A2 CN 1579977 A	
JP	2002-338257	A	27.11.2002	(ファミリーなし)	
JP	2003-201139	A	15.07.2003	US 2004/0093905 A1 [0041] WO 2003/037809 A1 EP 1440949 A1	