(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
2024年1月4日(04.01.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/004512 A1

(51) 国際特許分類:
C03B 37/012 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/020492

(22) 国際出願日： 2023年6月1日(01.06.2023)

(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 2022-102859 2022年6月27日(27.06.2022) 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).

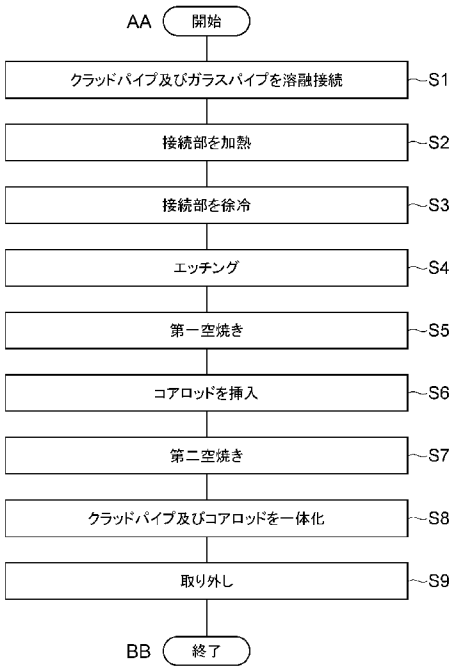
(72) 発明者: 菅沼 貴博 (**SUGANUMA Takahiro**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 長谷川 健美(**HASEGAWA Takemi**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 茂戸藤 透(**MOTOFUJI Tooru**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 井上 歩美(**INOUE Ayumi**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 金子 和男(**KANEKO Kazuo**); 〒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: 長谷川 芳樹, 外 (**HASEGAWA Yoshiki et al.**); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(54) **Title:** OPTICAL FIBER BASE MATERIAL PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称： 光ファイバ母材の製造方法

[図2]



AA Start
BB End
S1 Melt and connect clad pipe and glass pipes
S2 Heat connections
S3 Slowly cool connections
S4 Etching
S5 First air firing
S6 Insert core rod
S7 Second air firing
S8 Integration of clad pipe and core rod
S9 Removal

(57) **Abstract:** The optic fiber base material production method includes melting and connecting glass pipes to both ends of a clad pipe, in which holes are provided, so as to surround the holes, heating the connections of the clad pipe and glass pipes at a heating temperature below the melting temperature of the connections, and slowly cooling the connections from the heating temperature after heating.

WO 2024/004512 A1

［続葉有］

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：光ファイバ母材の製造方法は、孔が設けられたクラッドパイプの両端に、孔の周囲を囲むようにガラスパイプを溶融接続することと、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部を接続部の溶融温度未満の加熱温度で加熱することと、加熱することの後に加熱温度から接続部を徐冷することと、を含む。

明　細　書

発明の名称 ： 光ファイバ母材の製造方法

技術分野

[0001]　本開示は、光ファイバ母材の製造方法に関する。本出願は、２０２２年６月２７日出願の日本出願第２０２２－１０２８５９号に基づく優先権を主張し、前記日本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、ロッドインコラプス法が知られている（例えば、特許文献１及び特許文献２）。ロッドインコラプス法では、孔が設けられたクラッドパイプにコアロッドが挿入され、クラッドパイプとコアロッドとが加熱により一体化される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭６１－２０１６３３号公報

特許文献2：特開２０１１－１６８４６４号公報

発明の概要

[0004]　本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、孔が設けられたクラッドパイプの両端に、孔の周囲を囲むようにガラスパイプを溶融接続することと、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部を接続部の溶融温度未満の加熱温度で加熱することと、加熱することの後に加熱温度から接続部を徐冷することと、を含む。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図１は、実施形態で製造される光ファイバ母材の断面図である。

[図2]図２は、実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法を示すフローチャートである。

[図3]図３は、接続工程について説明するための断面図である。

[図4]図４は、加熱工程及び徐冷工程について説明するための断面図である。

[図5]図５は、エッチング工程について説明するための断面図である。

[図6]図６は、挿入工程について説明するための断面図である。

[図7]図７は、変形例に係る加熱工程及び徐冷工程について説明するための断面図である。

発明を実施するための形態

[0006] ［本開示が解決しようとする課題］

ロッドインコラプス法では、クラッドパイプの両端にガラスパイプを溶融接続し、ガラスパイプを介してクラッドパイプに対するプロセスガスの供給及び排気を行う手法が採用されている。従来の手法では、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部が外れたり、割れたりする場合があった。

[0007] 本開示は、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部の外れ及び割れを抑制可能な光ファイバ母材の製造方法を提供することを目的とする。

[0008] ［本開示の効果］

本開示によれば、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部の外れ及び割れを抑制可能な光ファイバ母材の製造方法を提供することができる。

[0009] ［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。（１）本開示の一態様に係る光ファイバ母材の製造方法は、孔が設けられたクラッドパイプの両端に、孔の周囲を囲むようにガラスパイプを溶融接続することと、クラッドパイプとガラスパイプとの接続部を接続部の溶融温度未満の加熱温度で加熱することと、加熱することの後に加熱温度から接続部を徐冷することと、を含む。

[0010] 上記光ファイバ母材の製造方法では、クラッドパイプとガラスパイプとの溶融接続により接続部に導入されたガラス歪が加熱により解放されると共に、接続部に残留するマイクロクラックが加熱により修復される。接続部を急冷せずに徐冷することにより、新たなガラス歪の発生を抑止しながら、接続部を室温まで冷却することができる。よって、接続部の外れ及び割れを抑制できる。

[0011] （２）上記（１）において、加熱することによる加熱時間は、５分間以上

であってもよい。この場合、ガラス歪の解放及びマイクロクラックの修復が行われ易い。

[0012] （３）上記（１）または（２）において、加熱温度は、９００℃以上であってもよい。この場合、ガラス歪の解放及びマイクロクラックの修復が行われ易い。

[0013] （４）上記（１）から（３）のいずれかにおいて、徐冷することでは、接続部の温度が４００℃に達するまでの最大の冷却速度が１００℃／分以下であってもよい。この場合、ガラス歪の解放及びマイクロクラックの修復が行われ易い。

[0014] （５）上記（１）から（４）のいずれかにおいて、徐冷することでは、接続部から軸方向に１０ｍｍ離れた位置におけるクラッドパイプの表面温度と、接続部から軸方向に１０ｍｍ離れた位置におけるガラスパイプの表面温度との差は、０℃以上２００℃以下であってもよい。この場合、接続部におけるガラス歪の発生が抑制される。

[0015] （６）上記（１）から（５）のいずれかにおいて、加熱すること及び徐冷することは、加熱炉を用いて行われてもよい。この場合、火炎に比べて広い範囲を加熱し易いので、接続部を均一に加熱することができる。よって、接続部のガラス歪が解放され易い。

[0016] （７）上記（１）から（５）のいずれかにおいて、加熱すること及び徐冷することは、火炎を用いて行われてもよい。この場合、加熱炉に比べて接続部を目視で確認し易い。

[0017] （８）上記（１）から（７）のいずれかにおいて、徐冷することの後で接続部の急冷が生じた場合は、加熱すること及び徐冷することを再度行ってもよい。この場合、急冷により生じたガラス歪を解放することができる。

[0018] （９）上記（１）から（７）のいずれかにおいて、上記光ファイバ母材の製造方法は、徐冷することの後で、孔に気体を流し、孔の内面を気相処理すること、または、孔にコアロッドを挿入することを更に含み、気相処理すること、または、挿入することの後で、加熱すること及び徐冷することを再度

行ってもよい。この場合、気相処理の過程で急冷により生じたガラス歪を解放することができる。

[0019] （１０）上記（１）から（９）のいずれかにおいて、光ファイバ母材は、マルチコア光ファイバ母材であってもよい。この場合、ガラスパイプは、クラッドパイプに設けられた複数の孔を全て囲む必要があるので、シングルコア光ファイバ母材の場合と比べて、大径となり易い。大径のガラスパイプは、形状による熱容量や熱膨張係数の変化が小径のガラスパイプと比べて大きい。このため、接続部にガラス歪が導入され易く、マイクロクラックも残留し易い。よって、加熱及び徐冷による効果が大きい。

[0020] ［本開示の実施形態の詳細］

本開示の光ファイバ母材の製造方法の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0021] 図１は、実施形態で製造される光ファイバ母材の断面図である。この図では、光ファイバ母材１の中心軸に垂直な断面が示されている。光ファイバ母材１は、複数のコア部２と、共通のクラッド部３と、を備えるマルチコア光ファイバ母材である。本実施形態では、コア部２の数は４である。

[0022] 複数のコア部２は、光ファイバ母材１の中心軸に沿って延在している。複数のコア部２は、中心軸に直交する断面において、中心軸に対して回転対称をなす位置に配置されている。複数のコア部２の断面形状は、互いに同じ円形状である。コア部２の直径は、例えば、４ｍｍ以上５０ｍｍ以下であってもよく、５ｍｍ以上３０ｍｍ以下であってもよく、６ｍｍ以上１２ｍｍ以下であってもよい。光ファイバにしたときに、コアの直径は、６μｍ以上１５μｍ以下となる。クラッド部３は、複数のコア部２を取り囲んでいる。クラッド部３の直径は、例えば、４０ｍｍ以上１８０ｍｍ以下であってもよく、４０ｍｍ以上１２０ｍｍ以下であってもよい。光ファイバにしたときに、ク

ラッドの直径は、１２４μｍ以上１２６μｍ以下となる。

[0023] コア部２の屈折率は、クラッド部３の屈折率よりも高い。コア部２及びクラッド部３は、シリカ系ガラス材料からなる。コア部２及びクラッド部３それぞれは、シリカガラスを主成分とし、屈折率調整用のドーパントを含んでいる。

[0024] 図２は、実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法を示すフローチャートである。図２に示されるように、光ファイバ母材１の製造方法は、接続工程Ｓ１、加熱工程Ｓ２、徐冷工程Ｓ３、エッチング工程Ｓ４、第一空焼き工程Ｓ５、挿入工程Ｓ６、第二空焼き工程Ｓ７、一体化工程Ｓ８、及び取り外し工程Ｓ９を含む。

[0025] 図３は、接続工程について説明するための断面図である。この図では、クラッドパイプ１０の軸方向（以下、単に「軸方向」ともいう）に沿う断面が示されている。接続工程Ｓ１は、クラッドパイプ１０の第一端１１に第一ガラスパイプ２１を溶融接続すると共に、クラッドパイプ１０の第二端１２に第二ガラスパイプ２２を溶融接続する工程である。接続工程Ｓ１により、第一端１１と第一ガラスパイプ２１との接続部３１（図４参照）が形成されると共に、第二端１２と第二ガラスパイプ２２との接続部３２（図４参照）が形成される。接続工程Ｓ１は、バーナ３０の火炎を用いて行われる。

[0026] クラッドパイプ１０は、クラッド部３となるガラスパイプであり、クラッド部３に対応する形状を有している。軸方向に直交する断面は、円形状の外形を有し、その外径は、例えば、４０ｍｍ以上１８０ｍｍ以下であってもよく、４０ｍｍ以上１２０ｍｍ以下であってもよい。クラッドパイプ１０には、１または複数の孔１３（コア孔）が設けられている。孔１３は、軸方向に延在している貫通孔である。クラッドパイプ１０は、例えば、ドリルにより、円柱状のガラス部材に孔１３を開けることにより作製される。孔１３は、断面円形状を有する。本実施形態では、孔１３の数は４である。

[0027] 第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２は、クラッドパイプを支持するための作業用パイプであり、後工程においてクラッドパイプ１０の孔

１３にプロセスガスを導入するために設けられる。例えば、第一ガラスパイプ２１は、プロセスガスの供給系に接続され、第二ガラスパイプ２２は、プロセスガスの排気系に接続される。

[0028] 第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２は、例えば、互いに同じ形状を有している。第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２は、例えば、同じガラス材料により構成されている。第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２は、円管形状を有している。第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２の外径は、本実施形態では、クラッドパイプ１０の外径と略同じであるが、クラッドパイプ１０の外径よりも小さくてもよい。

[0029] 第一ガラスパイプ２１は、第一端１１において複数の孔１３の周囲を囲むと共に、クラッドパイプ１０と同軸となるように第一端１１に溶融接続される。すなわち、軸方向から見て、複数の孔１３の全体が第一ガラスパイプ２１の内側に配置される。第二ガラスパイプ２２は、第二端１２において複数の孔１３の周囲を囲むと共に、クラッドパイプ１０と同軸となるように第二端１２に溶融接続される。すなわち、軸方向から見て、複数の孔１３の全体が第二ガラスパイプ２２の内側に配置されている。

[0030] クラッドパイプ１０の熱容量と第一ガラスパイプ２１の熱容量との間に差がある場合や、クラッドパイプ１０の熱膨張係数と第一ガラスパイプ２１の熱膨張係数との間に差がある場合は、加熱冷却過程で接続部３１にガラス歪が生じるおそれがある。クラッドパイプ１０の熱容量と第二ガラスパイプ２２の熱容量との間に差がある場合や、クラッドパイプ１０の熱膨張係数と第二ガラスパイプ２２の熱膨張係数との間に差がある場合は、加熱冷却過程で接続部３２にガラス歪が生じるおそれがある。接続部３１，３２には、クラッドパイプ１０、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２の前加工時に加工面に導入されたマイクロクラックが残留するおそれもある。調査の結果、このようなガラス歪及びマイクロクラックは、接続部３１，３２の加熱冷却が行われる後工程において、接続部３１，３２の外れ及び割れの原因となることが判明した。

[0031] 図４は、加熱工程及び徐冷工程について説明するための断面図である。この図では、クラッドパイプ１０の軸方向に沿う断面が示されている。加熱工程Ｓ２は、接続部３１を接続部３１の溶融温度未満の加熱温度で加熱すると共に、接続部３２を接続部３２の溶融温度未満の加熱温度で加熱する工程である。接続工程Ｓ１において接続部３１，３２に生じたガラス歪が加熱により解放されると共に、接続部３１，３２に残留するマイクロクラックが加熱により修復される。加熱工程Ｓ２は、バーナ３０の火炎を用い、バーナ３０の火炎で接続部３１，３２を直接加熱することにより行われる。

[0032] ここで、溶融温度は、ガラスの粘性（粘度）が$10^{6.6}$Ｐａ・ｓ未満となる最も低い温度である。クラッドパイプ１０の溶融温度及び第一ガラスパイプ２１の溶融温度が互いに異なる場合、接続部３１の溶融温度は、クラッドパイプ１０の溶融温度及び第一ガラスパイプ２１の溶融温度のうち、いずれか低い方の温度である。クラッドパイプ１０の溶融温度及び第二ガラスパイプ２２の溶融温度が互いに異なる場合、接続部３２の溶融温度は、クラッドパイプ１０の溶融温度及び第二ガラスパイプ２２の溶融温度のうち、いずれか低い方の温度である。ガラスの粘度は、例えば、貫入法や平行板法で測定できる。

[0033] 加熱工程Ｓ２による加熱温度が接続部３１，３２の溶融温度に近いほど、ガラス歪及びマイクロクラックが緩和され易い。したがって、加熱温度は、接続部３１，３２の溶融温度に応じて適宜設定される。加熱温度は、例えば、９００℃以上である。接続部３１，３２の温度は、例えば、パイロメーターにより接続部３１，３２のごく表面の温度として測定される。

[0034] 加熱工程Ｓ２による加熱時間が長いほど、ガラス歪及びマイクロクラックが緩和され易い。加熱時間は、例えば、５分間以上とすることができる。接続部３１，３２が大径の場合、ガラス歪及びマイクロクラックの緩和に時間がかかる。例えば、接続部３１，３２の外径が８０ｍｍ以上の場合、加熱時間は１５分間以上であってもよい。加熱時間が長いほど、光ファイバ母材１の製造効率が低下するので、加熱時間は、例えば、６０分間以下とすること

ができる。

[0035] 徐冷工程Ｓ３は、加熱工程Ｓ２の後に、加熱工程Ｓ２と連続して行われ、加熱工程Ｓ２における加熱温度から接続部３１，３２を徐冷する工程である。接続部３１，３２を自然冷却により急冷すると、接続部３１，３２にガラス歪が生じ易い。徐冷工程Ｓ３によれば、接続部３１，３２にガラス歪が生じることが抑制される。徐冷工程Ｓ３では、接続部３１，３２の温度が４００℃に達するまでの時間が５分間以上である。この時間が長いほど、ガラス歪及びマイクロクラックが緩和され易いが、光ファイバ母材１の製造効率が低下する。この時間は、例えば、６０分間以下とすることができる。

[0036] 徐冷工程Ｓ３では、接続部３１，３２の温度が４００℃に達するまでの冷却速度が１００℃／分以下である。この冷却速度が低いほど、ガラス歪及びマイクロクラックが緩和され易いが、光ファイバ母材１の製造効率が低下する。この冷却速度は、例えば、１５℃／分以上とすることができる。徐冷工程Ｓ３は、バーナ３０の火炎を用い、バーナ３０の火炎で接続部３１，３２を直接加熱しながら行われる。

[0037] 徐冷工程Ｓ３では、接続部３１，３２から軸方向に±１０ｍｍの位置における表面温度の差は、０℃以上２００℃以下である。すなわち、接続部３１から軸方向に１０ｍｍ離れた位置におけるクラッドパイプ１０の表面温度と、接続部３１から軸方向に１０ｍｍ離れた位置における第一ガラスパイプ２１の表面温度との差は、０℃以上２００℃以下である。また、接続部３２から軸方向に１０ｍｍ離れた位置におけるクラッドパイプ１０の表面温度と、接続部３２から軸方向に１０ｍｍ離れた位置における第二ガラスパイプ２２の表面温度との差は、０℃以上２００℃以下である。

[0038] 図５は、エッチング工程について説明するための断面図である。この図では、クラッドパイプ１０の軸方向に沿う断面が示されている。エッチング工程Ｓ４は、クラッドパイプ１０の孔１３に気体（プロセスガス）を流し、孔１３の内面をエッチング処理（気相処理）する工程である。エッチング処理は、例えば、クラッドパイプ１０を軸方向周りに回転させると共に、クラッ

ドパイプ１０の外周面をバーナ等の外部熱源３３により加熱しながら行われる。エッチング処理により、孔１３の内面の不純物が除去され、孔１３の内面が平滑化される。

[0039] 孔１３に導入される気体は、例えば、SF_6等のエッチングガスである。気体は、第一ガラスパイプ２１を介してクラッドパイプ１０の孔１３に供給される。気体は、孔１３を流れた後、第二ガラスパイプ２２を介して外部に排出される。エッチング処理は、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２がカラス旋盤の把持部（不図示）により回転可能に把持された状態で行われる。把持部は、外部熱源により加熱されるクラッドパイプ１０ではなく、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２を把持するので、把持部への熱的影響を抑制することができる。

[0040] 第一空焼き工程Ｓ５は、クラッドパイプ１０の孔１３に気体（プロセスガス）を流し、孔１３の内面を空焼き処理（気相処理）する工程である。エッチング処理と同様に、第一空焼き処理は、例えば、クラッドパイプ１０を軸方向周りに回転させると共に、クラッドパイプ１０の外周面を外部熱源により加熱しながら行われる。第一空焼き処理により、孔１３の内面の異物が除去され、孔１３の内面が平滑化される。

[0041] 孔１３に導入される気体は、例えば、塩素や酸素等の清浄化処理用ガス（すなわち、空焼きガス）である。気体は、第一ガラスパイプ２１を介してクラッドパイプ１０の孔１３に供給される。気体は、孔１３を流れた後、第二ガラスパイプ２２を介して外部に排出される。エッチング処理と同様に、第一空焼き処理は、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２がガラス旋盤の把持部（不図示）により回転可能に把持された状態で行われる。

[0042] 図６は、挿入工程について説明するための断面図である。この図では、クラッドパイプ１０の軸方向に沿う断面が示されている。挿入工程Ｓ６は、コアロッド４０をクラッドパイプ１０の孔１３に一本ずつ挿入する工程である。コアロッド４０は、コア部２となるガラスロッドである。コアロッド４０の外径は、孔１３の孔径よりもわずかに小さい。コアロッド４０は、第二ガ

ラスパイプ２２を通ってクラッドパイプ１０の第二端１２側から孔１３に挿入される。

[0043] 第二空焼き工程Ｓ７は、クラッドパイプ１０の孔１３に気体（プロセスガス）を流し、コアロッド４０の外面を空焼き処理（気相処理）する工程である。エッチング処理と同様に、第二空焼き処理は、例えば、クラッドパイプ１０を軸方向周りに回転させると共に、クラッドパイプ１０の外周面を外部熱源により加熱しながら行われる。第二空焼き処理により、コアロッド４０の外面及び孔１３の内面の異物が除去され、コアロッド４０の外面及び孔１３の内面が平滑化される。

[0044] 第一空焼き処理と同様に、孔１３に導入される気体は、例えば、塩素や酸素等の清浄化処理用ガス（すなわち、空焼きガス）である。気体は、第一ガラスパイプ２１を介してクラッドパイプ１０の孔１３に供給される。気体は、孔１３を流れた後、第二ガラスパイプ２２を介して外部に排出される。エッチング処理と同様に、第二空焼き処理は、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２がガラス旋盤の把持部（不図示）により回転可能に把持された状態で行われる。

[0045] 一体化工程Ｓ８は、クラッドパイプ１０とコアロッド４０とを加熱により一体化する工程である。加熱一体化処理により、光ファイバ母材１が作製される。エッチング処理と同様に、加熱一体化処理は、例えば、クラッドパイプ１０を軸方向周りに回転させると共に、クラッドパイプ１０の外周面を外部熱源により加熱しながら行われる。加熱一体化処理は、第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２がガラス旋盤の把持部（不図示）により回転可能に把持された状態で行われる。

[0046] 取り外し工程Ｓ９は、光ファイバ母材１から第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２を取り外す工程である。以上により、光ファイバ母材１が製造される。

[0047] 以上説明したように、光ファイバ母材１の製造方法では、接続工程Ｓ１により接続部３１，３２に導入されたガラス歪が加熱工程Ｓ２により解放され

ると共に、接続部３１，３２に残留するマイクロクラックが加熱工程Ｓ２により修復される。接続部３１，３２を急冷せず、十分に時間をかけて徐冷することにより、新たなガラス歪の発生を抑止しながら、接続部３１，３２を室温まで冷却することができる。よって、接続部３１，３２の外れ及び割れを抑制できる。

[0048] 加熱工程Ｓ２では、加熱時間が５分間以上であり、加熱温度が９００℃以上である。このため、ガラス歪の解放及びマイクロクラックの修復が行われ易い。徐冷工程Ｓ３では、接続部３１，３２の温度が４００℃に達するまでの時間が５分間以上であり、接続部の温度が４００℃に達するまでの冷却速度が１００℃／分以下である。このため、ガラス歪の解放及びマイクロクラックの修復が行われ易い。徐冷工程Ｓ３では、接続部３１，３２から軸方向に±１０ｍｍの位置における表面温度の差は、０℃以上２００℃以下である。このため、接続部３１，３２におけるガラス歪の発生が抑制される。

[0049] 加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３は、バーナ３０の火炎を用いて行われるので、加熱炉３４（図７参照）を用いる場合に比べて、接続部３１，３２を目視で確認し易い。

[0050] 光ファイバ母材１は、マルチコア光ファイバ母材である。第一ガラスパイプ２１及び第二ガラスパイプ２２は、クラッドパイプ１０に設けられた複数の孔１３を全て囲む必要があるので、シングルコア光ファイバ母材の場合と比べて、大径となり易い。大径のガラスパイプとクラッドパイプ１０との接続には時間がかかるので、接続部３１，３２にガラス歪が導入され易く、マイクロクラックも残留し易い。よって、加熱及び徐冷によるガラス歪及びマイクロクラックの緩和効果が大きい。

[0051] 以上、実施形態について説明してきたが、本開示は必ずしも上述した実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

[0052] 上記実施形態では、加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３が一度しか行われないが、徐冷工程Ｓ３後に加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３が再度行われてもよい

。光ファイバ母材１の製造方法では、徐冷工程Ｓ３後に接続部３１，３２の加熱急冷が行われる場合がある。この場合、接続部３１，３２にガラス歪が生じるおそれがある。よって、接続部３１，３２の急冷が生じた場合は、加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３が再度行われてもよい。ここで、急冷とは、接続部３１，３２の加熱を停止してから最大１００℃／分を超える冷却速度で冷却されることを意味する。このような加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３の繰り返しは、例えば、徐冷工程Ｓ３後に接続部３１，３２の急冷が行われるたびに行われてもよい。

[0053] 具体的には、エッチング工程Ｓ４、第一空焼き工程Ｓ５、挿入工程Ｓ６、または、第二空焼き工程Ｓ７の後に加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３が再度行われてもよい。より具体的には、エッチング工程Ｓ４の後であって第一空焼き工程Ｓ５の前、第一空焼き工程Ｓ５の後であって挿入工程Ｓ６の前、挿入工程Ｓ６の後であって第二空焼き工程Ｓ７の前、または、第二空焼き工程Ｓ７の後であって一体化工程Ｓ８の前に、加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３が再度行われてもよい。これにより、急冷によって生じたガラス歪を解放することができる。

[0054] 図７は、変形例に係る加熱工程及び徐冷工程について説明するための断面図である。図７に示されるように、加熱工程Ｓ２及び徐冷工程Ｓ３は、加熱炉３４の炉熱を用いて行われてもよい。加熱炉３４は、例えば電気炉であり、火炎以外の熱源により加熱する能力を持つ。加熱炉３４は、接続部３１，３２を加熱可能な位置に配置される。加熱炉３４を用いる場合、バーナ３０の火炎に比べて広い範囲を加熱し易いので、接続部３１，３２を均一に加熱することができる。よって、接続部３１，３２のガラス歪が解放され易い。

[0055] 上記実施形態では、光ファイバ母材１はマルチコア光ファイバ母材であるが、シングルコア光ファイバ母材であってもよい。

[0056] 上記実施形態及び変形例は、適宜組み合わせられてもよい。

符号の説明

[0057] １…光ファイバ母材

２…コア部

３…クラッド部

１０…クラッドパイプ

１１…第一端

１２…第二端

１３…孔

２１…第一ガラスパイプ

２２…第二ガラスパイプ

３０…バーナ

３１…接続部

３２…接続部

３３…外部熱源

３４…加熱炉

４０…コアロッド

請求の範囲

[請求項1] 孔が設けられたクラッドパイプの両端に、前記孔の周囲を囲むようにガラスパイプを溶融接続することと、

前記クラッドパイプと前記ガラスパイプとの接続部を前記接続部の溶融温度未満の加熱温度で加熱することと、

前記加熱することの後に前記加熱温度から前記接続部を徐冷することと、

を含む、

光ファイバ母材の製造方法。

[請求項2] 前記加熱することによる加熱時間は、５分間以上である、

請求項１に記載の光ファイバ母材の製造方法。

[請求項3] 前記加熱温度は、９００℃以上である、

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] 前記徐冷することでは、前記接続部の温度が４００℃に達するまでの最大の冷却速度が１００℃／分以下である、

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] 前記徐冷することでは、前記接続部から軸方向に１０ｍｍ離れた位置における前記クラッドパイプの表面温度と、前記接続部から軸方向に１０ｍｍ離れた位置における前記ガラスパイプの表面温度との差は、０℃以上２００℃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] 前記加熱すること及び前記徐冷することは、加熱炉を用いて行われる、

請求項１から請求項５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7] 前記加熱すること及び前記徐冷することは、火炎を用いて行われる

、

請求項１から請求項５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8] 前記徐冷することの後で前記接続部の急冷が生じた場合は、前記加熱すること及び前記徐冷することを再度行う、

請求項１から請求項７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9] 前記徐冷することの後で、前記孔に気体を流し、前記孔の内面を気相処理すること、または、前記孔にコアロッドを挿入することを更に含み、

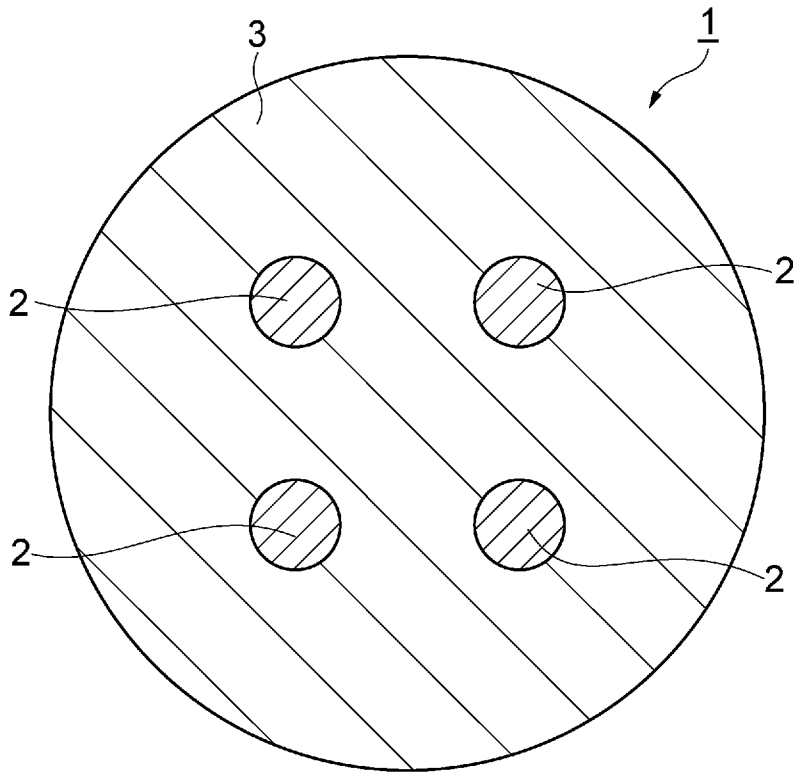
前記気相処理すること、または、前記挿入することの後で、前記加熱すること及び前記徐冷することを再度行う、

請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の光ファイバ母材の製造方法。

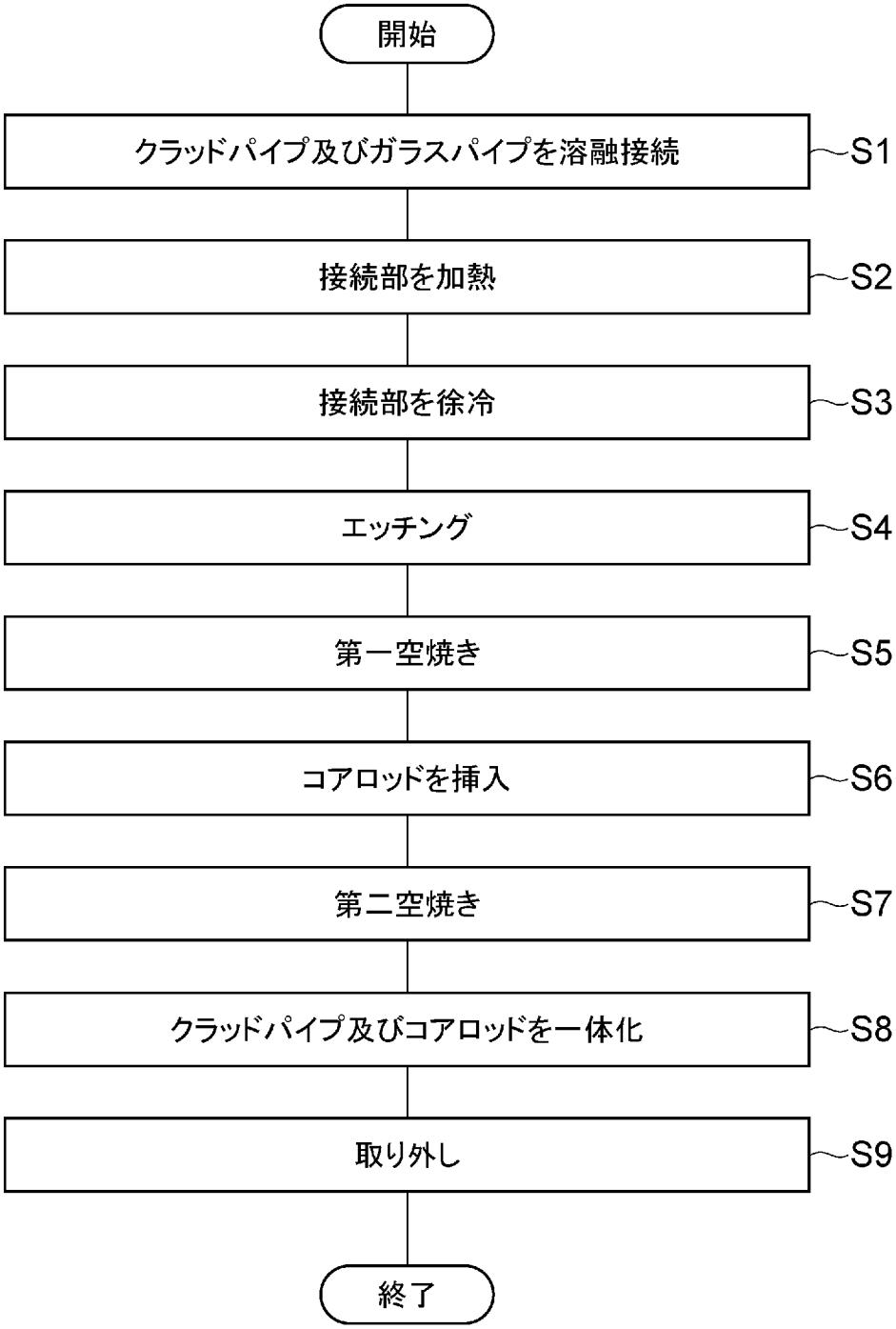
[請求項10] 前記光ファイバ母材は、マルチコア光ファイバ母材である、

請求項１から請求項９のいずれか一項に記載の光ファイバ母材の製造方法。

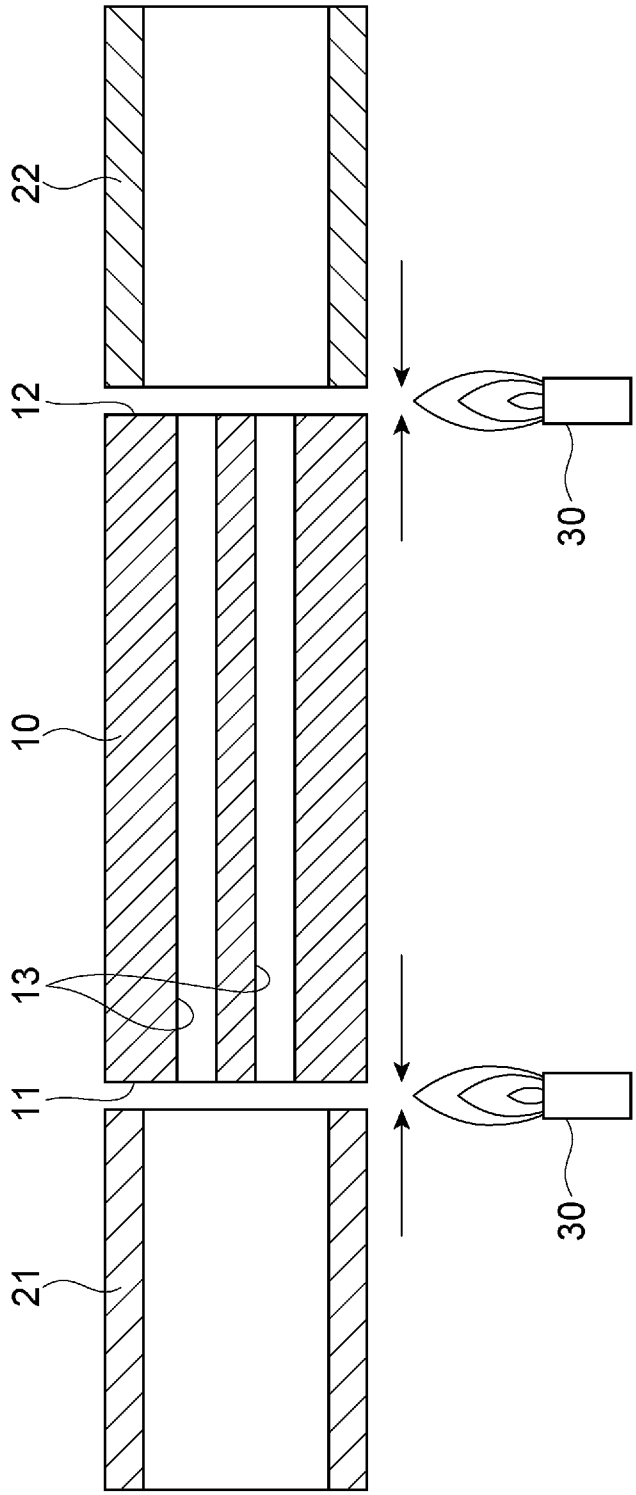
[図1]



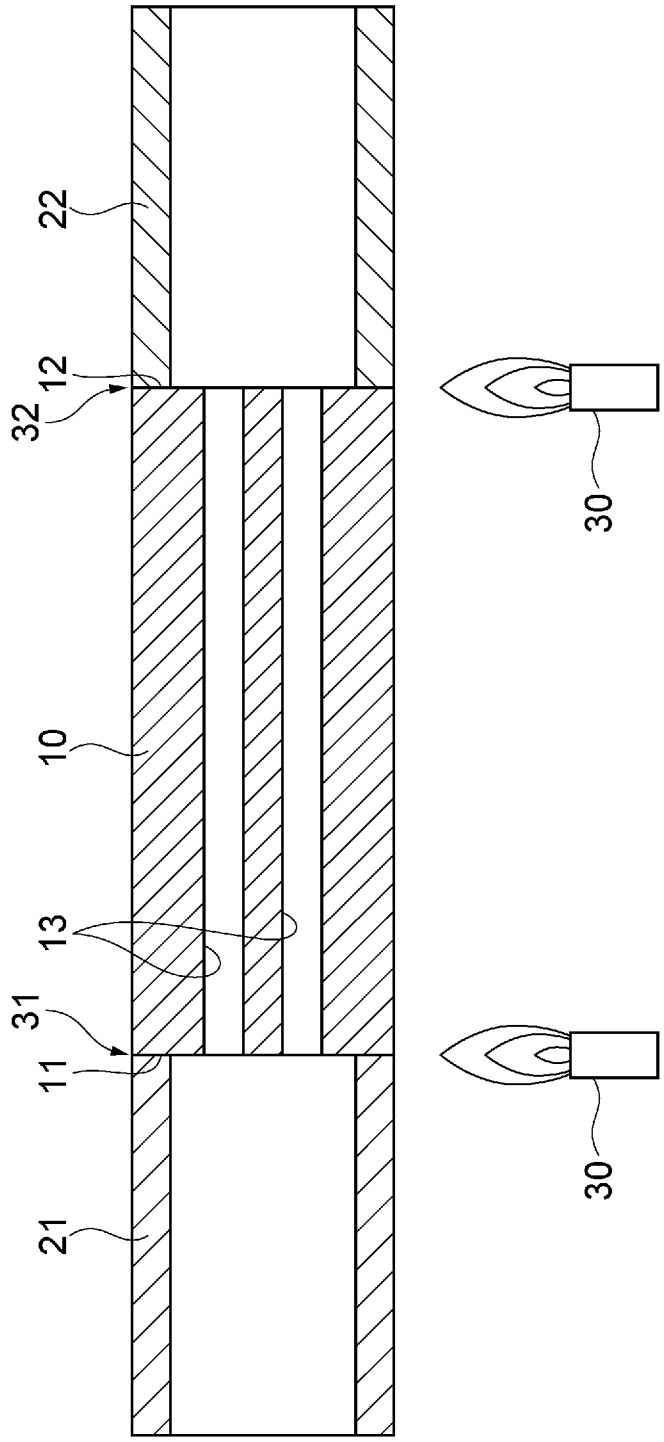
[図2]


開始
クラッドパイプ及びガラスパイプを溶融接続
S1
接続部を加熱
S2
接続部を徐冷
S3
エッチング
S4
第一空焼き
S5
コアロッドを挿入
S6
第二空焼き
S7
クラッドパイプ及びコアロッドを一体化
S8
取り外し
S9
終了

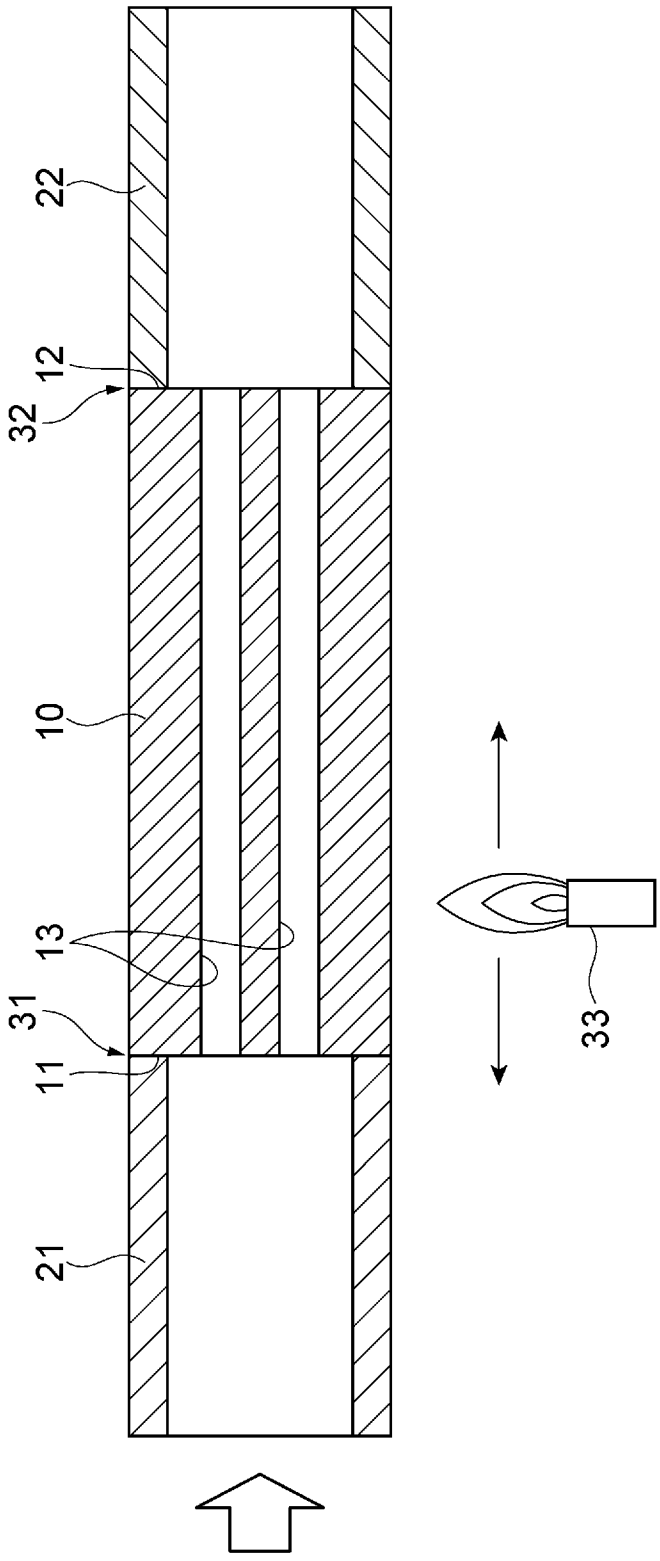
[図3]



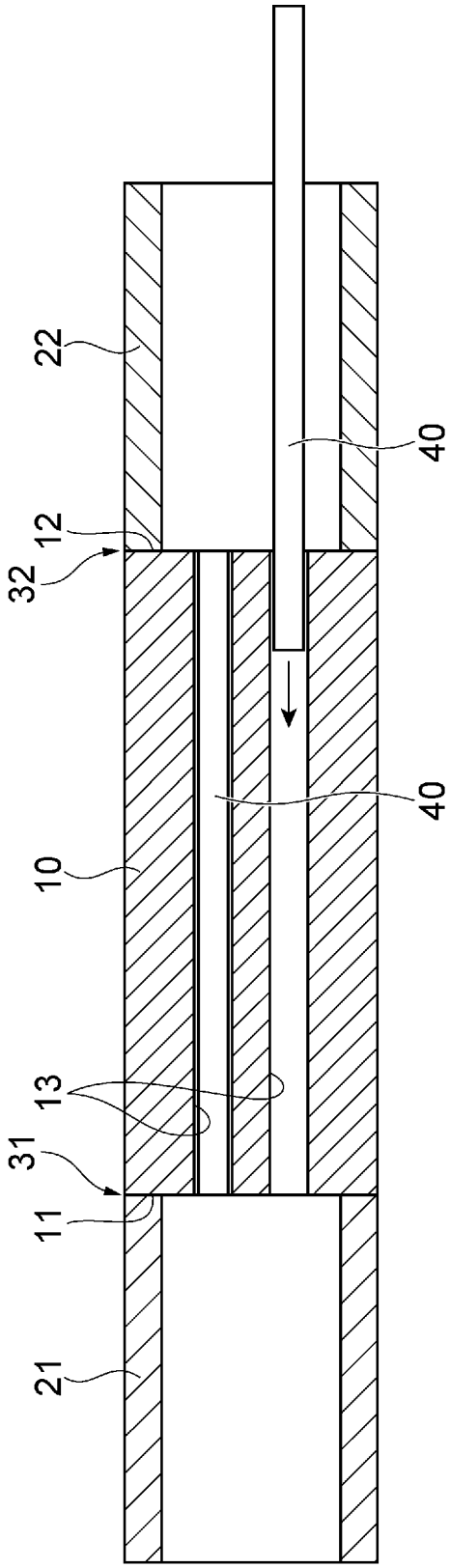
[図4]



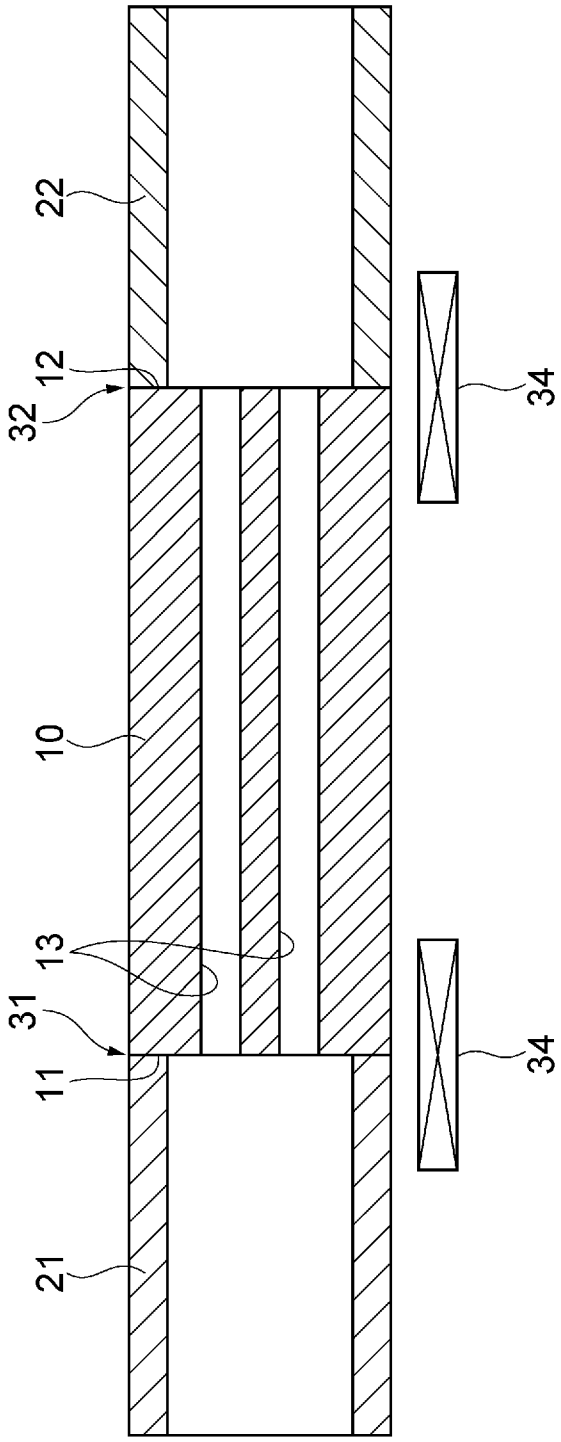
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/020492

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B 37/012(2006.01)i
FI: C03B37/012 A

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)

C03B37/012

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2017-206432 A (HERAEUS TENEVO LLC) 24 November 2017 (2017-11-24) paragraphs [0010]-[0018], fig. 1-2	1-4, 6-7, 10
A		5, 8-9
Y	JP 2013-001629 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 07 January 2013 (2013-01-07) paragraphs [0025]-[0041], fig. 1-5	1-4, 6-7, 10
A	JP 2019-031427 A (FUJIKURA LTD) 28 February 2019 (2019-02-28) entire text, all drawings	1-10

☐ 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	Date of mailing of the international search report
23 August 2023	**05 September 2023**
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/JP2023/020492

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2017-206432 A	24 November 2017	EP 3243804 A1 paragraphs [0009]-[0017], fig. 1-2 US 2017/0320768 A1 CN 107337345 A KR 10-2017-0124965 A	
JP 2013-001629 A	07 January 2013	(Family: none)	
JP 2019-031427 A	28 February 2019	US 2020/0369555 A1 entire text, all drawings WO 2019/031489 A1 CN 110709362 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/020492

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C03B 37/012(2006.01)i
FI: C03B37/012 A

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））

C03B37/012

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
Y	JP 2017-206432 A (ヘレーウス テネーヴォ エルエルシー) 24.11.2017 (2017-11-24) ［００１０］－［００１８］、図１－２	1-4,6-7,10
A		5,8-9
Y	JP 2013-001629 A (住友電気工業株式会社) 07.01.2013 (2013-01-07) ［００２５］－［００４１］、図１－５	1-4,6-7,10
A	JP 2019-031427 A (株式会社フジクラ) 28.02.2019 (2019-02-28) 全文、全図	1-10

☐ 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	国際調査報告の発送日
23.08.2023	05.09.2023

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）

有田　恭子 4T 9540

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/JP2023/020492

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-206432 A	24.11.2017	EP 3243804 A1 [０００９]－[００１７]、図１－２ US 2017/0320768 A1 CN 107337345 A KR 10-2017-0124965 A	
JP 2013-001629 A	07.01.2013	（ファミリーなし）	
JP 2019-031427 A	28.02.2019	US 2020/0369555 A1 全文、全図 WO 2019/031489 A1 CN 110709362 A	