

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6214766号
(P6214766)

(45) 発行日 平成29年10月18日(2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日(2017.9.29)

(51) Int.Cl.

C03B 37/018 (2006.01)

F 1

C03B 37/018

B

請求項の数 19 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-523684 (P2016-523684)
 (86) (22) 出願日 平成26年6月5日 (2014.6.5)
 (65) 公表番号 特表2016-527169 (P2016-527169A)
 (43) 公表日 平成28年9月8日 (2016.9.8)
 (86) 國際出願番号 PCT/NL2014/050357
 (87) 國際公開番号 WO2015/002530
 (87) 國際公開日 平成27年1月8日 (2015.1.8)
 審査請求日 平成28年12月21日 (2016.12.21)
 (31) 優先権主張番号 2011075
 (32) 優先日 平成25年7月1日 (2013.7.1)
 (33) 優先権主張国 オランダ (NL)

(73) 特許権者 507112468
 ドラカ・コムテツク・バー・バー
 オランダ国、1083・ハー・イエー・ア
 ムステルダム、デ・ブウレラーン・7
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 ミリセビク、イゴール
 オランダ国、1083・ハー・イエー・ア
 ムステルダム、デ・ブウレラーン・7 ド
 ラカ・コムテツク・バー・バー内
 (72) 発明者 ハルトサイカ、ヨハンネス アントーン
 オランダ国、1083・ハー・イエー・ア
 ムステルダム、デ・ブウレラーン・7 ド
 ラカ・コムテツク・バー・バー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基材管の除去を伴うプラズマ蒸着工程

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材用プリカーサの製造方法であって、

i) 空洞状基材管を与えるステップ；

i i) 非ガラス質のシリカ層が前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップと、それに引き続き；

i i i) ガラス質のシリカ層がステップ i i) で蒸着した非ガラス質のシリカ層上に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；及び

i v) 蒸着管を得るために、ステップ i i i) で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップ i i) で蒸着した非ガラス質のシリカ層から空洞状基材管を除去するステップを具備することを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、ステップ i v) の後で実行するステップ v) であって

v) ステップ i v) で得られた前記蒸着管にコラブシング処理を施して一次母材を作成するステップ

を更に具備することを特徴とする方法。

【請求項 3】

10

20

請求項 1 又は 2 に記載の方法であって、ステップ i v) 又はステップ v) の後で実行するステップ v i) であって
v i) ステップ i v) における前記基材管、又はステップ v) における前記一次母材に外部から追加分のガラスを供給するステップ
を更に具備することを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法であって、ステップ i v) において、基材管を機械的に除去することを特徴とする方法。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法であって、第一反応条件は、 30 ミリバールより高い圧力を具備することを特徴とする方法。 10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の方法であって、第一反応条件は、 1000 ミリバールより低い圧力を具備することを特徴とする方法。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の方法であって、第二反応条件は、 1 ミリバールと 25 ミリバールの間の圧力を具備することを特徴とする方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法であって、ステップ i) において与えられる基材管としては、非石英の基材管が使われることを特徴とする方法。 20

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の方法であって、ステップ i i) において 1 層と 500 層の間の数の非ガラス質シリカ層が蒸着することを特徴とする方法。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載の方法であって、蒸着する各非ガラス質シリカ層の厚さは、それぞれ独立に、 1 マイクロメータと 5 マイクロメータの間であることを特徴とする方法。

【請求項 11】

請求項の 1 から 10 いずれかに記載の方法であって、蒸着する非ガラス質シリカ層全体の厚さは、 1 マイクロメータと 1000 マイクロメータの間であることを特徴とする方法。 30

【請求項 12】

請求項 1 、又は請求項 3 から 11 のいずれかに記載の方法であって、一次母材用プリカーサは基材管であることを特徴とする方法。

【請求項 13】

請求項 1 、又は請求項 3 から 11 のいずれかに記載の方法であって、一次母材用プリカーサは、内部プラズマ蒸着工程によって一次母材を作成するための基材管として使われるることを特徴とする方法。

【請求項 14】

請求項 1 から 13 のいずれかに記載の方法であって、使用される電磁放射はマイクロ波であることを特徴とする方法。 40

【請求項 15】

請求項 5 から 14 のいずれかに記載の方法であって、第一反応条件は、 60 ミリバールより高い圧力を具備することを特徴とする方法。

【請求項 16】

請求項 6 から 15 のいずれかに記載の方法であって、第一反応条件は、 200 ミリバールより低い圧力を具備することを特徴とする方法。

【請求項 17】

請求項 7 から 16 のいずれかに記載の方法であって、第二反応条件は、 5 ミリバールと 20 ミリバールの間の圧力を具備することを特徴とする方法。 50

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の方法であって、第二反応条件は、10 ミリバールと 15 ミリバールの間の圧力を具備することを特徴とする方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 0 から 1 8 のいずれかに記載の方法であって、各非ガラス質シリカ層の厚さは、それぞれ独立に、2 マイクロメータと 3 マイクロメータとの間であることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

10

本発明は、内部プラズマ化学蒸着 (PCVD) 工程などの内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材用プリカーサの製造方法に関するものである。更に本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材の製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

本発明は、光ファイバの分野に関するものである。より具体的には、化学蒸着を用いて光ファイバを製造する分野に関するものである。化学蒸着 (CVD) には、例えば、外側蒸着 (OVD)、気相軸付け (VAD)、改良型化学蒸着 (MDVD)、プラズマ化学蒸着 (PECVD 又は PCVD) など、いくつかの種類があることが知られている。プラズマ化学蒸着 (PECVD 又は PCVD) は、基材上に、気体状態 (蒸気) から固体状態の薄膜を蒸着するために用いられる工程である。この工程には化学反応が含まれるが、これは反応気体のプラズマが生成した後で起こる。

20

【0 0 0 3】

一般に光ファイバの分野においては、複数のガラス薄膜が基材管の内部表面に蒸着される。基材管は、内部蒸着を可能とするよう、空洞状になっている。基材管はガラス製でよいが、望ましくは石英ガラス (SiO_2) である。ガラス生成気体 (すなわち、生成しようとするガラスを含み、さらに選択的にはドーパント用プリカーサを含む反応気体) は、基材管の一方の端 (基材管の「供給側」と呼ばれる) から基材管内部に導入される。ドープされた、又はドープされていないガラス層 (それぞれ、一つ又は複数のドーパント用プリカーサが、使用する反応気体に含まれているか否かによる) は、基材管の内部表面上に蒸着される。残留気体は、基材管の他方の端 (基材管の「排出側」と呼ばれる) から排出又は除去される。選択的に、この排出は真空ポンプを用いて行うこともできる。この真空ポンプは、基材管内部に減圧を発生する効果があり、この減圧値は一般に 5 ミリバールと 50 ミリバールの間である。

30

【0 0 0 4】

通常、プラズマは、電磁放射、例えばマイクロ波を用いて生成する。通常、ジェネレータからの電磁放射は、導波路を経由して、基材管を取り囲むアプリケータに直接向けられる。アプリケータは、基材管内部に生成されるプラズマに電磁エネルギーを結合する。アプリケータは、基材管の縦軸方向に往復運動させられる。同様に、生成されたプラズマ (「プラズマ反応領域」とも呼ばれる) も往復運動させられる。この動きの結果、ストロークごと又はパスごとに、薄いガラス質のシリカ層が基材管の内部表面に蒸着される。

40

【0 0 0 5】

プラズマ蒸着工程における基材管の温度を摂氏 900 度と摂氏 1300 度の間に保つために、通常、アプリケータと基材管は炉によって取り囲まれている。

【0 0 0 6】

このようにアプリケータは、炉の内部領域で基材管の長さにわたって並進方向に動かされ、炉は、炉内部で往復運動するアプリケータと基材管とを取り囲んでいる。このアプリケータの並進運動とともに、プラズマもまた同じ方向に動く。アプリケータが基材管の一方の端に近い方の炉の内壁に到達すると、アプリケータの動きは反転し、基材管の他端に向かって炉の反対側内壁を目指して動く。アプリケータ及び、同様にプラズマは、基材管

50

の長さ方向に沿って往復運動をする。この運動の各往復は「パス」又は「ストローク」と呼ばれる。パスごとに、ガラス質シリカ物質の薄層が基材管内部に蒸着する。

【0007】

このプラズマは、基材管内に供給されるガラス生成気体（例えば O_2 、 $SiCl_4$ 、また例えば $GeCl_4$ やその他の気体のようなドーパント用プリカーサ）の反応を引き起こす。このガラス生成気体の反応は、Si（ケイ素）、O（酸素）と例えばドーパントGe（ゲルマニウム）との反応を可能とし、その結果、基材管内部表面への、例えばGeドープされた SiO_x の直接蒸着を引き起こす。

【0008】

通常、プラズマは、基材管の一部の領域、すなわちアプリケータで囲まれた領域でのみ生成される。アプリケータの大きさは、炉や基材管の大きさより小さい。反応気体は、プラズマが存在する位置でのみ、固体のガラスに変質し基材管内部表面に蒸着する。プラズマ反応領域が基材管の長さ方向に沿って動くため、ガラスは、基材管の長さ方向に沿って多かれ少なかれ均一に蒸着する。

【0009】

パスの数が増すと、薄膜すなわち蒸着物質の厚みの累積が増し、従って基材管内部に残された内径は減ることになる。言い換えると基材管内部の空洞領域は、各パスとともに小さくなっていく。

【0010】

ガラス質のシリカ層が基材管の内部表面に蒸着した後、続いて基材管は加熱により収縮され固体ロッドになる（「コラピング」）。この残留固体ロッドは一次母材と呼ばれる。特別な実施形態として、この固体ロッド又は一次母材に対し更に外部から追加分の量のガラスを与える方法の例としては、外部蒸着、直接ガラスオーバクラッディング（いわゆる「オーバクラッディング」）、事前に作成した一つ又は複数のガラス管を使う方法（いわゆる「スリーピング」）などがある。このようにして作られた最終母材から、その一端を加熱し、線引きタワー上で線引きすることにより光ファイバが得られる。複合（最終）母材の屈折率分布は、この母材から引き伸ばした光ファイバの屈折率分布と一致する。

【0011】

PCVD工程を用いて光母材を製造する方法の一つは、米国特許番号4,314,833から知ることができる。この文献から分かる工程によると、基材管内で低圧プラズマを使用することにより、一つ又は複数の、ドープされた又はドープされていないガラス層が基材管内部に蒸着する。

【0012】

国際特許出願WO 99/35304によると、マイクロ波ジェネレータから発生したマイクロ波が、導波路を経由して、基材管を囲むアプリケータに直接向けられる。アプリケータは、高周波エネルギーをプラズマに結合する。

【0013】

基材管は、製造された光ファイバ内部に含まれている。空洞状基材管内部に蒸着したガラス層、空洞状基材管自体、空洞状基材管や一次母材の外部に蒸着したガラス層、これらは全て結果物である最終母材の内部に含まれており、引き伸ばされた後は製造された光ファイバ内部に存在する。

【0014】

オーバクラッディング工程を開示する先行技術文献の例として、以下のものがある。これらの各文献においては、基材管は最終母材の内部に含まれるだろう。

【0015】

EP 0 554 845はオーバクラッディング法を示すが、空洞状基材管内部へのガラス層の蒸着はない。

【0016】

US 6,988,380はオーバクラッディングのためのPCVD法を開示しているが、空洞状基材管

10

20

30

40

50

内部へのガラス層の蒸着はない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

製造された光ファイバ内部に基材管が含まれることの不利益は、高品質かつ、高温耐熱性を有し、蒸着ガラス物質に対する良好な付着力を有する基材管が要求されることである。この理由により、先行技術ではしばしば石英ガラスの基材管が用いられる。

【0018】

しかしながら、本発明の発明者は、上記の商業的に入手可能な石英管の純度は必ずしも十分ではないことを見出した。更にこれらの管の全体的な幾何学的特性は、必ずしも満足すべきものではない。

10

【0019】

製造された光ファイバ内部に基材管が含まれることのもう一つの不利益は、光ファイバの屈折率分布の制限である。もし例えば、光ファイバが外側デプレスド光クラッディングで直接取り囲まれたデプレスドトレンチ（すなわちシリカに対する負の屈折率）を有することが必要な場合、基材管はシリカに対して負の屈折率差を有する必要があるだろう。これは、例えばフッ素ドープされたシリカの基材管を用いることで実現できる。しかしながら、これらの管の製造は困難で非常にコストがかかる。更に、これらはドープされていないシリカ基材管より軟らかいため、蒸着工程で使用するのがより困難で、当該工程においてより壊れやすく変形しやすい。

20

【0020】

一方、もしシリカに対して正の屈折率分布をもつ外側光クラッディングを有する光ファイバ断面が要求される場合、アップドープされたシリカの基材管（例えばゲルマニウムドープされたもの）が必要となる。このような管は製造が難しく、非常にコストがかかる上、更に現在の標準的な技術ではほとんど処理することができない。

【0021】

従って、上記の問題に対して別の解決手段が必要となる。

【0022】

本発明の目的の一つは、最終母材の屈折率がより柔軟となるような光ファイバ母材の製造方法を提供することである

30

【0023】

本発明のもう一つの目的は、高品質の基材管の使用を排除する工程を提供することである。

【0024】

本発明のもう一つの目的は、非石英の基材管の使用を可能とするような工程を提供することである。

【0025】

これらの目的の一つ又はそれ以上は、本発明により達成することができる。

【課題を解決するための手段】

【0026】

第一の態様において、本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材用プリカーサの製造方法に関するものである。この工程において、基材管は、その内部の蒸着層から除去される。

40

【0027】

本発明の第一の態様によると、この工程は次のステップを具備する。

- i) 空洞状基材管を与えるステップ；
- ii) 非ガラス質のシリカ層が前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放電を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップと、それに引き続き；
- iii) ガラス質のシリカ層が、ステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層の上に蒸

50

着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；及び

iv) 蒸着管を得るために、ステップiii)で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップiii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層から、空洞状基材管を除去するステップ。

【0028】

前記蒸着管は、一次母材用プリカーサである。前記蒸着管は、事実上前記基材管内部に蒸着した物質の層であるが、基材管は存在しない。前記一次母材は、前記蒸着管を直接、又は追加のガラスを外部から供給するステップの後で、コラプスすることによって得られる。下記第三の態様も参照のこと。

【0029】

もう一つの態様においては、得られた一次母材用プリカーサ（すなわち蒸着管）は、それに続く蒸着工程において基材管として使われる。言い換えればこの実施形態においては、本発明は、基材管の新たな製造工程に関する。このように本態様においては、一次母材用プリカーサは基材管である。

【0030】

この態様において、本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ基材管の製造方法に関するものであり、この方法は次のステップを具備する。i) 空洞状基材管を与えるステップ；ii) 非ガラス質のシリカ層が、前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップと；それに引き続きiii) ガラス質のシリカ層が、ステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層上に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；及びiv) 基材管を得るために、ステップiii)で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層から、空洞状基材管を除去するステップ。

【0031】

第二の態様において本発明は、基材管を、内部プラズマ蒸着工程によってその内部表面に蒸着したガラス質シリカ層から除去する方法に関するものである。この第二の態様の工程は、上記i)からiv)のステップを具備する。

【0032】

第三の態様において、本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材の製造方法に関するものであり、この方法は次のステップを具備する。

i) 空洞状基材管を与えるステップ；

ii) 非ガラス質のシリカ層が前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップとそれに引き続き；

iii) ガラス質のシリカ層が、ステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層上に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；

iv) 蒸着管を得るために、ステップiii)で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層から、空洞状基材管を除去するステップ；及び

v) ステップiv)で得られた蒸着管にコラプシング処理を施すことで、一次母材を生成するステップ。

【0033】

以下に、本発明の異なる実施形態が開示される。

【0034】

これらの実施形態は、特に断りのない限り、本発明のすべての態様に対して適用可能である。

【0035】

一つの実施形態においては、空洞状基材管は供給側と排出側を有する。

【0036】

10

20

30

40

50

もう一つの実施形態においては、非ガラス質シリカ層を蒸着するステップii)において、前記空洞状基材管内部に気体流が供給される。

【0037】

もう一つの実施形態においては、ガラス質シリカ層を蒸着するステップiii)において、前記空洞状基材管内部に気体流が供給される。

【0038】

もう一つの実施形態においては、非ガラス質シリカ層を蒸着するステップii)の前に、前記空洞状基材管内部に気体流が供給される。

【0039】

もう一つの実施形態においては、ガラス質シリカ層を蒸着するステップiii)の後に、前記空洞状基材管内部に気体流が供給される。 10

【0040】

もう一つの実施形態においては、前記空洞状基材管内部にその供給側から気体流が供給される。

【0041】

もう一つの実施形態においては、ステップii)において供給される気体流は、少なくとも一つのガラス生成気体を含む。

【0042】

もう一つの実施形態においては、ステップiii)において供給される気体流は、少なくとも一つのガラス生成気体を含む。このステップiii)において、気体流の組成をそれぞれのパスで変えることもできる。これについては、以下でより詳細に開示される。 20

【0043】

もう一つの実施形態においては、ステップii)の前に供給される気体流は、プラズマを生成するのに適した条件を作る目的で、酸素を含む。

【0044】

もう一つの実施形態においては、ステップiii)の後で供給される気体流は酸素を含む。ステップiii)の後で供給される気体流は、得られた蒸着管を、不要な残留気体、例えば塩素を含む気体から洗浄するために使われる。

【0045】

もう一つの実施形態においては、前記第一反応領域が、前記空洞状基材管の縦軸に沿って、前記空洞状基材管の供給側の近くの転換点と排出側の近くの転換点との間で往復運動する。この実施形態によれば、内部表面に非ガラス質シリカ層が蒸着した基材管は、ステップii)の後で得られる。 30

【0046】

もう一つの実施形態においては、前記第二反応領域が、前記空洞状基材管の縦軸に沿って、前記空洞状基材管の供給側の近くの転換点と排出側の近くの転換点との間で往復運動する。この実施形態によれば、ステップii)で内部表面に非ガラス質シリカ層が蒸着し、ステップiii)で非ガラス質シリカ層の上にガラス質シリカ層が蒸着した基材管は、ステップiii)の後で得られる。

【0047】

もう一つの実施形態においては、本発明による方法は、ステップiv)の後に実行される追加のステップv)を具備する。このステップv)は、ステップiv)で得られた蒸着管にコラボシング処理を施すもので、その結果一次母材が生成される。 40

【0048】

もう一つの実施形態においては、本発明による方法は、追加のステップvi)を具備する。このステップは、ステップiv)の後、すなわち蒸着管に対して実行することもできるし、ステップv)の後、すなわち一次母材に対して実行することもできる。このステップvi)は、前記蒸着管又は前記一次母材に、外部から追加分の量のガラスを供給することに関する。

【0049】

もう一つの実施形態においては、以下の順序のステップが実行される。

- i) 空洞状基材管を与えるステップ；
- ii) 非ガラス質のシリカ層が前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップとそれに引き続き；
- iii) ガラス質のシリカ層がステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層上に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；
- iv) 蒸着管を得るために、ステップiii)で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層から、空洞状基材管を除去するステップ；
- v) ステップiv)で得られた蒸着管にコラプシング処理を施すことで、一次母体を作成するステップ；及び
- vi) 最終母材を得るために、ステップv)で得られた前記一次母材に外部から追加分の量のガラスを供給するステップ。

【0050】

もう一つの実施形態においては、ステップvi)がステップiv)で得られた蒸着管に対して実行されたときは、ステップv)をステップvi)の後で実行することもできる。従って、この実施形態においては、以下の順序のステップが実行される。

- i) 空洞状基材管を与えるステップ；
- ii) 非ガラス質のシリカ層が前記空洞状基材管の内部表面に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第一反応条件を有する第一プラズマ反応領域を作成するステップとそれに引き続き；
- iii) ガラス質のシリカ層がステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層上に蒸着するように、電磁放射を用いて、前記空洞状基材管内部に、第二反応条件を有する第二プラズマ反応領域を作成するステップ；
- iv) 蒸着管を得るために、ステップiii)で蒸着したガラス質のシリカ層及びステップii)で蒸着した非ガラス質のシリカ層から、空洞状基材管を除去するステップ；
- v) ステップiv)で得られた蒸着管に外部から追加分の量のガラスを供給するステップ；及び
- vi) ステップvi)で外部から追加分の量のガラスを供給することにより得られた蒸着管に、コラプシング処理を施すことで一次母材又は最終母材を作成するステップ。

【0051】

もう一つの実施形態においては、ステップiv)において、基材管は機械的に除去される。すなわちこの実施形態においては、基材管の除去が機械的に行われる。

【0052】

もう一つの実施形態においては、第一反応条件は、30ミリバールより高い圧力、好ましくは40ミリバールより高い圧力、より好ましくは50ミリバールより高い圧力、更に望ましくは60ミリバールより高い圧力を具備する。

【0053】

もう一つの実施形態においては、第一反応条件は、1000ミリバールより低い圧力、好ましくは800ミリバールより低い圧力、より好ましくは600ミリバールより低い圧力、更に望ましくは400ミリバールより低い圧力、更には200ミリバールより低い圧力を具備する。

【0054】

もう一つの実施形態においては、第二反応条件は、1ミリバールと25ミリバールの間の圧力、好ましくは5ミリバールと20ミリバールの間の圧力、より好ましくは10ミリバールと15ミリバールの間の圧力を具備する。

【0055】

もう一つの実施形態においては、ステップi)において与えられる基材管としては、非石英の基材管、好ましくはアルミナの基材管が使われる。

【0056】

10

20

30

40

50

もう一つの実施形態においては、ステップii)において1個と500個の間の数の非ガラス質シリカ層が蒸着される。使用される機械的除去のタイプに応じて、非ガラス質シリカ層の望ましい数の幅は異なる。これについては下記で、より詳細に説明される。

【0057】

もう一つの実施形態においては、各非ガラス質シリカ層の厚さは、それぞれ独立に、1マイクロメータと5マイクロメータとの間であり、好ましくは2マイクロメータと3マイクロメータとの間である。

【0058】

もう一つの実施形態においては、非ガラス質シリカ層は各々がほぼ同じ厚さである（例えば各層は、異なる層間で±5%のマージンで同じ厚さである）。

10

【0059】

もう一つの実施形態においては、非ガラス質シリカ層は各々がほぼ同じ量である（例えば各層は、異なる層間で±5%のマージンで同じ量である）。蒸着層数の増加とともに基材管内部の空間が減少すると、体積が一定であれば層の厚みは増すだろう（内径は減少し、内部表面も縮小することとなる）。

【0060】

もう一つの実施形態においては、蒸着した非ガラス質シリカ層全体の厚さは、1マイクロメータと1000マイクロメータの間である。使用される機械的除去のタイプに応じて、非ガラス質シリカ層の望ましい数の幅は異なる。これについては下記で、より詳細に説明される。この実施形態において、厚さとは、全ての非ガラス質シリカ層全体の厚さの合計のことをいう。

20

【0061】

もう一つの実施形態においては、本発明は、一次母材用プリカーサが、内部プラズマ蒸着工程を用いて一次母材を作成するための基材管として使われる場合の方法に関する。このプラズマ蒸着工程は、好ましくは以下のステップを具備する。

- a) 前記一次母材用プリカーサを与えるステップ；及び
- b) 前記空洞状基材管内部に、電磁放射を用いて、ステップa)で供給された前記一次母材用プリカーサの内部表面にガラス質シリカ層が蒸着するような反応条件を有するプラズマ反応領域を作成するステップ。

【0062】

30

ある実施形態においては、電磁放射にはマイクロ波が使われる。

【0063】

本発明については、以下でより詳細に述べられるだろう。

【0064】

本明細書で使われる定義

【0065】

以下の定義は、記載された対象を本明細書及び請求項で定義づけるために使われる。以下に挙げられていない用語については、当該分野で一般的に受け入れられている意味で使われる。

【0066】

40

「空洞状基材管」は本明細書では次の意味で使われる。好ましくは細長い、内部に空洞状の空間がある管。一般に前記管の内部には、プリフォームの製造中に、複数のガラス層が供給（又はコーティング）される。

【0067】

「一次母材用プリカーサ」は本明細書では次の意味で使われる。中間生成物であって、一つ又は複数の付加的な工程の後で一次母材となるもの。

【0068】

「一次母材」は本明細書では次の意味で使われる。固体ロッド（固体母材）であって、最終母材となる前に、外部から追加のガラスを供給される必要があるもの。

【0069】

50

「最終母材」は本明細書では次の意味で使われる。固体ロッド（固体複合母材）であって、線引きすることにより直接光ファイバとして使うことのできるもの。

【0070】

「蒸着管」は本明細書では次の意味で使われる。除去された基材管の内部に蒸着されたガラス質シリカ層から成る空洞状の管。すなわち基材管は、すでにこの蒸着管内部には存在しない。

【0071】

「空洞」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の壁で囲まれた空間。

【0072】

「気体供給側」又は「供給側」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の一方の側。基材管の開放端で、気体の吸入口として使われる。供給側は排出側の反対の側である。

10

【0073】

「気体排出側」又は「排出側」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の一方の側。基材管の開放端で、気体の排気口として使われる。排出側は供給側の反対の側である。

【0074】

「内部表面」は本明細書では次の意味で使われる。空洞状基材管の内側表面又は内部表面。

【0075】

「ガラス」又は「ガラス質」は本明細書では次の意味で使われる。蒸着工程によって蒸着した酸化物結晶又はガラス状（ガラス様）酸化物。例えばシリカ（SiO₂）、更には石英。

20

【0076】

「シリカ」は本明細書では次の意味で使われる。SiO_xの形をしたあらゆる物質。正規組成であるか否か、結晶であるか否か、アモルファスであるか否かを問わない。

【0077】

「アルミナ」は本明細書では次の意味で使われる。Al_yO_xの形をしたあらゆる物質。ここでAlはアルミニウム、Oは酸素である。正規組成であるか否か、結晶であるか否か、アモルファスであるか否かを問わない。

【0078】

「ガラス生成気体」は本明細書では次の意味で使われる。蒸着工程においてガラス層を生成するために使われる反応気体。これらのガラス生成気体は、ドーパント用プリカーサを含んでいてもよい（例えば、SiO₂、SiCl₄、選択的にはその他）。

30

【0079】

「ドーパント用プリカーサ」は本明細書では次の意味で使われる。ガラスに導入したとき、そのガラスに屈折率を与える効果を持つドーパントとなるような化合物又は合成物。ドーパント用プリカーサは、例えば、ドープされたガラス層をガラス化時に生成するための気体であって、ガラス生成気体内で一つ又は複数の合成物と反応する気体であってもよい。ガラス蒸着中に、ドーパント用プリカーサはガラス層に導入される。

【0080】

「ドーパント」は本明細書では次の意味で使われる。光ファイバのガラス中に存在する化合物又は合成物で、そのガラスに屈折率を与える効果を持つもの。例えば、フッ素やボロンなど（例えば、F₂、C₂F₈、SF₆、C₄F₈ 又は BC₁₃の形でプリカーサとして導入される）のダウンドーパント、すなわち屈折率を下げるドーパントであってよい。また、例えば、ゲルマニウムなど（例えば、GeCl₂（二塩化ゲルマニウム）やGeCl₄（四塩化ゲルマニウム）の形でプリカーサとして導入される）のアップドーパント、すなわち屈折率を上げるドーパントであってよい。ドーパントは、ガラス中で、ガラスの隙間に（例えばフッ素の場合）存在してもよく、酸化物として（例えば、ゲルマニウム、アルミニウム、リン又はボロンの場合）存在してもよい。

40

【0081】

「非ガラス質シリカ」は「スト」と同じで、本明細書では次の意味で使われる。不完

50

全にガラス化した（全くガラス化していないか、又は一部ガラス化した）シリカ。ドープされていなくても、ドープされていてもよい。

【0082】

「ガラス質シリカ」は「ガラス」と同じで、本明細書では次の意味で使われる。シリカの完全なガラス化によって作成されたガラス状の物質。ドープされていなくても、ドープされていてもよい。

【0083】

「ストート蒸着」は本明細書では次の意味で使われる。非ガラス質シリカの、基材管内壁への蒸着。ストート蒸着は、白色不透明な微粒子物質として目に見える。

【0084】

「反応領域」は本明細書では次の意味で使われる。ガラス生成反応又は蒸着が行われる領域又は軸方向位置。この領域はプラズマによって形成され、好ましくは基材管の縦軸長さ方向に沿って往復運動する。

【0085】

「反応条件」は本明細書では次の意味で使われる。例えば、温度、圧力、電磁放射などの条件の組であって、シリカ層（非ガラス質又はガラス質）の蒸着を実現するために使われるもの。

【0086】

「プラズマ」は本明細書では次の意味で使われる。陽イオンと自由電子を一部の成分として有するイオン化した気体。非常に高い温度においては、多かれ少なかれ（完全にではないが）荷電状態になる。プラズマは、電磁放射、好ましくはマイクロ波によって誘起される。

【0087】

「転換点」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の軸上の点又は位置で、アプリケータの運動が転換するところ。言い換えると、往復運動の向きが変わる。アプリケータの転回点である。軸上の点は、アプリケータの（縦方向の）中央で測る。

【0088】

「転換点の近く」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の軸上の位置で、転換点から近い距離にある位置、又は転換点と同じ位置。

【0089】

「転換点上」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の軸上の位置で、転換点と同じ位置。

【0090】

「往復運動」は本明細書では次の意味で使われる。往復の運動、又は直線上を行ったり来たりする運動。

【0091】

「フェーズ」は本明細書では次の意味で使われる。蒸着工程の一部で、特定の値の屈折率を持つガラス層が蒸着される工程。この特定の値は、定数であっても、勾配があってもよい。例えば簡単なステップ・インデックス型ファイバでは、コアの蒸着とクラッドの蒸着はそれぞれ独立のフェーズであると考えられる。

【0092】

「ストローク」又は「パス」は本明細書では次の意味で使われる。基材管の長さ方向に沿った、アプリケータの各往復運動。

【発明を実施するための形態】

【0093】

第一の態様において本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバ一次母材用プリカーサの製造方法に関するものである。この工程において、基材管は除去される。第二の態様において本発明は、基材管を、内部プラズマ蒸着工程によってその内部表面に蒸着したガラス層から除去する方法に関するものである。第三の態様において本発明は、内部プラズマ蒸着工程を用いた、光ファイバの一次母材用プリフォームの製造方法に関する

10

20

30

40

50

ものである。

【0094】

上記で引用した先行技術の課題に対して本発明者が発見した解決手段は、基材管の除去であり、これにより非石英の基材管の使用が可能となる。この解決手段では、前記基材管内部にシリカ層が蒸着した後で、この基材管を除去することが必要である。この除去は、前記基材管の内部表面と、蒸着したガラス層との間にスート（非ガラス質ガラス）層が存在することによって、容易となる。このシリカスートは、蒸着したガラス層に対して一定の（限られていたとしても）付着性を有し、基材管に対して一定の（限られていたとしても）付着性を有するもので、例えばアルミナであってよい。このようにシリカスートは、二つのガラス部分の間でバリアとして振る舞う。ここで一つ目のガラス部分とは基材のことであり、好ましくはガラス又はシリカベースの基材管であり、一方、二つ目のガラス部分とは蒸着したガラス層のことである。このバリア層は、非接着層又はバッファ層として振る舞い、これにより二つのガラス質シリカ層のそれぞれの面における分離が可能となる。原理的にはこの層は、二つの管の間のバッファ層、すなわち基材管の外面上で蒸着管の内面上にあるものと考えることができる。

10

【0095】

スート層（非ガラス質シリカ層）の基材管に対する付着性は、一方で、層（好ましくは連続層であり、かつ／又は好ましくは基材管の内部表面の実質的に全体を覆う層であり、かつ／又は好ましくは基材管の全長にわたり厚さが実質的に一定である層）が生成されるのに十分なほど強い必要がある。スート層の基材管に対する付着性は、他方で、スート層から基材管の分離ができないほど強過ぎてはならない。スート層の蒸着ガラス層に対する付着性は、一方で、ガラス層が生成されるのに十分なほど強い必要がある。スート層の蒸着ガラス層に対する付着性は、他方で、スート層からガラス層の分離ができないほど強過ぎてはならない。

20

【0096】

本発明では、非ガラス質シリカ層は、液体、例えば水、又はその他の水性の溶液を使うことによって除去することができる。非ガラス質シリカのもろい微粒子は壊れ、細かい塵状の物質が液体中に分散した状態となるが、これは液体の除去によって除去することができる。

【0097】

30

本発明によれば、使用する基材管は非石英の基材管であることが望ましい。石英の基材管で、例えばより純度の低いものを使用することも可能である。基材管は、蒸着工程で使われる高温に耐えられることが必要である。更に基材管は、その内部にプラズマが生成できるように、電磁放射に対して透過性を有することが必要である。本発明で使用する基材管の内寸及び外寸は、製造工程で使用する装置の要求条件や、作成する光ファイバの量や種類に応じて決めることができる。基材管には、本発明で利用するプラズマ蒸着装置の使用に適するよう前処理工程を施すことを要求してもよい。

【0098】

本方法は以下のステップを具備するが、全ての実施形態において全てのステップが必須というわけではない。これらのステップのうちのいくつかは、違った順序で実行することもできる。

40

【0099】

最初のステップは、空洞状ガラス管を与えることである。この空洞状基材管は、好ましくは供給側と排気側を備えていてもよい。この空洞状基材管は、その内部表面に複数の層を蒸着するために使われる。気体管（又は選択的には、主気体管と少なくとも一つの副気体管）が前記供給側に取り付けられ、好ましくは真空ポンプが前記排気側に取り付けられる。

【0100】

別のステップでは、前記空洞状基材管内部に気体流が供給される。この気体流は、好ましくは前記基材管の供給側から導入される。この気体流は、少なくとも一つのガラス生成

50

気体を含む。例えば、酸素と四塩化ケイ素である。選択的には、前記気体流はまた、少なくとも蒸着工程の一部において、少なくとも一つのドーパント用プリカーサ、例えばゲルマニウム(例えば四塩化又は二塩化の形のゲルマニウム)かつ/又はフッ素(例えばC₂F₆の形のフッ素)などを含んでいてもよい。最初に酸素のみが導入され、その後で選択的にエッティング気体が、更にその後でガラス生成気体が導入される。

【0101】

引き続くステップでは、前記空洞状基材管内部にプラズマ反応領域が生成される。プラズマ反応領域は基材管の全長にわたっているのではなく、アプリケータで囲まれた部分だけに限られている。言い換えればプラズマ反応領域は、空洞状基材管内部の一部分に生成される。プラズマは電磁放射によって生成される。このプラズマ反応領域は、ガラス生成気体の反応(更に選択的には、一つ又は複数のドーパント用プリカーサの反応)を引き起こすことにより、前記空洞状基材管の内部表面にガラス質ガラス層、又は(条件に応じて)非ガラス質ガラス層が蒸着するのに適した条件を提供する。言い換えればプラズマ反応領域は、基材管内部でプラズマが占める三次元の領域である。

10

【0102】

反応領域は、好ましくは二つの転換点の間で往復運動させられる。ここでこの二つの転換点は、それぞれ基材管の端点近くに位置する。一つの転換点は供給側の近くにあり、もう一つの転換点は排気側の近くにある。電磁放射のアプリケータは、基材管と同軸上にある。生成したプラズマは前記空洞状基材管の縦軸に沿って、アプリケータとともに往復運動する。この運動は、前記基材管の供給側近くの転換点と排気側近くの転換点との間で往復する。この往復運動は複数回数(パス又はストロークと呼ばれる)行われ、それぞれのパス又はストロークにおいてガラス質又は非ガラス質のガラスの薄層が蒸着する。蒸着工程がいくつかのフェーズで行われる場合、各フェーズは複数のストローク、例えば1000から10000ストロークとか2000から4000ストロークといった数のストロークを含む。

20

【0103】

本発明の方法のステップii)において、非ガラス質ガラスの蒸着のために、第一プラズマ反応領域が与えられる。第一反応条件が適用される。これら第一反応条件は非ガラス質シリカ層を生成するのに有效であり、言い換えればこれらの条件はガラス質シリカの蒸着が起こらないように選択される。このステップにおいて、ガラス生成気体の気体流が存在する。ある一つの実施形態においては、ガラス化が起こらないよう高圧(例えば50ミリバールを超える)が使われる。これは、気相中のシリカの組成量は圧力が決める、という事実から導かれる結果である。基材管内の圧力が十分低い場合、少量のストート(SiO₂又はGeO₂)だけが気相中で生成され、大半のガラス生成気体は基材管の内径上でガラス質シリカとして反応するだろう。圧力が50ミリバールを超える場合は、基材管内径上に蒸着が起こる前に、気相中でシリカ粒子が密集することにより大量のストートが生成されるだろう。このストートは基材管に付着するが、これは後で除去することができるだろう。より高圧状態(30ミリバールを超える、又は更に60ミリバールを超える)でプラズマ蒸着工程を行った場合、蒸着の大部分はストート物質から成るだろう。

30

【0104】

非ガラス質シリカは、好ましくは、基材管の内部表面の大半の部分(例えば供給側近くの転換点と排気側近くの転換点との間)で供給されることに注意すべきである。好ましくは、内部表面のガラス質シリカ層で覆われるべき領域もまた、事前に非ガラス質シリカ層によっても覆われる。これにより、ガラス質シリカ層すなわち蒸着層を破損することなく、後で基材管を除去することが容易になる。

40

【0105】

本発明の方法のステップiii)において、ガラス質ガラスの蒸着のために、第二プラズマ反応領域が与えられる。このようにこのステップは、先行するステップで蒸着した非ガラス質シリカ層上にガラス質シリカ層を蒸着することを目的に、その内部表面に電磁放射により非ガラス質ガラス層が蒸着した前記空洞基材管の内部に、第二反応条件を持つ第二プラズマ反応領域を生成することを必要とする。

50

【 0 1 0 6 】

本発明のこの蒸着工程のステップの最後に、内部表面に所望の数のガラス質シリカ層が蒸着した基材管が得られる。この時蒸着工程は終わる。同様に、ガラス生成気体を含む気体流が停止するとともに、電磁放射も停止する。

【 0 1 0 7 】

本発明の次のステップで、基材管が除去される。これにより、いわゆる蒸着管又は蒸着したガラス質シリカ層ができるだろう。

【 0 1 0 8 】

本発明の一つの選択的なステップにおいて、蒸着管にコラプシング処理が施され、固体ロッドが生成する。しかしながら、完成した蒸着管が別の設備に送られ、そこでコラプシング処理が行われる、ということも想定され得る。このコラプシングステップにおいて空洞管は、炉やバーナーのような外部の熱源を用いて摂氏1800度から摂氏2200度まで加熱される。いくつかのストロークやコラプシングパスにおいて、空洞管は加熱され、それ自身がソリッドロッドになるまでコラプスされる（つぶされる）。

10

【 0 1 0 9 】

本発明の一つの選択的なステップにおいて、得られた蒸着管又は一次母材に更に外部から追加分の量のガラスを供給してもよく、その方法には例えば、外部蒸着、直接ガラス蒸着（いわゆる「オーバクラッディング」）、本発明の方法で得られた一次母材の外部表面に提供するため事前に作成しておいた一つ又は複数のガラス管を用いる、などの方法がある。この工程は「スリービング」と呼ばれる。出発点として固体ロッドが使われる場合、最終母材と呼ばれる複合母材が得られる。本発明の方法によれば、この外部から追加のガラスを供給するステップは、ドープされたガラスを用いることによって実施できる。好ましい実施形態においては、オーバクラッディング工程では天然又は合成のシリカを用いる。これはドープされたシリカであっても、ドープされていないシリカであってもよい。ある実施形態においては、例えば埋め込み外側光クラッディングを有する光ファイバを得るために、オーバクラッディング工程においてフッ素ドープされたシリカが使われる。

20

【 0 1 1 0 】

このようにして作られた最終母材から、その一端を加熱し、線引きタワー上で線引きすることにより光ファイバが得られる。複合（コラプスされた）母材の屈折率分布は、この母材から引き伸ばした光ファイバの屈折率分布と一致する。

30

【 0 1 1 1 】

基材管の除去は、好ましくは機械的除去である。機械的除去は、手作業で又は機械により実施できる。

【 0 1 1 2 】

基材管を除去するには、いくつかの方法がある。第一の態様においては、除去後に基材管はそのまま残るだろう。第二の態様においては、除去後に基材管はそのまま残らないだろう。

【 0 1 1 3 】

例えば、基材管の縦軸の両端近くに環状の（放射状の）切れ目が入れられる。この切れ目は、好ましくは基材管の厚さを貫いており、選択的にはストート層内にまで伸びている。この放射状の切れ目が入った後、基材管は原理的に、蒸着ガラス層の周囲に同軸で、非結合（緩んだ）状態で存在する。ストート層はもろく、緩んだ基材管を回す又は滑らせることでこのストート層を壊す又は粉碎することができ、基材管とガラス層との間に動きを起こすことができる。ただし基材管とガラス層との間の空間は（壊れた又は粉碎した）ストート層で満ちているため、実際にはこの動きは非常に限定的である点に注意すべきである。

40

【 0 1 1 4 】

第一の態様による一つの実施の形態は、以下の通りである。最初に、上記のように縦軸の両端近くに放射状の切れ目が入れられる。続けて、基材管の一つの（又は両方の）端が除去されることで（例えば、基材管と蒸着管を完全に貫くような、より深い放射状の切れ目を入れることにより）、基材管を内部の蒸着ガラス層から滑らせて外すことができるよ

50

うになる。これにより、基材管を別の蒸着工程で再利用することが可能となる。この実施形態においては、非ガラス質層（ストート層）の厚さは全体で200マイクロメータと1000マイクロメータの間であることが望ましい。また非ガラス質層の数は100個と500個の間であることが好ましい。これにより二本の同軸の管（すなわち、外側の基材管と内側の蒸着管）の間に十分な隙間ができ、除去が可能となる。

【0115】

本発明において、非ガラス質シリカ層は、液体、例えば水、又はその他の水性の溶液を使用することによって除去することが可能である。このような液体が二本の同軸の管の間の空間に導入され、これらの管がお互いに動かされると、もろい非ガラス質シリカ粒子が壊れ、細かい塵状の物質が液体中に分散した状態が得られるが、これは液体を除去することにより除去することができる。これらの液体と微粒子を除去した後、二本の同軸の管の間に空洞状の空間が得られ、外側の基材管を除去することが容易となる。

10

【0116】

第二の態様は基材管がそのまま残らないものであり、以下にいくつかの非限定的な実施形態を示す。

【0117】

一つの実施形態においては、基材管に一つ又は複数の（好ましくは二つの向き合った）縦軸方向の切れ目を入れることができる（例えば機械で動作する鋸刃により）。これらの複数又は単数の縦軸方向の切れ目は、好ましくは基材管の長さ全体に及んでいる。これらの複数又は単数の切れ目は、好ましくは基材管の厚さを貫いており、選択的にはストート層内にまで伸びている。これらの複数又は単数の切れ目を入れた後、基材管の二つの半分（又はもっと多くの分割片）を除去することができる。この実施形態においては、基材管の再利用はできない。

20

【0118】

もう一つの実施形態においては、基材管にハンマーとノミを使い、手で割れ目（又は複数の割れ目）を入れることができる。これらの割れ目は軸方向に伸びていてもよい。これにより、基材管は粉碎され、複数の断片となって除去される。この実施形態においては、基材管の再利用はできない。

【0119】

もう一つの実施形態においては、基材管にガラス職人が使うダイヤモンドナイフで、一つ又は複数の、長軸方向の又は螺旋状の溝を彫る。その後基材管は粉碎する。これは手動で行っても機械で行ってもよい。この実施形態においては、基材管の再利用はできない。

30

【0120】

これら第二の態様の実施形態においては、二本の管の間に十分な空間を作るために、非ガラス質シリカが一定の厚さを有している必要はない。製造時間とコストを低減するために、この場合の非ガラス質層の厚さ全体は、好ましくは1マイクロメータと100マイクロメータの間であり、より好ましくは最大40マイクロメータであり、更に望ましくは最大20マイクロメータである。非ガラス質シリカ層の数は、好ましくは、1個と50個の間であり、より好ましくは最大20個であり、更に望ましくは最大10個である。

【0121】

40

この第二の態様における実施形態の更なる態様において、基材管の両端（接合端）を残しておくこともできる。これにより、蒸着管（基材管を除去した後の）を、工程上の次のステップ（例えば、コラブシング装置やプラズマ蒸着装置など）に容易に移動することができる。この場合、縦軸の両端近くに放射状の切れ目を入れるステップを、基材管除去の最初のステップとして実行することができる。

【0122】

もう一つの態様においては、本発明は、一次母材用プリカーサが、内部プラズマ蒸着工程を用いて一次母材を作成するための基材管として使われる場合の方法に関する。このプラズマ蒸着工程は、好ましくは以下のステップを具備する。

a) 前記一次母材用プリカーサを与えるステップ；

50

b) 前記空洞状基材管内部に、電磁放射を用いて、ステップa)で与えられた前記一次母材用プリカーサの内部表面にガラス質シリカ層が蒸着するような反応条件を有するプラズマ反応領域を作成するステップ。

【0123】

ステップa)で使われた一次母材用プリカーサは、本発明の第一の態様において得られたプリカーサである。

【0124】

ステップb)におけるプラズマ反応領域と反応条件は、上記の第二プラズマ反応領域と第二反応条件と類似又は同一のものであることに注意すべきである。他の態様においても、上記のように、ステップb)の後でコラプシングステップを実行することができる。プラズマ蒸着工程について上で開示した全ての実施形態と情報もまた、この実施形態に対して適用可能である。 10

【0125】

本発明は、すでに使われている機器設定や装置の大幅な変更を必要としない。従って、本発明が示す課題解決手段は、容易に低コストで実行することができる。

【0126】

以下に本発明を一つの実施例をベースに説明するが、これに関し、本発明は決してこの例に限定されるものではないことに注意すべきである。

【0127】

実施例 20

【0128】

低品質のシリカ管で両端にガラス製ロッド（「ハンドル」）が接合されたものを、炉に囲まれたPCVD旋盤内に置く。炉を摂氏1100度まで加熱するとともに、基材管内に15ミリバールの圧力で酸素を流す。の速度は毎分20メートルである。プラズマを導入し、圧力を60ミリバールに上げる。約20層のドープされていない非ガラス質シリカが、2分間で蒸着する。 続いて圧力を14ミリバールに下げ、約160層のガラス質シリカが約12分間で蒸着する。

【0129】

全ての工程が完了すると、管はPCVD旋盤から取り出され、外気によって冷やされる（強制冷却は行わない）。管が室温（摂氏23度）になったとき、気体供給側の近く（管の端から50ミリメートルのところ）と排気側の近く（管の端から100ミリメートルのところ）で、鋸で切れ目を入れる。その後、ノミとハンマーを使って、基材管が蒸着管から除去される。二つの接合端はそのまま残される。蒸着管はコラプシング装置で処理され、固体ロッドになるまでコラプスされる。 30

【0130】

この結果、上記の本発明の一つ又は複数の目的が達成される。本発明の更なる実施形態は、添付の請求項で述べられる。

フロントページの続き

(72)発明者 ファン ストラーレン、マテーウス ヤコブス ニコラース
オランダ国、1083・ハー・イエー・アムステルダム、デ・ブウレラーン・7 ドラカ・コムテ
ツク・ベー・ベー内

(72)発明者 クラブスハイス、ハーチャン
オランダ国、1083・ハー・イエー・アムステルダム、デ・ブウレラーン・7 ドラカ・コムテ
ツク・ベー・ベー内

審査官 山田 貴之

(56)参考文献 特開2012-247780(JP, A)
特開2006-264997(JP, A)
特表2016-524579(JP, A)
特開2003-104751(JP, A)
特開平04-219338(JP, A)
特開昭56-100148(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0126408(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 03 B	3 7 / 0 0	-	3 7 / 1 6
G 02 B	6 / 0 0	-	6 / 0 3 6
G 02 B	6 / 1 0		
G 02 B	6 / 2 4 5	-	6 / 2 5
G 02 B	6 / 4 4	-	6 / 5 4