

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5723095号  
(P5723095)

(45) 発行日 平成27年5月27日(2015.5.27)

(24) 登録日 平成27年4月3日(2015.4.3)

(51) Int.Cl.

F I

C O 3 B 37/018 (2006.01)  
G O 2 B 6/02 (2006.01)C O 3 B 37/018 B  
G O 2 B 6/02 3 5 6 A

請求項の数 22 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-286151 (P2009-286151)	(73) 特許権者	507112468
(22) 出願日	平成21年12月17日(2009.12.17)		ドラカ・コムテック・ペー・ペー
(65) 公開番号	特開2010-143819 (P2010-143819A)		オランダ国、1083・ハー・イエー・ア
(43) 公開日	平成22年7月1日(2010.7.1)		ムステルダム、デ・ブウレラン・7
審査請求日	平成24年9月6日(2012.9.6)	(74) 代理人	110001173
(31) 優先権主張番号	1036343		特許業務法人川口国際特許事務所
(32) 優先日	平成20年12月19日(2008.12.19)	(74) 代理人	100103920
(33) 優先権主張国	オランダ(NL)		弁理士 大崎 勝真
		(74) 代理人	100140523
			弁理士 渡邊 千尋
		(74) 代理人	100124855
			弁理士 坪倉 道明
		(72) 発明者	イゴール・ミリセビク
			オランダ国、5707・ペー・ウエー・ヘ
			ルモント、ベートベンラン・62
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学プリフォームを製造するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部気相成長プロセスにより光ファイバ用のプリフォームを製造するための方法であって、

i) 中空ガラス基体管を用意するステップと、

ii) ドーパント含有のガラス形成ガスを、その中空ガラス基体管の内部に供給するステップであって、その供給流は1次ガス流および1つまたは複数の2次ガス流を含み、前記1次ガス流がガラス形成ガスを主に含み、前記1つまたは複数の2次ガス流が1つまたは複数のドーパントを主に含む、供給するステップと、

iii) 中空ガラス基体管の内部でガラス層の堆積が行われるような状態を中空ガラス基体管の内部で作り出すステップと、場合により

iv) 固体プリフォームを形成するように、こうして得られる基体管をコラプシング処理にかけるステップと

を含む方法において、

2次ガス流がNの副流へと細分され、そのNの副流が1次ガス流とともに中空基体管の内部に供給され、ただしN 2であることを特徴とする、方法。

【請求項2】

副流の数が少なくとも4つ、すなわちN 4であることを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

10

20

$N = 2$  の場合、副流  $N_1$  の最大流量が副流  $N_2$  の最大流量より 2 倍大きいことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

副流  $N_i$  の最大流量が副流  $(N_i - 1)$  の最大流量より 2 倍大きく、副流  $N_i$  の最大流量が副流  $(N_i + 1)$  の最大流量の  $1/2$  であり、ただし  $N = N_i$  かつ  $N = 3$  であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 1 つまたは複数の 2 次ガス流が温度制御環境で発生することを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

制御可能バルブが個々の副流を阻止または通過させ、オリフィスが個々の副流の大きさを制御する状態で、制御可能バルブおよびオリフィスが各副流の流路にあることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

制御可能バルブを制御するために使用される制御周波数が少なくとも  $20\text{ Hz}$  であることを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記制御周波数が少なくとも  $50\text{ Hz}$  であることを特徴とする、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

1 つまたは複数の制御可能バルブの制御が電子演算装置によって行われることを特徴とする、請求項 6 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

1 つまたは複数の制御可能バルブの制御が、ステップ  $i(i)$  中に時間に応じて行われることを特徴とする、請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

前記制御が、前に特定された屈折率分布と所望の屈折率分布とを比較することによって行われ、その 2 つの分布間の差は、ステップ  $i(i)$  からステップ  $i(i+1)$  を実行するための 1 次ガス流および 2 次ガス流のうちの少なくとも 1 つの流量を設定するための基準として働くことを特徴とする、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

ステップ  $i(i+1)$  で、中空基体の流入側に近い反転点と中空基体の排気側に近い反転点との間で、プラズマ域が中空基体の長手方向軸上を移動されることを特徴とする、請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記プラズマ域が 2 つの反転点間を  $10 - 40\text{ m/min}$  の範囲内の速度で移動されることを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

1 つまたは複数の 2 次ガス流の流量が、少なくともステップ  $i(i+1)$  の一部分中は、中空基体の長手方向軸上のプラズマ域の位置に基づいて設定されることを特徴とする、請求項 12 または 13 に記載の方法。

【請求項 15】

1 次ガス流が 1 つまたは複数のドーパントも含むことを特徴とする、請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

中空基体の内部にガスを供給するための装置であって、その供給流が 1 次ガス流および 1 つまたは複数の 2 次ガス流を含み、前記 1 次ガス流がガラス形成ガスを主に含み、前記 1 つまたは複数の 2 次ガス流が 1 つまたは複数のドーパントを主に含む、装置において、2 次ガス流が、2 次ガス流を  $N$  の副流へと分けるための第 1 の分配ユニットと、すべての  $N$  の副流を混合するための第 2 の分配ユニットとを備え、 $N = 2$  であることを特徴とす

10

20

30

40

50

る、装置。

【請求項 17】

制御可能バルブが個々の副流を阻止または通過させ、オリフィスが個々の副流の大きさを制御する状態で、制御可能バルブおよびオリフィスが各副流の流路にあることを特徴とする、請求項 16 に記載の装置。

【請求項 18】

第 1 の分配ユニット、第 2 の分配ユニット、ならびに関連する 1 つまたは複数のバルブおよび 1 つまたは複数のオリフィスが、温度制御環境内に配置されることを特徴とする、請求項 16 または 17 に記載の装置。

【請求項 19】

1 つまたは複数の制御可能バルブを制御するための電子演算装置をさらに備えることを特徴とする、請求項 16 から 18 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 20】

光学プリフォームの長手方向の屈折率分布を最適化するための、請求項 1 から 15 のいずれか一項に定義される方法の使用。

【請求項 21】

内部気相成長プロセス、具体的にはプラズマ化学気相成長 (PCVD) プロセスにより光学プリフォームを製造するための、請求項 1 から 15 のいずれか一項に定義される方法の使用。

【請求項 22】

光学プリフォームの長手方向の屈折率を制御するために、ガラス層を堆積する間の中空ガラス基体の長手方向軸上のプラズマ域の位置に応じて、中空ガラス基体の内部に供給されるドーパント形成ガスの組成を変える方法のプラズマ化学気相成長 (PCVD) プロセスでの使用であって、

前記ドーパント形成ガスの供給流が、ガラス形成ガスを主に含む 1 次ガス流と、1 つまたは複数のドーパントを主に含む 2 次ガス流とからなり、前記 2 次ガス流が N の副流へと細分され、その N の副流が 1 次ガス流とともに中空ガラス基体の内部に供給され、ただし  $N \geq 2$  である、使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内部気相成長プロセスにより光ファイバ用のプリフォームを製造するための方法であって、

i) 中空ガラス基体管を用意するステップと、

ii) ドーパント含有のガラス形成ガスを、その中空ガラス基体管の内部に供給するステップであって、その供給流が 1 次ガス流および 1 つまたは複数の 2 次ガス流を含み、前述の 1 次ガス流がガラス形成ガスを主に含み、前述の 1 つまたは複数の 2 次ガス流が 1 つまたは複数のドーパントを主に含む、供給するステップと、

iii) 中空ガラス基体管の内部でガラス層の堆積が行われるような状態を中空ガラス基体管の内部で作り出すステップと、場合により

iv) 固体プリフォームを形成するように、こうして得られる基体管をコーティング処理にけるステップと

を含む方法に関する。本発明は、中空ガラス基体管の内部にガスを供給するための装置であって、中空ガラス基体管はそこから光学プリフォームを得るのに適しており、光学プリフォームはそこから光ファイバを線引きするのに適しており、その装置では供給流が発生し、その供給流が 1 次ガス流および 1 つまたは複数の 2 次ガス流を含み、前述の 1 次ガス流がガラス形成ガスを主に含み、前述の 1 つまたは複数の 2 次ガス流が 1 つまたは複数のドーパントを主に含む、装置にさらに関する。1 つまたは複数のドーパントに加え、この 2 次ガス流はキャリアガスを大抵は含む。

【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

ファイバ線引きプリフォームを製造するためのプロセスおよび機器は、US 4,445,918、US 4,816,050、およびUS 2003/0084685から知られている。さらに、特開昭59-121129は光ファイバ用のガラス体を製造するための方法に関し、この方法ではガラス管の内部壁にガラスの微粉層が形成される。

## 【 0 0 0 3 】

本発明を使用することで、光ファイバ用のプリフォームが内部化学気相成長(CVD)技法によって形成され、ドーピングガラス層または非ドーピングガラス層が中空ガラス基体の内部に堆積される。そのような堆積をもたらすために、基体の片側すなわち供給側に反応ガスが供給され、特殊処理条件の結果として基体の内部にガラス層を形成する。ガラス層を形成するために、基体の長さの特定の部分に沿ってエネルギー源が前後に移動される。このエネルギー源、具体的にはプラズマ発生器が高周波エネルギーを供給し、それにより基体の内部でプラズマを発生させ、このプラズマ条件下で反応ガラス形成ガスが反応する(プラズマCVD技法)。ただし、このエネルギーを熱の形で、具体的には基体の外側のバーナにより、または基体を取り囲む炉によって供給することもできる。前述の技法には、エネルギー源が基体に対して前後に移動されるという共通点がある。

## 【 0 0 0 4 】

上記の技法の欠点は、エネルギー源の往復移動のために、ガラス基体の内部に堆積される層の反転点の近くで欠陥が発生する可能性があることである。そのような欠陥は「テーパ」と呼ばれ、本文中で幾何学的テーパと光学テーパとの区別がさらになされる。用語「幾何学的テーパ」は、総堆積、すなわちすべてのガラス層の総堆積の厚さが、管の長さに沿って一定でないことを意味すると理解される。用語「光学テーパ」は、光学特性がプリフォームの長さに沿って一定でなく、その結果、そのようなプリフォームから得られる光ファイバの光学特性も一定でないことを意味すると理解される。光学テーパは、プリフォームの長さに沿った屈折率または屈折率分布における差によって主に特定される。幾何学的テーパを十分に管理することに加え、形成されるファイバの光学特性の十分な管理を実現することを目的として、長手方向の屈折率分布における差が、プリフォームの最大長にわたって可能な限り小さくなることも望ましい。「エンドテーパ」とも呼ばれる、基体の片側に位置する堆積域の長さがその基体の全長の約15%を構成し得ることは、堆積プロセスでの知られている現象である。この「テーパ」があることは、軸方向に不均一なコアの断面をもたらす。より具体的には、前述のテーパは、プリフォームの光学特性および/または幾何学的特性が不均一である領域を形成する。前述の不均一性は、光ファイバの伝送特性が劣化することをもたらす。したがって、光ファイバを製造するためにプリフォームのこの「テーパ」領域を使用することは最小限に抑えられている。この「テーパ」領域はプリフォームロッドの長さのかなりの部分を形成するので、プリフォームから得られる総ファイバ長はある程度限られる。

## 【 0 0 0 5 】

したがってテーパには、プリフォームの有用な長さが限られるこの欠点があり、1つのプリフォームから得ることができる光ファイバの量がより少なくなることを意味する。それに加え、テーパの発生のため、光ファイバの特性がファイバの長さに沿って一定でない可能性がある。しかし、ファイバ生産者は、具体的には光学特性が例えばユーザによって確認される場合に、それに従って光ファイバの各個別の部分が原則的に常に発行された仕様書に適合する必要がある、提供される製品証明書に関して特定の保証を与える必要があるので、ファイバの光学特性が一定であることはファイバ生産者にとって重要である。

## 【 0 0 0 6 】

US 4,741,747は光ファイバを製造するための方法に関し、プラズマを反転点の領域において時間に応じて非線形に移動させ、かつ/またはガラス管の長さに沿ってプラズマの強度を変えることにより、所謂エンドテーパを低減することを意図する。

## 【 0 0 0 7 】

US 4, 857, 091は光ファイバを製造するための方法に関し、プラズマ発生器に対する局所堆積域の軸方向の位置に影響を与えるいくつかのパラメータについて言及し、そのうちマイクロ波電力の周期的変化、基体内圧力の周期的変化、および共振器速度の周期的変化が、管の上を往復される。

【0008】

EP 0 038 982は光ファイバを製造するための方法に関し、この方法ではプラズマ発生器が基体の長さに沿って移動され、このプラズマ発生器は高温領域を作り出し、前述の高温領域は、少なくとも2つの領域すなわち領域Iおよび領域IIを含む所謂「タンデム高温領域」とみなすことができる。

【0009】

EP 0 333 580は光ファイバ用のプリフォームを製造するための方法に関し、この方法では可変電力のマイクロ波発振器が使用されるが、基体の長さに沿って2つの反転点間を前後に移動させられる非等温プラズマは使用されていない。

【0010】

GB 2 118 165からは光ファイバ用のプリフォームを製造するための方法が知られており、この方法では、ガラス層の総堆積厚が基体の長さに沿ってほぼ一定であるように、前述の基体の長さに沿って軸方向に移動される熱源の速度が特定の数学的方程式に従い、前述の速度は基体に沿った前述の熱源の位置の関数である。

【0011】

本出願者らに許可されたUS 5, 188, 648からは光学プリフォームを製造するための方法が知られており、この方法では、プラズマが基体のガス流入点の近くの反転点に到達するたびに、ガラスの堆積が継続されながらプラズマの移動が中断され、プラズマの移動の中断は少なくとも0.1秒続く。前述の文書は、特に光学プリフォームのコアの幾何学的テーパを低減することに関する。

【0012】

US 4, 944, 244からは光学プリフォームを製造するための方法が知られており、この方法では、エネルギー源の電力が、とりわけ基体の内部でガラス質層の堆積が行われる程度についての関数である信号に基づいて、堆積プロセス中に継続的に制御される。

【0013】

この先行技術はプリフォームの製造方法を開示し、この方法では幾何学的テーパの最適化が光学テーパの発生をもたらす、逆の場合も同様である。

【0014】

US 2005/0041943は堆積方法に関し、この方法ではプラズマが、中空基体の長さに沿って移動され、堆積プロセスの時間および最初の末端領域の位置の両方に応じて、反転点に隣接する最初の末端領域で変更され、最初の末端領域の端点は反転点に一致し、開始点は減速点に比べ反転点からさらに離れて位置し、前述の最初の末端領域はプリフォームのテーパを低減するのに十分であると主張される長さを有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】米国特許第4, 445, 918号明細書

【特許文献2】米国特許第4, 816, 050号明細書

【特許文献3】米国特許出願公開第2003/0084685号明細書

【特許文献4】特開昭59-121129号公報

【特許文献5】米国特許第4, 741, 747号明細書

【特許文献6】米国特許第4, 857, 091号明細書

【特許文献7】欧州特許出願第0 038 982号明細書

【特許文献8】欧州特許出願第0 333 580号明細書

【特許文献9】英国特許出願公開第2 118 165号明細書

【特許文献10】米国特許第5, 188, 648号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献 1 1】米国特許第 4, 9 4 4, 2 4 4 号明細書

【特許文献 1 2】米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 4 1 9 4 3 号明細書

【特許文献 1 3】国際公開第 2 0 0 4 / 1 0 1 4 5 8 号パンフレット

【特許文献 1 4】米国特許第 5, 5 0 4, 8 2 9 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 6】

本発明の目的は、プリフォームが、少量の幾何学的テーパおよび光学テーパを示し、プリフォームの両端においてのみならず両端間の領域においても一定の光学的特性を有する、光ファイバを線引き可能なプリフォームを製造するための方法を提供することである。

10

【0 0 1 7】

本発明の別の目的は、プリフォームがその最大長にわたって一定の光学的特性を有する、光ファイバを線引き可能なプリフォームを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 8】

第 1 段落に記載した本発明は、2 次ガス流が N の副流へと細分され、その N の副流が 1 次ガス流とともに中空基体の内部に供給され、ただし N 2 であることを特徴とする。

【0 0 1 9】

本発明者らは、固体プリフォームに存在する「テーパ」は、とりわけ中空基体の内部のガラス層の堆積速度によって決まり、堆積速度が増すと、堆積されるガラス層の均一性の低下を概して招くことを見出した。上記の目的の 1 つまたは複数は、2 次ガス流を 1 つまたは複数の副流へと細分し、各副流の流量は正確に調整することができ、前述の副流を互いに混合し、その後 1 次ガス流に混合することによって実現できることが見出されている。したがって本発明者らは、具体的には、プリフォームの長手方向の屈折率を制御するための方法および装置を提案した。

20

【0 0 2 0】

オリフィスを通る理想的ガスなどの媒体の流量は、次の等式に基づいて決定される：

$$m = V A = c o n s t . [ k g / s ]$$

ただし：

$m$  = 理想的ガスの質量流量 [  $k g / s$  ]

$=$  ガス密度 [  $k g / m^3$  ]

$V$  = ガス速度 [  $m / s$  ]

$A$  = オリフィス面積 [  $m^2$  ]

である。

30

【0 0 2 1】

実際には、オリフィスを通るガス流の流量は、次の等式に基づいて概算される：

$$m = c ( p_1 - p_2 ) A_1$$

ただし：

$c$  = 使用されるガスに応じた定数

$p_1$  = オリフィスの前の静圧 [  $P a$  ]

$p_2$  = オリフィスの後の静圧 [  $P a$  ]

$A_1$  = オリフィス面積 [  $m^2$  ]

である。

40

【0 0 2 2】

上記の等式に基づいて、重力の影響は考慮に入れず、直径  $r$  のオリフィス中の圧力降下に応じてガスの流量を特定することができる。

$$m = c p r^2$$

【0 0 2 3】

本発明者らは、前述のオリフィスのいくつかが並列配置で使用され、各オリフィスを通る最大流量が 1 : 2 : 4 : 8、等の割当量でそれぞれ異なるようにオリフィス内部の半径

50

が選択される場合、個別のステップで2次ガス流の総流量を調節することができることを見出した。したがって、1つまたは複数のドーパントのガス流の大きさを正確に設定できることが見出されている。

【0024】

2次ガス流の大きさを正確に制御することを実現するために、副流の数が少なくとも4つ、すなわち $N = 4$ であれば好ましい。

【0025】

したがって、各副流の最大流量は、他の1つまたは複数の副流の最大流量より好ましくは少なくとも2倍大きい。例えば4つの副流を使用する( $N = 4$ )特定の実施形態では、第1の副流の最大流量が1(任意単位、AU)に設定され、第2の副流の最大流量が2(AU)に設定され、第3の副流の最大流量が4(AU)に設定され、第4の副流の最大流量が8(AU)に設定される。したがって、最小流量(無流)と最大流量との間で多くて16の設定を使用することができ、後者の場合、それぞれの副流の制御可能バルブが開かれる。その結果、 $N$ の副流間にはある関係が存在し、すなわち、副流 $N$ の最大流量は副流( $N - 1$ )の最大流量より2倍大きく、副流 $N$ の最大流量は副流( $N + 1$ )の最大流量の $1/2$ である。したがって、 $N = 2$ の場合、副流 $N_1$ の最大流量は、副流 $N_2$ の最大流量より好ましくは2倍大きく、より具体的には、副流 $N_i$ の最大流量は、副流( $N_i - 1$ )の最大流量より好ましくは2倍大きく、副流 $N$ の最大流量は副流( $N_i + 1$ )の最大流量の $1/2$ であり、 $N = 3$ である。

【0026】

この副流の流量についての最適で正確な設定を実現するために、前述の1つまたは複数の2次ガス流が温度制御環境で発生する場合に望ましい。したがって、温度膨張および圧力変動に関する任意の悪影響が最小限に減らされる。

【0027】

この方法の特別な実施形態では、制御可能バルブが個々の副流を阻止または通過させ、オリフィスが個々の副流の大きさを制御する状態で、制御可能バルブおよびオリフィスが各副流の流路にあることが特に望ましい。制御可能バルブが2つの位置、すなわち開位置および閉位置に設定できるのであれば特に望ましい。中空基体の内部に供給される1つまたは複数のドーパントの量は、各個別の副流のバルブを制御することによって管理される。したがって、2次ガス流に関する最小流量すなわち無流(すべてのバルブが閉じられる)と、最大流量(すべてのバルブが開かれる)との間の個別のステップで流量を設定することができる。

【0028】

2次ガス流の大きさの正確かつ迅速な設定を実現するために、1つまたは複数の制御可能バルブの制御がとりわけ電子演算装置によって行われる状態で、制御可能バルブを制御するために使用される制御周波数が少なくとも20Hz、しかし好ましくは少なくとも50Hzの制御周波数が使用されるのであれば望ましい。

【0029】

本発明者らは、内部気相成長プロセスによって光学プリフォームを製造するためのこの方法を使用する場合、1次ガス流中のドーパントの流量を、(このドーパントにより)所望の屈折率値を得るのに必要とされることになる流量よりも約10%低い水準に設定することが望ましいことをさらに見出した。

【0030】

本発明の特別な実施形態では、最初のステップでPCVDプロセスを使用して光学プリフォームを生産することが好ましく、ドーパントを含むガラス形成ガスが、1次ガス流によってのみ中空ガラス基体の内部に供給される。つまり、最初のステップでは、例えばWO2004/101458に開示されるような、先行技術によるプリフォームが形成される。この堆積プロセスとそれに続く通常のクラップス処理の完了後、こうして得られる固体プリフォームの長手方向の屈折率分布が特定される。前述の測定された屈折率分布が、所望の屈折率分布と比較される。したがって、その固体プリフォームの任意の位置にお

10

20

30

40

50

ける、測定された屈折率分布と所望の屈折率分布との間の差を特定することが可能である。前述の測定された長手方向の屈折率分布およびそうして特定されるその屈折率分布からの差に基づいて、新たな堆積プロセスが開始され、このプロセスでは1次ガス流および1つまたは複数の2次ガス流が使用される。例えばSiO<sub>2</sub>および四塩化珪素を含む1次ガス流中のドーパント、例えば四塩化ゲルマニウム状のゲルマニウムの量は、屈折率水準をプリフォームの全長に沿って特定の水準にそうして高める目的で適合されていてよい。要するに、この堆積プロセス中、1次ガス流の流量はほぼ一定の値に設定される。長手方向の屈折率分布における測定された差に基づいて追加ドーパントの量が2次ガス流によって供給され、前述の1つまたは複数の2次ガス流の流量は中空基体管内の長手方向の位置に応じて正確に設定される。したがって、1次ガス流は屈折率の「基本設定」を提供し、前述の1つまたは複数の2次ガス流は所望の「終了水準(end level)」を提供し、その終了水準はプリフォームの最大長にわたってほぼ一定である。したがって前述の制御は、好ましくは前に特定された屈折率分布と所望の屈折率分布とを比較することによって行われ、その2つの分布間の差は、ステップi i ) - ステップi i i ) を実行するための1次ガス流および2次ガス流のうちの少なくとも1つの流量を設定するための基準として働き、そのため1つまたは複数の制御可能バルブの制御が、ステップi i i ) 中に時間に応じて行われる。

10

#### 【0031】

ゲルマニウムによる補正が行われる実施形態では、結果として生じる屈折率値が、所望の長手方向の屈折率分布における所望の屈折率値に等しい、またはそれよりも小さいようなゲルマニウムの量を1次ガス流が含むのであれば望ましい。すると、追加のゲルマニウムの量を、中空基体管内の堆積プロセス中の反応域の長手方向の位置に応じて決定することができ、そのゲルマニウムの量は1つまたは複数の2次ガス流によって供給される。したがって、前述の1つまたは複数の2次ガス流の流量、およびしたがって供給される(屈折率を高めるおよび/または低下させる)ドーパントの量は、堆積プロセス中に時間に応じて変えることができる。堆積プロセス中は反応域が基体管上を往復するので、この堆積プロセス中、所望の任意の瞬間(さらに、したがって基体管上の所望の任意の位置)におけるドーパントの量を正確に設定することができる。

20

#### 【0032】

屈折率を低下させるドーパント、具体的にはフッ素により、長手方向の屈折率値を補正しなければならない特別な実施形態では、結果として生じる屈折率値が、所期の長手方向の屈折率分布における所望の屈折率値に等しく、またはそれよりも大きくなるようなフッ素の量を1次ガス流に加えることが望ましい。その後、追加のフッ素の量を、中空基体管内の堆積プロセス中の反応域の長手方向の位置に応じて決定することができ、そのフッ素の量は1つまたは複数の2次ガス流によって供給される。

30

#### 【0033】

本発明を使用して、屈折率の偏り、例えばテーパの発生を最小限に抑えて光学プリフォームを製造できることが見出されている。

#### 【0034】

本発明を使用して、原則的に、ほぼ均一の屈折率分布を実現することができる。例えばGeCl<sub>4</sub>やC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>など、屈折率を高めるドーパントおよび屈折率を低下させるドーパントは、いずれも2次ガス流で使うことができる。そのようなドーパントはガラスに含められる。特別な実施形態では、1次ガス流中に1つまたは複数のドーパントがあることが好ましい。特定の実施形態ではさらに、少なくとも2つの2次ガス流を使用し、屈折率を低下させるドーパントが1つの2次ガス流によって供給され、屈折率を高めるドーパントがもう一方の2次ガス流によって供給されることが望ましい。したがって、長手方向の屈折率の任意の偏り、例えばテーパを最小限に抑えることを目的として、ドーパントを非常に正確に調量することを実現できる。さらに、各ドーパントについて、個別の2次ガス流がいくつかの副流に分けられることが好ましい。ただし、様々なドーパントを単一の2次ガス流へと混合することが時として可能であるが、「個別制御」の可能性は取り去ら

40

50



れる。

【 0 0 3 5 】

本発明者らは、特別な実施形態では2次流のみが1つまたは複数のドーパントを含むことを見出した。そのような実施形態は、低濃度の1つまたは複数のドーパントが要求される場合に特に好ましい。

【 0 0 3 6 】

本発明は、プラズマ化学気相成長 ( P C V D ) の分野で特に使用され、この P C V D では、内部堆積プロセスが中空の石英基体内でプラズマを使用して行われる。このプロセスでは、マイクロ波発振器、具体的には共振器が2つの反転点の間で基体の長さに沿って往復する。したがって、プラズマ域は基体の長さに沿って「移動」し、そのプラズマ域でガラス形成前駆体の堆積が行われる。本発明を使用して、この共振器の位置に基体内のガス組成を適合させることが可能である。つまり、具体的には共振器速度が 1 0 - 4 0 m / m i n の範囲内で、その位置に基づいて「共振器ストローク」内のドーパント濃度を変えることが望ましい。したがって、ガラスの堆積を中空基体の内部の所定の位置において行わせることが可能であり、その堆積は、1次ガス流および1つまたは複数の2次ガス流への特殊細分のため、中空基体内の任意の所望の位置において任意の所望の屈折率値を実現できるようにする。

【 0 0 3 7 】

本発明は、中空基体の内部にガスを供給するための装置であって、その供給流が1次ガス流および1つまたは複数の2次ガス流を含み、前述の1次ガス流がガラス形成ガスを主に含み、前述の1つまたは複数の2次ガス流が1つまたは複数のドーパントを主に含む、装置において、2次ガス流が、2次ガス流をNの副流へと分けるための第1の分配ユニットと、すべてのNの副流を混合するための第2の分配ユニットとを備え、N 2であることを特徴とする装置にさらに関する。

【 0 0 3 8 】

特別な実施形態では、制御可能バルブが個々の副流を阻止または通過させ、オリフィスが個々の副流の大きさを制御する状態で、制御可能バルブおよびオリフィスが各副流の流路にあり、特に第1の分配ユニットおよび第2の分配ユニットが温度制御環境内に配置されることが望ましい。

【 0 0 3 9 】

プリフォームの均一の長手方向の屈折率分布を得るために、この装置は、好ましくは前述の1次ガス流および前述の1つまたは複数の2次ガス流の大きさを設定するためのシステムをさらに備える。

【 0 0 4 0 】

本発明は、光学プリフォームの長手方向の屈折率を制御するために、ガラス層を堆積する間のプラズマ域の位置に応じて、中空ガラス基体の内部に供給されるドーパントガラス形成ガスの組成を変える方法のプラズマ化学気相成長 ( P C V D ) プロセスでの使用にさらに関する。

【 0 0 4 1 】

確実な設定を実現するために、2次ガス流用の供給管路がほぼ耐漏洩であることが望ましく、それに関連してこのガス管路システムは、光学プリフォームの製造が実際に開始される前に漏洩試験を好ましくは受け、その試験は、好ましくはこのシステムに高圧でガスを充填し、次いでこのガスシステム全体を密閉し、その後、時間に応じた圧力降下を記録することによって行われる。

【 0 0 4 2 】

本出願を一例により以下にさらに詳細に説明するが、それに関連して、本発明は決してそのような特殊例に限定されないことに留意すべきである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 3 】

【図 1】 1次ガス流および2次ガス流を含む、本発明によるガス供給システムを示す図で

10

20

30

40

50

ある。

【発明を実施するための形態】

【0044】

添付の図面は、1次ガス流6および2次ガス流5を含む、本発明によるガス供給システム4を示し、前述の1次ガス流6が $\text{SiCl}_4/\text{O}_2$ を主に含み、前述の2次ガス流5がゲルマニウム含有化合物、例えば $\text{GeCl}_4$ を含みながら、この2次ガス流5は、ドーパントが存在するキャリアガス、例えば酸素を大抵は含む。通常のドーパント、例えば $\text{GeCl}_4$ や $\text{C}_2\text{F}_6$ など、例えば屈折率を高めるドーパントおよび/または低下させるドーパントは、1次ガス流6内に存在する。流入2次ガス流5が、第1の分配ユニット7を使用して4つの副流9、10、11、12に細分される。制御可能バルブ1およびオリフィス2が各副流9-12の流路にあり、副流9の最大流量値が1(任意単位)であり、副流10の最大流量値が2(AU)であり、副流11の最大流量値が4(AU)であり、副流12の最大流量値が8(AU)である。流入2次ガス流5を細分することから生じる副流9-12は、第2の分配ユニット8によって2次ガス流13へと混合され、その2次ガス排気流13が1次ガス流6に混合され、中空ガラス基体管14に供給される。この中空基体管14の内部で内部堆積プロセスが行われ、中空基体管14は、マイクロ波が供給される共振器(図示せず)がその中にある炉(図示せず)内に置かれ、その共振器は、1つまたは複数のガラス層が中空基体管14の内部に堆積されるような状態を中空基体管14の内部で作り出すように、基体管14の長さの特定の部分の上を往復する。適した堆積プロセスが、本出願者の名義でWO2004/101458に開示されており、このパンフレットは本明細書に組み込まれるとみなされる。この堆積プロセスおよびコラプシング処理の後に、所望の場合は固体プリフォームの外側に追加のガラスがもたらされ、その後、光ファイバを得るために最終的な線引き処理が行われる。

【0045】

前述の堆積プロセスを正しく実行することを実現するために、所期の屈折率分布は事前に知られており、さらに中空基体管14の内部に供給される1つまたは複数のドーパントの量が、各個別の副流9-12のバルブ1を制御することによって管理される。したがって図示の実施形態では、2次ガス流に関する最小流量、すなわちすべてのバルブ1が閉じられる場合の無流と、副流9-12のすべてのバルブ1が開いている場合の最大流量との間で多くて16のステップを設定することができる。バルブ1のそのような制御は、電子制御の測定および制御システム(ソフトウェアおよびハードウェア、図示せず)によって行われる。温度の変動を最小限に抑えるために、このガス供給システム4は温度制御システム3に接続される。この図では4つの副流9-12を示すが、2、8、16、等の数の副流9、10を使用することも可能である。それに加え、1つまたは複数のキャリアガスがある状態であろうとなかろうと、他の1つまたは複数のドーパントの正確な調量が行われる第2のガス供給ユニット4(図示せず)を使用することができ、この第2のガス供給ユニット4(図示せず)も、好ましくは温度制御システムに接続される制御可能バルブおよびオリフィスをそれぞれが備えるいくつかの副流を含む。

【0046】

上記に説明した、内部気相成長により光学プリフォームを製造するための方法および装置を使用して、中空基体管の長さの一部分に沿ってほぼ均一の屈折率分布を実現でき、所期の屈折率分布からの偏りが最小限に抑えられることが見出されている。

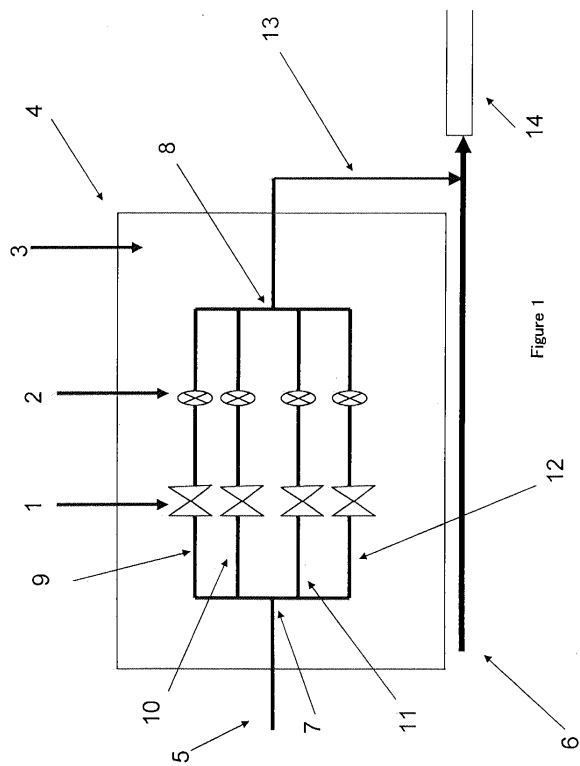
【符号の説明】

【0047】

- 1 制御可能バルブ
- 2 オリフィス
- 3 温度制御システム
- 4 ガス供給システム
- 4 ガス供給ユニット
- 5 2次ガス流

- 6 1次ガス流
- 7 第1の分配ユニット
- 8 第2の分配ユニット
- 9、10、11、12 副流
- 13 2次ガス流
- 14 中空ガラス基体管

【図1】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 マテウス・ヤコブス・ニコラース・ファン・ストラレン  
オランダ国、5 0 4 5 ・イツクス・エヌ・テイルブルフ、ロネーケルストラート・1 2
- (72)発明者 ヨハannes・アントーン・ハルトサイカー  
オランダ国、5 6 2 4 ・カー・エル・エイントホーヘン、ネウマンラーン・2 1
- (72)発明者 ローラント・ユーベルマンス  
オランダ国、5 6 2 9 ・ヘー・ケー・エイントホーヘン、ロベインリング・2 4

審査官 山崎 直也

- (56)参考文献 特表2 0 0 7 - 5 0 4 0 9 2 ( J P , A )  
特開昭5 1 - 0 8 1 8 1 6 ( J P , A )  
特開昭5 8 - 1 5 6 5 5 0 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
C 0 3 B 3 7 / 0 0 - 3 7 / 1 6