

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7679302号  
(P7679302)

(45)発行日 令和7年5月19日(2025.5.19)

(24)登録日 令和7年5月9日(2025.5.9)

(51)国際特許分類

C 0 3 B 37/012 (2006.01)

F I

C 0 3 B 37/012

A

請求項の数 10 (全36頁)

(21)出願番号	特願2021-549500(P2021-549500)	(73)特許権者	397068274
(86)(22)出願日	令和2年2月6日(2020.2.6)		コーニング インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2022-521754(P2022-521754		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
	A)		31 コーニング リヴァーフロント ブ
(43)公表日	令和4年4月12日(2022.4.12)		ラザ 1
(86)国際出願番号	PCT/US2020/017056	(74)代理人	100073184
(87)国際公開番号	WO2020/176216		弁理士 柳田 征史
(87)国際公開日	令和2年9月3日(2020.9.3)	(74)代理人	100123652
審査請求日	令和5年2月1日(2023.2.1)		弁理士 坂野 博行
(31)優先権主張番号	62/811,842	(74)代理人	100175042
(32)優先日	平成31年2月28日(2019.2.28)		弁理士 高橋 秀明
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	クラブコ, ロスティスラフ ラディエヴ イッヂ
			アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
			30 コーニング ウエスト サード スト 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ケーン・ベースガラス光ファイバ予備成形品を形成する真空ベースの方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ケーン・ベースガラス予備成形品を形成する方法であって、  
真空を予備成形品組立体に印加することにより真空ベース予備成形品組立体を形成する  
ステップであって、前記真空により、前記予備成形品組立体を一体に保持するのに十分な  
周囲環境に対する圧力差を生成し、前記予備成形品組立体は、1つ以上の軸孔と上端と底  
端とを有する少なくとも1つのガラスクラッド部分、前記1つ以上の軸孔のそれぞれ内に  
存在する1つ以上のケーン、および、前記上端にあるガラス上蓋および前記底端にあるガ  
ラス底蓋であって、実質的に封止された内部室を画定するガラス上蓋およびガラス底蓋を  
備えている、ステップと、

真空で保持された前記予備成形品組立体を加熱して前記真空で保持された予備成形品を  
合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップであって、真空で保持さ  
れた前記予備成形品組立体を加熱する温度が、前記ガラスクラッド部分、前記ケーン、前  
記ガラス上蓋、及び、前記ガラス底蓋が、互いに同時に全方向に亘って封止され、前記内  
部室が消滅し、直ぐに引っ張ることができる状態にする温度であり、かつ、合体させてい  
る間、真空で保持された前記予備成形品組立体を保持する特別な固定具を必要とせず、真  
空で保持された前記予備成形品組立体の表面が研磨仕上げではなく微細な研削仕上げがさ  
れるのを許容する温度である、ステップ

を含む方法。

## 【請求項2】

真空を印加する前記ステップの前に、前記予備成形品組立体を前記少なくとも1つのガラスクラッド部分に穴あけして前記1つ以上の軸孔を形成することと、

前記1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔内に動作可能に配置することと、

前記ガラス上蓋および前記ガラス底蓋を前記少なくとも1つのガラスクラッド部分の前記上端及び底端にそれぞれ取り付けて実質的に封止された前記内部室を画定することによって形成するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は、積み重ねられそれらの前記軸孔が整列され1つの軸長を有する2つ以上のガラスクラッド部分と前記上端を画定する最も上のガラスクラッド部分と前記底端を画定する最も下のガラスクラッド部分とから成り、前記1つ以上のケーンはそれぞれ前記軸長に少なくとも実質的に等しいか又はより大きいケーン長を有する、請求項1又は2記載の方法。

10

【請求項4】

前記1つ以上のケーンのそれぞれはガラス内側クラッド領域で囲まれたガラスコア領域を備える、請求項1～3のいずれかに記載の方法。

【請求項5】

各ガラスクラッド部分の前記上端は隆起した外部リップによって画定された凹部を含む、請求項1～4のいずれかに記載の方法。

20

【請求項6】

前記ガラス底蓋は外面と前記実質的に封止された内部室の一部を構成する凹部を画定する外周リップとを有する、請求項2～5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】

前記ガラス底蓋は前記凹部から前記外面への通路を含み、前記通路は周囲環境からの気体が前記内部室を通って流れるのを許す、請求項6記載の方法。

【請求項8】

前記1つ以上の軸孔は単一の軸孔から成り、前記1つ以上のケーンは前記単一の軸孔内に存在する単一のケーンから成る、請求項1～7のいずれかに記載の方法。

30

【請求項9】

各ケーンはケーン直径DCを有し、各軸孔は孔直径DH > DCを有し、前記実質的に封止された内部室は、軸孔ごとの前記孔直径と前記ケーン直径の差によって形成された隙間を含み、前記隙間は隙間サイズ  $G = (DH - DC) / 2$  を有し、隙間サイズGは  $0 < G < 0.1\text{mm}$  である、請求項1～8のいずれかに記載の方法。

【請求項10】

ケーン・ベースガラス予備成形品を形成する方法であって、本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、

前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラスクラッド部分は全体積重ね長LS、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、

40

1つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記1つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間がある、ステップと、

ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、

50

前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通って真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、

前記真空で保持された予備成形品組立体を加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップであって、前記真空で保持された予備成形品組立体を加熱する温度が、前記ガラスクラッド部分、前記ガラスケーン、前記ガラス上蓋、及び、前記ガラス底蓋が、互いに同時に全方向に亘って封止され、前記内部室が消滅し、直ぐに引っ張ることができる状態にする温度であり、かつ、合体させている間、前記真空で保持された予備成形品組立体を保持する特別な固定具を必要とせず、前記真空で保持された予備成形品組立体の表面が研磨仕上げではなく微細な研削仕上げがされるのを許容する温度である、ステップ

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本出願は、2019年2月28日に出願された米国仮特許出願第62/811842号の優先権の利益を主張するものであり、その内容全体を本明細書に援用する。

【技術分野】

【0002】

本開示は光ファイバ、特にケーン（ガラス棒）ベース光ファイバ予備成形品を形成する真空ベースの方法及びそのケーン・ベース光ファイバ予備成形品を使用して光ファイバを形成する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

空間多重送信のためのマルチコアファイバ技術が長距離通信とデータセンター及び高性能コンピュータ内で使用される短距離光ファイバ相互接続の両方のために考えられている。マルチコアファイバの接続は個々のコアの非常に正確な位置決めを必要とし、標準的な許容誤差は1マイクロメートルの何分の1かである。この重要な要件は、光ファイバ予備成形品を形成する時、材料及びプロセスの選択に影響する。

【0004】

シングルコアファイバ及びマルチコアファイバは、当分野で全ガラスプロセスと呼ばれるプロセスを使って作製されたガラス予備成形品から製造されうる。全ガラスプロセスは、1つ以上の精密形成された軸孔であって、それぞれ予備成形品、従ってガラス予備成形品から形成される光ファイバのコアを成すケーンを収容するサイズを持つ軸孔を有するバルククラッドガラスを利用する。

【0005】

全ガラスプロセスは、ストート（酸化ガラス微粒子）層形成、ストート圧縮及びストート穴あけ、焼結、及びストートをガラスに変える合体を含む蒸着ベースプロセス（例えば、アウトサイド真空蒸着（OVD）プロセス）より好ましい。クラッドガラスの外面を選択した直径まで精密研削する能力及びクラッドガラスの精密穴あけを行う能力は、ガラス予備成形品の形成時に精密さと1つ以上の軸孔の様々な間隔、形状、及び配置を選択する柔軟性の両方を提供する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

残念ながら、全ガラスプロセスは比較的高価で時間がかかる。精密穴あけは時間がかかり、1つ以上のケーンは選択した屈折率プロファイルを持つように形成されクラッドガラスに挿入される必要があり、その構造全体を、固体ガラス予備成形品を形成するために炉内で合体させる必要がある。十分な長さのガラス予備成形品を作るために、別々のガラスクラッド部分を軸に沿って結合する必要があり得、これは軸孔の正確な位置合わせを必

10

20

30

40

50

要とする。合体プロセスは、合体炉内でガラスクラッド部分及びケーンを保持する特別な支持具と、そして得られた固体ガラス予備成形品を炉から取り出し、その支持具からガラス予備成形品を降ろし、次に線引きシステムの線引き炉においてそれを可動に支持して光ファイバを作ることとを通常必要とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本書に開示する方法の態様は、ケーン・ベースガラス予備成形品を形成しそのケーン・ベースガラス予備成形品を使用して光ファイバを引き出すことに向けられている。これら10の方法はシングルコアケーン・ベースガラス予備成形品又はマルチコアケーン・ベースガラス予備成形品を形成するために使用される。本方法は1つ以上のガラスクラッド部分を使用し、各ガラスクラッド部分は外周リップによって画定された凹部を有する上端を有し1つ以上の精密軸孔が形成されている。複数のガラスクラッド部分を使用する場合、これらクラッド部分は軸孔が整列するように積み重ねられる。次にケーンが前記1つ以上の軸孔に挿入されてケーンクラッド組立体が形成される。

【0008】

上蓋及び底蓋をケーンクラッド組立体の上端及び底端にそれぞれ取り付けて予備成形品組立体を形成する。上蓋はガラスクラッド部分の上端の凹部を閉じる。底蓋は隆起したリップと底蓋がケーンクラッド組立体の底端に整合された時に閉じられる凹部とを有しうる。閉じられた凹部と軸孔内のケーンによって形成された隙間とが実質的に封止された内部室を画定する。選択した洗浄気体（例えば、塩素）を内部室に繋がる底蓋の小さな通路を20通って引き抜くことで、予備成形品組立体を乾燥させ浄化できる。真空を上蓋を通って印加して、内部室と周囲環境の間に圧力差を生成する。圧力差は予備成形品組立体の部品を一体に保つ。これは本書で真空で保持された予備成形品組立体と呼ばれる。真空で保持された予備成形品組立体は、本書で開示された方法を使って形成された予備成形品組立体製品を構成する。

【0009】

真空で保持された予備成形品組立体を、炉内でガラス軟化点の直ぐ上まで加熱することで合体させると、ガラスクラッド部分、ケーン、上蓋、及び底蓋（全てガラスでできている）は互いに封止する。また、ガラスの流れは内部室を消滅させる。その結果、直ぐに引っ張ることができる（特に合体のために使用される炉が光ファイバを引き出すために使用される線引き炉である場合）固体ガラス予備成形品が得られる。ケーン・ベース予備成形品は、本書で開示された方法を使って形成された予備成形製品を構成する。

【0010】

本開示の実施形態はケーン・ベース予備成形品を形成する方法である。この方法は、真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は1つ以上の軸孔と上端と底端と前記1つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少なくとも1つのガラスクラッド部分を備え、前記上端及び底端は実質的に封止された内部室を画定するように蓋がされている、ステップと、真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む。

【0011】

本開示の別の実施形態はケーン・ベースガラス予備成形品を形成する方法である。この方法は、本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれに1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラスクラッド部分は全体積重ね長LS、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、1つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記1つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって

、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通て真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップとを含む。

10

【 0 0 1 2 】

本開示の別の実施形態はケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法である。この方法は、少なくとも1つのガラスクラッド部分に1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は1つのケーンを含む、ステップと、前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む。

20

【 0 0 1 3 】

本開示の別の実施形態はマルチコア光ファイバを形成するためにケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法である。この方法は、複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、1つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む。

30

【 0 0 1 4 】

本開示の別の実施形態はケーン・ベース予備成形製品である。この予備成形製品を形成するプロセスは、真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は1つ以上の軸孔と上端と底端と前記1つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少なくとも1つのガラスクラッド部分を備え、前記上端に上蓋が前記底端に底蓋が取り付けられている、ステップと、真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む。

40

【 0 0 1 5 】

本開示の別の実施形態はケーン・ベースガラス予備成形製品である。この予備成形製品を形成するプロセスは、本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラスクラッド部分は全体積重ね長L<sub>S</sub>、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、1つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記1つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するス

50

ステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通って真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップと  
を含む。

#### 【 0 0 1 6 】

本開示の別の実施形態はケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品である。この組立体製品を形成するプロセスは、少なくとも1つのガラスクラッド部分に1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は1つのケーンを含む、ステップと、前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む。

#### 【 0 0 1 7 】

本開示の別の実施形態はマルチコア光ファイバを形成するためのケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品である、この組立体製品を形成するプロセスは、複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、1つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む。

#### 【 0 0 1 8 】

本書に開示する方法は、精密シングルコア又はマルチコア予備成形品を製造するためのしっかりした費用対効果の良いプロセスを提供する。穴あけは精密さと頑健さを与える。軸に沿って整列され積み重ねられたガラスクラッド部分の封止は、短く太い精密穴あけされたガラスクラッド部分の使用を可能にする。実質的に封止された内部室の使用と真空で保持された予備成形品組立体を作る真空の印加は、予備成形品組立体を、合体させている間、保持する特別な固定具の必要を無くす。真空で保持された予備成形品組立体の様々なガラス部品の封止は同時に全方向に実現され、一方向（例えば、垂直）に封止し次に別の方向（例えば、水平）に封止する必要はない。ガラス軟化点の直ぐ上（従って、ガラス融点のかなり下）の温度の使用は、様々なガラス部品の表面が研磨仕上げでなく微細な研削仕上げがされるのを許す。しかし、もちろん研磨仕上げを使用できる。

#### 【 0 0 1 9 】

追加の特徴と利点は下記の詳細な説明において記述され、その説明から当業者にとって明白となるか、又は下記の説明、請求項、及び添付図面に記載された実施形態を実施することにより認識されるであろう。上記概要説明と下記の詳細な説明の両方とも単に例示であり、請求項の特質及び特性を理解するための概観又は枠組みを提供するよう意図されていることは理解されるべきである。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

添付図面は更なる理解を提供するために含まれ、本明細書に組み込まれ一部をなしている。図面は1つ以上の実施形態を例示し、詳細な説明と共に様々な実施形態の原理と動作を説明する。即ち、本開示は添付の図と併せて下記の詳細な説明からより完全に理解されるであろう。

【図1A】一例のガラスクラッド部分の斜め上から見た図であり、8つの軸ケーン孔を有する例を示す。

【図1B】図1Aのガラスクラッド部分のxz断面図である。

【図1C】図1A及び1Bのガラスクラッド部分の上面図である。

10

【図2A】図1Aに類似し、ケーンクラッド組立体の展開図であり、8つのケーンがガラスクラッド部分の対応する軸ケーン孔に挿入されているのを示す。

【図2B】図2Aに類似し、8つのケーンが8つの軸ケーン孔内にそれぞれ存在しケーンクラッド組立体を形成することを示す。

【図2C】図2Bのケーンクラッド組立体のxz断面図である。

【図2D】図2B及び2Cのケーンクラッド組立体の上面図である。

【図2E】図2Dに類似するが、複数の軸孔及びケーンは同じ軸孔直径及びケーン直径を持っていない実施形態を示す。

【図3A】円形断面の単一のケーンを支持する円形断面の単一の軸ケーン孔を有する一例のケーンクラッド組立体の上面図である。

20

【図3B】楕円形断面の単一のケーンを支持する楕円形断面の単一の軸ケーン孔を有する一例のケーンクラッド組立体の上面図である。

【図3C】楕円形断面の単一のケーンを支持する楕円形断面の単一の軸がずれたケーン孔を有する一例のケーンクラッド組立体の上面図である。

【図4A】ガラスクラッド部分、ガラスクラッド部分の軸ケーン孔に挿入されたケーン(ケーンクラッド組立体を形成する)、円錐形底端蓋、及び貫通孔を有する平面端蓋を示す予備成形品組立体の部分展開図である。

【図4B】図4Aに類似し、予備成形品組立体は軸に沿って配列された2つのガラスクラッド部分を使用し、軸ケーン孔は整列され、ケーンはそれら2つのガラスクラッド部分の整列された軸ケーン孔を通って延在するサイズである例を示す。

【図5A】予備成形品組立体を真空システムに動作可能に取り付けることで形成された一例の予備成形品システムの斜め上から見た図であり、真空システムは予備成形品組立体を機械的に支持しながら、真空を生成して予備成形品組立体のガラスクラッド部分と端蓋とを一体に保つ。

30

【図5B】予備成形品組立体の上部分を斜め下から見た拡大部分展開図であり、上蓋が最も上のガラスクラッド部分の上端と整合する様子を例示する。

【図5C】図5Aの予備成形品組立体の上部分の断面図であり、ガラスクラッド部分の凹部によって画定された内部空洞と軸ケーン孔の内壁とケーン孔内のケーンの外面の間の隙間とを示す。空洞及び隙間は真空の連通を提供し予備成形品組立体を一体に保つ周囲環境との圧力差を生成する。

40

【図5D】2つのガラスクラッド部分から成る一例の予備成形品組立体の全断面図であり、それらガラスクラッド部分の2つの凹部によって画定された内部空洞、ケーンと軸孔によって画定された隙間、及び端蓋の凹部の例を示す。

【図5E】2つのガラスクラッド部分から成る一例の予備成形品組立体の全断面図であり、それらガラスクラッド部分の2つの凹部によって画定された内部空洞、ケーンと軸孔によって画定された隙間、及び端蓋の凹部の例を示す。図5Eの例はより長いケーンを示す。

【図5F】図5Cに類似し予備成形品組立体の一例の構成を示し、ケーンが上蓋の底面に接触している。

【図5G】図5C及び5Fに類似し、上蓋の底面が平らであり上内部室が最も上のクラッド部分の凹部によって画定される例を示す。

50

【図 5 H】図 5 E に類似し、ガラスクラッド部分がケーンを支持せず真空のためだけに使用される軸真空孔を含む例を示す。

【図 6 A】図 5 A に類似し、合体プロセスを始めるために予備成形品組立体の底端部分が炉の内部内にあるのを示す。

【図 6 B】部分的に合体したガラス予備成形品を示し、予備成形品組立体が炉で加熱される時、合体プロセスが底部から上部に向かって、また予備成形品組立体の外面から内方へ移動しながら（白い矢印で示される）、また予備成形品組立体は連続して下方へ炉内部を移動しながら（黒い矢印で示される）、ガラス予備成形品が合体していくのを示す。

【図 6 C】図 6 B に類似し、合体プロセス完了後に炉内部にある最終のガラス予備成形品を示す。

【図 7】図 6 C のガラス予備成形品を引っ張って光ファイバにするための一例の線引きシステムの概略図である。

【0021】

図面の幾つかは斜め網掛けのある断面図を含み、斜め網掛けは本開示ではガラス材料を表す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

添付の図面にそれらの例が示された本開示の様々な実施形態を詳細に記述する。可能ならいつでも、同じ又は類似の部品を指すために同じ又は類似の符号を全図面に亘って使用する。図面は必ずしも一定の縮尺でなく、当業者は本開示の重要な側面を例示するために図面が簡略化されている箇所を認識するであろう。

【0023】

添付の請求項は本詳細な説明に組み込まれその一部を成す。

【0024】

デカルト座標が幾つかの図で参考のために示されているが、方向又は向きについて限定するように意図されていない。垂直方向は z 軸に沿い、また - z 方向に働くと仮定される重力の方向に沿っている。

【0025】

本書で使用される英語語句「*comprises*」は特別の場合として用語「*consists of*」を含み、例えば表現「A *comprises* B and C」は「A *consists of* B and C」の場合を含むと理解される。

【0026】

上部、底部、側部、水平、垂直などの相対語は、便宜及び説明の容易さのために使用され、方向又は向きについて限定するように意図されていないが、用語「垂直」は例外で重力の方向に関するその特別の使用は説明の文脈から理解されるであろう。

【0027】

記号「 $\mu\text{m}$ 」はミクロン又はマイクロメートル、即ち $10^{-6}$ メートルを表し、記号「 $\text{nm}$ 」はナノメートル、即ち $10^{-9}$ メートルを表す。

【0028】

本書で使用される時、用語「合体される」は、互いに接着されていない別々のガラス部品から成る集合を取り上げ、この集合をガラス部品の軟化点の直ぐ上まで加熱してガラス部品が流れて互いに接着又は封止して統合されたガラス部品を形成しうることを意味し、統合されたガラス部品はガラス部品の大まかな全体構成を維持する、即ち、ガラス部品はそれらの基本形状をほぼ変えない。

【0029】

用語「軸孔」は軸方向に平行に、即ち、中心軸又は中心線に平行に延びる孔を意味する。

【0030】

本書で使用される用語「円筒形」は、2 次元形状を考え、その 2 次元形状の平面に垂直な第 3 の次元に沿って 2 次元形状を投影することで形成される 3 次元形状を意味する。従って、本書で使用される時、円筒は円形以外の断面形状を有しうる。

10

20

30

40

50

## 【0031】

ガラスクラッド部分

図1Aは一例のガラスクラッド部分10の斜め上から見た図である。図1Bは図1Aのガラスクラッド部分10の×z断面図であり、図1Cは図1A及び1Bのガラスクラッド部分の上面図である。

## 【0032】

ガラスクラッド部分10は、例えば純シリカ又はドープシリカなどのシリカを含むガラス材料でできた円筒形ガラス本体11によって画定される。ガラスクラッド部分10は中心軸又は中心線AC、上端13にある上面12、底端15にある底面14、及び外周18を画定する外面16を有する。ガラスクラッド部分10は直径DS及び高さHSを有する。一例では、直径DSは50mm～150mmの範囲内であり、高さHSは50mm～200mmの範囲内である。本書の一例では、直径DSは約70mmであり、高さHSは約110mmである。本書に記載した方法の原理及び限界と合致するガラスクラッド部分10の他の直径DS及び高さHSが効果的に使用されうることは当業者には明白であろう。正確な直径DSを得るために、外面16は研削後研磨されうる。ガラスクラッド部分10の平らな上面12及び底面14も研磨されうる。一例では、平らな表面に亘って約2μmの平坦度を得るために研磨は実行される。

10

## 【0033】

ガラスクラッド部分10は上端13にある隆起したリップ20を含む。隆起したリップ20は外周18の周りを回る。従って、隆起したリップ20は隆起した外部リップ又は外周リップとも呼ばれうる。図1Bは隆起したリップ20の断面図を示す拡大挿入図を含む。隆起したリップ20は上面12に平行な平らな表面を持つ。一例では、隆起したリップ20は精細に研削又は研磨される。隆起したリップ20は内壁22を有する。内壁22及び上面12は上端13にある凹部24を画定する。隆起したリップ20は幅WLと高さHLを有する。一例では、幅WLは2.5mm～10mmの範囲内（例えば、5mm）で、高さHLは0.25mm～1mmの範囲内である（例えば、0.5mm）。隆起したリップ20及び凹部24の目的をより詳細に下記に説明する。

20

## 【0034】

70mmの直径DS、100mmの高さDH、及び幅WLが5mmで高さHLが0.5mmの隆起したリップ20を有するガラスクラッド部分10を考える。固形ガラスクラッド部分10の体積VS（凹部24も下記の軸孔もなしで）は $VS = [DS/2]^2(HS) = [35mm]^2(100mm) 3.8 \times 10^5 mm^3$ である。凹部24の体積VRは $VR = \{[DS - 2(WL)]/2\}^2(HL) = 1.4 \times 10^3 mm^3$ である。固形ガラスクラッド部分10の全體積と比較した凹部24の相対サイズ（体積）は $VR/VS = 0.004$ 又は約0.4%である。

30

## 【0035】

ガラスクラッド部分10は直径DHの1つ以上の貫通軸孔40を含む。図1A～1Cの一例のガラスクラッドは8つの軸孔40を示す。各軸孔40は円筒形で開上端42、開底端44、及びガラス本体11の円筒形内面46によって画定される。一例の軸孔40は、例として円形断面形状と同じ直径DHとを有するとして示されている。他の実施形態では、軸孔40は異なるサイズ（直径）及び異なる断面形状を有しうる。1つ以上の軸孔40は、精密穴あけ、例えばダイアモンド研磨コア穴あけ及び/又は超音波支援コア穴あけによって形成されうる。

40

## 【0036】

より大きな直径のガラスクラッド部分10の使用は、光ファイバ形成時の線引きプロセスの間の縮小率効果を考えると、軸孔のあまり厳しくない絶対許容範囲位置決めを可能にする。一例では、軸孔40の中心位置間の相対許容範囲はガラスクラッド部分の直径DSに対して約0.2%である。例として、これは、ガラスクラッド部分直径DS = 125mmの場合、0.25mm許容範囲になり、125μmファイバ内の個々のコアの位置の0.25μm許容範囲に相当する。当分野で知られた穴あけ技術を使った軸孔40の精密穴

50

あけは、この一例の精度目標に合致しうる。

【 0 0 3 7 】

ケーンクラッド組立体

図 2 A は図 1 A に類似し、ケーンクラッド組立体 1 2 0 を形成するプロセスにおけるガラスクラッド部分 1 0 と 8 つの軸孔 4 0 に対して動作可能に配置された 8 つのケーン 5 0 とを示す展開図である。図 2 B は一例の組み立てたケーンクラッド組立体 1 2 0 を示す。図 2 C は x z 断面図であり、図 2 D は一例のケーンクラッド組立体 1 2 0 の上面図である。

【 0 0 3 8 】

図 2 A は一例のケーン 5 0 を示す拡大挿入図を含む。各ケーン 5 0 はそのケーンの上端 5 2 、底端 5 4 、及び外面 5 6 を画定するガラス体 5 1 を有する。ケーン 5 0 は軸長 L C を有す。ガラス体 5 1 はコアセクション 5 1 c とコアセクションを直接囲む内部クラッドセクション 5 1 i とを含みうる。内部クラッドセクション 5 1 i は異なる屈折率の 1 つ以上の内部クラッド部分を有しうる。ガラス体はまた、コアセクション 5 1 c のみから成ってもよい。一例では、クラッドセクション 5 1 i は 1 つ以上の非ドープ又は低ドープ内部クラッドセクションから成りうる。一般的に言えば、ケーン 5 0 は、得られる光ファイバの所望の特性を適宜達成するために当分野で既知の技術を使って作られうるどんな屈折率プロファイルも持ちうる。

【 0 0 3 9 】

ケーン 5 0 は、対応する軸孔 4 0 に嵌合しうるようその軸孔の直径 D H より僅かに小さい直径 D C を有する。一例では、ケーン 5 0 の外面 5 6 と軸孔の内面 4 6 の間に隙間 G が存在し、隙間は隙間サイズ G を有する（図 5 C の拡大挿入図も参照）。一例では、隙間 G のサイズは、ケーン 5 0 が軸孔 4 0 にちょうど嵌合する、例えば嵌合はしっかり固定されるが締り嵌めではないようなサイズである。例えば、軸孔直径 D H は 1 0 mm で、ケーン直径 D C は 9 . 9 8 mm であり得、隙間サイズ G = ( D H - D C ) / 2 = 0 . 0 1 m m 又は 1 0 μ m になる。一方、隙間サイズ G は、下記の合体プロセスではガラスクラッド部分 1 0 の内部の相対的に大きい隙間は潰れうるので、相対的に大きくてよい。一例では、隙間サイズ G は好ましくは約 0 . 1 mm 以下（例えば、0 < G < 0 . 1 mm ）であるので、合体プロセスの間にガラス予備成形品部分 1 0 のガラス本体 1 1 の大きな歪みはない。

【 0 0 4 0 】

下記により詳細に記載するように、隙間は、真空にする時に気体の流れを支持する環状通路を形成する。各軸孔 4 0 は容積 V H = [ D H / 2 ]<sup>2</sup> ( H S ) を有する。 D H = 1 0 mm で H S = 1 0 0 mm の場合、 V H = 7 8 5 0 mm<sup>3</sup> である。一方、ケーン 5 0 の体積 V C は V C = [ D C / 2 ]<sup>2</sup> ( H S ) で与えられ、 D C = 9 . 9 8 mm の場合、 V C = 7 8 1 8 mm<sup>3</sup> である。隙間容積は V G = V H - V C であり、上記の例では 3 2 mm<sup>3</sup> であり、軸孔容積の約 0 . 4 % である。上述したように、より大きな隙間サイズ G 、従って、より大きな隙間容積 V G も使用できる。

【 0 0 4 1 】

図 2 E は図 2 D に類似し、軸孔 4 0 の全てが同じ直径 D H を有しているわけではなく、ケーン 5 0 もまた、全てが同じケーン直径 D C を有しているわけではない例を示す。図 2 C に示した例では、ケーンクラッド組立体 1 2 0 が垂直姿勢にある間、底蓋 9 0 を軸孔 4 0 内のケーン 5 0 を支持するのに使用しうる。底蓋 9 0 の一例の構成を下記により詳細に説明する。

【 0 0 4 2 】

図 3 A ~ 3 C は図 2 D の上面図に類似した上面図であるが、ガラスクラッド部分が单一のケーン 5 0 を収容する单一の軸孔 4 0 を有する例を示す。図 3 A は軸孔 4 0 が丸い断面形状を有し、ガラスクラッド部分 1 0 の中心線 A C と共に軸である例を示す。図 3 B は、軸孔 4 0 及び対応するケーン 5 0 が楕円断面形状を有する以外は図 3 A に類似する。図 3 C は図 3 B に類似し、单一の軸孔 4 0 及び対応する单一のケーン 5 0 が軸からずれている例を示す。

10

20

30

40

50

## 【0043】

予備成形品組立体

図4Aは図2Bのケーンクラッド組立体120を使用して形成された一例の予備成形品組立体150の部分展開図である。予備成形品組立体150は、ガラスクラッド部分10の上端13にある隆起したリップ20と整合する上蓋70を含む。予備成形品組立体150はまた、ガラスクラッド部分10の底端15と整合する上記の底蓋90を含む。上蓋70及び底蓋90両方はガラス、例えばガラスクラッド部分10と同じガラスから成る。

## 【0044】

一例では、上蓋70は本体71、中心軸AT、上端72、及び底端75にある底面74を有する。上蓋70はまた、上端72及び底端74において開いた軸貫通孔78を含む。一例では、軸孔78は中心軸ATと共に軸である。

10

## 【0045】

図4Bは図4Aに類似し、予備成形品組立体150は軸に沿って配列された2つのガラスクラッド部分10を使用し、それら2つの異なるガラスクラッド部分の軸ケーン孔40が軸に沿って整列する。この例では、ケーン50が2つの積み重ねられ整列したガラスクラッド部分10の整列した軸ケーン孔40を通って延在するようなケーン長さLCをケーン50は有する。従って、この例では、2つのケーンクラッド組立体120は同じケーン50を共有し、このケーンは一例では予備成形品組立体150の積み重なったガラスクラッド部分10の軸長さLSと概ね同じであるケーン長さLCを有する。従って、幾つかの実施形態では、ケーン長さLCは単一のガラスクラッド部分10の高さHSより大きい。他の例では、3つ以上のガラスクラッド部分10が結合され、適切に長いケーン50を使って予備成形品組立体150を形成する。予備成形品組立体150が積み重なったガラスクラッド部分10から成る場合、上蓋70を受け取る最上ガラスクラッド部分と底蓋90を受け取る最下ガラスクラッド部分とが存在する。

20

## 【0046】

図4A及び4Bを参照すると、一例では、底蓋90はガラス（例えば、ガラスクラッド10と同じガラス）でできており、光ファイバを引き出すための予備成形品の最終形状のためになる円錐形状を有する。底蓋90は上端93にある上面92、外面96の円錐部分95、及び底端94を含む。蓋90は上端93にある外周98を有する。一例では、上端93は平らな面92から成りうる。図示された例では、上端93は、上端93の外周98にある隆起したリップ100を含む。隆起したリップは平らな研磨された面を有し、内壁102を画定する。内壁102と上面92は凹部104を画定する。一例では、隆起したリップ100は、凹部104を外面96と接続する小さな通路101を随意に含む。任意選択の通路101の目的を下記に説明する。一例では、予備成形品組立体150の様々なガラス部品は組み立てる前に洗浄、例えば酸洗いされDI水で水洗いされる。

30

## 【0047】

予備成形品システム

図5Aは予備成形品組立体150を使って形成された一例の予備成形品システム200の斜め上から見た図である。図5Aに示した一例の予備成形品組立体150は4つのケーンクラッド組立体120と適切に長いケーン50（例えば、結合された4つのケーンクラッド組立体120の長さLSに近似した長さLCのケーン50）とを使って形成される。予備成形品システム200は真空システム210を含む。真空システム210は予備成形品組立体150に上蓋70において真空導管216を介して空気連通接続されている。予備成形品システム200は周囲空気環境230Aの中にあるとして図示されている。予備成形品組立体150は上端部分152、中央部分153、及び底端部分154を有するとして図示されている。予備成形品システム200は、本書で開示されたケーン・ベースガラス予備成形品を形成する真空ベース方法を実行するために使用される。なお、一例の予備成形品システム200は真空システムに最も近い上端部分152及び反対側の端にある底端部分154を有する。

40

## 【0048】

50

図 5 B は予備成形品組立体 150 の上端部分 152 を斜め下から見た拡大部分展開図であり、上蓋 70 が最上ケーンクラッド組立体 120 のガラスクラッド部分 10 の上端 13 のリップ 20 と整合する様子を例示する。図 5 C は予備成形品組立体 150 及びその上に動作可能に配置された上蓋 70 の上部の拡大断面図である。一例では、真空導管 216 は固定する部材 220 を使用して上蓋 70 の上端 72 に取り付けられるので、真空導管は上蓋の軸孔 78 と空気連通する。一例では、上蓋 70 及び真空導管 216 は両方ともガラスから成り、固定する部材 220 は溶着ガラスから成る。一例では、真空導管 216 は、下記に説明するように、予備成形品組立体 150 が z 方向に可動であるのを許しながら予備成形品組立体 150 を機械的に支持するように構成されている。

## 【0049】

10

図 5 B で最も良く分かる例では、上蓋 70 は底端 75 の外周にリップ 80 を備えうる。リップ 80 は底面 74 と共に凹部 84 を画定する内壁 82 を画定する。一例では、上蓋 70 のリップ 80 は、予備成形品組立体 150 の最上ケーンクラッド組立体 120 のガラスクラッド部分 10 のリップ 20 と整合する。これらの平らで微細に研削された表面は、下記に説明するように真空に引くとほぼ気密になる。

## 【0050】

図 5 C の断面図と図 5 D の全断面図で最も良く分かるように、予備成形品組立体 150 は最上ケーンクラッド組立体 120 のガラスクラッド部分 10 の軸孔 40 と最上ケーンクラッド組立体 120 のガラスクラッド部分 10 の上端 13 の凹部 24 によって形成された内部空洞 250 を含む。内部空洞 250 はまた、上蓋 70 の任意選択の凹部 84 と底蓋 90 の任意選択の凹部 104 によって部分的に画定されうる。内部空洞 250 は実際、隙間 G によって部分的に画定され、上述したように隙間 G はケーン 50 の外面 56 と軸孔 40 の内面 46 の間の隙間として画定される。従って、内部空洞 250 は比較的小さな隙間及び凹部で構成され、真空に引く時に有利である。図 5 E は図 5 D に示した例に類似した別の例を示し、ケーン 50 が底蓋 90 の上面 92 及び上蓋 70 の底面 74 に接触するのに十分な長さを有しうる。

20

## 【0051】

図 5 D の全 x z 断面図は、2つのガラスクラッド部分 10 からなる一例の予備成形品組立体 150 を示し、内部空洞 250 の例を示す。一例の内部空洞 250 はガラスクラッド部分 10 の2つの凹部 24 、ケーン 50 及びケーンが入っている軸孔 40 によって画定された隙間 G 、及び底蓋 90 の凹部 104 によって画定される。内部空洞 250 は凹部 24 と凹部 84 の間の空気路を底蓋 90 の上面 92 か或いは底蓋 90 の凹部 104 に提供するように構成されている。任意選択の通路 101 は底蓋 90 に示されていない。接触する様々な面は十分に滑らかで内部空洞に真空が印加された時に圧力差を維持できるので、内部空洞 250 は概ね封止されていると言われる。ガラスクラッド部分 10 の隆起したリップ 20 及び底蓋 90 の隆起したリップ 100 は、隣接する表面と接触する表面積の量を減らし面積当たりの力（即ち、圧力）を増加させることで封止を形成するのを助ける。

30

## 【0052】

予備成形品組立体 150 は、真空システム 210 から内部空洞 250 に真空導管 216 及び上蓋 70 の軸孔 78 を介して真空を印加することで一体として保持される。真空は内部空洞 250 から図 5 A の空気流線 218 によって示されるように空気を引き抜く。内部空洞 250 は概ね封止されているので、真空に引くことは内部空洞 250 と周囲環境 230 A の間にかなりの圧力差 P を生成する。この圧力差 P は、垂直向きで重力に抗している時、底蓋 90 、積み重ねられたケーンクラッド組立体 120 、及び予備成形品組立体 150 の上蓋 70 を一体に押し締めるように働く。一例では、完全真空と海面での通常周囲圧力との圧力差 P は、98 kg の軸方向圧縮力を 122 mm の外径 D5 及び 112 mm の内室直径を有する代表的な組立体に加える。より一般的には、圧力差はおよそ 100 kg であり得、正確な値は予備成形品組立体 150 の様々な部品の重さ及び内部室 250 の様々な部分のサイズに依存することは当業者には明らかであろう。従って、真空の印加は真空で一体として保持された（「真空で保持された」）予備成形品組立体 150 を形

40

50

成する。下記のステップで処理されるのはこの真空で保持された予備成形品 150 である。

【0053】

上述した真空導管 216 は、真空が印加された時、予備成形品組立体 150 を垂直向きに機械的に支持するのに十分な強度を有しうる。一例では、予備成形品システム 200 は予備成形品組立体 150 が図 5A に移動矢印 A R M で示されるように垂直に動きうるように構成される。これは、拡張可能な真空導管 216 を有すること、例えば、真空を維持しながら真空導管を伸縮するように制御されたやり方で互いに軸方向にスライドしうる入れ子にされ伸縮する真空パイプ（不図示）から成ることを含む当分野で既知の様々なやり方で可能にされうる。

【0054】

図 5A の例は底蓋 90 の任意選択の通路 101 を示す。この細い通路は、真空に引く時、周囲空気環境 230A 内の少量の空気が内部室 250 内に流れ込むのを許す。一例では、周囲環境は空気以外、例えば濾過された窒素又は他の不活性ガス又は塩素を含む不活性ガスであり得、内部室を乾燥させ内部室 250 から不純物を取り除き及び／又は不純物が内部室に入るのを防ぐ。

【0055】

図 5F は図 5C に類似し、ケーン 50 の上端 52 が上蓋 70 の底面 74 に接觸している予備成形品組立体 150 の一例の構成を示す。この実施形態は、真空量が軸孔 40 からケーン 50 を引き出すほど十分に強い場合に有用である。

【0056】

図 5G は図 5C 及び 5F に類似し、上蓋 70 の底面 74 が平らであり（即ち、リップ 80 が無い）内部室 250 の最上部分が最上ケーンクラッド組立体 120 のガラスクラッド部分 10 の凹部 24 によって画定される例を示す。図 5G はまた、上板 70 の広がる軸孔 78 の例を示す。軸孔 78 のこのような形状は内部室 250 を通る真空導管 216 への空気（気体）の流れを助けうる。

【0057】

図 5H は図 5E に類似し、ガラスクラッド部分 10 が真空孔 40V を含む例を示す。実際、真空孔 40V の 1 つ以上は内部室 250 の一部を成し、真空を引くのを助け、従って所望の圧力差 P を維持するのに使用されうる。少なくとも 1 つの真空孔 40V が、隙間サイズ G が十分に小さく及び／又はケーン 50 を支える軸孔 40 の数が小さく（例えば、1 つか 2 つ）、内部室 250 の追加の容積がより強い真空を引くために望まれる場合に使用されうる。真空孔 40V は、それらが空であり続け、下記に説明するように合体の間に内部室 250 の残りの領域と共に潰れるので精密形成される必要がない。一例では、真空孔 40V は円筒形でガラスクラッド部分 10 のガラス本体 11 を通って軸方向に延びる。真空孔 40V は、合体プロセス中に潰れた時、ガラスクラッド部分 10 のガラス本体 11 がほとんど歪まないように、どんな合理的な直径、形状、サイズなども有しうる。

【0058】

予備成形品組立体からガラス予備成形品を形成する

図 6A は図 5A に類似し、上部開端 302、底部開端 304、及び熱 310 が生成され概ね封じ込められる内部 306 を有する炉 300 に対して移動可能に配置された予備成形品システム 200 を示す。炉内部 306 は適宜 1 つ以上の選ばれた気体を含みうる気体 232 の炉周囲雰囲気 230F を含む。

【0059】

初めの構成の予備成形品システム 200 が示されており、予備成形品組立体 150 の底端部分 154 が炉内部 306 内にあり、ガラス予備成形品を形成するために合体プロセスを開始する。底端部分 154 は予備成形品組立体 150 の様々なガラス部品を結合する温度まで加熱される。

【0060】

通常、予備成形品組立体 150 が炉内部 306 の最も熱い部分に入ると、底蓋 90 の整合されたリップ 100 と隣接するガラスクラッド部分 10 のリップ 20 はガラスクラッド

10

20

30

40

50

部分のそれぞれの底端 15 に封止する。次に予備成形品組立体内の他の隣接する表面は徐々に外面から内方へ封止される。熱 310 が放射状に内方へ予備成形品組立体 150 の部品の厚みを通じて拡散すると共に、隣接するケーンクラッド組立体 120 間の凹部 24 と底蓋 90 に関連する凹部 104 は閉じる。予備成形品組立体が下方へ移動すると共に、ケーン 50 はその軸孔 40 内で封止し上部凹部 24 は上蓋 70 に封止する。

#### 【0061】

一例では、予備成形品組立体 150 全体が約 1100 の温度まで加熱され、炉周囲環境 230 F の気体 232 は塩素ガスを含み、真空システム 210 の印加された真空によって内部室 250 を通じて引き抜かれる。これは予備成形品組立体 150 を乾燥させ浄化するように働く。このステップでは、予備成形品組立体全体が炉内部 306 に挿入され、温度は約 1100 の上記乾燥洗浄温度に制御される。

10

#### 【0062】

次に、温度をガラス軟化温度の直ぐ上へ上昇させる。軟化温度はシリカガラスの場合、約 1400 ~ 約 1500 の範囲内である。或いは、予備成形品組立体 150 を炉内部 306 の約 1400 ~ 約 1500 以上の範囲内の温度のより熱いゾーン 306 H 内へ更に下げる。これは上述したように様々なガラス表面を封止するために行われる。このステップでは、気体 232 はヘリウム又は他の不活性ガス又は単に真空でありうる。上記温度範囲は例であり、当業者は研磨されたシリカ表面は 600 ほどの低い温度で化学的に結合されうることを理解するであろう。約 1500 で形成される結合は、かなり又は完全に硬化され、残留応力が実質的に無く、固体ガラスと同じ強度を有するので多くの場合有利でありうる。ガラス軟化温度又はその直ぐ上での合体の別の利点は、低い平坦度、研磨品質、比較的大きい隙間サイズ、及び / 又は表面汚れに拘らず、予備成形品組立体 150 の研磨された表面が変形し接触するのを許すことである。

20

#### 【0063】

図 6 B は図 6 A に類似し、炉内部 306 のより熱いゾーン 306 H 内に更に挿入された予備成形品組立体 150 を示す。白い矢印 A R C は合体プロセスが時間と共に進む様子を概略的に示す。特に、予備成形品組立体 150 が炉内部 306 を下方へ移動する時、合体プロセスは底端部分 154 から中央部分 153 へ次に続けて上端部分 152 へ上昇し、また予備成形品組立体の外面から内方へ移る。また、ガラス軟化温度の直ぐ上の温度でのガラス流は、上述したように合体前に予備成形品組立体 150 を一体に保つ圧力差 P を生成するための真空路を提供するために使用される比較的小さい隙間及び凹部から成る内部室 250 を消滅させる。

30

#### 【0064】

図 6 C は図 6 B に類似し、合体プロセス完了後に炉内部 306 にある得られたケーン・ベースガラス予備成形品（「予備成形品」）400 を示す。ガラス予備成形品 400 は 1 つ以上のケーン 50 を含み形成されているので「ケーン・ベース」予備成形品と呼ばれる。ガラス予備成形品 400 は予備成形品軸 A P を有する。

#### 【0065】

一体に保持された予備成形品組立体 150 の合体は単一のプロセスステップ、即ち、ガラス軟化温度近くでの又はその温度への又はその直ぐ上への予備成形品組立体の加熱で実行されることは注目されるべきである。この単一の加熱ステップは予備成形品組立体 150 の様々な部品の全てのガラス表面を封止する。

40

#### 【0066】

プロセスのこの時点で、ガラス予備成形品 400 は炉 300 から取り出されうる。或いは、下記のように、炉 300 がファイバ線引きシステムの線引き炉を含む場合、ガラス予備成形品 400 は直ちにファイバ線引きに使用されうる。なお、予備成形品組立体 150 を炉 300 に投入し得られたガラス予備成形品 400 を取り出すことは損傷を避けるために注意して実行されるのが好ましい。一例では炉温度を 900 に下げ、投入及び取出しプロセスは損傷を防ぐために 1 時間まで取りうる。これは、合体プロセスを線引き炉で実行してガラス予備成形品 400 を形成し、次にできた予備成形品を使ってファイバ線引き

50

プロセスを始めるのが好ましいかも知れない多くの理由の1つである。

【0067】

光ファイバを製造する

図7は上記のシステム及び方法を使って形成されたままのガラス予備成形品400を引っ張って光ファイバ（「ファイバ」）600にするための一例の光ファイバ線引きシステム（「線引きシステム」）500の概略図である。ガラス予備成形品400はシングルコア光ファイバ又はマルチコア光ファイバを形成するために使用されうる。図示の例では、8つのコアを持つマルチコア光ファイバの形成が例示として描かれている。

【0068】

ファイバ600は線引きシステム500を使用する標準の光ファイバ製造線引き技術を使って作製されうる。一例の線引きシステム500はガラス予備成形品400をガラス溶融温度まで加熱するための線引き炉502を含む。一例では、線引き炉502は、予備成形品組立体150を合体させガラス予備成形品400を形成するのに使用される炉300と同じであり、ファイバ線引きプロセスを実行するためにガラス予備成形品400を別の炉に移送する必要がない。一例では、ファイバ線引きプロセスは1800～1900の範囲内であるガラス溶融温度で実行される。

10

【0069】

線引きシステム500はまた、線引き炉502を出る、引き伸ばされた（裸の）ファイバ600Bのサイズをサイズ（直径）制御のために測定するための非接触測定センサー504A及び504Bを含む。冷却所506は測定センサー504A及び504Bの下流に位置し裸のファイバ600Bを冷却するように構成される。被覆所507は冷却所506の下流に位置し保護被覆材料507Mを裸のファイバ600Bに蒸着し被覆されたファイバ600を形成するように構成される。引張り機620は被覆所507の下流に位置する。引張り機620は被覆されたファイバ600を引っ張る表面622を有する。1組の案内ホイール530が引張り機620の下流に位置し、それぞれ表面532を有する。案内ホイール530は被覆されたファイバ600をファイバ巻取りスプール（「スプール」）550に導くように働き、被覆されたファイバ600を収納する。

20

【0070】

図7の拡大挿入図I1はガラス予備成形品400の断面図を示す。ガラス予備成形品400は、ガラス予備成形品400を形成するために使用された1つ以上のガラスクラッド部分10の本体11によって形成された予備成形品外側クラッド410を含む。ガラス予備成形品400はその中に埋め込まれ軸に沿って、即ち、予備成形品軸APに平行に延在するケーン50を含む。拡大挿入図I2に示すように、ケーン50は上記コア領域50c及び内側クラッド領域50iを含む。ケーン50の他の構成も使用されうる。予備成形品外側クラッド410はケーンの内側クラッド領域50iに又は、内側クラッド領域がケーンに含まれない場合、コア領域50cに直接隣接する外側クラッドとして働く。

30

【0071】

拡大挿入図I3は、一例ではマルチコアファイバである被覆されたファイバ600の断面図を示す。被覆されたファイバ600は、コア620がその中に埋め込まれ軸に沿って、即ち、ファイバ中心軸AFに平行に延在する、外側クラッド610を備える。拡大挿入図I4に示すように、コア620はガラス予備成形品400のケーン50によって形成され、対応するコア領域620c及び内側クラッド620iを含みうる。コア620の他の構成も使用されうる。被覆されたファイバ600は、被覆材料507Mでできた保護被覆630がその上に形成された外面626を有する。一例では、被覆材料507はポリマー又はアクリル酸塩などの非ガラス材料である。

40

【0072】

開示の態様1は

ケーン・ベース予備成形品を形成する方法であって、

真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は1つ以上の軸孔と上端と底端と前記1つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少

50

なくとも 1 つのガラスクラッド部分を備え、前記上端及び底端は実質的に封止された内部室を画定するように蓋がされている、ステップと、

真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップと

を含む方法。

【0073】

開示の態様 2 は

真空を印加する前記ステップの前に、前記予備成形品組立体を

前記少なくとも 1 つのガラスクラッド部分に穴あけして前記 1 つ以上の軸孔を形成することと、

前記 1 つ以上のケーンを前記 1 つ以上の軸孔内に動作可能に配置することと  
によって形成するステップを含み、

前記蓋をすることは、上ガラス蓋及び底ガラス蓋を前記少なくとも 1 つのガラスクラッド部分の前記上端及び底端にそれぞれ取り付けて実質的に封止された内部室を画定することを含む、態様 1 記載の方法。

【0074】

開示の態様 3 は

前記少なくとも 1 つのガラスクラッド部分は、積み重ねられそれらの前記軸孔が整列され 1 つの軸長を有する 2 つ以上のガラスクラッド部分と前記上端を画定する最も上のガラスクラッド部分と前記底端を画定する最も下のガラスクラッド部分とから成り、前記 1 つ以上のケーンはそれぞれ前記軸長に少なくとも実質的に等しいか又はより大きいケーン長を有する、態様 1 又は 2 記載の方法。

【0075】

開示の態様 4 は

前記 1 つ以上のケーンのそれぞれはガラス内側クラッド領域で囲まれたガラスコア領域を備える、態様 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【0076】

開示の態様 5 は

前記ガラスコア領域と前記ガラス内側クラッド領域のうち少なくとも一方はドープされたシリカガラスから成る、態様 4 記載の方法。

【0077】

開示の態様 6 は

前記ガラス内側クラッド領域は 1 つ以上の非ドープ又は低ドープの内側クラッド部分から成る、態様 4 又は 5 記載の方法。

【0078】

開示の態様 7 は

各ガラスクラッド部分の前記上端は隆起した外部リップによって画定された凹部を含む、態様 1 ~ 6 のいずれかに記載の方法。

【0079】

開示の態様 8 は

前記底ガラス蓋は外面と前記実質的に封止された内部室の一部を構成する凹部を画定する外周リップとを有する、態様 2 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【0080】

開示の態様 9 は

前記底ガラス蓋は 前記凹部から前記外面への通路を含み、前記通路は周囲環境からの気体が前記内部室を通って流れるのを許す、態様 8 記載の方法。

【0081】

開示の態様 10 は

前記周囲環境からの前記気体は塩素を含む、態様 9 記載の方法。

10

20

30

40

50

**【0082】**

開示の態様11は

前記真空を印加することは前記上ガラス蓋の軸孔を通って実行される、態様8～10のいずれかに記載の方法。

**【0083】**

開示の態様12は

前記真空は真空システムから前記上ガラス蓋にガラス溶着された伸縮可能な真空導管を介して提供される、態様11記載の方法。

**【0084】**

開示の態様13は

前記1つ以上の軸孔は単一の軸孔から成り、前記1つ以上のケーンは前記単一の軸孔内に存在する単一のケーンから成る、態様1～12のいずれかに記載の方法。

**【0085】**

開示の態様14は

前記一体に保持された予備成形品組立体の加熱は炉を使って実行される、態様1～13のいずれかに記載の方法。

**【0086】**

開示の態様15は

前記炉は光ファイバ線引き炉を含む、態様14記載の方法。

**【0087】**

開示の態様16は

前記ケーン・ベース予備成形品を前記線引き炉から取り出すことなく、前記線引き炉を使用して前記ケーン・ベースガラス予備成形品から光ファイバを引き出すステップを更に含む態様15記載の方法。

**【0088】**

開示の態様17は

前記実質的に封止された内部室は、前記実質的に封止された内部室の一部を画定する少なくとも1つの真空孔を備える、態様1～16のいずれかに記載の方法。

**【0089】**

開示の態様18は

各ケーンはケーン直径D<sub>C</sub>を有し、各軸孔は孔直径D<sub>H</sub> > D<sub>C</sub>を有し、前記実質的に封止された内部室は、軸孔ごとの前記孔直径と前記ケーン直径の差によって形成された隙間を含む、態様1～17のいずれかに記載の方法。

**【0090】**

開示の態様19は

前記隙間は隙間サイズ  $G = (D_H - D_C) / 2$  を有し、隙間サイズ G は  $0 < G \leq 1 \text{ mm}$  である、態様18記載の方法。

**【0091】**

開示の態様20は

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む態様1～19のいずれかに記載の方法。

**【0092】**

開示の態様21は

ケーン・ベースガラス予備成形品を形成する方法であって、本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、

前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラス

10

20

30

40

50

クラッド部分は全体積重ね長 L S、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、

1 つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記 1 つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、

ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通って真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップとを含む方法。

#### 【 0 0 9 3 】

開示の態様 2 2 は

各ケーンは、少なくとも前記積重ね長 L S と同じ位のケーン長 L C を有する、態様 2 1 記載の方法。

#### 【 0 0 9 4 】

開示の態様 2 3 は

各ケーンはガラス内側クラッド領域で囲まれたガラスコア領域を備える、態様 2 1 又は 2 2 に記載の方法。

#### 【 0 0 9 5 】

開示の態様 2 4 は

前記ガラスコア領域と前記ガラス内側クラッド領域のうち少なくとも一方はドープされたシリカガラスから成る、態様 2 3 記載の方法。

#### 【 0 0 9 6 】

開示の態様 2 5 は

前記ガラス内側クラッド領域は 1 つ以上の非ドープ又は低ドープの内側クラッド部分から成る、態様 2 3 又は 2 4 記載の方法。

#### 【 0 0 9 7 】

開示の態様 2 6 は

前記ガラス底蓋は外面と前記実質的に封止された内部室の一部を構成する凹部を画定する外周リップとを有する、態様 2 1 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

#### 【 0 0 9 8 】

開示の態様 2 7 は

前記ガラス底蓋は 前記凹部から前記外面への通路を含み、前記通路は、前記圧力差を実質的に維持しながら周囲環境からの気体が前記内部室を通って流れるのを許す、態様 2 6 記載の方法。

#### 【 0 0 9 9 】

開示の態様 2 8 は

前記周囲環境からの前記気体は塩素を含む、態様 2 7 記載の方法。

#### 【 0 1 0 0 】

開示の態様 2 9 は

前記真空を印加することは前記上蓋の軸孔を通って実行される、態様 2 1 ~ 2 8 のいずれかに記載の方法。

#### 【 0 1 0 1 】

開示の態様 3 0 は

前記真空は真空システムから前記上蓋にガラス溶着され前記上蓋の前記軸孔と空気連通

10

20

30

40

50

する伸縮可能な真空導管を介して提供される、態様 2 9 記載の方法。

【 0 1 0 2 】

開示の態様 3 1 は

前記 1 つ以上の軸孔は単一の軸孔から成り、前記 1 つ以上のケーンは前記単一の軸孔内に存在する単一のケーンから成る、態様 2 1 ~ 3 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 3 】

開示の態様 3 2 は

前記真空中で保持された予備成形品組立体の加熱は炉を使って実行される、態様 2 1 ~ 3 1 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 4 】

開示の態様 3 3 は

前記炉は光ファイバ線引き炉を含む、態様 3 2 記載の方法。

【 0 1 0 5 】

開示の態様 3 4 は

前記ケーン・ベース予備成形品を前記線引き炉から取り出すことなく、前記線引き炉を使用して前記ケーン・ベースガラス予備成形品から光ファイバを引き出すステップを更に含む態様 3 3 記載の方法。

【 0 1 0 6 】

開示の態様 3 5 は

前記実質的に封止された内部室は、前記実質的に封止された内部室の一部を画定する少なくとも 1 つの真空孔を備える、態様 2 1 ~ 3 4 のいずれかに記載の方法。

10

【 0 1 0 7 】

開示の態様 3 6 は

各ケーンはケーン直径  $D_C$  を有し、各軸孔は孔直径  $D_H > D_C$  を有し、前記内部室は、軸孔ごとの前記孔直径と前記ケーン直径の差によって形成された隙間を含む、態様 2 1 ~ 3 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 0 8 】

開示の態様 3 7 は

前記隙間は隙間サイズ  $G = ( D_H - D_C ) / 2$  を有し、隙間サイズ  $G$  は  $0 < G \leq 1 \text{ mm}$  の範囲内である、態様 3 6 記載の方法。

20

【 0 1 0 9 】

開示の態様 3 8 は

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む態様 2 1 ~ 3 7 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 1 0 】

開示の態様 3 9 は

ケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法であって、

少なくとも 1 つのガラスクラッド部分に 1 つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも 1 つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、

1 つ以上のケーンを前記 1 つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は 1 つのケーンを含む、ステップと、

40

前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空中で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む方法。

【 0 1 1 1 】

開示の態様 4 0 は

前記真空中で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空

50

で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップを更に含む態様 3 9 記載の方法。

【 0 1 1 2 】

開示の態様 4 1 は

マルチコア光ファイバを形成するためにケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法であって、

複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、

1 つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、

前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップと

を含む方法。

【 0 1 1 3 】

開示の態様 4 2 は

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱することで、前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップを更に含む態様 4 1 記載の方法。

【 0 1 1 4 】

開示の態様 4 3 は

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む態様 4 2 記載の方法。

【 0 1 1 5 】

開示の態様 4 4 は

前記合体させることは炉を使って実行され、前記引き出すことは前記炉を使って実行される、態様 4 3 記載の方法。

【 0 1 1 6 】

開示の態様 4 5 は

ケーン・ベース予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは

真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は 1 つ以上の軸孔と上端と底端と前記 1 つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少なくとも 1 つのガラスクラッド部分を備え、前記上端に上蓋が前記底端に底蓋が取り付けられている、ステップと、

真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベース予備成形製品。

【 0 1 1 7 】

開示の態様 4 6 は

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに 1 つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、

前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラス

10

20

30

40

50

クラッド部分は全体積重ね長 L S、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、

1つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記1つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、

ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通じて真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

#### 【0118】

開示の態様47は

ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品であって、該組立体製品を形成するプロセスは

少なくとも1つのガラスクラッド部分に1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、

1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は1つのケーンを含む、ステップと、

前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品。

#### 【0119】

開示の態様48は

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは態様47に記載のプロセスと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

#### 【0120】

開示の態様49は

マルチコア光ファイバを形成するためのケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品であって、該組立体製品を形成するプロセスは

複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、

1つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、

前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体

10

20

30

40

50

を形成するステップと  
を含む、ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品。

【0121】

開示の態様50は

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは  
態様49に記載のプロセスと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱することで、  
前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を  
形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

【0122】

10

添付の請求項に記載された開示の要旨と範囲から逸脱することなく、本明細書に記載した  
開示の好適な実施形態に様々な部分変更がなされることは当業者には明らかであろう  
。従って、本開示はそれら部分変更及び変形を、添付の請求項及びそれらの等価物の範囲  
内に入る場合、包含する。

【0123】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0124】

20

実施形態1

ケーン・ベース予備成形品を形成する方法であって、

真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は1つ以  
上の軸孔と上端と底端と前記1つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少  
なくとも1つのガラスクラッド部分を備え、前記上端及び底端は実質的に封止された内部  
室を画定するように蓋がされている、ステップと、

真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空  
で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステッ  
プと

を含む方法。

【0125】

30

実施形態2

真空を印加する前記ステップの前に、前記予備成形品組立体を

前記少なくとも1つのガラスクラッド部分に穴あけして前記1つ以上の軸孔を形成する  
ことと、

前記1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔内に動作可能に配置することと  
によって形成するステップを含み、

前記蓋をすることは、上ガラス蓋及び底ガラス蓋を前記少なくとも1つのガラスクラッ  
ド部分の前記上端及び底端にそれぞれ取り付けて実質的に封止された内部室を画定するこ  
とを含む、実施形態1記載の方法。

【0126】

40

実施形態3

前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は、積み重ねられそれらの前記軸孔が整列さ  
れ1つの軸長を有する2つ以上のガラスクラッド部分と前記上端を画定する最も上のガラ  
スクラッド部分と前記底端を画定する最も下のガラスクラッド部分とから成り、前記1つ  
以上のケーンはそれぞれ前記軸長に少なくとも実質的に等しいか又はより大きいケーン長  
を有する、実施形態1又は2記載の方法。

【0127】

実施形態4

前記1つ以上のケーンのそれぞれはガラス内側クラッド領域で囲まれたガラスコア領域  
を備える、実施形態1～3のいずれかに記載の方法。

【0128】

50

実施形態5

前記ガラスコア領域と前記ガラス内側クラッド領域のうち少なくとも一方はドープされたシリカガラスから成る、実施形態4記載の方法。

【0129】

実施形態6

前記ガラス内側クラッド領域は1つ以上の非ドープ又は低ドープの内側クラッド部分から成る、実施形態4又は5記載の方法。

【0130】

実施形態7

各ガラスクラッド部分の前記上端は隆起した外部リップによって画定された凹部を含む、実施形態1～6のいずれかに記載の方法。

10

【0131】

実施形態8

前記底ガラス蓋は外面と前記実質的に封止された内部室の一部を構成する凹部を画定する外周リップとを有する、実施形態2～7のいずれかに記載の方法。

【0132】

実施形態9

前記底ガラス蓋は前記凹部から前記外面への通路を含み、前記通路は周囲環境からの気体が前記内部室を通って流れるのを許す、実施形態8記載の方法。

【0133】

実施形態10

20

前記周囲環境からの前記気体は塩素を含む、実施形態9記載の方法。

【0134】

実施形態11

前記真空を印加することは前記上ガラス蓋の軸孔を通って実行される、実施形態8～10のいずれかに記載の方法。

【0135】

実施形態12

前記真空は真空システムから前記上ガラス蓋にガラス溶着された伸縮可能な真空導管を介して提供される、実施形態11記載の方法。

【0136】

30

実施形態13

前記1つ以上の軸孔は単一の軸孔から成り、前記1つ以上のケーンは前記単一の軸孔内に存在する単一のケーンから成る、実施形態1～12のいずれかに記載の方法。

【0137】

実施形態14

前記一体に保持された予備成形品組立体の加熱は炉を使って実行される、実施形態1～13のいずれかに記載の方法。

【0138】

実施形態15

前記炉は光ファイバ線引き炉を含む、実施形態14記載の方法。

40

【0139】

実施形態16

前記ケーン・ベース予備成形品を前記線引き炉から取り出すことなく、前記線引き炉を使用して前記ケーン・ベースガラス予備成形品から光ファイバを引き出すステップを更に含む実施形態15記載の方法。

【0140】

実施形態17

前記実質的に封止された内部室は、前記実質的に封止された内部室の一部を画定する少なくとも1つの真空孔を備える、実施形態1～16のいずれかに記載の方法。

【0141】

50

**実施形態 1 8**

各ケーンはケーン直径  $D_C$  を有し、各軸孔は孔直径  $D_H > D_C$  を有し、前記実質的に封止された内部室は、軸孔ごとの前記孔直径と前記ケーン直径の差によって形成された隙間を含む、実施形態 1 ~ 1 7 のいずれかに記載の方法。

**【 0 1 4 2 】****実施形態 1 9**

前記隙間は隙間サイズ  $G = (D_H - D_C) / 2$  を有し、隙間サイズ  $G$  は  $0 < G \leq 0.1 \text{ mm}$  である、実施形態 1 8 記載の方法。

**【 0 1 4 3 】****実施形態 2 0**

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む実施形態 1 ~ 1 9 のいずれかに記載の方法。

**【 0 1 4 4 】****実施形態 2 1**

ケーン・ベースガラス予備成形品を形成する方法であって、本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに 1 つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、

前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラスクラッド部分は全体積重ね長  $L_S$ 、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、

1 つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記 1 つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、

ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通って真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップとを含む方法。

**【 0 1 4 5 】****実施形態 2 2**

各ケーンは、少なくとも前記積重ね長  $L_S$  と同じ位のケーン長  $L_C$  を有する、実施形態 2 1 記載の方法。

**【 0 1 4 6 】****実施形態 2 3**

各ケーンはガラス内側クラッド領域で囲まれたガラスコア領域を備える、実施形態 2 1 又は 2 2 に記載の方法。

**【 0 1 4 7 】****実施形態 2 4**

前記ガラスコア領域と前記ガラス内側クラッド領域のうち少なくとも一方はドープされたシリカガラスから成る、実施形態 2 3 記載の方法。

**【 0 1 4 8 】****実施形態 2 5**

10

20

30

40

50

前記ガラス内側クラッド領域は 1 つ以上の非ドープ又は低ドープの内側クラッド部分から成る、実施形態 2 3 又は 2 4 記載の方法。

【 0 1 4 9 】

実施形態 2 6

前記ガラス底蓋は外面と前記実質的に封止された内部室の一部を構成する凹部を画定する外周リップとを有する、実施形態 2 1 ~ 2 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 5 0 】

実施形態 2 7

前記ガラス底蓋は 前記凹部から前記外面への通路を含み、前記通路は、前記圧力差を実質的に維持しながら周囲環境からの気体が前記内部室を通って流れるのを許す、実施形態 2 6 記載の方法。

10

【 0 1 5 1 】

実施形態 2 8

前記周囲環境からの前記気体は塩素を含む、実施形態 2 7 記載の方法。

【 0 1 5 2 】

実施形態 2 9

前記真空を印加することは前記上蓋の軸孔を通って実行される、実施形態 2 1 ~ 2 8 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 5 3 】

実施形態 3 0

20

前記真空は真空システムから前記上蓋にガラス溶着され前記上蓋の前記軸孔と空気連通する伸縮可能な真空導管を介して提供される、実施形態 2 9 記載の方法。

【 0 1 5 4 】

実施形態 3 1

前記 1 つ以上の軸孔は単一の軸孔から成り、前記 1 つ以上のケーンは前記単一の軸孔内に存在する単一のケーンから成る、実施形態 2 1 ~ 3 0 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 5 5 】

実施形態 3 2

前記真空中で保持された予備成形品組立体の加熱は炉を使って実行される、実施形態 2 1 ~ 3 1 のいずれかに記載の方法。

30

【 0 1 5 6 】

実施形態 3 3

前記炉は光ファイバ線引き炉を含む、実施形態 3 2 記載の方法。

【 0 1 5 7 】

実施形態 3 4

前記ケーン・ベース予備成形品を前記線引き炉から取り出ことなく、前記線引き炉を使用して前記ケーン・ベースガラス予備成形品から光ファイバを引き出すステップを更に含む実施形態 3 3 記載の方法。

【 0 1 5 8 】

実施形態 3 5

40

前記実質的に封止された内部室は、前記実質的に封止された内部室の一部を画定する少なくとも 1 つの真空孔を備える、実施形態 2 1 ~ 3 4 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 5 9 】

実施形態 3 6

各ケーンはケーン直径  $D_C$  を有し、各軸孔は孔直径  $D_H > D_C$  を有し、前記内部室は、軸孔ごとの前記孔直径と前記ケーン直径の差によって形成された隙間を含む、実施形態 2 1 ~ 3 5 のいずれかに記載の方法。

【 0 1 6 0 】

実施形態 3 7

前記隙間は隙間サイズ  $G = ( D_H - D_C ) / 2$  を有し、隙間サイズ  $G$  は  $0 < G$

50

0.1mmの範囲内である、実施形態36記載の方法。

【0161】

実施形態38

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む実施形態21～37のいずれかに記載の方法。

【0162】

実施形態39

ケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法であって、

少なくとも1つのガラスクラッド部分に1つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも1つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、

1つ以上のケーンを前記1つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は1つのケーンを含む、ステップと、

前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む方法。

【0163】

実施形態40

前記真空中で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空中で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップを更に含む実施形態39記載の方法。

【0164】

実施形態41

マルチコア光ファイバを形成するためにケーン・ベースガラス予備成形品組立体を形成する方法であって、

複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、

1つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、

前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む方法。

【0165】

実施形態42

前記真空中で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱することで、前記真空中で保持された予備成形品組立体を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップを更に含む実施形態41記載の方法。

【0166】

実施形態43

前記ケーン・ベースガラス予備成形品を使って光ファイバを引き出すステップを更に含む実施形態42記載の方法。

【0167】

実施形態44

10

20

30

40

50

前記合体させることは炉を使って実行され、前記引き出すことは前記炉を使って実行される、実施形態 4 3 記載の方法。

【 0 1 6 8 】

実施形態 4 5

ケーン・ベース予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは

真空を予備成形品組立体に印加するステップであって、前記予備成形品組立体は 1 つ以上の軸孔と上端と底端と前記 1 つ以上の軸孔のそれぞれ内に存在するケーンとを有する少なくとも 1 つのガラスクラッド部分を備え、前記上端に上蓋が前記底端に底蓋が取り付けられている、ステップと、

真空で保持された前記予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベース予備成形製品。

【 0 1 6 9 】

実施形態 4 6

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは本体、上端、底端、及び外周をそれぞれ有する複数のガラスクラッド部分のそれぞれに 1 つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記各上端は前記外周の周りに延在し上凹部を画定するリップを有し前記各軸孔は前記本体内の円筒形内面によって画定される、ステップと、

前記複数のガラスクラッド部分を、前記各ガラスクラッド部分内に形成された前記軸孔が軸に沿って整列するように積み重ねるステップであって、前記積み重ねた複数のガラスクラッド部分は全体積重ね長 L S、最も上のガラスクラッド部分、及び最も下のガラスクラッド部分を有する、ステップと、

1 つ以上のガラスケーンを前記複数のガラスクラッド部分の前記 1 つ以上の整列した軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各ガラスケーンと該ガラスケーンが中に存在する前記軸孔の前記円筒形内面の間に隙間が有る、ステップと、

ガラス上蓋を前記最も上のガラスクラッド部分の前記上端と整合させ、ガラス底蓋を前記最も下のガラスクラッド部分の前記底端と整合させて実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を画定するステップであって、前記内部室は前記上凹部及び前記隙間を含む、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に前記ガラス上蓋を通じて真空を印加して周囲環境に対して圧力差を生成するステップであって、前記圧力差は前記予備成形品組立体を一体に保持して真空で保持された予備成形品組立体を形成する、ステップと、

前記真空で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空で保持された予備成形品組立体を合体させてガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

【 0 1 7 0 】

実施形態 4 7

ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品であって、該組立体製品を形成するプロセスは

少なくとも 1 つのガラスクラッド部分に 1 つ以上の軸孔を形成するステップであって、前記少なくとも 1 つのガラスクラッド部分は上端及び底端を有する、ステップと、

1 つ以上のケーンを前記 1 つ以上の軸孔にそれぞれ挿入するステップであって、そのため各軸孔は 1 つのケーンを含む、ステップと、

前記上端及び底端に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記上端及び底端を前記軸孔を通して空気連通接続する、ステップと、

前記実質的に封止された内部室に真空を印加して前記実質的に封止された内部室と周囲環境の圧力差を生成して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品。

10

20

30

40

50

## 【0171】

## 実施形態48

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは実施形態47に記載のプロセスと、

前記真空中で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱して前記真空中で保持された予備成形品を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

## 【0172】

## 実施形態49

マルチコア光ファイバを形成するためのケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品であって、該組立体製品を形成するプロセスは

10

複数の軸孔をそれぞれ有する複数のガラスケーン部分を前記軸孔が整列するように積み重ねるステップであって、隣接するガラスケーン部分同士は内部空洞を形成する隆起したリップで接触し、最も上のガラスケーン部分及び最も下のガラスケーン部分が存在する、ステップと、

1つのケーンを前記各整列された軸孔に挿入し前記軸孔内に隙間を画定するステップであって、前記隙間は前記内部空洞間の空気連通を提供する、ステップと、

前記最も上の及び最も下のガラスケーン部分に蓋をして実質的に封止された内部室を有する予備成形品組立体を形成するステップであって、前記内部室は前記内部空洞及び前記隙間を含む、ステップと、

20

前記実質的に封止された内部空洞に真空を印加して真空で保持された予備成形品組立体を形成するステップと

を含む、ケーン・ベースガラス予備成形品組立体製品。

## 【0173】

## 実施形態50

ケーン・ベースガラス予備成形製品であって、該予備成形製品を形成するプロセスは実施形態49に記載のプロセスと、

前記真空中で保持された予備成形品組立体をガラス軟化点の直ぐ上まで加熱することで、前記真空中で保持された予備成形品組立体を合体させてケーン・ベースガラス予備成形品を形成するステップとを含む、ケーン・ベースガラス予備成形製品。

30

## 【符号の説明】

## 【0174】

1 0 ガラスクラッド部分

40

1 1 円筒形ガラス本体

1 2 上面

1 3 上端

1 4 底面

1 5 底端

1 6 外面

1 8 外周

2 0 リップ

2 4 凹部

4 0 軸孔

4 2 開上端

4 4 開底端

4 6 円筒形内面

5 0 ケーン

5 1 ガラス体

5 1 c コアセクション

5 1 i 内部クラッドセクション

50

5 2	上端	
5 4	底端	
5 6	外面	
7 0	上蓋	
7 1	本体	
7 2	上端	
7 4	底面	
7 5	底端	
9 0	底蓋	
9 2	上面	10
9 3	上端	
9 4	底端	
9 5	円錐部分	
9 6	外面	
9 8	外周	
1 0 0	リップ	
1 0 1	通路	
1 0 2	内壁	
1 0 4	凹部	
1 2 0	ケーンクラッド組立体	20
1 5 0	予備成形品組立体	
1 5 2	上端部分	
1 5 3	中央部分	
1 5 4	底端部分	
2 0 0	予備成形品システム	
2 1 0	真空システム	
2 1 6	真空導管	
2 3 0 A	周囲空気環境	
2 3 0 F	炉周囲雰囲気	
2 5 0	内部空洞 / 内部室	
3 0 0	炉	30
4 0 0	ガラス予備成形品	
6 0 0	光ファイバ	

## 【図面】

## 【図 1 A】

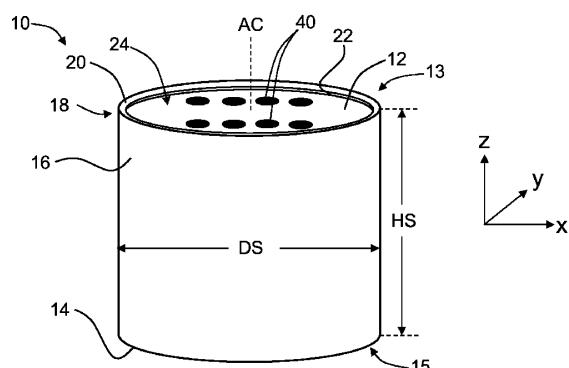


FIG. 1A

## 【図 1 B】

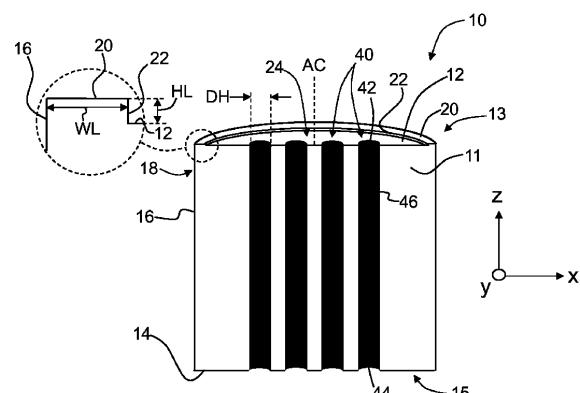
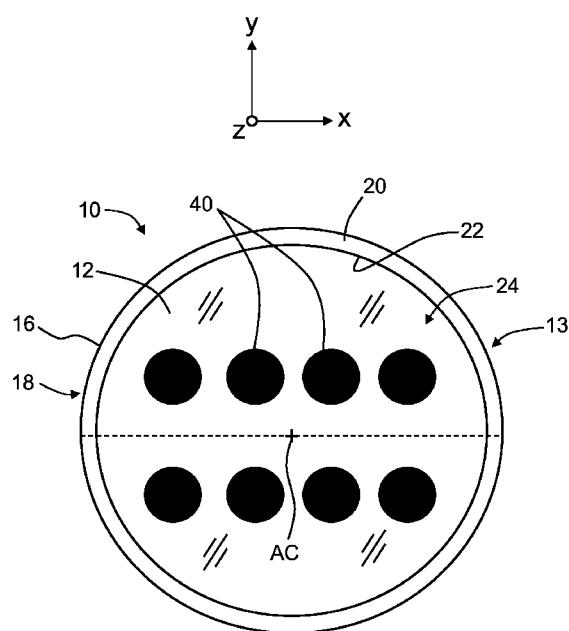


FIG. 1B

【図 1C】



【図 2A】

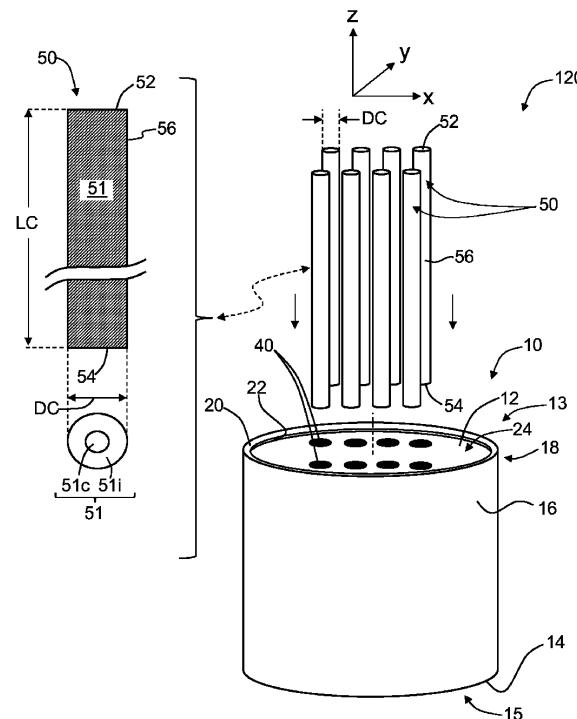


FIG. 1C

FIG. 2A

【図 2B】

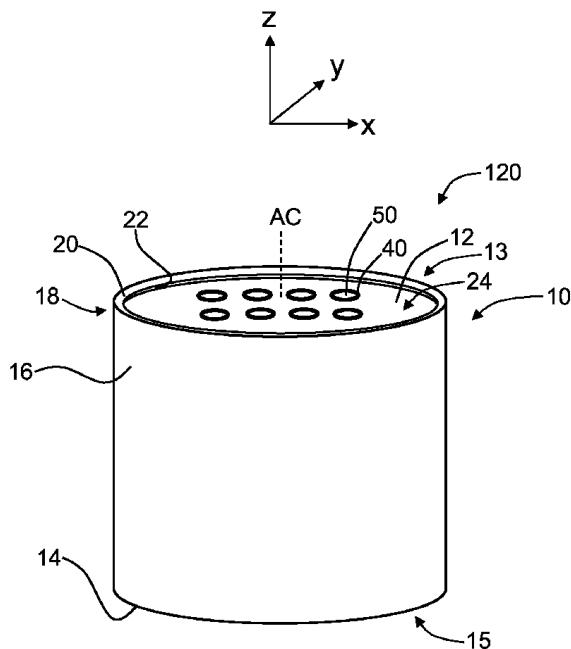


FIG. 2B

【図 2C】

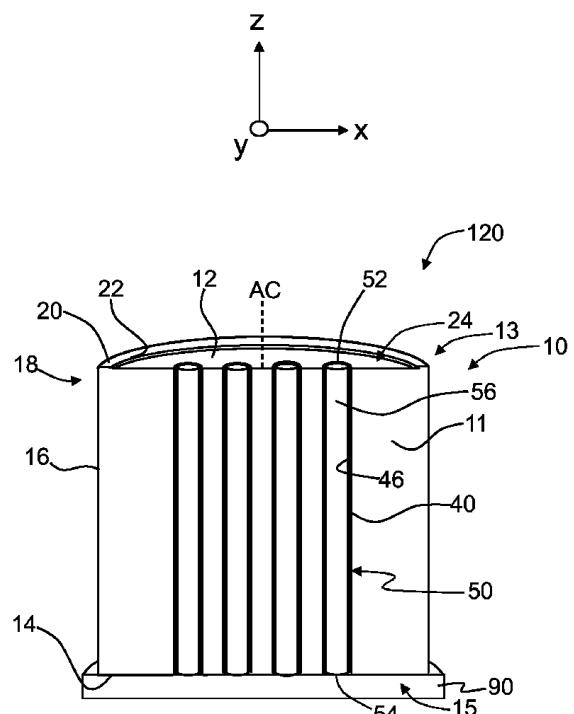


FIG. 2C

10

20

30

40

50

【図 2 D】

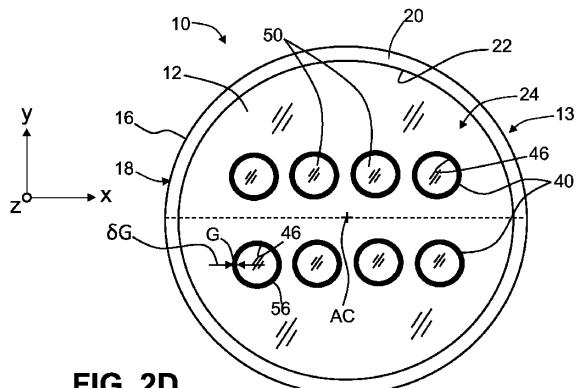
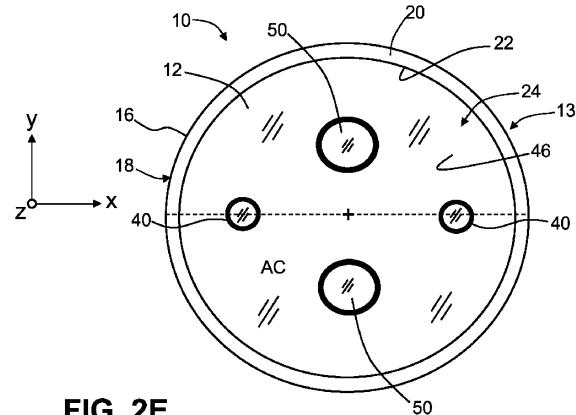


FIG. 2D

【図 2 E】



10

FIG. 2E

【図 3 A】

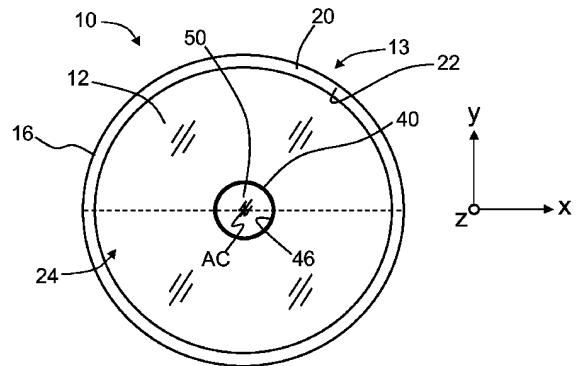
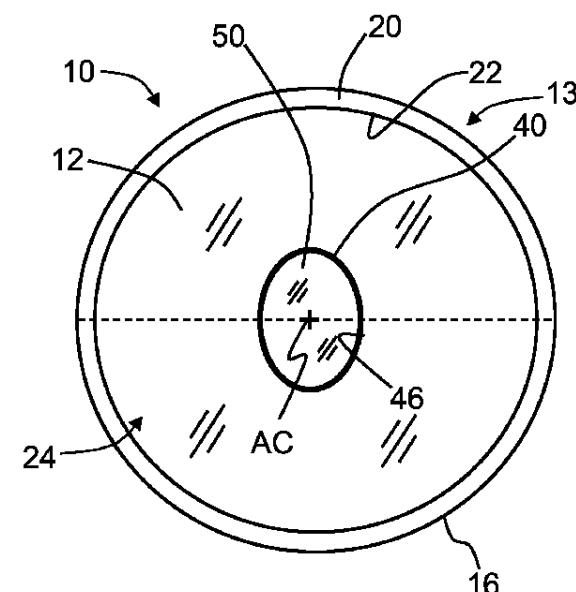


FIG. 3A

【図 3 B】



20

30

FIG. 3B

40

50

【図 3 C】

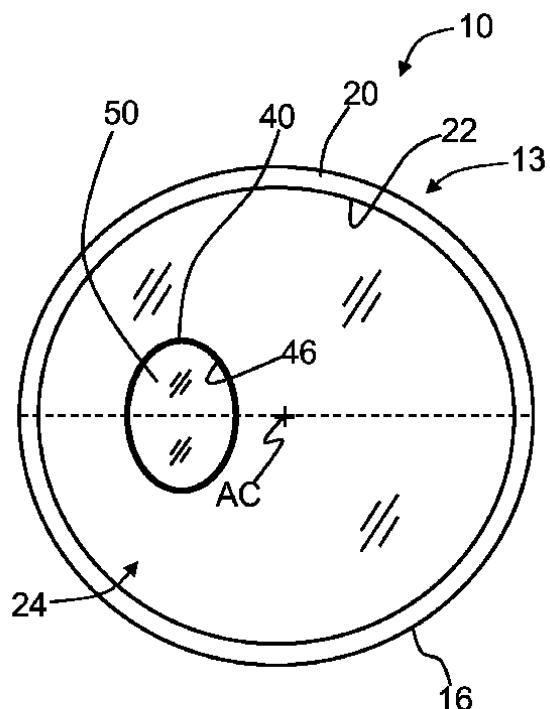


FIG. 3C

【図 4 A】

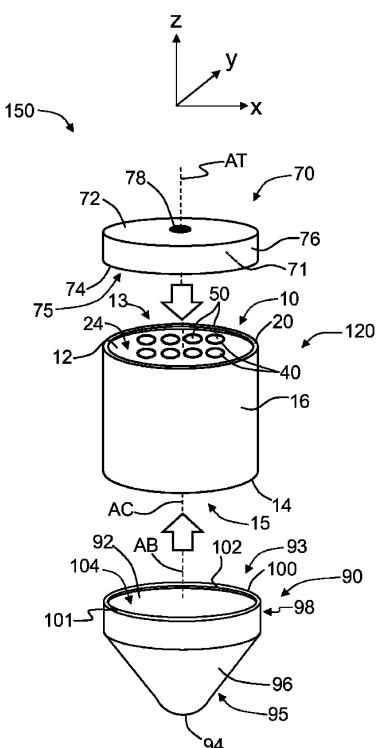
10  
20

FIG. 4A

【図 4 B】

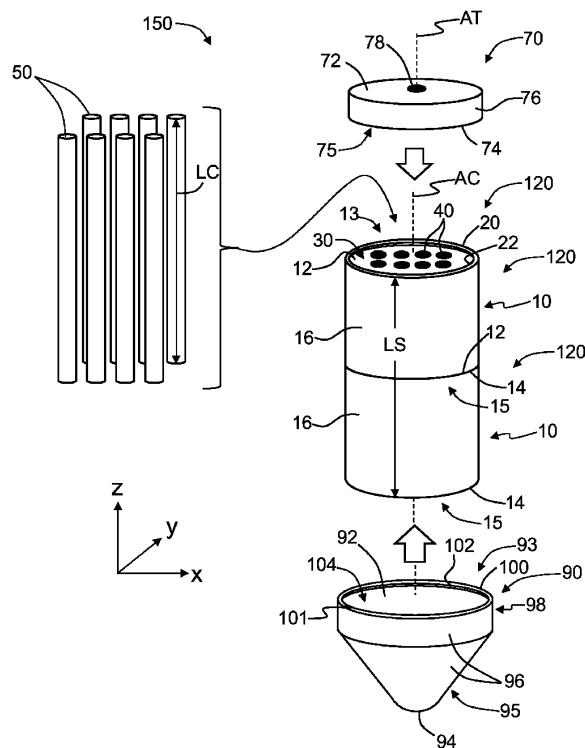


FIG. 4B

【図 5 A】

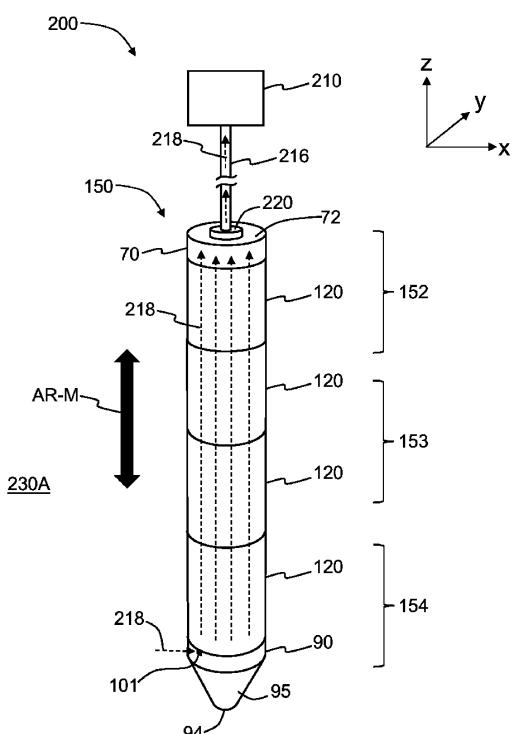
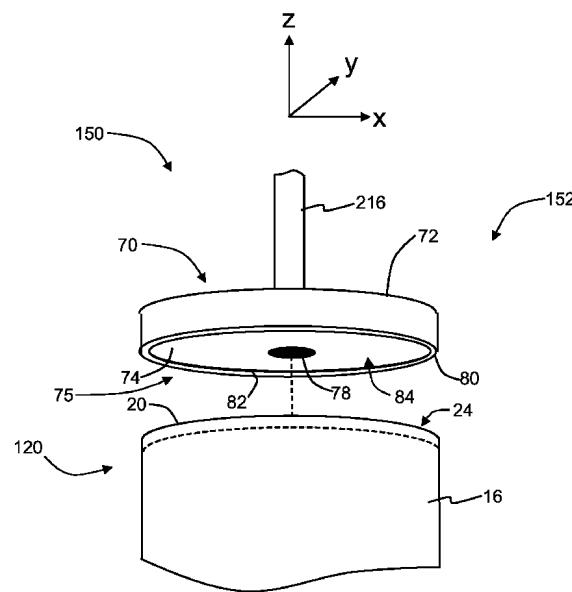
30  
40

FIG. 5A

【図 5 B】



【図 5 C】

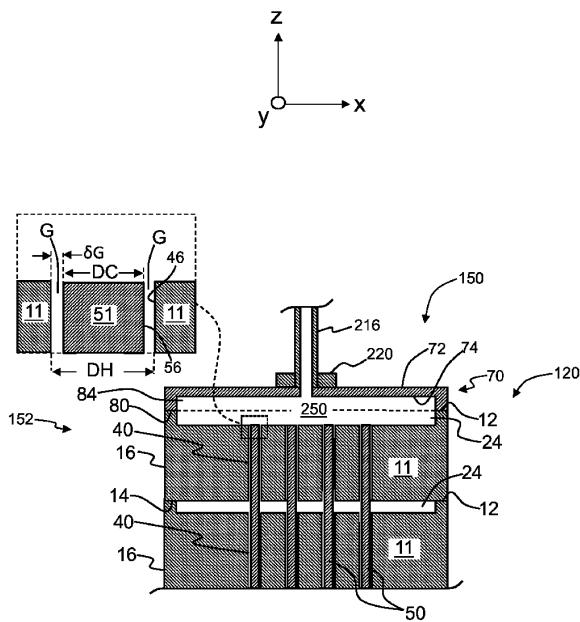


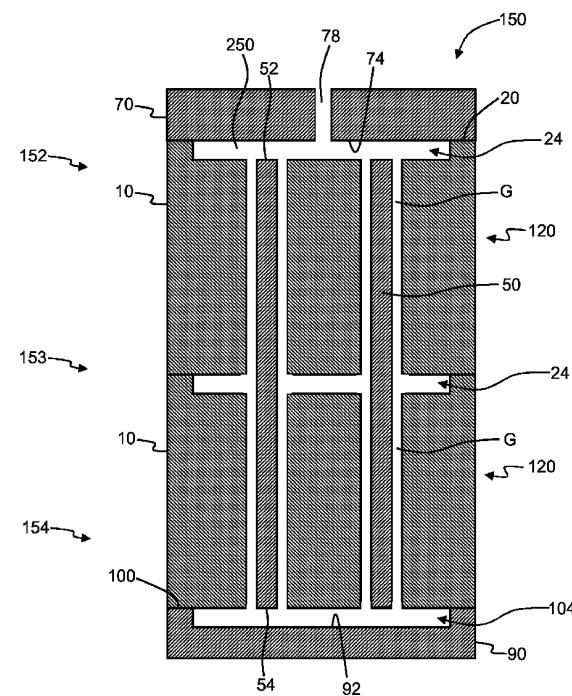
FIG. 5B

FIG. 5C

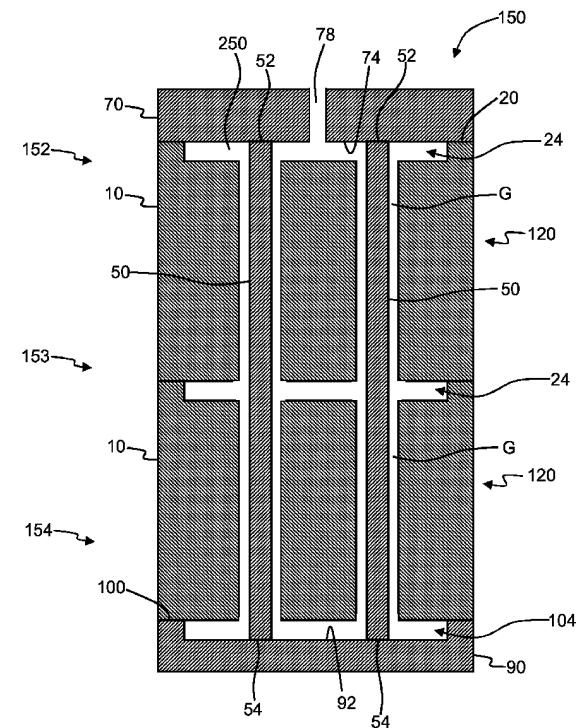
10

20

【図 5 D】



【図 5 E】



30

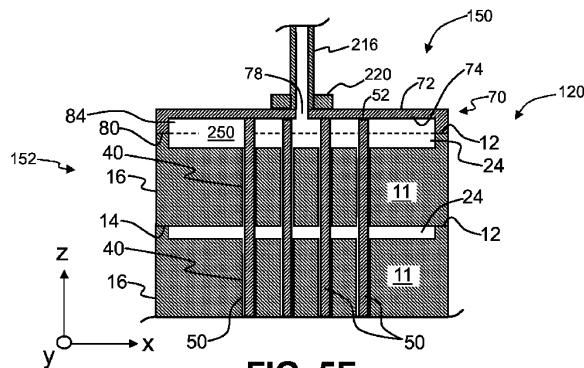
40

FIG. 5D

FIG. 5E

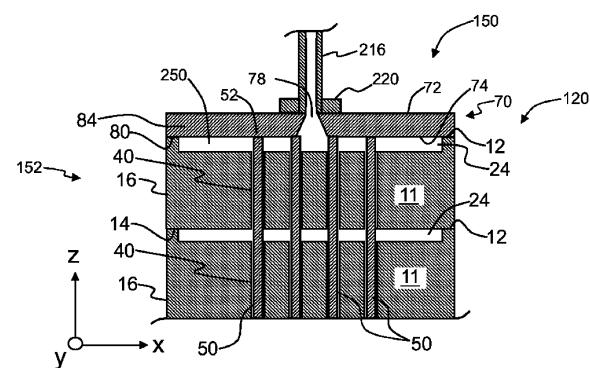
50

【図5F】



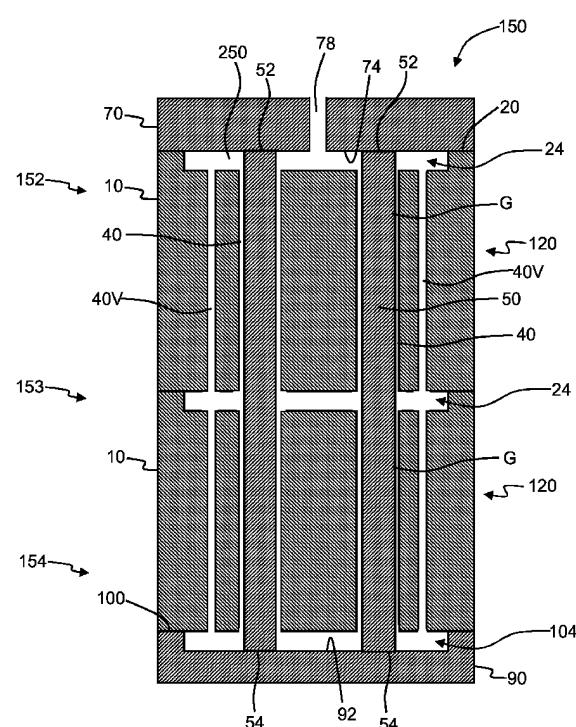
**FIG. 5F**

### 【図5G】



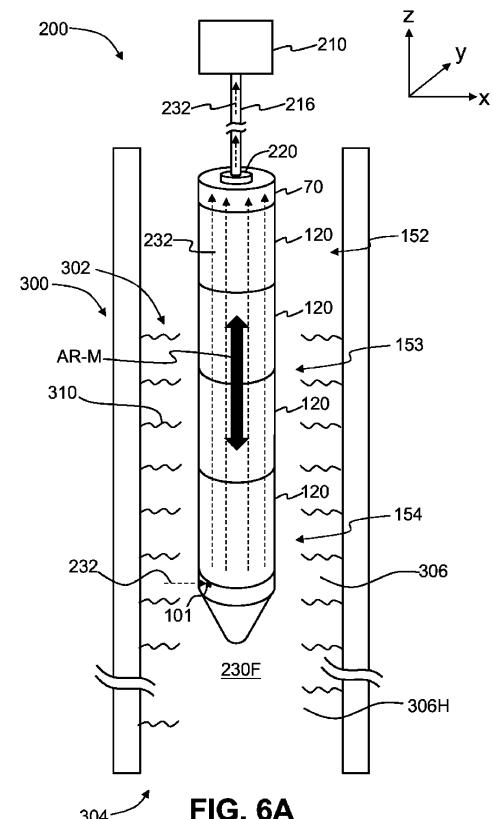
**FIG. 5G**

【図5H】



**FIG. 5H**

【図6A】



**FIG. 6A**

【図 6 B】

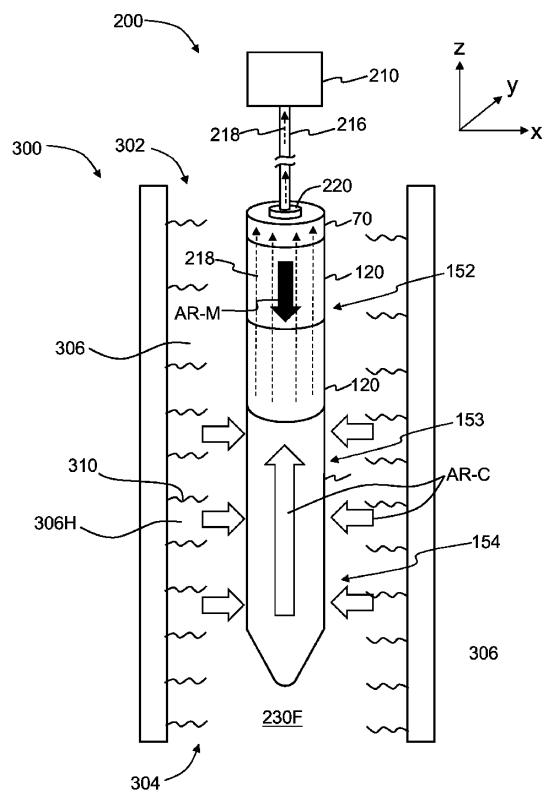


FIG. 6B

【図 6 C】

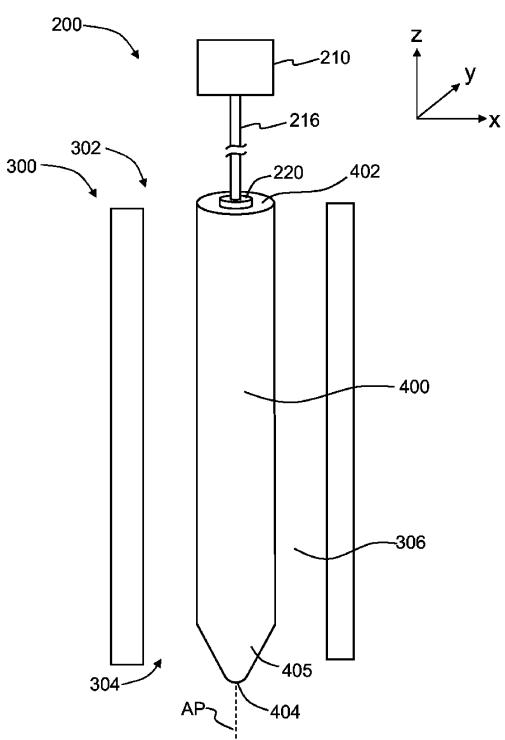
10  
20  
20

FIG. 6C

【図 7】

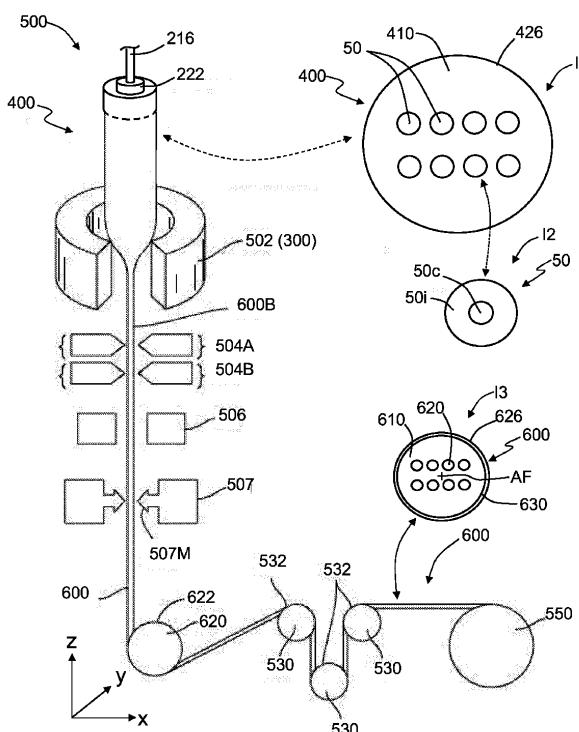


FIG. 7

30  
40

50

---

フロントページの続き

リート 11 アパートメント 303

審査官 有田 恭子

- (56)参考文献
- 特開2005-154264 (JP, A)
  - 特開2015-168597 (JP, A)
  - 米国特許出願公開第2013/0291604 (US, A1)
  - 特開2018-162170 (JP, A)
  - 特開2018-052775 (JP, A)
  - 米国特許出願公開第2004/0240817 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- C03B 37/00 - 37/16
  - G02B 6/02 - 6/08