(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7033532号
(P7033532)

(45)発行日　令和4年3月10日(2022.3.10)

(24)登録日　令和4年3月2日(2022.3.2)

(51)国際特許分類		FI		
C03B 37/012(2006.01)		C03B	37/012	A
C03B 37/027(2006.01)		C03B	37/027	Z
G02B 6/02 (2006.01)		G02B	6/02	451
G02B 6/036(2006.01)		G02B	6/02	371
		G02B	6/036	

請求項の数　25　（全48頁）

(21)出願番号　特願2018-523498(P2018-523498)
(86)(22)出願日　平成28年11月10日(2016.11.10)
(65)公表番号　特表2019-501851(P2019-501851A)
(43)公表日　平成31年1月24日(2019.1.24)
(86)国際出願番号　PCT/DK2016/050364
(87)国際公開番号　WO2017/080564
(87)国際公開日　平成29年5月18日(2017.5.18)
審査請求日　令和1年11月11日(2019.11.11)
(31)優先権主張番号　PA201570724
(32)優先日　平成27年11月10日(2015.11.10)
(33)優先権主張国・地域又は機関
デンマーク(DK)
前置審査

(73)特許権者　506179491
エヌケイティー フォトニクス アクティーゼルスカブ
ＮＫＴ ＰＨＯＴＯＮＩＣＳ Ａ／Ｓ
デンマーク国 ＤＫ－３４６０ ビルケロッド ブロッケン ８４
(74)代理人　100105957
弁理士　恩田 誠
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田 博宣
(74)代理人　100142907
弁理士　本田 淳
(72)発明者　シモンセン、ハーラル ロエーヤ
デンマーク国 ４３２０ ライレ レトレボー アレー １ホ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ファイバ母材用の母材要素

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ファイバ母材用の母材要素であって、
前記母材要素は、長さと、その長さに沿う中心軸線と、その長さによって画定される第１の端部および第２の端部と、母材要素外側表面とを有しており、前記母材要素は、バックグラウンド材料の中に複数の長手方向孔部を形成するように設けられる複数の長手方向構造体を備えており、前記母材要素は、前記母材要素外側表面から延在して前記複数の長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差するが前記母材要素と完全には交差しない少なくとも１つのスロットを備えており、前記バックグラウンド材料は、リング壁部バックグラウンド材料の形態であり、前記リング壁部バックグラウンド材料は、リング壁部内側バックグラウンド材料と、当該リング壁部内側バックグラウンド材料を同軸に取り囲むリング壁部外側バックグラウンド材料とを備えており、前記リング壁部内側バックグラウンド材料および前記リング壁部外側バックグラウンド材料の各々は、壁部厚さを有するとともに長手方向孔部を有しておらず、前記複数の長手方向構造体は、複数の長手方向構造体からなるリングの形態で前記リング壁部内側バックグラウンド材料と前記リング壁部外側バックグラウンド材料との間に閉じ込められて前記バックグラウンド材料の中に長手方向孔部のリングを形成するとともに前記母材要素の長さ方向に延在しており、好ましくは、前記バックグラウンド材料の少なくとも一部は、中実の長手方向構造体によっておよび／または中空の長手方向構造体の材料によって提供されている、母材要素。
【請求項２】

前記複数の長手方向構造体のうちの１つ以上は、複数の長手方向孔部を有する中空チューブであり、および／または、複数の長手方向孔部は、前記複数の長手方向構造体間に形成される複数の長手方向インタースペース孔部であり、前記母材要素外側表面から延在する前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの前記複数の長手方向孔部のうちの少なくとも１つおよび／または前記複数の長手方向インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差している、請求項１に記載の母材要素。

【請求項３】

前記バックグラウンド材料は、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどのガラスであり、任意選択で、前記バックグラウンド材料は、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなどの１つまたは複数の屈折率変更ドーパント、および／または、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどの１つまたは複数の活性材料ドーパントといった１つまたは複数のドーパントを含む、請求項１または２に記載の母材要素。

【請求項４】

前記複数の長手方向構造体は、前記母材要素の前記中心軸線に対して実質的に平行に配置されており、好ましくは、前記母材要素は、複数の中空チューブからなる少なくとも１つのリングを備える、請求項１～３のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項５】

前記中空チューブは、前記母材要素の前記中心軸線と実質的に平行な複数の長手方向孔部を有しており、前記中空チューブの前記複数の長手方向孔部は、好ましくは複数の孔部からなる少なくとも１つのリング、および任意選択で中央孔部、を備える所定の断面パターンで配置されている、請求項２に記載の母材要素。

【請求項６】

前記中空チューブは、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどのガラス製であり、任意選択で、前記中空チューブのガラスは、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなどの１つまたは複数の屈折率変更ドーパント、および／または、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどの１つまたは複数の活性材料ドーパントといった１つまたは複数のドーパントを含む、請求項２または５に記載の母材要素。

【請求項７】

前記母材要素は、前記中心軸線の周りの回転に関してｎ回回転対称性を有しており、ここで、ｎは５００までであり、たとえば１００までであり、たとえば５０までであり、たとえば２～２０である、請求項１～６のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項８】

前記複数の長手方向構造体は実質的に前記母材要素の全長に延在している、請求項１～７のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項９】

前記少なくとも１つのスロットは、前記母材要素外側表面から前記母材要素への半径方向内向きのカットの形態であり、前記半径方向内向きのカットは、前記中心軸線に対して実質的に垂直である、請求項１～８のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項１０】

前記少なくとも１つのスロットは、前記母材要素の前記第１の端部から所定の距離に位置し、前記所定の距離は、好ましくは、前記母材要素の長さの１／１０までであり、当該距離は、好ましくは、少なくとも０．５ｍｍ以上であり、少なくとも５ｍｍ以上であり、たとえば１ｃｍ～２０ｃｍである、請求項１～９のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項１１】

交差する前記孔部は、前記スロットから前記第１の端部までの所定の位置で閉じられており、たとえば、前記母材の前記第１の端部で、および／または、前記第１の端部を向く交差部で、および／または、それらの間の位置で閉じられている、請求項１～１０のいずれか１項に記載の母材要素。

【請求項１２】

前記母材要素は、微細構造光ファイバ用の母材の一部を形成するように適合されており、

前記母材要素は、少なくとも１つの追加の母材要素とともに組み立てられるように適合されている、請求項１～１１のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項１３】
前記母材要素外側表面から前記少なくとも１つの交差された孔部のうちの半径方向に最も外側のものまでの距離は、前記母材要素の直径の１／８未満であり、前記母材直径の、たとえば１／１０未満であり、たとえば１ｃｍ未満であり、たとえば０．５ｃｍ未満であり、たとえば３ｍｍ未満である、請求項１～１２のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項１４】
前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの複数の前記孔部と交差する環状のスロットである、請求項２に記載の母材要素。
【請求項１５】
前記母材要素は母材リング要素であり、前記母材リング要素は母材要素内側表面を有しており、前記母材要素外側表面は外側母材リング要素表面の形態であり、前記少なくとも１つの長手方向孔部と交差する前記スロットは前記母材要素外側表面から広がっており、前記少なくとも１つのスロットは前記リング壁部内側バックグラウンド材料と完全には交差していない、請求項１～１３のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項１６】
前記リング壁部内側バックグラウンド材料および前記リング壁部外側バックグラウンド材料は、互いに同じであるか、または、互いに異なる、請求項１５に記載の母材要素。
【請求項１７】
前記複数の長手方向構造体からなるリングを形成する長手方向構造体は、隣接する長手方向構造体の間にインタースペースを伴って配置されて１つまたは複数の長手方向インタースペース孔部を形成し、前記リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている前記長手方向構造体は、任意選択で、１つまたは複数の中実の構造体、たとえば、前記リング壁部バックグラウンド材料の屈折率とは異なる屈折率を有する少なくとも１つの中実の構造体を備える、請求項１５または１６に記載の母材要素。
【請求項１８】
前記リング壁部内側バックグラウンド材料および前記リング壁部外側バックグラウンド材料の一方または両方は、少なくとも一断面における、好ましくはその全長におけるいずれの断面における、環状の広がりにわたって実質的に同一の厚さを有しており、より好ましくは、前記母材リング要素は、厚さに関して、前記中心軸線の周りで実質的に円対称である、請求項１５～１７のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項１９】
前記リング壁部内側バックグラウンド材料は、前記母材要素内側表面によって画定される平均内径（ＩＤ）を有しており、前記リング壁部外側バックグラウンド材料は、前記母材要素外側表面によって画定される平均外径（ＯＤ）を有しており、少なくとも前記母材リング要素の断面におけるＩＤ／ＯＤは、０．３～０．９５であり、たとえば０．７～０．９である、請求項１５に記載の母材要素。
【請求項２０】
前記ＩＤおよび前記ＯＤは、前記母材リング要素の前記長さに沿って実質的に一定であり、好ましくは、（ＯＤ－ＩＤ）×０．５によって定義される前記母材リング要素の厚さは、０．３ｍｍ～２ｃｍであり、たとえば１ｍｍ～１ｃｍであり、たとえば、３ｍｍ～６ｍｍである、請求項１９に記載の母材要素。
【請求項２１】
前記リング壁部内側バックグラウンド材料は、中空の内側ケインの材料を備え、前記リング壁部外側バックグラウンド材料は、中空の外側ケインの材料を備える、請求項１５～２０のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項２２】
前記中空の内側ケインは内側ケイン壁部厚さを有しており、前記外側ケインは外側ケイン壁部厚さを有しており、内側ケイン壁部厚さおよび外側ケイン壁部厚さは、互いに独立し

て、１ｍｍ～１ｃｍであり、たとえば２ｍｍ～５ｍｍである、請求項２１に記載の母材要素。
【請求項２３】
前記複数の長手方向構造体は、前記リング壁部内側バックグラウンド材料および前記リング壁部外側バックグラウンド材料のリング形状に沿って横並び配列で配置されて複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリングを形成しており、このリングは、前記少なくとも１つのスロットと交差している複数の長手方向孔部を有しており、任意選択で、前記複数の長手方向構造体は、複数の長手方向構造体からなる少なくとも２つのリングたとえば複数の長手方向構造体からなる３つのリングを形成するように配置されている、請求項１５～２２のいずれか１項に記載の母材要素。
【請求項２４】
前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの実質的にすべての孔部および／またはすべての前記インタースペース孔部といった複数の孔部と交差する環状のスロットである、請求項２に記載の母材要素。
【請求項２５】
前記母材リング要素は、少なくとも３ｍｍの、たとえば少なくとも５ｍｍの、たとえば少なくとも１０ｍｍの、たとえば１５ｍｍ～５０ｍｍの内径を有している、請求項１５～２３のいずれか１項に記載の母材要素。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ファイバの少なくともある長さ部分に沿って延在する１つまたは複数の孔部を有する微細構造光ファイバに関し、特に、その製造に関する。本発明は、光ファイバ用の母材要素、および、母材要素を製造する方法を含む。
【背景技術】
【０００２】
少なくともある長さ部分に沿って延在する１つまたは複数の孔部を有する微細構造光ファイバが当技術分野において周知であり、特に、この微細構造光ファイバには以下でＰＣＦと称されるフォトニック結晶ファイバが含まれる。微細構造光ファイバは、バックグラウンド材料の中に典型的には規則的なアレイで配置されている複数の含有物（クラッディング構造または微細構造と呼ばれることもある）を有するクラッディング領域によって取り囲まれているコアを有するファイバである。含有物は、ガス、液体、または固体の含有物であり得る。原理的には、含有物は、ボイドであり得るが、実際には、ボイドは、通常、いくつかのガス分子を含むこととなる。
【０００３】
微細構造ファイバは、たとえば、シリカガラス製であり得る。その屈折率を変更するために、または、光の増幅や感度などのような効果をもたらすために、他の材料をシリカガラスに追加することがある。
【０００４】
通常、微細構造光ファイバは、所望の断面構造を有する母材（ｐｒｅｆｏｒｍ）を最初に製造し、その後、母材の材料が完全には溶融しないが十分に柔らかくするのを確実にする適切な温度で、母材からファイバを線引きすること（ｄｒａｗｉｎｇ）によって製造される。そのような方法は、たとえば、特許文献１に記載されている。母材は、複数のケインを積み重ねることによって製造され、複数のケインの各々は、長手方向軸線、第１の端部、および第２の端部を有しており、複数のケインのうちの少なくともいくつかはキャピラリであり、これらキャピラリの各々は、そのケインの長手方向軸線に対して平行でかるそのケインの第１の端部から第２の端部へ走っている孔部を有している。ケインは、積み重ね状に形成されており、ここで、それらの長手方向軸線が、互いに実質的に平行である状態で、および、積み重ねの長手方向軸線に対して実質的に平行である状態で配置されているケインが母材となる。その後に、少なくとも１つのキャピラリの孔部が第１の圧力にお

いて流体の供給源と連通している状態を維持しながら、また、第１の圧力とは異なる第２の圧力において、キャピラリの周りの圧力を維持しながら、母材がファイバへと線引きされ、線引き中における第１の圧力における孔部は、圧力差がない場合に孔部がとるサイズとは異なるサイズになる。

【０００５】

特許文献２は、微細構造ファイバを製造する方法を開示しており、その方法は、複数の長手方向孔部を有する母材を用意する工程と；孔部のうちの少なくとも１つ（しかし、すべてではない）をコネクタと嵌合し、孔部を外部圧力コントローラと接続する工程と；圧力コントローラに接続されている孔部の中のガス圧力を制御しながら、母材をファイバへと線引きする工程とを備える。この方法によって、ファイバの線引きの間に、母材の中のそれぞれの孔部を個別に対処して、その孔部の中の圧力を変化させることによって、個々の孔部のサイズが制御され得る。いくつかの孔部が同時に対処される場合には、実際のファイバの中に出現する構造が、線引きプロセスの間に変更され得る。コネクタは、複数のチャンバを有することができ、それぞれのチャンバは、外部圧力供給源に接続可能になっており、コネクタおよび母材は、長手方向孔部のうちの少なくとも第１のものがチャンバのうちの第１のものの中で終端し、長手方向孔部のうちの少なくとも第２のものがチャンバのうちの第２のものの中で終端するように、配置され得、母材は、チャンバのうちの１つまたは複数を通過するように配置されており、長手方向孔部のうちの少なくとも１つが、母材が通過するチャンバの隣に配置されているチャンバの中で終端するようになっている。

【０００６】

特許文献３は、フォトニック結晶光ファイバまたはフォトニックバンドギャップ光ファイバの製作方法を開示しており、その方法は、外径の中に、各々が母材の第１の端部から母材の第２の端部へ延在している複数の孔部を有する完全な母材を用意する工程と、少なくとも１つの半径方向内向きに延在するスロットであって、孔部のうちの少なくともいくつかと交差するが少なくとも１つの孔部とは交差していない前記スロットを母材の中に形成する工程とを備える。この方法は、スロットに第１の圧力を導入することによって、スロットと交差する孔部の中に第１の圧力を生じさせる工程と、スロットと交差していない少なくとも１つの孔部の端部に第２の圧力を導入することによって、スロットと交差していない少なくとも１つの孔部の中に第２の圧力を生じさせる工程とを備える。この方法は、第１および第２の圧力を独立して制御しながら、母材をファイバへと線引きする工程をさらに備える。

【０００７】

特許文献４は、ゾルゲル法を使用して、微細構造光ファイバ用の母材を作製する方法を開示しており、説明されている母材は、同心円状のチューブと、その同心円状のチューブ間に設置された複数のチューブおよび／またはロッドとを備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００８】

【文献】米国特許第６９５４５７４号明細書
米国特許第８２１５１２９号明細書
米国特許第７７９３５２１号明細書
国際公開第０３／０７８３３８号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

一実施形態では、母材の製造を先行技術方法よりも簡単にできる微細構造光ファイバ母材用の母材要素を提供することを目的とする。
一実施形態では、母材の製造を先行技術方法よりも経済的に有益にできる微細構造光ファイバ母材用の母材要素を提供することを目的とする。

【００１０】

一実施形態では、ファイバの長さに沿って延在する複数の孔部を有する微細構造光ファイバ用の母材要素を提供することを目的とする。
一実施形態では、長手方向孔部の直径が高い精度で制御でき、比較的簡単で、ファイバ設計の自由度を向上できる微細構造光ファイバを製造する方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１１】
これらのおよび他の目的は、特許請求の範囲で定義された本発明によって、および、本明細書で下記に説明されている実施形態によって解決される。
本発明またはその実施形態は、複数の追加の利点を有していることが見出され、それは、以下の説明から当業者に明らかになろう。
【００１２】
「半径方向の距離」という用語は、中心軸線に対して垂直な半径方向に決定される距離を意味している。「半径方向」という語句は、中心軸線から半径方向外向きの方向、または、中心軸線に向けて半径方向内向きの方向である。本明細書において、「実質的に」という用語は、通常の製造物の分散および公差が含まれていることを意味すると見なされるべきである。
【００１３】
「微細構造ファイバ」および「微細構造光ファイバ」という用語は、相互交換可能に使用されており、この文脈において、フォトニック結晶ファイバ、フォトニックバンドギャップファイバ、リーキーチャネルファイバ、ホーリーファイバなどのような、微細構造を有するファイバを包含することを意味している。微細構造光ファイバは、コア領域と、コアを取り囲むクラッディング領域とを有し、クラッディング領域は、異なる屈折率を有するいくつかの層および／またはクラッディングサブ領域を有することができ、そのようなサブ領域は、通常、内側クラッディング領域、外側クラッディング領域、および任意選択でさらなる領域と称されることがあり、ここで、内側および外側は、光ファイバ、母材、または母材要素の中心軸線からの半径方向に決定される。コア領域およびクラッディング領域という用語が母材または母材要素について使用される場合、これらの用語は、母材要素を備える母材アセンブリがファイバへと線引きされた後の領域を表す。別段の記述がない限り、屈折率は、通常、コア領域、および、コア領域を取り囲むそれぞれのクラッディング層に関して、および／または、任意選択で、それぞれのクラッディングサブ領域に関して別々に計算される平均屈折率を表している。クラッディング層は、所定の厚さを有する層として定義され、その層は、コア領域を取り囲み、そこでは、屈折率が実質的に均質になっており、または、その層が、実質的に均質な屈折率を有するベース材料、および、均一なパターンで配置された複数の微細構造を有している。
【００１４】
「約」という用語は、概して測定不確かさの中にあるものを含むために使用されている。本明細書において、「約」という用語は、範囲に関して使用されるときには、測定不確かさの中にあるものがその範囲の中に含まれていることを意味すると見なされるべきである。
【００１５】
「長手方向孔部」という用語は、孔部が、概して母材リング要素の長さに沿って延在しており、たとえば、孔部の長さに沿って、または、ある長さ部分に沿って延在していることを意味している。「孔部」という用語は、他に何かが明記されていない限り、「長手方向孔部」を意味している。
【００１６】
本明細書において使用される「含む、備える」という用語は、開放型の用語として解釈されるべきであることが強調されるべきであり、すなわち、それは、具体的に述べられている特徴、たとえば、要素、ユニット、整数、工程、コンポーネント、および、それらの組み合わせなどの存在を明記していると見なされるべきであり、１つまたは複数の他の述べられている特徴の存在または付加を除外していない。
【００１７】

明細書または特許請求の範囲の全体を通して、単数形は、別段の定めがない限り、または、文脈によって要求されていない限り、複数形を包含している。
本発明によれば、母材およびそれから線引きされるファイバの製造において、本発明による母材要素を使用することは、極めて有利であることが見出された。したがって、母材要素は、任意で追加の母材要素とともに、ビルディングブロックとして使用され得る。したがって、それによって、微細構造光ファイバおよび母材の非常にフレキシブルなおよびコスト効率の良い製造方法が提供されている。
【００１８】
特に、１つまたは複数の追加の母材要素とは別々に、本発明の実施形態による母材要素を製造することは、非常にコスト効率が良いことが見出された。その理由は、本発明の実施形態による母材要素が、交差するスロットを設けることを備える工程の間に損傷を受ける場合にも、追加の母材要素は、損傷を受けることとはならず、したがって、依然として使用され得るからである。
【００１９】
「追加の母材要素」という用語は、本発明の実施形態による母材要素に対して、追加の母材要素を意味するために使用されており、ここで、追加の母材要素は、本発明の実施形態による母材要素であってもなくてもよい。
【００２０】
「母材要素」という用語は、概して本発明の実施形態による母材要素を意味している。
さらに、長手方向孔部のうちの１つまたは複数と交差するスロットを介して、非常に有益な方式で、高い精度で、圧力制御が可能となり得るという点で、母材要素は、母材要素の長手方向孔部の中の圧力を制御する所望の方法を確保することが見出された。さらに、母材要素に起因して、母材の追加の母材要素とともに母材要素を組み立てる前に、このスロットが設けられ得る。これは、はるかに簡単である可能性がある。その理由は、母材要素は、交差するスロットを作る間に、最終的な母材アセンブリよりも、取り扱うのが簡単であり得るからであり、さらに、母材アセンブリを損傷させるリスクが低減され得る。
【００２１】
母材要素は、長さと、その長さに沿う中心軸線と、その長さによって画定される第１および第２の端部、ならびに、母材要素外側表面を有している。母材要素は、バックグラウンド材料の中に長手方向孔部を形成するように設けられる複数の長手方向構造体を備える。
母材要素は、少なくとも１つのスロットを有し、少なくとも１つのスロットは、その母材要素外側表面から延在し、長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差しており、少なくとも１つのスロットは、母材要素と完全には交差していない。
【００２２】
交差するスロットは、母材アセンブリをファイバへと線引きする間に、交差された孔部の中の圧力制御を可能にするように適合されている。母材要素は、最終的な母材を構成していないが、少なくとも１つの追加の母材要素とともに組み立てられ、母材アセンブリを形成する必要があり、光ファイバは、母材アセンブリに関して線引きされ得る。
【００２３】
下記にさらに説明されるように、母材要素は、有利には、母材中央要素または母材リング要素であり得るが、しかし、母材要素が、母材アセンブリの他のパーツ、たとえば、ハーフ母材リング要素などを形成可能であることは除外されない。
【００２４】
背景技術において説明したように、微細構造光ファイバへの母材の線引きの間に、孔部の圧力を制御することが周知である。たとえば、特許文献３（米国特許第７７９３５２１号明細書）に開示されている方法は、線引きの間に孔部圧力を制御する有利な方式を説明している。しかし、この方法は、圧力制御されることになる孔部と交差するように、最終的な母材の中に半径方向内向きに延在するスロットを設けることを必要とする。最終的な母材の高い壊れやすさに起因して、そのようなスロットを作製しようとする間に、たとえば、深くまでカットすることによって、または、母材を完全に破壊することによって、母材

が損傷を受けることが頻繁に起こる可能性がある。そのようなケースでは、特許文献３（米国特許第７７９３５２１号明細書）の方法において、全体の母材が廃棄されなければならない。

【００２５】

本発明において、スロット、たとえば、半径方向内向きに延在するスロットは、事前線引き（ｐｒｅ－ｄｒａｗｉｎｇ）の前または後に、母材要素の中に簡単に作成され得る。その段階において、母材要素は、取り扱うのがはるかに容易であり、深くカットし過ぎる任意のリスクが低減され得る。さらに、スロットのカッティングの間に母材要素が損傷を受ける場合にも、この母材要素だけ、または、カットされ得るその部分だけが廃棄されることになり、全体の母材は廃棄されることとはならない。母材要素は、後で使用するために保管される（ｓｈｅｌｖｅｄ）ように製造され得、また、本発明に起因して、最終的な母材アセンブリの製造において使用する準備ができた母材要素のストックを有することは、非常に有利である。それによって、母材要素がスロットカッティングの間に損傷を受ける場合には、それは、新しい母材要素と簡単に交換され得、それによって、いかなる遅れも、低減されるかまたは完全に回避され得る。

【００２６】

好ましくは、複数の長手方向構造体は、バックグラウンド材料の中に閉じ込められ、および／または、バックグラウンド材料の一部を形成しており、母材要素の長さ方向に延在しており、複数の長手方向構造体のうちの１つまたは複数は、長手方向孔部を形成している。バックグラウンド材料は、たとえば、中実の長手方向構造体によって、および／または、中空の長手方向構造体、たとえば、中空チューブなど、たとえば、キャピラリチューブの材料によって、完全にまたは部分的に提供され得る。

【００２７】

「中に閉じ込められている」という用語は、バックグラウンド材料を形成する下記に説明されているケインなどのような要素によって、長手方向構造体が適切な位置に機械的にロックまたは保持されていることを意味するために使用されている。

【００２８】

一実施形態では、複数の長手方向構造体のうちの１つまたは複数は、長手方向孔部を備えた中空チューブであり、および／または、長手方向孔部は、長手方向構造体間に形成された長手方向のインタースペース孔部であり、その母材要素外側表面から延在する少なくとも１つのスロットは、中空チューブの孔部のうちの少なくとも１つ、および／または、インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差している。

【００２９】

長手方向構造体、および、もしある場合には、母材要素のさらなるパーツは、原理的には、光ファイバがそれから線引きされ得る任意の材料製であり得る。適切な材料は、任意の種類のガラス、たとえば、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどを含む。

【００３０】

長手方向構造体は、原理的には、光ファイバに適用され得る任意の種類の長手方向構造体であり得る。長手方向構造体は、原理的には、母材要素の任意の長さに延在し得る。有利には、母材リング要素は、母材要素の実質的に全体の長さに延在している。

【００３１】

長手方向孔部は、１つまたは複数の中空チューブを使用することによって、および／または、隣接する長手方向構造体の間に長手方向のインタースペース孔部を形成するように、長手方向構造体を配置することによって、提供され得る。

【００３２】

一実施形態では、長手方向構造体は、１つまたは複数の中実の構造体、たとえば、ロッドなどを備える。

一実施形態では、長手方向構造体は、１つまたは複数の中空チューブ、たとえば、キャピラリチューブなどを備える。有利には、中空チューブは、ガラス、たとえば、シリカガラ

ス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどのものであり、任意選択で、中空チューブのガラスは、１つまたは複数のドーパント、たとえば、１つまたは複数の屈折率変更ドーパント（index changing dopant）など、たとえば、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなど、および／または、１つまたは複数の活性材料ドーパント、たとえば、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどを含む。

【００３３】

有利には、バックグラウンド材料は、ガラス、たとえば、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどであり、任意選択で、バックグラウンド材料は、１つまたは複数のドーパント、たとえば、１つまたは複数の屈折率変更ドーパントなど、たとえば、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなど、および／または、１つまたは複数の活性材料ドーパント、たとえば、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどを含む。

【００３４】

概して母材要素が複数の長手方向構造体を備え、複数の長手方向構造体は、母材要素中に分配されており、最終的な微細構造光ファイバに所望の光学的な機能を提供し、たとえば、クラッディングの一部に、たとえば、微細構造光ファイバの層および／またはクラッディングサブ領域などに、所望の効果的な屈折率を提供することが望ましい。

【００３５】

長手方向構造体は、好ましくは、中心軸線に対して実質的に平行になるように配置されており、好ましくは、実質的に母材要素の全長に延在している。一実施形態では、長手方向構造体は、中心軸線を螺旋状に取り囲むように配置されている。そのような母材リング要素は、ＣＣＣ（ｃｈｉｒａｌｌｙ－ｃｏｕｐｌｅｄ－ｃｏｒｅ）ファイバの製造において有利である。

【００３６】

一実施形態では、複数の中空チューブの各々は、母材要素の中心軸線に対して実質的に平行な複数の長手方向孔部を有し、各中空チューブの複数の孔部は、好ましくは複数の孔部からなる少なくとも１つのリング、および任意選択で中央孔部、を備える所定の断面パターンで配置されている。

【００３７】

一実施形態では、それぞれの中空チューブは、単一の長手方向孔部を有し、たとえば、中空チューブは、キャピラリチューブの形態である。

一実施形態では、中空チューブは、いくつかの長手方向孔部、たとえば、中空チューブの長さ方向に延在する複数の実質的に平行な孔部をそれぞれ含む。２つ以上の孔部を備えた中空チューブを適用することによって、さらに下記に説明されるように、母材要素を有する母材から微細構造光ファイバを提供することが、より簡単になり得る。一実施形態では、中空チューブは、３個以上の孔部を有している。一実施形態では、中空チューブは、６個以上の孔部、たとえば、少なくとも９個の孔部を有している。中空チューブの孔部は、有利には、複数の孔部からなる少なくとも１つのリング、および任意選択で中央孔部、を備える所定の断面パターンで配置されている。

【００３８】

本明細書において、「複数の孔部からなるリング」という語句は、複数の孔部の断面リング形状のパターンを意味するものとして解釈されるべきであり、孔部間の中間材料ブリッジが隣接する孔部を互いに分離している。換言すれば、「複数の孔部からなるリング」は、断面カットで見たときに、孔部とブリッジとが交互になって構成されている。それぞれのブリッジは、複数の孔部からなるリングにおいて２つの隣接する孔部の間の最短の距離として決定される最小幅を有している。

【００３９】

２つ以上の孔部を備えた中空チューブは、マルチ中空チューブとも称される。

一実施形態では、複数の長手方向構造体は、複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリングを備える。

【００４０】

「複数の長手方向構造体からなるリング」という語句は、リングを形成するように横並び配列で配置された、複数の中実の構造体、複数の中空チューブ、または、それらの組み合わせの形態の複数の長手方向構造体を意味するものとして解釈されるべきである。

【００４１】

一実施形態では、母材要素は、その中心軸線の周りの回転に関するｎ回回転対称性を有しており、ここで、ｎは、５００までであり、たとえば１００までであり、たとえば５０までであり、たとえば２～２０である。

【００４２】

有利には、長手方向構造体は、実質的に母材要素の全体長さに延在している。

有利には、母材要素は、スロットの形成前（ｐｅｒｆｏｒｍ）に少なくとも部分的に溶融される。

【００４３】

一実施形態では、複数の長手方向構造体のうちの少なくとも１つ、たとえば、複数の長手方向構造体のうちの少なくともすべては、中空チューブであり、および／または、母材要素は、１つまたは複数のインタースペース孔部を有し、母材要素は、少なくとも１つのスロットを有し、少なくとも１つのスロットは、その母材要素外側表面から延在しており、また、中空チューブの孔部のうちの少なくとも１つ、および／または、インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差しており、少なくとも１つのスロットが母材要素と完全には交差しないようになっている。好ましくは、少なくとも１つのスロットは、中空チューブの孔部および／またはインタースペース孔部のうちの複数と、たとえば、半分または実質的にすべてと交差する環状のスロットである。

【００４４】

実際には、スロットは、スロットが母材要素の中に作られているという相違を伴って、特許文献３（米国特許第７７９３５２１号明細書）に説明されているようなものであり得る。

【００４５】

一実施形態では、少なくとも１つのスロットは、その母材要素外側表面からの、母材要素の中の半径方向内向きのカットの形態である。スロットは、中心軸線に対して実質的に垂直であってよく、または、それは、中心軸線に対して垂直な断面平面に対して角度を有してよく、たとえば、約４５度まで、たとえば約２５度まで、たとえば約１５度までといった角度を有する、たとえば、斜めの環状のカットの形態になっていてよい。実際には、中心軸線に対して実質的に垂直になるようにスロットを準備することが、より簡単である。

【００４６】

有利には、少なくとも１つのスロットは、中空チューブの孔部のうちの複数、および／または、インタースペース孔部のすべてと交差する環状のスロットであり、好ましくは、たとえば、中空チューブの孔部の実質的にすべて、および／または、母材クラッディング領域または母材外側クラッディング領域のインタースペース孔部のすべてが前記環状のスロットと交差している。

【００４７】

母材要素は、交差されることになる所望の孔部と一緒に交差する、いくつかのスロット、たとえば、１つまたは複数のアーチ形状のスロットを有してよい。一実施形態では、母材要素は、各々が母材要素外側表面に対して少なくとも約５０度の、たとえば、８０度～約３５０度の、たとえば、約１５０度～約１８０度の円弧形状を有する複数の円弧形状のスロットを備える。複数のスロットは、たとえば、母材要素中心軸線に沿って軸線方向に変位され得る。

【００４８】

いくつかの軸線方向に変位されたスロットを母材要素に設けることによって、スロットは、母材要素の高い機械的な安定性を同時に確保しながら、比較的に多くの孔部と交差するように提供され得る。

【００４９】

一実施形態では、母材要素は、互いに対して回転変位とともに配置されている、２つ以上

の円弧形状のスロットを備える。
一実施形態では、母材要素は、特許文献３（米国特許第７７９３５２１号明細書）に説明されているような相対的な構成によって配置されている、２つ以上の円弧形状のスロットを備える。
【００５０】
スロットは、実際には、好ましくは、母材要素の第１の端部から遠過ぎない任意の位置に位置決めされ得る。したがって、母材要素の第１の端部は、圧力制御が提供されるように適合されている端部であり、また、母材要素の第２の端部は、微細構造光ファイバが線引きされるように適合されている端部である。
【００５１】
一実施形態では、少なくとも１つのスロットは、母材要素の第１の端部から所定の距離に位置決めされており、所定の距離は、母材要素の長さの１／１０までであり、距離は、好ましくは、少なくとも約０．５ｍｍ以上であり、たとえば少なくとも約５ｍｍ以上であり、たとえば約１ｃｍ以上である。述べられているように、スロットが第１の端部から離れ過ぎていないことが望まれる。その理由は、微細構造光ファイバに線引きされ得る母材要素の一部は、最大でも第２の端部からスロットへの間にあり、当然ながら、不必要に母材要素の長さを無駄にすることは望まれないからである。
【００５２】
有利には、母材要素外側表面から前記少なくとも１つの交差された孔部のうちの半径方向に最も外側のものへの距離は、母材要素直径の約１／８未満であり、たとえば、母材直径の約１／１０未満であり、たとえば、１ｃｍ未満であり、たとえば、約０．５ｃｍ未満であり、たとえば、約３ｍｍ未満である。外側表面から交差された孔部への距離を可能な限り短く維持することによって、スロットを作る間に母材要素を損傷させるリスクが極めて低減され得る。母材要素がオーバークラッディングチューブの形態の追加の母材要素とともに組み立てられるように適合されている場合に、この実施形態は、特に有用である。オーバークラッディングチューブは、母材アセンブリおよび最終的な光ファイバに機械的な強度を提供し、多くの光ファイバに関して、そのようなオーバークラッディングチューブは、低い光の漏れを確保するために必要とされ、さらに、オーバークラッディングチューブは、コア領域材料よりも低い純度、および、好ましくは、また、コア領域を直接に取り囲んでいるクラッディング材料よりも低い純度を有する、より安価なガラス材料から作製され得る。オーバークラッディングチューブは、たとえば、シリカ、または、フッ素がドープされたシリカ製であり得る。
【００５３】
一実施形態では、（中空チューブまたはインタースペース孔部から生じる）交差された孔部は、スロットから第１の端部への位置において、たとえば、母材の第１の端部において、および／または、第１の端部を向く交差部において、および／または、それらの間の位置において、閉じられる。
【００５４】
一実施形態では、交差された孔部は、そのような孔部を閉じるために作られた追加のスロットにおいて閉じられる。交差された孔部は、エポキシまたは同様のシーリング材料のような、閉鎖材料を使用することによって閉じられ得、および／または、交差された孔部が、孔部を潰すために熱を加えることによって閉じられ得る。
【００５５】
上記に述べられているように、母材要素は、有利には、母材中央要素であり得る。母材中央要素は、母材中央要素を取り囲む少なくとも１つの追加の母材要素とともに組み立てられるように適合されている。少なくとも１つの追加の母材要素は、本発明の実施形態による母材リング要素のような、追加の母材リング要素であり得る。
【００５６】
母材中央要素は、少なくとも、母材コア領域と、母材コア領域を取り囲む母材クラッディング領域とを有し、長手方向孔部を形成する複数の長手方向構造体は、母材クラッディン

グ領域に設けられる。孔部は、原理的には、好ましくは、孔部のパターンを有する断面構成によって配置され得る。有利には、孔部は、断面６角形または８角形のパターンで配置されている。

【００５７】

一実施形態では、母材クラッディング領域は、母材コア領域を取り囲む母材内側クラッディング領域と、母材内側クラッディング領域を取り囲む母材外側クラッディング領域とを有し、長手方向孔部を形成する複数の長手方向構造体は、母材外側クラッディング領域に設けられる。それによって、母材外側クラッディング領域の中の長手方向孔部は、スロットを介して、線引きの間の圧力制御を受け得る。

【００５８】

一実施形態では、複数の長手方向構造体は、母材クラッディング領域に複数の長手方向孔部からなるリングを形成するように設けられる。そのような複数の長手方向孔部からなるリングは、たとえば、母材要素を有する母材から線引きされたファイバ中に空気クラッディングを形成するように適合され得る。スロットを介して複数の孔部からなるリングに圧力制御にかけることによって、極めて正確な圧力制御が、取得され得、また、実現される空気クラッディングの空気充填ファクターは、望ましくは、高くなり得る。

【００５９】

上記に述べられているように、母材要素は、有利には、母材リング要素であり得る。母材リング要素は、有利には、少なくとも追加の母材中央要素、任意選択で、１つまたは複数の追加の母材リング要素、および、任意選択で、オーバークラッディングチューブを備える少なくとも１つの追加の母材要素とともに組み立てられるように適合されている。

【００６０】

一実施形態では、本発明の実施形態の母材リング要素は、長さとその長さに沿う中心軸線とを有するリング形状の壁部を備える。母材リング要素は、母材要素外側表面、母材要素内側表面、ならびに、その長さによって画定される第１および第２の端部を有している。母材リング要素は、リング壁部バックグラウンド材料および複数の長手方向構造体を有し、複数の長手方向構造体は、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、母材の長さ方向に延在している。

【００６１】

複数の長手方向構造体のうちの１つまたは複数は、母材リング要素の中に長手方向孔部を形成している。母材リング要素は、少なくとも１つのスロットを有し、少なくとも１つのスロットは、その母材要素外側表面から延在しており、また、長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差しており、少なくとも１つのスロットが、リング壁部と完全には交差しないようになっている。「リング形状の壁部の長さ」および「母材リング要素の長さ」という語句は、相互交換可能に使用されている。

【００６２】

母材リング要素は、母材中央要素とともに組み立てられるように適合され得、母材中央要素は、微細構造光ファイバに線引きされるための最終的なファイバ母材のコア部を備える。

【００６３】

本発明の実施形態の（追加の）母材中央要素および（追加の）母材リング要素を別々に製造することによって、はるかに簡単な製造が取得され得、また、母材要素は、比較的に長い長さで製造され得、所望の長さにカットされ得、選択される母材中央要素とともに後に使用するために貯蔵され得る。

【００６４】

母材リング要素は、有利には、中空の外側ケインの内側に中空の内側ケインを配置することによって、および、内側ケインと外側ケインとの間に長手方向構造体を配置することによって提供され得る。

【００６５】

リング壁部バックグラウンド材料は、任意の屈折率を有してよく、ドープされていてもよいし、ドープされていなくてもよい。

一実施形態では、リング壁部バックグラウンド材料には、たとえば内側ケインによって提供される、リング壁部内側バックグラウンド材料、および、たとえば外側ケインによって提供される、リング壁部外側バックグラウンド材料が含まれ、内側および外側バックグラウンド材料は、同じでもよくまたは互いに異なっていてもよい。内側および外側バックグラウンド材料は、たとえば、屈折率、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌといった屈折率変更ドーパント、および／または、希土類元素ＥｒまたはＹｂといった活性材料ドーパントの点で互いに異なっていてもよい。

【００６６】

一実施形態では、内側および外側バックグラウンド材料は、実質的に、活性材料ドーパントがない。

一実施形態では、内側リング壁部内側バックグラウンド材料は、フッ素がドープされたシリカであり、外側バックグラウンド材料は、シリカがドープされていない。

【００６７】

母材リング要素の要素、すなわち、リング壁部バックグラウンド材料および長手方向構造体を形成する要素は、原理的には、光ファイバがそれから線引きされ得る任意の材料製であり得る。適切な材料には、任意の種類のガラス、たとえば、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせが含まれる。

【００６８】

リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている長手方向構造体は、原理的には、光ファイバに適用され得る任意の種類の長手方向構造体であり得る。長手方向構造体は、原理的には、母材リング要素の任意の長さに延在してよい。有利には、母材リング要素は、母材リング要素の実質的に全体の長さに延在している。

【００６９】

概して、母材リング要素が複数の長手方向構造体を備え、複数の長手方向構造体は、母材リング要素のリング形状の壁部に分配されており、最終的な微細構造光ファイバに所望の光学的な機能をもたらし、たとえば、クラッディングの一部に、たとえば微細構造光ファイバの層および／またはクラッディングサブ領域に、所望の効果的な屈折率をもたらすことが望まれている。

【００７０】

長手方向構造体が複数の長手方向構造体からなるリングに配置されている実施形態では、複数の長手方向構造体からなるリングは、接触している複数の長手方向構造体からなるリングを含み、そこでは、長手方向構造体は、それらの長さに沿って、隣接する長手方向構造体と接触している構成で配置されている。複数の長手方向構造体からなるリングは、代替的に、非接触の複数の長手方向構造体からなるリングであり、そこでは、長手方向構造体は、それらがそれらの長さに沿って隣接する長手方向構造体に接触していない構成で配置されており、それによって、インタースペース孔部を形成している。

【００７１】

本明細書において、「インタースペース孔部」という用語は、隣接する長手方向構造体の間に提供される長手方向孔部を指すために使用されている。

距離構成体は、有利には、長手方向構造体の距離を制御するために、母材要素の長さに沿って、２つ以上の位置において配置されている。一実施形態では、少なくとも１つの距離構成体は、母材要素のそれぞれの端部に配置されており、たとえば、長手方向構造体間に配置されているブラインド要素の形態になっており、長手方向構造体間に所望の距離を提供し、母材要素の長手長さ方向に延在する、好ましくは、ブラインドを除く母材要素の全体の長さに延在する、インタースペース孔部を形成している。ブラインドは、たとえば、シリカロッドのある部分であり得る。原理的には、ブラインドは、任意の長さを有してよいが、有利には、ブラインドは、不必要な材料を無駄にしないために、比較的に短くなるように選択される。同時に、ブラインドは、有利には、母材リング要素の高い安定性を確保するのに十分に長くなっているべきである。ブラインドの長さは、たとえば、母材長さの５０％までである。実際には、ブラインドは、距離要素として位置するのに依然として

十分に大きくなっていながら、可能な限り短くなっていてよい。

【００７２】

一実施形態では、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている長手方向構造体は、中実の構造体を含む。中実の構造体は、有利には、リング壁部バックグラウンド材料の屈折率とは異なる屈折率を有する中実の構造体である。中実の構造体は、シリカなどのような、リング壁部バックグラウンド材料と同じ材料のものであってもよく、または、リング壁部バックグラウンド材料とは異なる材料であってもよく、また、それは、たとえば、異なる屈折率を有するようにドープされていてもよい。一実施形態では、母材リング要素は、中実の複数の長手方向構造体からなるリングを含み、中実の長手方向構造体のうちの少なくともいくつかは、リング壁部バックグラウンド材料の屈折率とは異なる屈折率を有している。

【００７３】

一実施形態では、複数の中実の構造体からなるリングは、非接触の複数の中実の構造体からなるリングを含み、そこでは、複数の中実の構造体は、それらがそれらの長さに沿って隣接する中実の構造体と接触していない構成で配置されており、それによって、上に説明したようなインタースペース孔部を形成している。距離構成体は、有利には、隣接する中実の構造体の間の距離を制御するために、母材リング要素の長さに沿って、２つ以上の位置に配置され得、それによって、長手方向のインタースペース孔部のサイズを画定している。

【００７４】

母材リング要素が、異なる屈折率を有するリング壁部内側バックグラウンド材料およびリング壁部外側バックグラウンド材料を含む実施形態では、好ましくは、中実の長手方向構造体のうちの少なくともいくつかは、リング壁部内側バックグラウンド材料およびリング壁部外側バックグラウンド材料のうちの少なくとも１つとは異なる屈折率を有している。リング壁部内側バックグラウンド材料およびリング壁部外側バックグラウンド材料は、有利には、さらに下記に説明されているように、中空の内側ケインおよび中空の外側ケインによって提供され得る。

【００７５】

一実施形態では、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている長手方向構造体は、中空チューブの長さに沿って、および、好ましくは、母材リング要素の長さに沿って延在する孔部、すなわち、長手方向孔部を有する少なくとも１つの中空チューブを備える。中空チューブは、好ましくは、母材リング要素の中心軸線に実質的に平行である。

【００７６】

好ましくは、母材要素、たとえば、母材中央要素または母材リング要素は、複数の中空チューブからなるリングを備える。

たとえば、孔部が、その端部のうちの一方または両方において、および／または、さらに下記に説明されているように、スロットにおいて、閉じられ得ることを除いて、中空チューブの１つまたは複数の孔部は、好ましくは、実質的に、中空チューブの全長に延在している。

【００７７】

「複数の中空チューブからなるリング」という語句は、たとえば、リング形状の壁部に対応して、横並び配列で配置されている複数の中空チューブを意味するものとして解釈されるべきであり、たとえば、複数の中空チューブからなるリングが、リング形状の壁部と同心円状になっており、または、代替的に、６角形または８角形の配置になっている。

【００７８】

一実施形態では、複数の中空チューブからなるリングは、接触している中空チューブを含み、そこでは、中空チューブは、それらの長さに沿って、隣接する中空チューブと接触している構成で配置されている。複数の中空チューブからなるリングは、代替的に、非接触の複数の中空チューブからなるリングであり、そこでは、中空チューブは、それらがそれらの長さに沿って隣接する中空チューブに接触していない構成で配置されており、それに

よって、長手方向のインタースペース孔部を形成している。たとえば上記に説明されているように、距離構成体が、有利には、中空チューブの距離を制御するために、母材リング要素の長さに沿って、２つ以上の位置に配置され得、それによって、長手方向のインタースペース孔部のサイズを画定している。

【００７９】

一般的に、長手方向孔部は、同じ断面形状を有していてもよく、または、異なる断面形状を有していてもよい。

母材要素が中空チューブの孔部およびインタースペース孔部から生じる孔部を有する実施形態では、中空チューブ孔部およびインタースペース孔部は、そのサイズおよび断面形状が同じでもよく、または、異なっていてもよい。それによって、大きい設計の自由が取得され得る。

【００８０】

一実施形態では、母材リング要素は、中空チューブ、たとえば、マルチ中空チューブを含み、中空チューブは、たとえば、上記に議論されている材料のような、１つまたは複数のリング壁部バックグラウンド材料と同じまたは異なる材料製であり得る。

【００８１】

長手方向構造体は、原理的には、任意の断面周辺部、たとえば、丸形、方形、または、任意の数の角度を備えたものを有してよい。母材要素が、下記に説明されているように、溶融および／または事前線引きされる場合に、長手方向構造体は、所定の断面周辺部を有するように変形され得、所定の断面周辺部は、母材要素が母材リング要素である場合に、おおよそ方形または矩形であり、また、母材要素が母材中央要素である場合に、おおよそ方形、６角形、または８角形である。

【００８２】

一実施形態では、長手方向構造体は、複数の長手方向構造体からなるリングで配置されており、各長手方向構造体は、大きいクロス寸法（ｃｒｏｓｓ　ｄｉｍｅｎｓｉｏｎ）および短いクロス寸法を有するおおよそ矩形になっており、好ましくは、長手方向構造体は、それらのそれぞれの大きいクロス寸法が実質的に半径方向になっている状態で配置されている。

【００８３】

母材要素が母材リング要素である実施形態では、リング壁部は、母材要素内側表面から母材要素外側表面へ決定される任意の厚さを有してよい。実際には、リング壁部の厚さは、リング形状の環状の延在に沿って、異なっていてもよく、または、同じでもよい。好ましくは、リング壁部厚さは、その長さに沿って実質的に均一になっており、それは、母材リング要素を１つまたは複数の追加の母材要素とともに最終的な母材アセンブリに組み立てること、および、母材アセンブリから微細構造光ファイバに線引きすることを、より簡単にする。

【００８４】

一実施形態では、リング壁部は、少なくとも断面において、好ましくは、その全体の長さにおいて、その環状の延在に沿って、実質的に同一の厚さを有しており、より好ましくは、母材リング要素は、厚さに関して、その中心軸線において実質的に円形対称的である。

【００８５】

リング壁部は、母材要素内側表面によって画定される平均内径（ＩＤ）、および、母材要素外側表面によって画定される平均外径（ＯＤ）を有している。

平均内径（ＩＤ）および平均外径（ＯＤ）は、任意のサイズを有してよく、ここで、ＯＤ＞ＩＤである。実際には、平均内径（ＩＤ）は、有利には、小さくなり過ぎないべきである。母材中央要素とともに組み立てられることになる母材リング要素の平均内径（ＩＤ）が、大き過ぎる平均内径（ＩＤ）を有する場合には、母材リング要素は、所望の平均内径（ＩＤ）を取得するように事前線引きされ得る。

【００８６】

一般的に、平均内径（ＩＤ）は、少なくとも約１ｍｍ、たとえば、少なくとも約２ｍｍ、

たとえば少なくとも約３ｍｍ、たとえば、少なくとも約５ｍｍ、たとえば、少なくとも約８ｍｍであることが望まれる。

【００８７】

平均内径（ＩＤ）および平均外径（ＯＤ）は、有利には、母材リング要素の長さに沿って実質的に一定であり、好ましくは、（ＯＤ－ＩＤ）×０．５によって定義される母材リング要素の厚さは、約０．３ｍｍ～約２ｃｍであり、たとえば、約１ｍｍ～約１ｃｍであり、たとえば、約３ｍｍ～約６ｍｍである。

【００８８】

実際には、好ましくは、母材リング要素の少なくとも１つの断面におけるＩＤ／ＯＤが、約０．３～約０．９５であるように、たとえば、約０．７～約０．９であるように、ＩＤおよびＯＤの相対的なサイズが選択される。

【００８９】

一実施形態では、リング壁部は、中空の内側ケインと、中空の外側ケインと、内側ケインと外側ケインとの間に閉じ込められている複数の長手方向構造体とを備える。

一実施形態では、リング形状の壁部バックグラウンド材料の中の適切な場所に、たとえば、中空の内側ケインと中空の外側ケインとの間に保持されることによって、長手方向構造体は閉じ込められている。長手方向構造体が閉じ込め状態から滑り出るいかなるリスクもなしに、母材リング要素の安全な取扱いを確保するために、長手方向構造体は、母材リング要素の一方または両方の端部において、および／または、母材リング要素の一部において位置決めされた保持構成体によって、適切な位置に保持され得、たとえば、長手方向構造体およびリング形状の壁部バックグラウンド材料は、一緒に溶融され得る。保持構成体は、同時に、任意選択の孔部を閉じる役割を果たしてよく、および／または、上記に説明されているような距離構成体としての役割を果たしてよい。

【００９０】

中空の内側ケインおよび中空の外側ケインは、同じか異なるケイン壁部厚さを有してよく、また、それらは、同じか異なる材料製であってよく、および／または、同じか異なる屈折率を有してよい。

【００９１】

一実施形態では、中空の内側ケインは、内側ケイン壁部厚さを有しており、外側ケインは、外側ケイン壁部厚さを有しており、内側ケイン壁部厚さおよび外側ケイン壁部厚さは、互いに独立して、約１ｍｍ～約１ｃｍであり、たとえば、約２ｍｍ～約５ｍｍである。

【００９２】

中空の内側ケインは、内側ケイン平均内径（ＩＣＩＤ）および内側ケイン平均外径（ＩＣＯＤ）を有しており、中空の外側ケインは、外側ケイン平均内径（ＯＣＩＤ）および外側ケイン平均外径（ＯＣＯＤ）を有している。

【００９３】

ＩＣＩＤ／ＩＣＯＤおよびＯＣＩＤ／ＯＣＯＤは、好ましくは、互いに独立して、約０．３～約０．９５であり、たとえば、約０．７～約０．９である。

説明されているように、母材要素は、追加の母材要素とともに組み立てられる前に、所望の内径に事前線引きされ得る。したがって、母材要素が母材リング要素である場合に、母材リング要素の内径および外径の相対的なサイズ、ならびに、内側および外側ケインの相対的なサイズは、実際のサイズよりも重要であり、また、有利には、母材リング要素は、実際に最終的な母材における使用に関して必要とされることが予期されるものよりも大きい内径で、最初に製造される。

【００９４】

追加の母材要素とともに組み立てられることになる母材要素は、原理的には、取扱い可能な任意の長さを有してよく、一般的に、母材要素は、たとえば、事前線引きの後に、組み立てられるためのその状態において、約５０ｃｍから約１５０ｃｍの長さを有することが望まれる。一実施形態では、母材要素は、約１．５ｍまでの、たとえば約１ｍまでの、たとえば約０．５ｍまでの長さを有するように最初に製造される。その後に、母材要素は、

より大きい長さを有するように事前線引きされ得、事前線引きの後または間に、それは、より短い長さのいくつかの母材要素へカットされ、および／または、最初に製造された母材要素が、より短い長さの、たとえば、それぞれ５０～１５０ｃｍのいくつかの母材要素へカットされ、その前に、それぞれのより短い長さの母材要素が、最終的な母材アセンブリのために追加の母材要素とともに組み立てられる前に、事前線引きされ得る。

【００９５】

一実施形態では、母材リング要素は、少なくとも約５ｍｍの、たとえば、少なくとも約１０ｍｍの、たとえば、約１５ｃｍ～約５ｃｍの、または、さらには１０ｃｍの内径を有している。

【００９６】

一実施形態では、母材リング要素のリング壁部は、厚さに関して完全な回転対称性を有している。実際には、そのような母材リング要素を取り扱うのは、より簡単である。その理由は、それらは、追加の母材要素とともに組み立てるのにより簡単であるからである。

【００９７】

代替的に、母材リング要素のリング壁部は、厚さに関して、その中心軸線においてｎ回回転対称性を有することが可能であり、ここで、ｎは、５００までであり、たとえば１００までであり、たとえば５０までであり、たとえば２～２０である。実際には、その中心軸線に対してｎ回回転対称性を有する母材リング要素のリング壁部は、上限で１０回回転対称性を有し、たとえば、６～９回回転対称性を有していることが望まれる。

【００９８】

有利には、母材リング要素は、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている複数の長手方向構造体を備え、長手方向構造体は、好ましくは、母材リング要素の実質的に全体長さに延在している。

【００９９】

一実施形態では、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている長手方向構造体は、材料および／または形状および／またはサイズが同じかまたは異なっている。

有利には、母材リング要素は、複数の長手方向構造体からなる１つのまたは複数のリングを備え、複数の長手方向構造体からなるそれぞれのリングは、同じ外側寸法を有しており、それによって、たとえば、複数の長手方向構造体からなるリングを中空の内側ケインと中空の外側ケインとの間に閉じ込めることによって、母材リング要素を組み立てることを相対的に簡単にする。複数の長手方向構造体からなるリングにおける長手方向構造体は、任意選択で、互いに異なっていてもよい。一実施形態では、複数の長手方向構造体からなるリングにおける長手方向構造体は、交互になっている中実の構造体および中空チューブを備える。一実施形態では、複数の長手方向構造体からなるリングにおける長手方向構造体は、交互になっている大きい孔部直径および小さい孔部直径を有する、中空チューブを備える。

【０１００】

一実施形態では、複数の長手方向構造体は、リング形状の壁部の環状の延在に沿って、横並び配列で配置され、複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる２つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる３つのリングを形成している。複数の長手方向構造体からなる２つ以上のリングを有する場合には、最終的な母材アセンブリを簡単な方式で準備するために、さらにより多くの自由度をもたらし、したがって、母材リング要素は、クラッディング領域の大きいパーツ、たとえば、内側クラッディング、外側クラッディング、または、それらのパーツを提供するために、または、母材リング要素を有する母材から線引きされる最終的な微細構造光ファイバのクラッディングのすべてを提供するために使用され得る。

【０１０１】

母材リング要素が複数の長手方向構造体からなる２つ以上のリングを備える実施形態では、複数の長手方向構造体からなる２つ以上のリングは、有利には、回転方向にオフセットされており、それは、長手方向構造体を中空の外側ケインと中空の内側ケインとの間に配

置させることを、より簡単にする。簡単な組み立てのために、長手方向構造体は、上記に説明されているように、角のある外側形状、たとえば、方形または矩形、または、単一の平面的な側部を備えた形状を有することが可能である。

【０１０２】

一実施形態では、母材リング要素は、複数の長手方向構造体からなる最大で２つのリングを備える。

本発明は、母材要素が少なくとも１つの中空チューブおよび／または少なくとも１つのインタースペース孔部を有する場合に特に有益である。母材要素に起因して、中空チューブのそのような孔部、および、そのようなインタースペース孔部は、そのような母材リング要素を備える最終的な母材を光ファイバに線引きする間に、簡単な方式で制御され得る。

【０１０３】

母材要素は、有利には、以下に説明されている方法によって取得される。

また、本発明は、たとえば、上記に説明されているように、母材要素を製造する方法を含む。

【０１０４】

方法は、複数の長手方向構造体を用意する工程と、バックグラウンド材料の中に長手方向孔部を形成するように長手方向構造体を用意する工程とを備え、方法は、少なくとも１つのスロットを設ける工程を備え、少なくとも１つのスロットは、母材要素外側表面から延在し、長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差しており、少なくとも１つのスロットは、母材要素と完全には交差していない。

【０１０５】

長手方向構造体は、上記に説明されているようなものであってよく、長手方向孔部は、中空チューブによって提供されるか、または、長手方向構造体間のインタースペース孔部として提供され得る。

【０１０６】

有利には、方法は、母材要素の中心軸線に対して実質的に平行な複数の長手方向孔部を設けるように、長手方向構造体を配置する工程を備える。

好ましくは、方法は、その母材要素外側表面からの母材要素の中の半径方向内向きのカットの形態の少なくとも１つのスロットを設ける工程を備え、半径方向内向きのカットは、中心軸線に対して実質的に垂直である。カットは、たとえば、約４５度まで、たとえば約２５度まで、たとえば約１５度までといった角度を有する、たとえば、斜めの環状のカットの形態であり得る。実際には、中心軸線に対して実質的に垂直になるようにスロットを準備することが、より簡単である。

【０１０７】

一実施形態では、方法は、交差されることになる所望の孔部と一緒に交差する、いくつかのスロット、たとえば、１つまたは複数のアーチ形状のスロットを設ける工程を備える。

【０１０８】

一実施形態では、方法は、少なくとも約５０度、たとえば、約８０度～約３５０度、たとえば、約１５０度～約１８０度の、母材要素外側表面に対する円弧形状をそれぞれ有する、複数の円弧形状の半径方向内向きのカットを設けることによって、複数のスロットを設ける工程を備える。複数のスロットは、たとえば、母材要素中心軸線に沿って軸線方向に変位され得る。

【０１０９】

カットが比較的に多くの孔部と交差することになる場合でも、高い安定性を確保するために、複数の半径方向内向きのカットは、有利には、母材要素の軸線に沿って変位され得、好ましくは、互いに対して回転方向にオフセットされ得る。

【０１１０】

有利には、少なくとも１つのスロットは、母材要素の第１の端部から所定の距離に提供されており、所定の距離は、好ましくは、母材要素の長さの１／１０までであり、距離は、好ましくは、少なくとも約０．５mm以上であり、少なくとも約５mm以上であり、たと

えば約１ｃｍ～約２０ｃｍである。
【０１１１】
方法は、母材の第１の端部から交差部までの所定の位置において、たとえば、母材の第１の端部において、および／または、母材の第１の端部を向く交差部において、および／または、孔部と交差する追加のスロットにおいて、交差された孔部を閉じる工程をさらに備えることが可能であり、交差された孔部は、好ましくは、上記に説明されているように、潰すことによって、および／または、中実の材料を孔部の中へ充填することによって閉じられる。
【０１１２】
一実施形態では、方法は、長手方向構造体を積み重ねる工程と、任意選択で、積み重ねられた長手方向構造体を外側ケインの中に配置する工程とを備える。長手方向構造体を積み重ねる方法は、当技術分野で周知であり、したがって、本明細書においてさらに説明されることとはならない。
【０１１３】
母材要素が母材中央要素である実施形態では、方法は、長手方向構造体を重ね、少なくとも、母材コア領域と、母材コア領域を取り囲む母材クラッディング領域とを形成する工程を備え、長手方向孔部を形成する複数の長手方向構造体は、母材クラッディング領域に設けられる。長手方向構造体は、原理的には、任意の断面構造によって孔部を形成するように重ねられ得るが、しかし、孔部が断面６角形または８角形のパターンで配置されることが好適である。
【０１１４】
一実施形態では、方法は、長手方向構造体を配置し、母材クラッディング領域を形成する工程を備え、母材クラッディング領域が、母材コア領域を取り囲む母材内側クラッディング領域と、母材内側クラッディング領域を取り囲む母材外側クラッディング領域とを備えるようになっている。それによって、スロットは、外側クラッディング領域の孔部と交差するように作られ得る。
【０１１５】
一実施形態では、方法は、母材クラッディング領域に複数の長手方向孔部からなるリングを形成するように、複数の長手方向構造体を配置する工程を備える。複数の長手方向孔部からなるリングは、母材要素を有する母材から線引きされたファイバ中に空気クラッディングを形成するように適合され得る。
【０１１６】
一実施形態では、方法は、中空チューブの孔部のうちの複数、および／または、インタースペース孔部のすべてと交差する、環状のスロットの形態の少なくとも１つのスロットを作る工程を備える。母材要素が母材リング要素である場合に、中空チューブの孔部の実質的にすべて、および／または、母材リング要素のインタースペース孔部のすべてが、環状のスロットと交差していることが有利である。母材要素が母材中央要素である場合に、少なくとも、中空チューブの孔部のすべて、および／または、母材クラッディング領域または母材外側クラッディング領域のインタースペース孔部のすべてが好適である。
【０１１７】
母材要素が母材リング要素で一実施形態では、方法は、外側リング壁部分、内側リング壁部分、および、複数の長手方向構造体を用意する工程と、外側リング壁部分と内側リング壁部分との間に長手方向構造体を閉じ込め、長手方向孔部を形成する工程と、外側リング壁部分を通って延在し、前記長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差する、少なくとも１つのスロットを設ける工程とを備える。上記に述べられているように、母材リング要素は、保持構成体および／または距離構成体といった追加の要素を備えることが可能である。
【０１１８】
外側リング壁部分は、母材要素外側表面を提供する外側表面を有することが可能であり、また、方法は、母材要素外側表面から延在するように、少なくとも１つのスロットを作る

工程と、前記長手方向孔部と交差させる工程とを備える。内側および外側リング壁部分、ならびに、長手方向構造体は、上記に説明されているようなものであり得る。

【０１１９】

有利には、外側リング壁部分は、中空の外側ケインであり、内側リング壁部分は、中空の内側ケインである。

好ましくは、外側リング壁部分と内側リング壁部分との間に長手方向構造体を閉じ込める工程は、外側リング壁部分および内側リング壁部分を、その間に長手方向構造体がある状態で組み立てる工程と、任意選択で、保持構成体および／または距離構成体を配置する工程と、長手方向構造体を介して外側リング壁部分および内側リング壁部分を一緒に溶融させる工程とを備える。

【０１２０】

一実施形態では、組み立てる工程は、内側リング壁部の外側表面が外側リング壁部の内側表面に面する状態で、内側リング壁部分を配置する工程と、内側リング壁部の外側表面と外側リング壁部の内側表面との間に１つまたは複数の長手方向構造体を配置する工程、たとえば、任意選択で距離構成体によって、複数の長手方向構造体からなるリングに、内側リング壁部の外側表面の間に複数の長手方向構造体を配置し、隣接する長手方向構造体の間に１つまたは複数のインタースペース孔部を設ける工程とを備える。

【０１２１】

一実施形態では、内側および外側リング壁部分は、中空ケインであり、また、組み立てる工程は、内側リング壁部分を外側リング壁部分の中へ挿入する工程と、任意選択で距離構成体によって、内側リング壁部分と外側リング壁部分との間に複数の長手方向構造体を配置し、隣接する中空ケインの間に１つまたは複数のインタースペース孔部を設ける工程とを備える。

【０１２２】

一実施形態では、方法は、内側リング壁部分を取り囲むように、長手方向構造体を横並び配列で配置し、複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる２つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる３つのリングを形成する工程を備える。

【０１２３】

有利には、複数の長手方向構造体のうちの１つまたは複数は、長手方向孔部を備えた中空チューブであり、および／または、長手方向孔部は、長手方向構造体間の長手方向のインタースペース孔部であり、少なくとも１つのスロットが、中空チューブの孔部のうちの少なくとも１つ、および／または、インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差するように提供されている。好ましくは、長手方向構造体のすべては、任意選択で、母材要素の中心軸線に対して実質的に平行な複数の長手方向孔部を備えた１つまたは複数のチューブ（マルチ中空チューブ）を有する中空チューブである。

【０１２４】

一実施形態では、それぞれの長手方向構造体がそれらの長さに沿って隣接する長手方向構造体と接触している構成で、長手方向構造体は配置されている。

一実施形態では、長手方向構造体は、それぞれの長手方向構造体が隣接する長手方向構造体と接触していない構成で、複数の長手方向構造体からなるリングの中に配置されており、それによって、上記に説明されているように、インタースペース長手方向孔部の形態の長手方向孔部を形成する。好ましくは、方法は、長手方向構造体間の距離を制御するために、母材リング要素の長さに沿って、２つ以上の位置に距離構成体を配置する工程を備える。また、それによって、距離構成体は、長手方向構造体のインタースペース孔部のサイズを制御するために適用され得る。

【０１２５】

一実施形態では、母材要素は、母材リング要素であり、長手方向構造体のうちの複数は、中空チューブであり、それぞれが少なくとも１つの孔部を有し、および／または、母材は、インタースペース孔部を備えた複数の長手方向構造体からなるリングを含み、方法は、

少なくとも１つのスロットを設ける工程を備え、少なくとも１つのスロットは、母材要素外側表面から延在しており、孔部および／またはインタースペース孔部のうちの複数と交差しており、少なくとも１つのスロットは、リング壁部と完全には交差していない。好ましくは、少なくとも１つのスロットは、孔部および／またはインタースペース孔部のうちの複数、たとえば、孔部および／またはインタースペース孔部のうちの実質的にすべてと交差する、環状のスロットである。スロットは、上記に説明されているようなものであり得る。

【０１２６】

有利には、カッティングプロセスの間に母材要素の安定性を確保するために、母材要素は、スロットを作る前に、少なくとも部分的に溶融される。「少なくとも部分的に溶融される」という用語は、長手方向構造体が、隣接する長手方向構造体と溶融され、および／または、バックグラウンド材料を形成する構造体、たとえば、母材リング要素の場合は内側および／または中空の外側ケインと溶融されることを意味することが意図されている。

【０１２７】

また、本発明は、上記に説明されているような母材要素、および、少なくとも１つの追加の母材要素を備える、母材アセンブリから微細構造光ファイバを製造する方法を含む。

一実施形態では、微細構造ファイバを製造する方法は、母材を母材アセンブリに組み立てるという第１の工程と、母材要素の交差された孔部の中の圧力を制御しながら、母材アセンブリから微細構造光ファイバを線引きするという第２の工程とを備える。

【０１２８】

有利には、方法は、線引きの間に、スロットと交差する前記母材要素の長手方向孔部に、母材リング要素制御圧力を付与する工程を備え、母材リング要素制御圧力は、前記スロットを介して適用される。

【０１２９】

一実施形態では、少なくとも１つの追加の母材要素は、長さ、第１および第２の端部、ならびにボアを備えたオーバークラッディングチューブであり、母材組み立て工程は、前記オーバークラッディングチューブの前記ボアの中へ前記母材要素を配置し、母材要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースを形成する工程を備え、母材アセンブリは、前記母材要素の前記第１の端部、および、前記オーバークラッディングチューブの前記第１の端部を含む、第１の端部分を有している。

【０１３０】

「母材要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェース」という語句は、母材要素とオーバークラッディングチューブとの間のインターフェースを指すために使用されており、母材要素は、任意選択で、母材リング要素または母材中央要素であることが特定される。

【０１３１】

「母材リング要素－母材中央要素間のインターフェース」という語句は、母材リング要素と母材中央要素との間のインターフェースを指すために使用されており、母材要素のうちの少なくとも１つは、本発明の実施形態にしたがっており、母材要素のうちの他の１つは、追加の母材要素であり得る。

【０１３２】

一緒に、上記に議論されているインターフェースは、「要素間インターフェース」と称され、それらのそれぞれは、要素間インターフェースと称される。要素間インターフェースは、要素間インターフェースを形成する母材要素と追加の母材要素との間のボイドの形態のインターフェースボイドを有することが可能である。

【０１３３】

オーバークラッディングチューブは、有利にはシリカ製、任意選択で、たとえばフッ化物がドープされたシリカ製であり得る。

一実施形態では、母材要素は、母材中央要素である。

【０１３４】

一実施形態では、母材要素は、母材リング要素である。
一実施形態では、方法は、本発明の実施形態による母材リング要素を用意する工程と、追加の母材中央要素を取り囲むように、リング形状の壁部を配置し、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースを形成する工程とを備える。母材アセンブリが、母材中央要素の第１の端部、および、母材リング要素の第１の端部を含む、第１の端部分を有するように、追加の母材中央要素および母材リング要素は組み立てられている。
【０１３５】
一実施形態では、微細構造ファイバを製造する方法は、母材を組み立てる工程と、母材アセンブリを微細構造ファイバに線引きする工程とを備え、母材を組み立てる工程は、長さと第１の端部と第２の端部とを有する追加の母材中央要素と、長さと第１の端部と第２の端部とボアとを有するオーバークラッディングチューブと、たとえば上述したような少なくとも１つの母材リング要素とを用意する工程を備え、母材中央要素を取り囲むようにリング形状の壁部を配置して母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースを形成する工程と、オーバークラッディングチューブのボアの中へリング形状の壁部を配置して、母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースを形成する工程とを備え、母材アセンブリは、母材中央要素の第１の端部、母材リング要素の第１の端部、および、オーバークラッディングチューブの第１の端部を含む、第１の端部分を有している。
【０１３６】
（追加の）母材中央要素は、通常、コア領域および通常は微細構造光ファイバのクラッディング領域の一部を提供することになる材料を含むことになる。一実施形態では、（追加の）母材中央要素は、たとえば、中空のファイバを提供するための中空の母材中央要素である。
【０１３７】
（追加の）母材中央要素は、先行技術の母材の中で通常使用される任意の材料を含むことが可能である。
「コア」および「コア領域」という用語は、相互交換可能に使用されており、また、「クラッディング」および「クラッディング領域」という用語は、相互交換可能に使用されている。
【０１３８】
一実施形態では、方法は、本発明の実施形態による母材中央要素を用意する工程と、母材中央要素を取り囲むように追加の母材リング要素を配置する工程とを備える。母材アセンブリが、母材中央要素の第１の端部および母材リング要素の第１の端部を含む、第１の端部分を有するように、母材中央要素および追加の母材リング要素が組み立てられる。
【０１３９】
母材の組み立ての前に、母材要素は、事前線引きされ、所望の外径を有することが可能であり、および／または、母材リング要素のケースでは、追加の母材中央要素の外径に対して所望の内径を有することが可能であり、たとえば、内側母材リング要素直径は、追加の母材中央要素の外径よりもわずかに大きくなっている。母材アセンブリに組み立てられることになるいくつかの母材リング要素が存在する場合に、これらの２つ以上の母材リング要素は、同時にまたは別々に、事前線引きされ得る。
【０１４０】
スロットは、事前線引きする前または後に提供され得る。
一実施形態では、母材を組み立てる工程は、本発明の実施形態の２つ以上の母材リング要素を用意する工程と、母材リング要素を追加の母材中央要素と同軸に半径方向に最も内側に配置する工程とを備える。
【０１４１】
一実施形態では、母材を組み立てる工程は、長手方向構造体なしの追加のブラインド母材リング要素を用意する工程と、本発明の実施形態の母材リング要素、および、ブラインド母材リング要素を、追加の母材中央要素と同軸に半径方向に最も内側に配置する工程とを

備える。
【０１４２】
一実施形態では、母材を組み立てる工程は、本発明の実施形態の母材中央要素、および、追加の母材リング要素を用意する工程と、追加の母材リング要素を母材中央要素と同軸に半径方向に最も内側に配置する工程とを備える。
【０１４３】
要素は、線引きの前に、部分的にまたは完全に溶融され得るが、さまざまな要素がオーバークラッディングチューブの中に完全に閉じ込められているかまたはロックされているという条件で、要素を溶融させることは必要でない可能性がある。
【０１４４】
母材の組み立ての後に、母材アセンブリは、たとえば、線引きタワーにおいて微細構造光ファイバへと線引きされる。有利には、母材は、その第１の端部の近くで、第１の端部分において保持され、微細構造光ファイバは、たとえば、先行技術のファイバ線引き方法から知られているように、上昇した温度において、母材の第２の端部から線引きされる。
【０１４５】
一実施形態では、少なくとも１つの要素間インターフェースは、微細構造ファイバへの母材アセンブリの線引きの少なくとも一部の間に、大気圧力に対して低減された圧力にかけられる。
【０１４６】
母材リング要素を備える実施形態では、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースおよび母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースのうちの少なくとも１つは、微細構造ファイバへの母材アセンブリの線引きの少なくとも一部の間に、大気圧力に対して低減された圧力にかけられる。
【０１４７】
要素間インターフェースにおいて低減された圧力は、空気（または、他のガス）がそれぞれの要素間インターフェースの中に捕獲されず、最終的な微細構造光ファイバの中に望ましくないバブルを形成せず、母材要素が追加の母材要素と完全に溶融されることを確実にする。
【０１４８】
一実施形態では、母材リング要素は、（追加の）母材中央要素と完全に溶融され、および／または、母材リング要素は、線引きされた微細構造光ファイバの中のオーバークラッディングチューブと完全に溶融される。
【０１４９】
低減された圧力は、有利には、ファイバ製造業者によって選択されることになる選択可能な圧力である。
一実施形態では、（追加の）母材中央要素は、好ましくは、（追加の）母材中央要素の第１の端部から、実質的に（追加の）母材中央要素の第２の端部へ、その長さに沿って延在する、少なくとも１つの孔部、たとえば、中空チューブまたはインタースペース孔部から生じる孔部を有し、方法は、線引きの間に、（追加の）母材中央要素の少なくとも１つの孔部に母材中央制御圧力を付与する工程を備える。母材中央要素が本発明の実施形態にしたがっている場合に、圧力制御は、有利には、母材中央要素の中のスロットを介して提供される。
【０１５０】
母材中央制御圧力は、微細構造光ファイバの中の孔部の最終的なサイズを制御するように選択される。母材中央制御圧力が、大気圧力に対して低減された圧力である場合に、孔部は、線引きされた微細構造光ファイバの中で、完全にまたは部分的に潰され得る。母材中央制御圧力が、大気圧力であるか、または、大気圧力に対して増加した圧力である場合に、孔部のサイズは、当技術分野で知られているように調節され得る。
【０１５１】
一実施形態では、（追加の）母材中央要素は、長さ方向、たとえば、（追加の）母材中央

要素の第１の端部から第２の端部へ延在する、少なくとも第１のカテゴリー孔部および少なくとも第２のカテゴリー孔部を有し、方法は、線引きの間に、少なくとも１つの第１のカテゴリー孔部に、第１の母材中央制御圧力を付与する工程と、少なくとも１つの第２のカテゴリー孔部に、第２の母材中央制御圧力を付与する工程とを備える。

【０１５２】

一実施形態では、（追加の）母材中央要素孔部の圧力制御、または、第１および第２のカテゴリー孔部のうちの半径方向に最も内側のものの圧力制御は、特許文献２（米国特許第８２１５１２９号明細書）および／または特許文献１（米国特許第６９５４５７４号明細書）に説明されているように提供され得る。母材中央要素が本発明の実施形態にしたがっている場合に、第１および第２のカテゴリー孔部のうちの半径方向に最も外側のものの圧力制御は、有利には、母材中央要素の中のスロットを介して提供される。

【０１５３】

一実施形態では、母材要素は、長さ方向に、たとえば、母材要素の第１の端部から母材要素の第２の端部へ延在する、孔部および／または少なくとも１つのインタースペース孔部を備えた少なくとも１つの中空チューブを含み、また、方法は、線引きの間に、母材要素の少なくとも１つの孔部に母材要素制御圧力を付与する工程を備える。

【０１５４】

有利には、スロットと交差する孔部は、線引きの間に、スロットを介して母材要素制御圧力にかけられる。

母材要素制御圧力は、線引きされた微細構造光ファイバの中の母材要素から生じる交差された孔部の最終的なサイズを制御するように選択される。母材要素制御圧力は、大気圧力に対して低減された圧力、大気圧力、または、大気圧力に対して上昇した圧力であり、線引きされた微細構造光ファイバの中の孔部のサイズを調節することが可能である。

【０１５５】

好ましくは、母材要素制御圧力は、線引きの間に、追加の母材中央要素の孔部に与えられる母材中央制御圧力といった少なくとも１つの他の制御圧力から独立して制御される。

有利には、少なくとも１つのスロットは、組み立てられた母材の中のオーバークラッディングチューブを越えて突出する母材リング要素の端部分に位置決めされている。それによって、母材要素制御圧力は、スロットを介して、オーバークラッディングチューブによってカバーされていない端部分に適用され得る。スロットは、好ましくは、母材要素の第１の端部から所定の距離に位置決めされており、その距離は、母材リング要素の長さの１／１０までであり、その距離は、好ましくは、少なくとも約５ｍｍ以上であり、たとえば上記に説明されているように、約１ｃｍ～約２０ｃｍである。

【０１５６】

一実施形態では、（追加の）母材中央要素の第１の端部、（追加の）母材リング要素の第１の端部、および、オーバークラッディングチューブの第１の端部は、母材端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、（追加の）母材リング要素の端部分が、オーバークラッディングチューブの端部を越えて突出するようになっており、また、好ましくは、（追加の）母材中央要素の端部分が、（追加の）母材リング要素の端部を越えて突出するようになっている。（追加の）母材中央要素および（追加の）母材リング要素のうちの少なくとも１つおよび任意選択で両方は、本発明の実施形態にしたがっている。

【０１５７】

この配置によって、低減された圧力をそれぞれの要素間インターフェースに加えること、ならびに、母材中央要素および／または母材リング要素のスロットを介して母材要素制御圧力を加えることが好都合であり、任意選択で、追加の母材中央制御圧力が、（追加の）母材中央要素の端部に加えられる。それぞれの圧力制御は、シーケンシャルにオフセットされた母材中央要素第１の端部、母材リング要素第１の端部、およびオーバークラッディングチューブ第１の端部によって、好ましくは、別々の部分間のシールによって、母材アセンブリの端部分に沿って、別々の部分において適用され得る。

【０１５８】

一実施形態では、１つまたは複数の圧力制御は、２つ以上の圧力制御部を含む圧力制御キャップによって母材アセンブリの端部分を囲むことによって、および、スロットの反対側に少なくとも１対のスロットシールを含む、圧力制御された孔部を独立して密封するためにシールを適用することによって提供される。好ましくは、交差された孔部は、母材要素の第１の端部から交差部スロットまでの所定の位置で、たとえば、母材要素の第１の端部で、および／または、第１の端部を向く交差部で、および／または、追加の交差するスロットにて、閉じられている。１対のスロットシールのそれぞれは、好ましくは、圧力制御キャップとおよび母材要素の端部分の母材要素外側表面との間に、環状のシールを形成している。

【０１５９】

好ましくは、母材アセンブリの線引きは、線引きタワーにおいて母材アセンブリを微細構造光ファイバへと線引きすることを含み、母材アセンブリは、その第１の端部分において、少なくとも１つの圧力制御、好ましくは、２つ以上の独立して制御される圧力制御を受ける。

【０１６０】

一実施形態では、母材アセンブリを線引きする工程は、上昇した温度で、その第２の端部分から母材アセンブリを線引きする工程を備える。

また、本発明は、上記に説明されている方法によって取得可能な微細構造光ファイバを含む。

【０１６１】

ある範囲および好適な範囲を含む、上記に説明されているようなすべての本発明の特徴、および、本発明の実施形態は、そのような特徴を組み合わせない特有の理由が存在しない限り、本発明の範囲内でさまざまな方式で組み合わされ得る。

【０１６２】

本発明の上記のおよび／または追加の目的、特徴、および利点は、添付の図面を参照して、本発明の実施形態の以下の例示的で非限定的な説明によって、さらに解明されよう。

【図面の簡単な説明】

【０１６３】

【図１】中実の構造体および／または中空ケインを備えた、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態の断面図。

【図２ａ】中空チューブを備えた、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態の断面図。

【図２ｂ】母材リング要素が溶融および事前線引きされた、図２ａの実施形態に対応する母材リング要素の実施形態の断面図のイメージの一部分。

【図３】インタースペース孔部を備えた、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態の断面図。

【図４ａ】マルチ中空チューブを備えた、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態の断面図。

【図４ｂ】母材リング要素が溶融および事前線引きされた、図４ａの実施形態に対応する母材リング要素の実施形態の断面図のイメージの一部分。

【図５ａ】７個の孔部を備えたマルチ中空チューブの断面図。

【図５ｂ】１９個の孔部を備えたマルチ中空チューブの断面図。

【図６】スロットを備えた母材リング要素を備える母材の端部分の側面図。

【図７ａ】圧力制御構成体とともに装着されている母材リング要素を備える母材アセンブリの端部分の概略図。

【図７ｂ】圧力制御構成体とともに装着されている母材リング要素および母材要素を備える母材アセンブリの端部分の概略図。

【図８】母材リング要素を備える、組み立てられた母材の断面図。

【図９】母材リング要素を備える、組み立てられた母材の断面図。

【図１０】母材リング要素を備える、組み立てられた母材の断面図。

【図１１】母材リング要素を備える、組み立てられた母材の断面図。
【図１２】本発明の実施形態による母材リング要素を備える、母材アセンブリから線引きされた微細構造光ファイバの断面図。
【図１３】本発明の実施形態による母材リング要素を備える、母材アセンブリから線引きされた微細構造光ファイバの断面図。
【図１４】本発明の実施形態による母材リング要素を備える、母材アセンブリから線引きされた微細構造光ファイバの断面図。
【図１５】本発明の実施形態による母材中央要素の断面図。
【図１６】本発明の別の実施形態による母材中央要素の断面図。
【図１７】本発明の実施形態による母材中央要素を備える、母材アセンブリから線引きされた微細構造光ファイバの断面図。
【図１８】本発明の実施形態による母材中央要素を備える、母材アセンブリから線引きされた微細構造光ファイバの断面図。
【発明を実施するための形態】
【０１６４】
図は、概略的なものであり、明確化のために簡単化されている可能性がある。全体を通して、同じ参照番号は、同一のパーツまたは対応するパーツに関して使用されている。
本発明の適用可能性のさらなる範囲は、以降に与えられている説明から明らかになろう。しかし、本発明の趣旨および範囲の中のさまざまな変形例および修正例が、この詳細な説明から当業者に明らかになるので、詳細な説明および特有の例は、本発明の好適な実施形態を示しているが、単に例示目的として与えられていることが理解されるべきである。
【０１６５】
図１に示されている母材リング要素は、断面図に対して垂直の長さと中心軸線Ｃとを有するリング形状の壁部１を備える。リング形状の壁部１は、外径ＯＤを画定する母材要素外側表面ＯＳと、内径ＩＤを画定する母材要素内側表面ＩＳとを有している。母材リング要素は、中空の内側ケイン２および中空の外側ケイン３によって提供されるリング壁部バックグラウンド材料、ならびに、複数の長手方向構造体４を備え、少なくとも１つは、中空チューブであり、中空チューブは、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、母材リング要素の長さ方向に延在している。不図示のスロットが、外側表面ＯＳから提供されており、また、長手方向構造体４の中空チューブの少なくとも１つの孔部と交差している。
【０１６６】
内側ケイン２および外側ケイン３は、上記に説明されているようになっていることが可能である。示されている実施形態では、中空の内側ケイン２は、中空の外側ケイン３よりも薄い壁部厚さを有しており、有利には、中空の内側ケインは、フッ素がドープされていることが可能である。母材要素外側表面ＯＳは、中空の外側ケイン３の外側表面によって提供されており、中空の外側ケイン３は、内側表面ＩＳＯを有している。母材要素内側表面は、中空の内側ケイン２の内側表面によって提供されており、中空の内側ケイン２は、外側表面ＯＳＩをさらに有している。
【０１６７】
長手方向構造体４は、少なくとも１つの中空チューブを備え、また、残りのものは、中実の構造体および／または中空チューブであり得る。好ましくは、長手方向構造体４は、たとえば、キャピラリチューブの形態の中空チューブである。
【０１６８】
長手方向構造体４は、リング形状の壁部のリング形状に沿って横並び配列に配置され、複数の長手方向構造体からなるリングを形成している。
図２ａおよび図２ｂに示されている母材リング要素は、断面図に対して垂直の長さと中心軸線とを有するリング形状の壁部１１を備える。リング形状の壁部１１は、外径ＯＤを画定する母材要素外側表面ＯＳ、および、内径ＩＤを画定する母材要素内側表面ＩＳを有している。母材リング要素は、中空の内側ケイン１２および中空の外側ケイン１３によって

提供されるリング壁部バックグラウンド材料、ならびに、複数の長手方向構造体１４を備え、複数の長手方向構造体１４は、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、母材リング要素の長さ方向に延在している。

【０１６９】

長手方向構造体１４は、長手方向孔部１４ａをそれぞれ含む中空チューブの形態である。中空チューブ１４は、中空の内側ケイン１２と中空の外側ケイン１３との間に閉じ込められている。不図示のスロットが、外側表面ＯＳから提供されており、また、中空チューブ１４の少なくとも１つの孔部と交差している。

【０１７０】

図２ｂでは、母材リング要素は、溶融されて事前線引きされており、また、中空チューブ１４とそれぞれ中空の内側ケイン１２および中空の外側ケイン１３との間の隙間が除去されており、さらに、中空チューブが実質的に方形形状となるように変形されていることを見ることが可能である。

【０１７１】

図３に示されている母材リング要素は、断面図に対して垂直の長さと中心軸線とを有するリング形状の壁部２１を備える。リング形状の壁部２１は、外径ＯＤを画定する母材要素外側表面ＯＳと、内径ＩＤを画定する母材要素内側表面ＩＳとを有している。母材リング要素は、中空の内側ケイン２２および中空の外側ケイン２３によって提供されるリング壁部バックグラウンド材料、ならびに、複数の長手方向構造体２４を備え、複数の長手方向構造体２４は、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、母材リング要素の長さ方向に延在している。

【０１７２】

長手方向構造体２４は、中実の構造体および／または中空ケインである。好ましくは、長手方向構造体２４は、たとえば、キャピラリチューブの形態の中空チューブである。

長手方向構造体２４は、中空の内側ケイン２２と中空の外側ケイン２３との間に閉じ込められている。

【０１７３】

長手方向構造体２４は、非接触の複数の長手方向構造体からなるリングの中に配置されており、非接触の複数の長手方向構造体からなるリングでは、長手方向構造体が、それらの長さに沿って、隣接する長手方向構造体と接触していない状態になっており、それによって、インタースペース孔部２５を形成する構成で、長手方向構造体が配置されている。不図示のスロットが、母材要素外側表面ＯＳから提供されており、インタースペース孔部２５の少なくとも１つの孔部と交差している。

【０１７４】

長手方向構造体を適切な位置に保持するために、不図示の距離構成体が、有利には、上記に説明されているように、母材リング要素の長さに沿って２つ以上の位置において配置されている。

【０１７５】

図４ａおよび図４ｂに示されている母材リング要素は、断面図に対して垂直の長さと中心軸線とを有するリング形状の壁部を備える。リング形状の壁部は、外径ＯＤを画定する母材要素外側表面ＯＳと、内径ＩＤを画定する母材要素内側表面ＩＳとを有している。母材リング要素は、中空の内側ケイン３２および中空の外側ケイン３３によって提供されるリング壁部バックグラウンド材料、ならびに、マルチ中空チューブ３４の形態の複数の長手方向構造体を備え、複数の長手方向構造体は、リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、母材リング要素の長さ方向に延在している。

【０１７６】

マルチ中空チューブ３４は、その長さ方向に延在する複数の長手方向孔部をそれぞれ含む。マルチ中空チューブ３４は、母材リング要素または母材中央要素の中で使用するのに非常に有利であり、そこでは、スロットが孔部のうちの少なくともいくつかと交差することになる。その理由は、そのような状況では、所望の空気率（ａｉｒ　ｆｒａｃｔｉｏｎ）を

依然として得ながら、孔部のうちのいくつかと交差することが十分である可能性があるからであり、空気率は、微細構造光ファイバの線引きの間に、母材要素制御圧力によって制御され得る。

【０１７７】

図４ｂでは、母材リング要素は、溶融されて事前線引きされており、また、マルチ中空チューブ３４とそれぞれ中空の内側ケイン３２および中空の外側ケイン３３との間の隙間が除去されており、さらに、中空チューブが実質的に方形形状となるように変形されていることを見ることが可能である。

【０１７８】

図５ａにあるのは、母材リング要素または母材中央要素といった、本発明の実施形態の母材要素の実施形態で使用するのに適切な７個の孔部を備えたマルチ中空チューブの例である。

【０１７９】

図５ａにあるのは、母材リング要素または母材中央要素といった、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態で使用するのに適切な７個の孔部を備えたマルチ中空チューブの例である。

【０１８０】

図５ｂにあるのは、母材リング要素または母材中央要素といった、本発明の実施形態の母材リング要素の実施形態で使用するのに適切な１９個の孔部を備えたマルチ中空チューブの例である。

【０１８１】

マルチ中空チューブは、たとえば、（孔部の所望の数に対応する）複数のキャピラリチューブＣを積み重ねることによって、および、より大きい中空チューブＴの中にそれらを配置し、孔部の圧力制御の下でアセンブリを事前線引きすることによって製造され、それらが潰されないことを確実にし、また、マルチ中空チューブの所望の外径を得る。有利には、非常に長いマルチ中空チューブが線引きされ、その後に、長いマルチ中空チューブは、適切な長さのいくつかのマルチ中空チューブに切断される。

【０１８２】

その端部分が図６に示されている母材アセンブリは、追加の母材中央要素４１、本発明の実施形態の母材リング要素４２、および、オーバークラッディングチューブ４３の形態の追加の母材要素を備える。代替的な不図示の実施形態では、母材リング要素は、追加の母材リング要素と交換され、追加の母材中央要素は、本発明の実施形態による母材中央要素である。

【０１８３】

ホルダー４４が、オーバークラッディングチューブ４３、ならびに、追加の母材中央要素４１および母材リング要素４２を適切な位置に保持するように装着されている。また、ホルダー４４は、不図示の圧力制御キャップを、たとえば、ホルダーのカラー部４４ａに装着するために使用され得る。

【０１８４】

母材リング要素４２は、母材リング要素４２の複数の孔部と交差するスロット４５を備える。交差された孔部は、母材リング要素４２の第１の端部４２ａにおいて閉じられている。

【０１８５】

追加の母材中央要素４１の第１の端部４１ａ、母材リング要素４２の第１の端部４２ａ、および、オーバークラッディングチューブ４３の第１の端部４３ａは、母材端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、スロット４５を有する母材リング要素の端部分が、オーバークラッディングチューブ４３の端部を越えて突出するようになっており、また、追加の母材中央要素４１の端部分が、母材リング要素４２の端部４２ａを越えて突出するようになっている。

【０１８６】

図６に示されている実施形態の変形例では、母材アセンブリは、オーバークラッディング

チューブを有しておらず、ホルダー４４は、たとえば、オーバークラッディングチューブの代わりに配置されている不図示のガイドチューブによって、線引きの間の母材アセンブリの安定性を保持および制御するように装着されている。

【０１８７】

その端部分が図７ａに示されている母材アセンブリは、追加の母材中央要素５１、本発明の実施形態の母材リング要素５２、およびオーバークラッディングチューブ５３を備える。母材アセンブリの端部分は、圧力制御キャップ５６を含む圧力制御構成体とともに、および、複数の圧力チューブ接続Ｐ１、Ｐ２、Ｐ３、およびＰ４を含む加圧構成体とともに装着されている。

【０１８８】

母材リング要素５２は、母材リング要素５２の複数の孔部５４と交差するスロット５５を有する。交差された孔部は、母材リング要素５２の第１の端部５２ａにおいて閉じられている。

【０１８９】

追加の母材中央要素５１の第１の端部５１ａ、母材リング要素５２の第１の端部５２ａ、および、オーバークラッディングチューブ５３の第１の端部５３ａは、母材アセンブリ端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、スロット５５を有する母材リング要素の端部分が、オーバークラッディングチューブ５３ａの端部を越えて突出するようになっており、また、追加の母材中央要素５１の端部分が、母材リング要素５２の端部５２ａを越えて突出するようになっている。

【０１９０】

オーバークラッディングチューブ５３は、その第１の端部５３ａにおいて圧力制御キャップ５６に装着されており、それによって、複数のチャンバ、ここでは、さまざまなシール５７によって分離されている４個のチャンバＣ１、Ｃ２、Ｃ３、およびＣ４を提供している。

【０１９１】

追加の母材中央要素５１は、複数の不図示の孔部を有し、複数の不図示の孔部は、追加の母材中央要素５１の第１の端部５１ａにおいて終端しており、追加の母材中央要素５１の不図示の孔部が、第１のチャンバＣ１に流体連通するようになっており、これらの孔部の中の圧力が圧力チューブ接続Ｐ１を介して第１のチャンバＣ１の中で制御され得るようになっている。

【０１９２】

母材リング要素５２の第１の端部５２ａは、第２のチャンバＣ２の中に位置しており、第２のチャンバＣ２では、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ２を介して制御され得、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースによって形成されるインターフェースボイドは、第２のチャンバＣ２に流体連通しており、それによって、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースにおいて低減された圧力を加える。

【０１９３】

スロット５５が、第３のチャンバＣ３の中に位置しており、第３のチャンバＣ３では、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ３を介して制御され得、母材リング要素５２の交差された孔部が、スロット５５を介して第３のチャンバＣ３に流体連通するようになっており、それによって、母材リング要素５２の交差された孔部の中の圧力を制御する。

【０１９４】

母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースの圧力は、第４のチャンバＣ４に流体連通しており、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ４を介して制御され得るようになっており、それによって、母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースに低減された圧力を加え、インターフェースボイドが、線引きされたファイバの中で閉じられるようになっている。

【０１９５】

多くの他の構成が、それぞれの孔部および／またはインターフェースの個々の制御を提供

するために適用され得る。
その端部分が図７ｂに示されている母材アセンブリは、図７ａに示されている母材アセンブリの変形例であり、そこでは、母材中央要素および母材リング要素の両方が、本発明の実施形態にしたがっている。母材アセンブリは、母材中央要素５８、母材リング要素５２、およびオーバークラッディングチューブ５３を備える。母材アセンブリの端部分は、圧力制御キャップ５６を含む圧力制御構成体とともに、および、複数の圧力チューブ接続Ｐ１、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、およびＰ５を含む加圧構成体とともに装着されている。
【０１９６】
母材リング要素５２は、母材リング要素５２の複数の孔部５４と交差するスロット５５を有する。交差された孔部は、母材リング要素５２の第１の端部５２ａにおいて閉じられている。
【０１９７】
母材中央要素５８は、複数の不図示の長手方向孔部を有し、複数の不図示の長手方向孔部は、母材中央要素５８の第１の端部５８ａにおいて終端している。母材中央要素は、スロット５９を有し、スロット５９は、母材中央要素５８の不図示の孔部のうちのいくつかと交差しており、たとえば、母材中央要素５８の長手方向孔部のすべて、または、外側クラッディングおよび／または空気クラッディングを形成するように適合されている、母材中央要素５８の半径方向に最も外側の長手方向孔部と交差している。本実施形態では、母材中央要素は、交差された長手方向孔部に対して半径方向内向きに配置されている、複数の交差されていない長手方向孔部を有することが可能である。そのような交差されていない孔部は、たとえば、母材アセンブリから線引きされた最終的な光ファイバのコア領域および／または内側クラッディング領域の一部を形成するように適合され得る。交差された孔部は、さらなるスロット５９ａにおいて閉じられており、さらなるスロット５９ａは、たとえば、エポキシまたはシリカなどのようなシーリング材料によって充填されており、または、さらなるスロット５９ａの上方部は、簡単に潰される。
【０１９８】
母材中央要素５８の第１の端部５８ａ、母材リング要素５２の第１の端部５２ａ、および、オーバークラッディングチューブ５３の第１の端部５３ａは、母材アセンブリ端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、スロット５５を有する母材リング要素５２の端部分が、オーバークラッディングチューブ５３ａの端部を越えて突出するようになっており、また、スロット５９を有する母材中央要素５８の端部分が、母材リング要素５２の端部５２ａを越えて突出するようになっている。
【０１９９】
オーバークラッディングチューブ５３は、その第１の端部５３ａにおいて圧力制御キャップ５６に装着されており、それによって、複数のチャンバ、ここでは、さまざまなシール５７によって分離されている５個のチャンバＣ１、Ｃ２、Ｃ３、Ｃ４、およびＣ５を提供している。
【０２００】
母材中央要素５８の第１の端部５８ａにおいて終端している、母材中央要素５８の交差されていない長手方向孔部は、第１のチャンバＣ１に流体連通しており、これらの孔部の中の圧力が、圧力チューブ接続Ｐ１を介して第１のチャンバＣ１の中で制御され得るようになっている。
【０２０１】
母材中央要素５８の中のスロット５９は、第２のチャンバＣ２の中に位置しており、第２のチャンバＣ２では、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ２を介して制御され得、母材要素５８の交差された孔部が、スロット５９を介して第２のチャンバＣ２に流体連通するようになっており、それによって、母材要素５８の交差された孔部の中の圧力を制御する。
【０２０２】
母材リング要素５２の第１の端部５２ａは、第３のチャンバＣ３の中に位置しており、第３のチャンバＣ３では、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ３を介して制御され得、また、母材

リング要素－母材中央要素間のインターフェースは、第３のチャンバＣ３に流体連通しており、それによって、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースにおいて低減された圧力を加える。

【０２０３】

母材リング要素５２の中のスロット５５は、第４のチャンバＣ４の中に位置しており、第４のチャンバＣ４では、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ４を介して制御され得、母材リング要素５２の交差された孔部が、スロット５５を介して第４のチャンバＣ４に流体連通するようになっており、それによって、母材リング要素５２の交差された孔部の中の圧力を制御する。

【０２０４】

母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースの圧力は、第５のチャンバＣ５に流体連通しており、圧力が、圧力チューブ接続Ｐ５を介して制御され得るようになっており、それによって、母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースに低減された圧力を加える。

【０２０５】

多くの他の構成が、それぞれの孔部および／またはインターフェースの個々の制御を提供するために適用され得る。

図８に示されている組み立てられた母材は、ダブルクラッド微細構造光ファイバを提供するように適合されており、ダブルクラッド微細構造光ファイバは、空気クラッディングリングによって分離された内側クラッディング領域および外側クラッディング領域を備えている。母材アセンブリは、追加の母材中央要素６１を備え、追加の母材中央要素６１は、第１の母材リング要素６２によって取り囲まれており、第１の母材リング要素６２は、第２の母材リング要素６３によって取り囲まれており、第２の母材リング要素６３は、オーバークラッディングチューブ６４によって取り囲まれている。

【０２０６】

追加の母材中央要素６１は、微細構造光ファイバのコア領域となるように、ドープされた中央エリア６１ａを有する。

第１の母材リング要素６２は、上記に説明されているような中空チューブまたはインタースペース孔部によって提供される、複数の孔部６２ａを有する。孔部６２ａは、非対称的に配置されており、また、最終的な微細構造光ファイバの内側クラッディング領域の中にスクランブラー要素を提供する機能を有しており、内側クラッディング領域の中の望ましくないスクリュー光（ｓｃｒｅｗ　ｒａｙｓ）を除去する。

【０２０７】

第２の母材リング要素６３は、複数の孔部からなるリング６３ａを備え、複数の孔部からなるリングは、最終的な微細構造光ファイバにおいて空気クラッディングリングを形成し、それは、選択された波長の光が内側クラッディング領域の中を確実にガイドされるようにする。

【０２０８】

複数の孔部からなるリング６３ａの孔部は、大きいクロス寸法および短いクロス寸法を有するおおよそ矩形になっており、それぞれの大きいクロス寸法が実質的に半径方向になっている状態で配置されている。それによって、より長いブリッジが、複数の孔部からなるリングの隣接する孔部の間に配置されており、それは、所望の波長（たとえば、２μｍ以下、たとえば、１μｍ以下、または、さらには、５００ｎｍ以下などに至る）を有する光を、内側クラッディング領域にガイドすることを確実にするための高品質の空気クラッドを、微細構造光ファイバ中に結果として生じさせる。代替的な不図示の実施形態では、複数の孔部からなるリングの孔部は、おおよそ方形またはおおよそ矩形になっており、それらのそれぞれの短い方のクロス寸法が実質的に半径方向になっている状態で配置されている。それによって、ブリッジは、比較的に短くなり、それは、ファイバが切断される（ｃｌｅａｖｅｄ）ことになる場合には、利点となる可能性がある。

【０２０９】

見ることができるように、それぞれの母材要素、追加の母材中央要素６１、第１の母材リング要素６２、第２の母材リング要素６３、およびオーバークラッディングチューブ６４は、小さいギャップＧとともに配置されている。これらのギャップＧは、有利には、たとえば、溶融によって、微細構造光ファイバの線引きの前に除去され得る。代替的に、これらのギャップＧは、微細構造光ファイバの線引きの間に除去されることになる。

【０２１０】

図８の母材アセンブリの変形例では、追加の母材中央要素は、本発明の実施形態にしたがっており、また、母材リング要素のうちの一方または両方は、追加の母材リング要素である。

【０２１１】

図９に示されている組み立てられた母材は、ダブルクラッドの中空のコアの微細構造光ファイバを提供するように適合されており、ダブルクラッドの中空のコアの微細構造光ファイバは、空気クラッディングリングによって分離された内側クラッディング領域および外側クラッディング領域を備えている。母材アセンブリは、追加の母材中央要素７１を備え、追加の母材中央要素７１は、母材リング要素７３によって取り囲まれており、母材リング要素７３は、オーバークラッディングチューブ７４によって取り囲まれている。

【０２１２】

追加の母材中央要素７１は、複数のキャピラリチューブ７１ｂを有し、複数のキャピラリチューブ７１ｂは、相対的に大きい中央孔部７１ａとなるように配置されており、中央孔部７１ａは、最終的な微細構造光ファイバにおいて中空のコア領域になる。

【０２１３】

母材リング要素７３は、複数の孔部からなるリング７３ａを有し、複数の孔部からなるリングは、最終的な微細構造光ファイバにおいて空気クラッディングリングを形成し、それは、選択された波長の光が内側クラッディング領域の中を確実にガイドされるようにする
図９の母材アセンブリの変形例では、追加の母材中央要素は、本発明の実施形態にしたがっており、また、母材リング要素は、追加の母材リング要素である。

【０２１４】

図１０に示されている組み立てられた母材は、ダブルクラッドの中実のコアの微細構造光ファイバを提供するように適合されており、ダブルクラッドの中実のコアの微細構造光ファイバは、空気クラッディングリングによって分離された内側クラッディング領域および外側クラッディング領域を備えている。

【０２１５】

母材アセンブリは、追加の母材中央要素８１を有し、追加の母材中央要素８１は、母材リング要素８３によって取り囲まれており、母材リング要素８３は、オーバークラッディングチューブ８４によって取り囲まれている。

【０２１６】

追加の母材中央要素８１は、図９の実施形態で使用されているキャピラリチューブ７１ｂよりも大きい壁部厚さを有する複数のキャピラリチューブ８１ｂを有する。キャピラリチューブ８１ｂは、６角形のパターンで配置されており、最終的な微細構造光ファイバの中の取り巻かれた中央領域８１ａが中実のコア領域になっている。

【０２１７】

母材リング要素８３は、複数の孔部からなるリング８３ａを有しており、複数の孔部からなるリングは、最終的な微細構造光ファイバにおいて空気クラッディングリングを形成し、それは、選択された波長の光が内側クラッディング領域の中を確実にガイドされるようにする
図１０の母材アセンブリの変形例では、追加の母材中央要素は、本発明の実施形態にしたがっており、また、母材リング要素は、追加の母材リング要素である。

【０２１８】

図１１に示されている組み立てられた母材は、ダブルクラッドの中実のドープされたコアの微細構造光ファイバを提供するように適合されており、ダブルクラッドの中実のドープ

されたコアの微細構造光ファイバは、空気クラッディングリングによって分離された内側クラッディング領域および外側クラッディング領域を備えている。

【０２１９】

母材は、追加の母材中央要素９１を有し、追加の母材中央要素９１は、母材リング要素９３によって取り囲まれており、母材リング要素９３は、オーバークラッディングチューブ９４によって取り囲まれている。

【０２２０】

追加の母材中央要素９１は、ドープされた中央領域９１ａを有し、ドープされた中央領域９１ａは、最終的な微細構造光ファイバにおいて、中実のドープされたコア領域となることになる。

【０２２１】

追加の母材リング要素９３は、複数の孔部からなるリング９３ａを有しており、複数の孔部からなるリングは、最終的な微細構造光ファイバにおいて空気クラッディングリングを形成し、それは、選択された波長の光が内側クラッディング領域の中を確実にガイドされるようにする

母材リング要素を備える母材アセンブリから線引きされた、図１２に示されているような微細構造光ファイバは、コア領域１０１、内側クラッディング領域１０２、外側クラッディング領域１０４、および空気クラッド１０３を有し、空気クラッド１０３は、内側クラッディング領域１０３および外側クラッディング領域１０４を分離している。空気クラッド１０３は、本発明の実施形態の母材リング要素の中の複数の孔部からなるリングから生じる。コア領域は、中空のコアであり、内側クラッディング領域は、複数の孔部微細構造を有し、複数の孔部微細構造は、中空のコアの中をガイドされることになる光を閉じ込めるためのパターンで配置されている。

【０２２２】

母材リング要素を備える母材アセンブリから線引きされた、図１３に示されているような複屈折のある微細構造光ファイバは、コア領域１１１、内側クラッディング領域１１２、外側クラッディング領域１１４、および空気クラッド１１３を有し、空気クラッド１１３は、内側クラッディング領域１１３および外側クラッディング領域１１４を分離している。空気クラッド１１３は、本発明の実施形態の母材リング要素の中の複数の孔部からなるリングから生じる。

【０２２３】

コア領域は、任意選択でドープされた中実のコアである。内側クラッディング領域は、複数の孔部微細構造１１２ａおよび複数のホウ素がドープされた微細構造１１２ｂを有し、それらは、２回回転対称的なパターンで配置されており、複屈折のあるファイバを提供している。微細構造光ファイバの外周部は、複屈折と関連する２つの向かい側の平面的な表面部１１４ａを有している。

【０２２４】

母材リング要素を備える母材アセンブリから線引きされた、図１４に示されているような中実の微細構造光ファイバは、コア領域１２１、内側クラッディング領域１２２、外側クラッディング領域１２４、および空気クラッド１２３を有し、空気クラッド１２３は、内側クラッディング領域１２３および外側クラッディング領域１２４を分離している。空気クラッド１２３は、本発明の実施形態の母材リング要素の中の複数の孔部からなるリングから生じる。

【０２２５】

コア領域１２１は、中実のドープされたコアである。内側クラッディング領域は、２つの比較的に大きいホウ素がドープされた構造体１２２ａを有する。

図１５に示されている母材中央要素は、複数の長手方向孔部１３１からなるリング、クラッディング領域、およびコア領域１３２を有する。たとえば、上記に説明されているように、母材中央要素の不図示の端部に対して比較的に短い距離において、母材中央要素は、孔部１３１と交差する環状のスロットを有する。スロットと第１の端部との間の位置にお

いて、または、母材中央要素の第１の端部において、交差された孔部は、たとえば、エポキシまたは上記に説明されているような別の方法を使用して閉じられている。長手方向孔部１３１の中の圧力は、それによって、母材中央要素を備える母材アセンブリを光ファイバへと線引きする間に、スロットを介して制御され得る。

【０２２６】

図１５に示されている母材中央要素は、長手方向孔部１３１のリング、クラッディング領域、およびコア領域１３２を有する。たとえば、上記に説明されているように、母材中央要素の不図示の端部に対して比較的に短い距離において、母材中央要素は、孔部１３１と交差する環状のスロットを有する。スロットと第１の端部との間の位置において、または、母材中央要素の第１の端部において、交差された孔部は、たとえば、エポキシまたは上記に説明されているような別の方法を使用して閉じられている。長手方向孔部１３１の中の圧力は、それによって、光ファイバへの母材中央要素を備える母材アセンブリの線引きの間に、スロットを介して制御され得る。コア領域１３２は、たとえば、ドープされたコア領域であってよく、および／または、クラッディング領域１３３は、たとえば、ドープされ得、および／または、微細構造、たとえば、中実の微細構造を有することが可能であり、および／または、スロットと交差していない長手方向孔部の形態になっていることが可能である。スロットと交差していないそのような長手方向孔部は、たとえば、図７ｂに関連して上記に説明されているように、母材アセンブリの第１の端部から圧力制御され得る。

【０２２７】

母材組み立ての間に、母材中央要素は、少なくともオーバークラッディングチューブとともに組み立てられ、任意選択で、１つまたは複数の追加の母材リング要素が、母材中央要素とオーバークラッディングチューブとの間に組み立てられる。

【０２２８】

見ることができるように、母材要素外側表面１３４から長手方向孔部１３１への距離（材料厚さｔ）は、比較的に短く、それは、スロットのカッティングの間に母材中央要素を損傷させるリスクを低減させる。望ましくない光の漏れを最終的なファイバに少ししかもたらさないように必要とされる、長手方向孔部に対して半径方向外向きの厚さは、したがって、オーバークラッディングチューブ、および、任意選択で、追加の母材リング要素によって提供される。

【０２２９】

図１６に示されている母材中央要素は、母材コア領域１４１、母材内側クラッディング領域１４２、および母材外側クラッディング領域１４３を有する。母材内側クラッディング領域１４２は、６角形配置の内側クラッディング長手方向孔部１４２ａを有し、母材外側クラッディング領域１４３は、６角形配置の外側クラッディング長手方向孔部１４３ａを有する。

【０２３０】

たとえば、上記に説明されているように、母材中央要素の不図示の端部に対して比較的に短い距離において、母材中央要素は、外側クラッディング長手方向孔部１４３ａと交差する環状のスロットを有する。点線の円形は、母材要素外側表面１４４から延在するスロットの深さを示しており、内側クラッディング長手方向孔部１４２ａは交差しないようになっている。

【０２３１】

スロットと第１の端部との間の位置において、または、母材中央要素の第１の端部において、交差された孔部１４３ａは、たとえば、エポキシまたは上記に説明されているような別の方法を使用して閉じられている。交差された長手方向孔部１４３ａの中の圧力は、それによって、光ファイバへの母材中央要素を備える母材アセンブリの線引きの間に、スロットを介して制御され得る。交差されていない長手方向孔部１４２ａの中の圧力は、たとえば図７ｂに関連して上記に説明されているように、母材中央要素の第１の端部におけるそれらの開口部を介して制御され得る。

【０２３２】
コア領域１４１は、ドープされていてもよく、または、ドープされていなくてもよく、たとえば、ドープされたシリカ、または、ドープされていないシリカの形態であり得る。
母材組み立ての間に、母材中央要素は、少なくともオーバークラッディングチューブとともに組み立てられ、任意選択で、１つまたは複数の追加の母材リング要素が、母材中央要素とオーバークラッディングチューブとの間に組み立てられる。
【０２３３】
図示した例では、母材要素外側表面１４４から交差された長手方向孔部１４３ａへの距離（材料厚さｔ）は、比較的に短く、それは、スロットのカッティングの間に母材中央要素を損傷させるリスクを低減させる。望ましくない光の漏れを最終的なファイバにほとんどもたらさないために必要とされる、長手方向孔部に対して半径方向外向きの厚さｔは、したがって、オーバークラッディングチューブ、および、任意選択で、追加の母材リング要素によって提供される。
【０２３４】
図１７の断面図に示されている光ファイバは、図１６に示されている母材中央要素に対応する母材中央要素を備える母材アセンブリから線引きされるが、長手方向孔部の数が異なっている。光ファイバは、コア領域１５１、内側クラッディング領域１５２、および外側クラッディング領域１５３を有する。内側クラッディング領域１５２は、６角形配置の内側クラッディング長手方向孔部１５２ａを有し、外側クラッディング領域１５３は、６角形配置の外側クラッディング長手方向孔部１５３ａを有する。比較的に厚いシリカ層１５５が、外側クラッディング領域１５３を取り囲んでいる。イメージは、単に、シリカ層１５５の一部を示している。実際のシリカ層１５５の厚さは、示されているものよりも約５倍厚くなっており、光ファイバの丸い外周部となる。シリカ層１５５の大部分は、ファイバの線引きの間に母材中央要素に完全に融合されているオーバークラッディングチューブから生じる。
【０２３５】
図１８の断面図に示されている光ファイバは、本発明の実施形態による母材中央要素を備える母材アセンブリから線引きされる。光ファイバは、４個の部分的に重なり合っているクラッディング領域１６２および空気クラッディング１６３によって取り囲まれている４個のコア領域１６１を有する。４個の部分的に重なり合っているクラッディング領域１６２は、４個のコア領域１６１のそれぞれの周りに６角形パターンで配置されたクラッディング領域孔部１６２ａを有する。空気クラッディングは、８角形の形状を有するリングで配置された空気クラッディング孔部の２重層を有する。空気クラッディング１６３の８角形の形状は、クラッディング領域１６２の中に可能な限り少ない孔部を有すると同時に、光ファイバの中のシングルモード伝送を確実にするように提供されている。さらに、空気クラッディング１６３の８角形の形状は、母材中央要素の長手方向構造体のスタッキングをより簡単にすることが可能であることが見出された。比較的に厚いシリカ層１６５が、空気クラッディング１６３を取り囲んでいる。イメージは、単に、シリカ層１６５の一部を示している。実際にはシリカ層１６５の厚さは、示されているものよりも約２～５倍厚くなっており、光ファイバの丸い外周部となる。シリカ層１５５の大部分は、ファイバの線引きの間に母材中央要素に完全に融合されているオーバークラッディングチューブから生じる。コア領域１６１、クラッディング領域１６２、および空気クラッディングは、母材中央要素から生じており、母材中央要素において、母材中央要素のスロットが、空気クラッディング１６３を形成する中空チューブと交差している。
本開示は以下を包含する。
［付記１］ファイバ母材用の母材要素であって、
前記母材要素は、長さと、その長さに沿う中心軸線と、その長さによって画定される第１の端部および第２の端部と、母材要素外側表面とを有しており、前記母材要素は、バックグラウンド材料の中に一つ以上の長手方向孔部を形成するように設けられる複数の長手方向構造体を備えており、前記母材要素は、前記母材要素外側表面から延在して前記一つ

以上の長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差するが前記母材要素と完全には交差しない少なくとも１つのスロットを備えており、好ましくは、前記複数の長手方向構造体は、前記バックグラウンド材料の中に閉じ込められており、および／または、前記バックグラウンド材料を形成するとともに前記母材要素の長さ方向に延在しており、前記複数の長手方向構造体のうちの１つ以上は、前記一つ以上の長手方向孔部を形成しており、好ましくは、前記バックグラウンド材料の少なくとも一部は、中実の長手方向構造体によっておよび／または中空の長手方向構造体の材料によって提供されている、母材要素。

［付記２］前記複数の長手方向構造体のうちの１つ以上は、複数の長手方向孔部を有する中空チューブであり、および／または、複数の長手方向孔部は、前記複数の長手方向構造体間に形成される複数の長手方向インタースペース孔部であり、前記母材要素外側表面から延在する前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの前記複数の長手方向孔部のうちの少なくとも１つおよび／または前記複数の長手方向インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差している、付記１に記載の母材要素。

［付記３］前記バックグラウンド材料は、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどのガラスであり、任意選択で、前記バックグラウンド材料は、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなどの１つまたは複数の屈折率変更ドーパント、および／または、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどの１つまたは複数の活性材料ドーパントといった１つまたは複数のドーパントを含む、付記１または２に記載の母材要素。

［付記４］前記複数の長手方向構造体は、前記母材要素の前記中心軸線に対して実質的に平行に配置されており、好ましくは、前記母材要素は、複数の中空チューブからなる少なくとも１つのリングを備える、付記１～３のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記５］前記複数の中空チューブの各々は、前記母材要素の前記中心軸線と実質的に平行な複数の長手方向孔部を有しており、各中空チューブの前記複数の長手方向孔部は、好ましくは複数の孔部からなる少なくとも１つのリング、および任意選択で中央孔部、を備える所定の断面パターンで配置されている、付記１～４のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記６］前記複数の中空チューブは、シリカガラス、軟質ガラス、カルコゲナイドガラス、または、それらの任意の組み合わせなどのガラス製であり、任意選択で、前記複数の中空チューブのガラスは、Ｇｅ、Ｂ、Ｆ、Ｐ、Ａｌなどの１つまたは複数の屈折率変更ドーパント、および／または、希土類元素ＥｒまたはＹｂなどの１つまたは複数の活性材料ドーパントといった１つまたは複数のドーパントを含む、付記１～５のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記７］前記母材要素は、前記中心軸線の周りの回転に関してｎ回回転対称性を有しており、ここで、ｎは５００までであり、たとえば１００までであり、たとえば５０までであり、たとえば２～２０である、付記１～６のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記８］前記複数の長手方向構造体は実質的に前記母材要素の全長に延在している、付記１～７のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記９］前記少なくとも１つのスロットは、前記母材要素外側表面から前記母材要素への半径方向内向きのカットの形態であり、前記半径方向内向きのカットは、前記中心軸線に対して実質的に垂直である、付記１～８のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１０］前記少なくとも１つのスロットは、前記母材要素の前記第１の端部から所定の距離に位置し、前記所定の距離は、好ましくは、前記母材要素の長さの１／１０までであり、当該距離は、好ましくは、少なくとも約０．５ｍｍ以上であり、少なくとも約５ｍｍ以上であり、たとえば約１ｃｍ～約２０ｃｍである、付記１～９のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１１］交差する前記孔部は、前記スロットから前記第１の端部までの所定の位置で閉じられており、たとえば、前記母材の前記第１の端部で、および／または、前記第１の端部を向く交差部で、および／または、それらの間の位置で閉じられている、付記１～１０のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１２］前記母材要素は、微細構造光ファイバ用の母材の一部を形成するように適

合されており、前記母材要素は、少なくとも１つの追加の母材要素とともに組み立てられるように適合されている、付記１～１１のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１３］前記母材要素外側表面から前記少なくとも１つの交差された孔部のうちの半径方向に最も外側のものまでの距離は、前記母材要素の直径の約１／８未満であり、前記母材直径の、たとえば約１／１０未満であり、たとえば１ｃｍ未満であり、たとえば約０．５ｃｍ未満であり、たとえば約３ｍｍ未満である、付記１～１２のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１４］前記母材要素は、母材コア領域と、前記母材コア領域を取り囲む母材クラッディング領域とを少なくとも有する母材中央要素であり、前記複数の長手方向孔部を形成する前記複数の長手方向構造体は、前記母材クラッディング領域に設けられており、前記複数の孔部は、好ましくは断面６角形または断面８角形のパターンで配置されている、付記１～１３のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１５］前記母材クラッディング領域は、前記母材コア領域を取り囲む母材内側クラッディング領域と、前記母材内側クラッディング領域を取り囲む母材外側クラッディング領域とを有しており、前記複数の長手方向孔部を形成する前記複数の長手方向構造体は、前記母材外側クラッディング領域に設けられる、付記１４に記載の母材要素。

［付記１６］前記複数の長手方向構造体は、複数の長手方向孔部からなるリングを前記母材クラッディング領域に形成するように配置されており、好ましくは、前記複数の長手方向孔部からなるリングは、前記母材要素を有する母材から線引きされたファイバの中に空気クラッディングを形成するように適合されている、付記１４または１５に記載の母材要素。

［付記１７］前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの複数の前記孔部と交差する環状のスロットであり、および／または、前記インタースペース孔部のすべてが、好ましくは、前記中空チューブの前記孔部の実質的にすべておよび／または前記母材クラッディング領域または前記母材外側クラッディング領域の前記インタースペース孔部のすべてが、前記環状のスロットと交差している、付記１～１６のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１８］前記母材要素は母材リング要素であり、前記母材リング要素は母材要素内側表面を有しており、前記母材外側表面は外側母材リング要素表面の形態であり、前記バックグラウンド材料はリング壁部バックグラウンド材料の形態であり、前記少なくとも１つの長手方向孔部と交差する前記スロットは前記母材要素外側表面から広がっており、前記少なくとも１つのスロットは前記リング壁部と完全には交差していない、付記１～１３のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記１９］前記リング壁部バックグラウンド材料は、リング壁部内側バックグラウンド材料およびリング壁部外側バックグラウンド材料を備え、それらリング壁部内側バックグラウンド材料およびリング壁部外側バックグラウンド材料は、互いに同じでもよく、または、互いに異なってもよい、付記１８に記載の母材要素。

［付記２０］前記母材リング要素は、隣接する長手方向構造体の間にインタースペースを伴って配置されて前記１つまたは複数の長手方向インタースペース孔部を形成する前記複数の長手方向構造体からなるリングを備え、前記リング壁部バックグラウンド材料の中に閉じ込められている前記長手方向構造体は、任意選択で、１つまたは複数の中実の構造体、たとえば、前記リング壁部バックグラウンド材料の屈折率とは異なる屈折率を有する少なくとも１つの中実の構造体を備える、付記１８または１９に記載の母材要素。

［付記２１］前記母材リング要素は、複数の中空チューブからなるリングを備えており、好ましくは、前記複数の中空チューブの各々は、前記母材リング要素の前記中心軸線に対して実質的に平行な複数の長手方向孔部を有しており、各中空チューブの前記複数の孔部は、好ましくは複数の孔部からなる少なくとも１つのリング、および任意選択で中央孔部、を備える所定の断面パターンで配置されている、付記１８～２０のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２２］前記リング壁部は、少なくとも一断面における、好ましくはその全長にお

けるいずれの断面における、環状の広がりにわたって実質的に同一の厚さを有しており、より好ましくは、前記母材リング要素は、厚さに関して、前記中心軸線の周りで実質的に円対称である、付記１８～２１のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２３］前記リング壁部は、前記母材要素内側表面によって画定される平均内径（ＩＤ）と、前記母材要素外側表面によって画定される平均外径（ＯＤ）とを有しており、少なくとも前記母材リング要素の断面におけるＩＤ／ＯＤは、約０．３～約０．９５であり、たとえば約０．７～約０．９である、付記１８～２２のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２４］前記ＩＤおよび前記ＯＤは、前記母材リング要素の前記長さに沿って実質的に一定であり、好ましくは、（ＯＤ－ＩＤ）×０．５によって定義される前記母材リング要素の厚さは、約０．３ｍｍ～約２ｃｍであり、たとえば約１ｍｍ～約１ｃｍであり、たとえば、約３ｍｍ～約６ｍｍである、付記２３に記載の母材要素。

［付記２５］前記リング壁部は、中空の内側ケインと、中空の外側ケインと、前記内側ケインと前記外側ケインとの間に閉じ込められる前記複数の長手方向構造体とを備える、付記１８～２４のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２６］前記中空の内側ケインは内側ケイン壁部厚さを有しており、前記外側ケインは外側ケイン壁部厚さを有しており、内側ケイン壁部厚さおよび外側ケイン壁部厚さは、互いに独立して、約１ｍｍ～約１ｃｍであり、たとえば約２ｍｍ～約５ｍｍである、付記２５に記載の母材要素。

［付記２７］前記複数の長手方向構造体は、前記リング形状の壁部のリング形状に沿って横並び配列で配置されて複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリングを形成しており、このリングは、前記少なくとも１つのスロットと交差している複数の長手方向孔部を有しており、任意選択で、前記複数の長手方向構造体は、複数の長手方向構造体からなる少なくとも２つのリングたとえば複数の長手方向構造体からなる３つのリングを形成するように配置されている、付記１８～２６のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２８］前記少なくとも１つのスロットは、前記中空チューブの実質的にすべての孔部および／またはすべての前記インタースペース孔部といった複数の孔部と交差する環状のスロットである、付記１８～２７のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記２９］前記母材リング要素は、少なくとも約３ｍｍの、たとえば少なくとも約５ｍｍの、たとえば少なくとも約１０ｍｍの、たとえば約１５ｍｍ～約５０ｍｍの内径を有している、付記１８～２８のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記３０］付記３１～５１のいずれか１つに記載の方法によって取得可能である、付記１～２９のいずれか１つに記載の母材要素。

［付記３１］付記１～３０のいずれか１つに記載の母材要素を製造する方法であって、
複数の長手方向構造体を用意する工程と、バックグラウンド材料の中に一つまたは複数の長手方向孔部を形成するように前記複数の長手方向構造体を配置する工程と、前記母材要素外側表面から延在する少なくとも１つのスロットであって、少なくとも１つの長手方向孔部と交差するが前記母材要素と完全には交差していない少なくとも１つのスロットを設ける工程とを備える方法。

［付記３２］前記母材要素の中心軸線に対して複数の長手方向孔部が実質的に平行になるように前記長手方向構造体を配置する工程を備える、付記３１に記載の方法。

［付記３３］母材要素外側表面から前記母材要素への半径方向内向きのカットの形態の少なくとも１つのスロットを設ける工程を備え、前記半径方向内向きのカットは、前記中心軸線に対して実質的に垂直である、付記３１または３２に記載の方法。

［付記３４］前記少なくとも１つのスロットは、前記母材要素の前記第１の端部から所定の距離に設けられており、前記所定の距離は、好ましくは、前記母材要素の長さの１／１０までであり、当該距離は、好ましくは、少なくとも約０．５ｍｍ以上であり、少なくとも約５ｍｍ以上であり、たとえば約１ｃｍ～約２０ｃｍである、付記３１～３３のいずれか１つに記載の方法。

［付記３５］交差された孔部を、前記母材の前記第１の端部から交差部までの所定の位

置で、たとえば前記母材の前記第１の端部で、および／または、前記母材の前記第１の端部を向く交差部で、および／または、前記孔部と交差する追加のスロットにて、閉じる工程をさらに備え、交差された孔部は、好ましくは、潰されることによっておよび／または中実の材料を前記孔部の中へ充填することによって、閉じられる、付記３１～３４のいずれか１つに記載の方法。

［付記３６］前記長手方向構造体を積み重ねる工程と、任意選択で、積み重ねられた長手方向構造体を外側ケインの中に配置する工程とを備える、付記３１～３５のいずれか１つに記載の方法。

［付記３７］前記母材要素は、母材中央要素であり、前記方法は、少なくとも、前記母材コア領域と、前記母材コア領域を取り囲む前記母材クラッディング領域とを形成するように、前記長手方向構造体を積み重ねる工程を備え、前記長手方向孔部を形成する前記複数の長手方向構造体は、前記母材クラッディング領域に配置されており、好ましくは、前記方法は、断面６角形または８角形のパターンで前記孔部を配置する工程を備える、付記３１～３６のいずれか１つに記載の方法。

［付記３８］前記母材コア領域を取り囲む母材内側クラッディング領域と、前記母材内側クラッディング領域を取り囲む母材外側クラッディング領域とを有する前記母材クラッディング領域を形成するように前記長手方向構造体を配置する工程を備える、付記３７に記載の方法。

［付記３９］前記母材クラッディング領域の中に複数の長手方向孔部からなるリングを形成するように前記複数の長手方向構造体を配置する工程を備え、好ましくは、前記複数の長手方向孔部からなるリングは、前記母材要素を有する母材から線引きされたファイバの中に空気クラッディングを形成するように適合されている、付記３７または３８に記載の方法。

［付記４０］前記少なくとも１つのスロットが、前記中空チューブの複数の孔部と、および／または、前記インタースペース孔部のすべてと、好ましくは、前記中空チューブの前記孔部の半分または実質的にすべてと、および／または、前記母材クラッディング領域または前記母材外側クラッディング領域の前記インタースペース孔部のすべてと、交差する環状のスロットであるように前記少なくとも１つのスロットを作る工程を備える、付記３１～３９のいずれか１つに記載の方法。

［付記４１］前記母材要素は、母材リング要素であり、前記方法は、外側リング壁部分、内側リング壁部分、および、複数の長手方向構造体を用意する工程と、長手方向孔部を形成するように前記長手方向構造体を外側リング壁部分と内側リング壁部分との間に閉じ込める工程と、外側リング壁部分を通って延在し長手方向孔部のうちの少なくとも１つと交差する前記少なくとも１つのスロットを設ける工程とを備える、付記３１～３６のいずれか１つに記載の方法。

［付記４２］前記外側リング壁部分は中空の外側ケインであり、前記内側リング壁部分は中空の内側ケインであり、好ましくは、中空の外側ケインは母材要素外側表面を形成する外側表面を有しており、前記方法は、母材要素外側表面から延在し長手方向孔部と交差する前記少なくとも１つのスロットを作る工程を備える、付記４１に記載の方法。

［付記４３］前記外側リング壁部分と前記内側リング壁部分との間に前記少なくとも１つの長手方向構造体を閉じ込める工程は、前記外側リング壁部分と前記内側リング壁部分との間に前記長手方向構造体がある状態で前記外側リング壁部分および前記内側リング壁部分を組み立てる工程と、前記長手方向構造体を介して前記外側リング壁部分および前記内側リング壁部分を少なくとも部分的に一緒に溶融させる工程とを備える、付記４１または４２に記載の方法。

［付記４４］前記組み立てる工程は、前記内側リング壁部の外側表面が前記外側リング壁部の内側表面に面するように前記内側リング壁部分を配置する工程と、前記内側リング壁部の外側表面と前記外側リング壁部の内側表面との間に前記長手方向構造体を配置する工程とを備える、付記４１または４２に記載の方法。

［付記４５］前記内側リング壁部分および前記外側リング壁部分は中空ケインであり、

前記組み立てる工程は、前記内側リング壁部分を前記外側リング壁部分の中へ挿入する工程と、前記内側リング壁部分と前記外側リング壁部分との間に複数の長手方向構造体を配置する工程とを備える、付記４１～４４のいずれか１つに記載の方法。

［付記４６］前記内側リング壁部分を取り囲むように前記長手方向構造体を横並び配列で配置して、複数の長手方向構造体からなる少なくとも１つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる２つのリング、たとえば、複数の長手方向構造体からなる３つのリングを形成する工程を備える、付記４１～４５のいずれか１つに記載の方法。

［付記４７］前記複数の長手方向構造体のうちの１つ以上は前記長手方向孔部を備えた中空チューブであり、および／または、前記長手方向孔部は前記長手方向構造体間の長手方向のインタースペース孔部であり、前記少なくとも１つのスロットは前記中空チューブの前記長手方向孔部孔部のうちの少なくとも１つと、および／または、インタースペース孔部のうちの少なくとも１つと交差するように設けられており、好ましくは、前記長手方向構造体のすべては、前記母材リング要素の前記中心軸線に対して実質的に平行な複数の長手方向孔部を有する１つまたは複数のチューブを任意選択で備える、中空チューブである、付記４１～４６のいずれか１つに記載の方法。

［付記４８］前記複数の長手方向構造体からなるリングは、それぞれの長手方向構造体がそれらの長さに沿って隣接する長手方向構造体と接触している構成で配置されている、付記４６または４７に記載の方法。

［付記４９］前記複数の長手方向構造体からなるリングは、それぞれの長手方向構造体が隣接する長手方向構造体と接触していない構成で配置されて、インタースペース長手方向孔部の形態の前記長手方向孔部を形成しており、好ましくは、前記方法は、前記長手方向構造体間の距離を制御するために、前記母材リング要素の前記長さに沿って２つ以上の位置において距離構成体を配置する工程を備える、付記４６または４７に記載の方法。

［付記５０］前記少なくとも１つのスロットは、前記外側リング壁部分を通る半径方向内向きのカットによって設けられており、前記半径方向内向きのカットは、前記中心軸線に対して実質的に垂直である、付記４１～４９のいずれか１つに記載の方法。

［付記５１］前記母材の第１の端部から交差部までの所定の位置で、たとえば、前記母材の第１の端部で、および／または、前記母材の第１の端部を向く交差部で、および／または、前記孔部と交差する追加のスロットにて、交差された孔部を閉じる工程をさらに含み、交差された孔部は、好ましくは、潰されることによっておよび／または中実の材料を前記孔部の中へ充填することによって、閉じられる、付記４１～４９のいずれか１つに記載の方法。

［付記５２］微細構造光ファイバの製造方法であって、母材を組み立てる工程と、前記母材アセンブリを微細構造光ファイバに線引きする工程とを備え、前記母材を組み立てる工程が、付記１～２２のいずれか１つに記載の母材要素を用意する工程と、その母材要素を少なくとも１つの追加の母材要素と組み立てる工程とを備えるファイバ製造方法。

［付記５３］前記少なくとも１つの追加の母材要素は、長さ、第１および第２の端部、ならびにボアを備えたオーバークラッディングチューブであり、前記母材組み立て工程は、オーバークラッディングチューブのボアの中へ前記母材要素を配置し、母材要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースを形成する工程を備え、前記母材アセンブリは、前記母材要素の前記第１の端部、および、オーバークラッディングチューブの第１の端部を含む、第１の端部分を有している、付記５２に記載のファイバ製造方法。

［付記５４］前記母材要素は、追加の母材リング要素および／またはオーバークラッディングチューブとともに組み立てられる母材中央要素であり、または、前記母材要素は、追加の母材中央要素および任意選択でオーバークラッディングチューブとともに組み立てられる母材リング要素である、付記５２または５３に記載のファイバ製造方法。

［付記５５］長さと第１の端部と第２の端部とを有する母材中央要素を用意する工程と、母材中央要素を取り囲むようにリング形状の壁部を配置し、母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースを形成する工程とを備え、前記母材アセンブリは、第１の端部分を有しており、第１の端部分は、前記母材中央要素の第１の端部、および、前記母材リ

ング要素の前記第１の端部を含む、付記５４に記載のファイバ製造方法。
［付記５６］前記母材中央要素は、付記１～１７のいずれか１つに記載の母材中央要素である、付記５５に記載のファイバ製造方法。
［付記５７］前記母材を組み立てる工程は、長さ、第１の端部、第２の端部、およびボアを有するオーバークラッディングチューブの形態の追加の母材要素を用意する工程と、オーバークラッディングチューブのボアの中へ前記リング形状の壁部を配置して、母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースを形成する工程とを備え、前記母材アセンブリは、第１の端部分を有しており、この第１の端部分は、前記母材中央要素の前記第１の端部、前記母材リング要素の前記第１の端部、および、オーバークラッディングチューブの第１の端部を含む、付記５６に記載のファイバ製造方法。
［付記５８］前記要素間インターフェースのうちの少なくとも１つは、微細構造光ファイバへの前記母材アセンブリの線引きの少なくとも一部の間に、低減された圧力を受け、好ましくは、前記母材要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースおよび前記母材リング要素－母材中央要素間のインターフェースのうちの少なくとも１つは、前記母材アセンブリを微細構造光ファイバへと線引きする少なくとも一部の間に、低減された圧力を受け、前記母材要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースは、母材中央要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェース、および、母材リング要素－オーバークラッディングチューブ間のインターフェースから選択される、付記５２～５７のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記５９］前記母材中央要素は、その長さに沿って延在する少なくとも１つの孔部を有し、前記方法は、線引きの間に、前記母材中央要素の少なくとも１つの孔部に、母材中央制御圧力を付与する工程を備え、好ましくは、前記母材中央要素は、付記１～１７のいずれか１つに記載のものであり、制御圧力は、前記母材中央要素の前記スロットを介して加えられる、付記５２～５８のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６０］前記母材中央要素は、前記母材中央要素の長さに延在する、少なくとも第１のカテゴリー孔部および少なくとも第２のカテゴリー孔部を有し、前記方法は、線引きの間に、少なくとも１つの第１のカテゴリー孔部に、第１の母材中央制御圧力を付与する工程と、少なくとも１つの第２のカテゴリー孔部に、第２の母材中央制御圧力を付与する工程とを備える、付記５２～５９のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６１］線引きの間に、前記母材リング要素の前記長手方向孔部に、母材リング要素制御圧力を付与する工程を備え、母材リング要素制御圧力は、線引きの間に、前記母材中央制御圧力などのような少なくとも１つの他の制御圧力から独立して制御される、付記５５～６０のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６２］線引きの間に、前記スロットと交差している前記母材リング要素の前記長手方向孔部に、母材リング要素制御圧力を付与する工程を備え、母材リング要素制御圧力は、前記スロットを介して加えられる、付記５５～６１のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６３］前記母材中央要素の前記第１の端部、および、前記オーバークラッディングチューブの前記第１の端部は、前記母材端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、前記母材中央要素の前記端部分が、前記オーバークラッディングチューブの前記端部を越えて突出するようになっている、付記５２～６２のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６４］前記追加の母材中央要素の前記第１の端部、前記母材リング要素の前記第１の端部、および、前記オーバークラッディングチューブの前記第１の端部は、前記母材端部分においてシーケンシャルにオフセットされており、前記母材リング要素の前記端部分が、前記オーバークラッディングチューブの前記端部を越えて突出するようになっており、また、好ましくは、前記追加の母材中央要素の端部分が、前記母材リング要素の前記端部を越えて突出するようになっている、付記５４～６３のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。
［付記６５］前記母材中央要素の前記第１の端部、前記追加の母材リング要素の前記第

１の端部、および、前記オーバークラッディングチューブの前記第１の端部は、前記母材端部分においてシーケンシャルにオフセットされ、前記追加の母材リング要素の前記端部分が、前記オーバークラッディングチューブの前記端部を越えて突出するようになっており、また、好ましくは、前記母材中央要素の端部分が、前記追加の母材リング要素の前記端部を越えて突出するようになっている、付記５５～６４のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。

［付記６６］前記１つまたは複数の圧力制御は、２つ以上の圧力制御部を含む圧力制御キャップによって前記母材アセンブリの前記端部分を囲むことによって、および、前記母材要素の前記スロットの反対側に少なくとも１対のスロットシールを有する圧力制御された孔部を独立して密封するためにシールを適用することによって行われ、好ましくは、前記母材要素の交差された孔部は、前記母材の前記第１の端部から前記第１の端部に向けての前記スロット交差部への所定の位置で閉じられ、前記１対のスロットシールは、前記母材要素の前記端部分の前記母材要素外側表面に対して環状のシールを形成する、付記５１～６５のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。

［付記６７］前記母材アセンブリの線引きは、線引きタワーにおいて前記母材アセンブリを前記微細構造光ファイバへと線引きすることを含み、前記母材アセンブリは、その第１の端部分において、少なくとも１つの圧力制御、好ましくは、２つ以上の独立して制御される圧力制御を受ける、付記５１～６６のいずれか１つに記載のファイバ製造方法。

［付記６８］光ファイバを形成する方法であって、

少なくとも１つのインターフェースボイドと、複数の長手方向孔部と、１つまたは複数の長手方向に延在するボイドとを有する光ファイバ母材アセンブリを形成する工程と、

前記光ファイバ母材アセンブリにおいて半径方向内向きに延在するスロットを通して少なくとも１つの前記孔部を加圧しながら、かつ、少なくとも１つのインターフェースボイドを減圧しながら、前記光ファイバ母材アセンブリを光ファイバに線引きする工程とを備える、方法。

［付記６９］付記５１～６７のいずれか１つに記載の方法に従う付記６８に記載のファイバ製造方法。

［付記７０］前記少なくとも１つのインターフェースボイドが、線引きされたファイバの中で閉じられるように前記光ファイバを線引きする工程を備える、付記６８または付記６９に記載のファイバ製造方法。

【図面】

【図１】

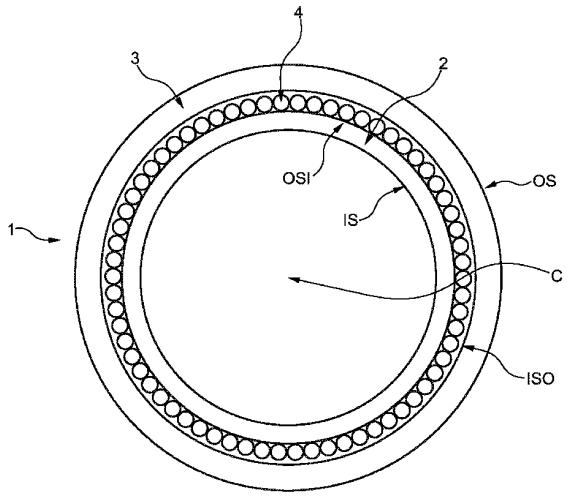


Fig. 1

【図２ａ】

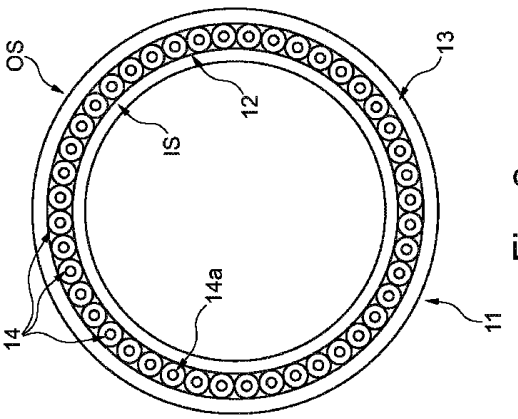


Fig. 2a

【図２ｂ】

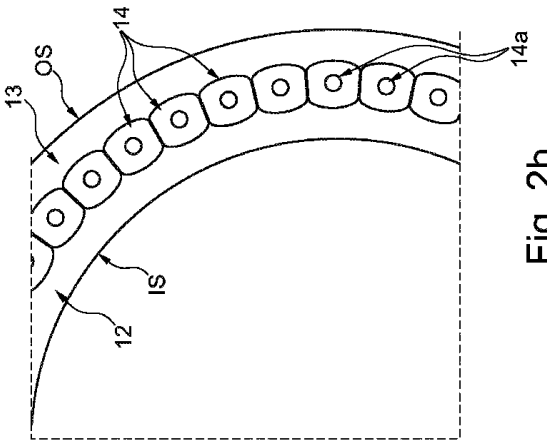


Fig. 2b

【図３】

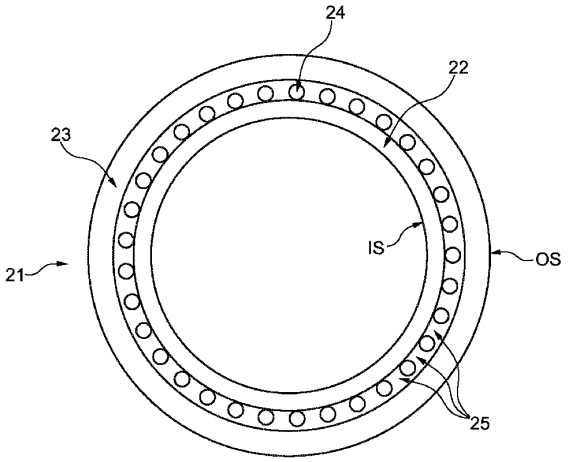


Fig. 3

【図４ａ】

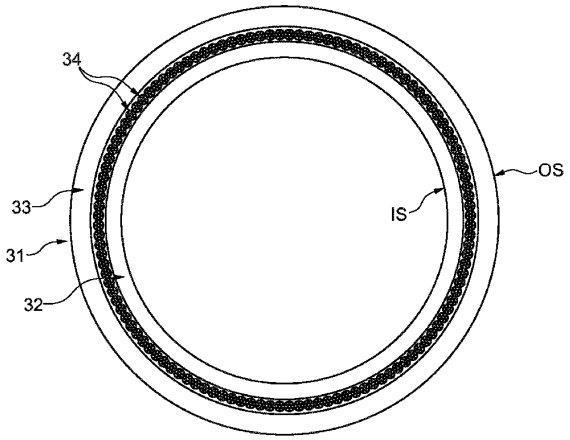


Fig. 4a

【図４ｂ】

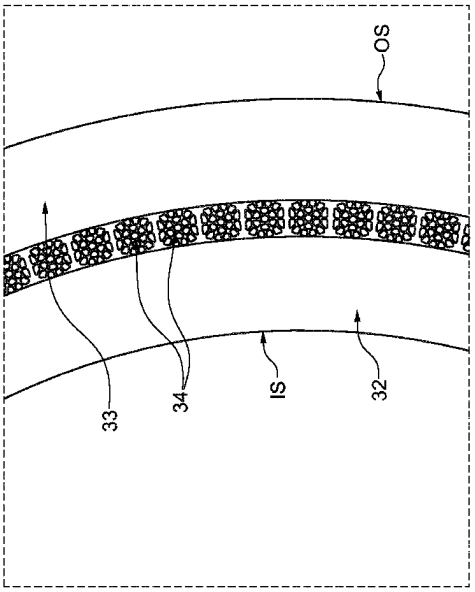


Fig. 4b

【図５ａ】

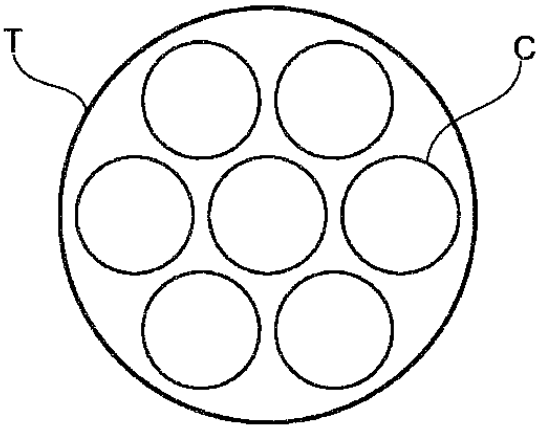


Fig. 5a

【図５ｂ】

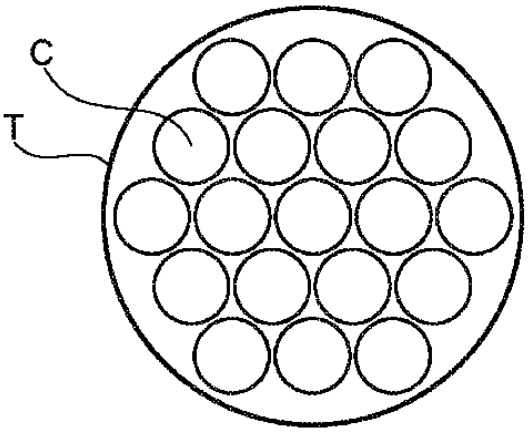


Fig. 5b

【図６】

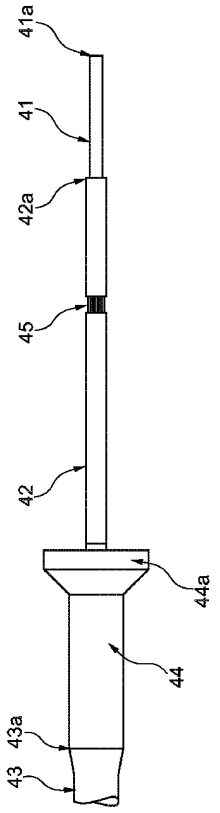


Fig. 6

【図７ａ】

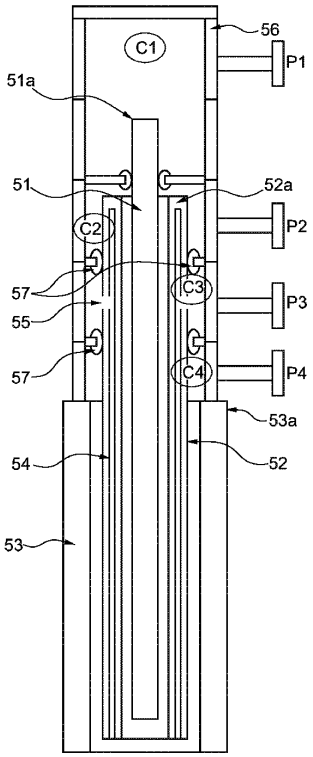


Fig. 7a

【図７ｂ】

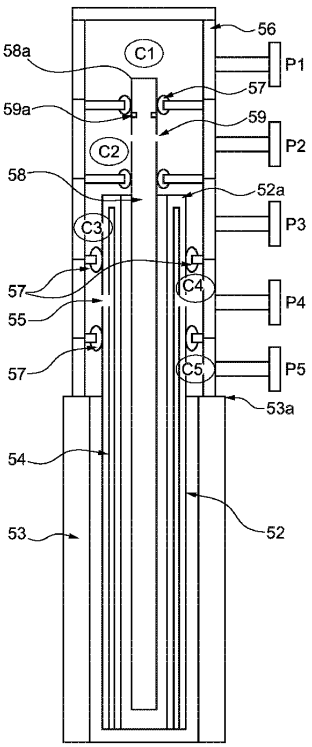


Fig. 7b

【図８】

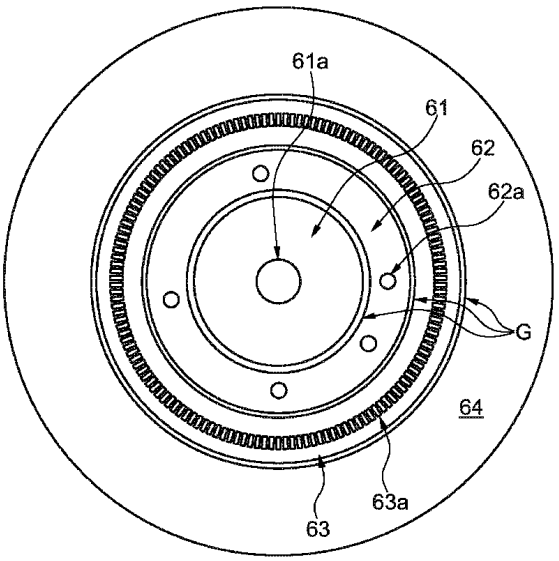


Fig. 8

【図９】

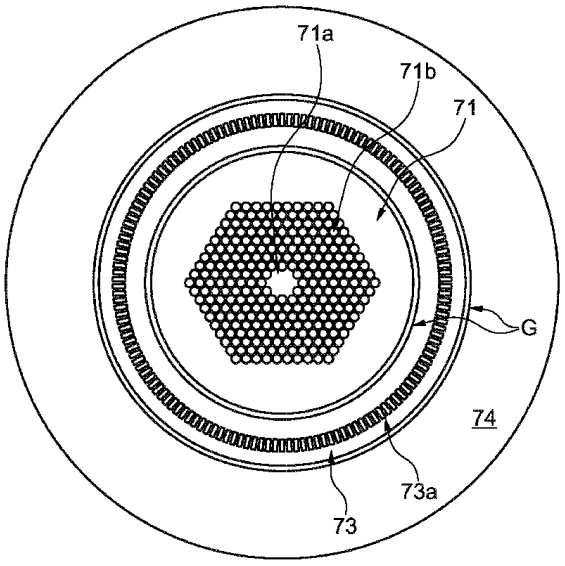


Fig. 9

【図１０】

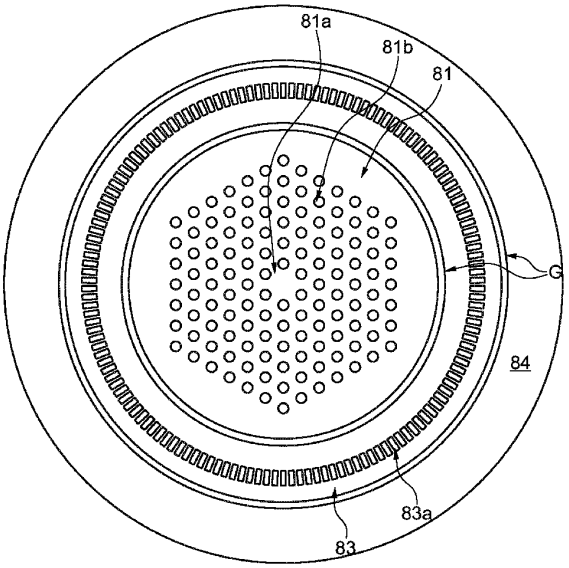


Fig. 10

【図１１】

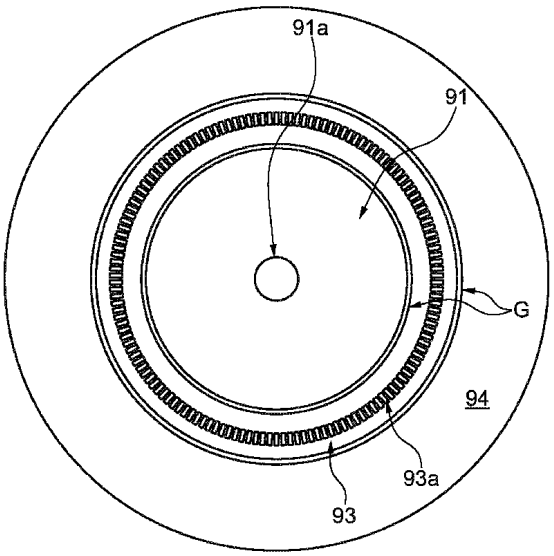


Fig. 11

【図１２】

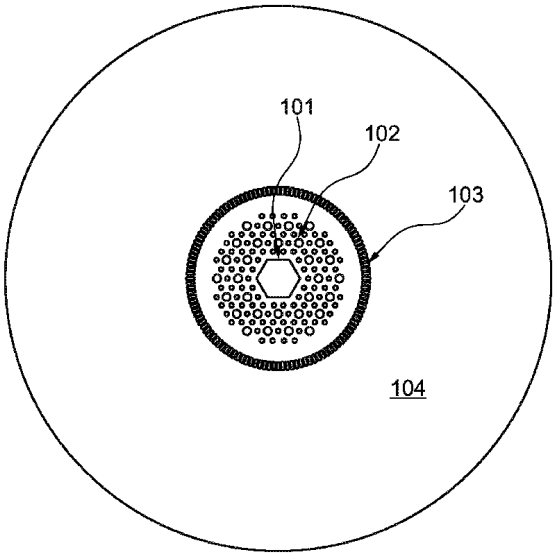


Fig. 12

【図１３】

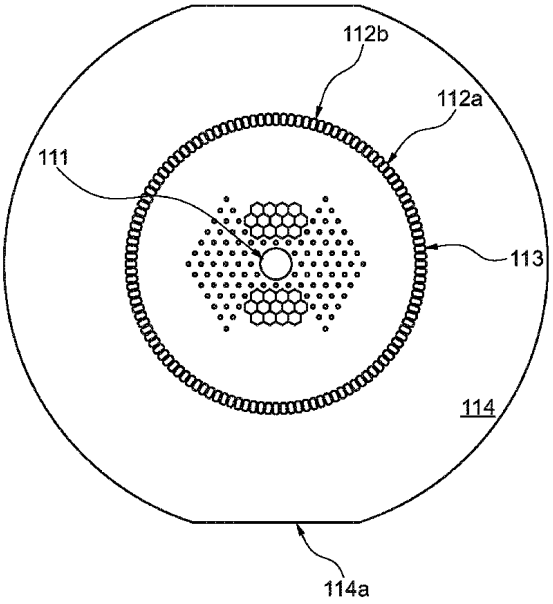


Fig. 13

【図１４】

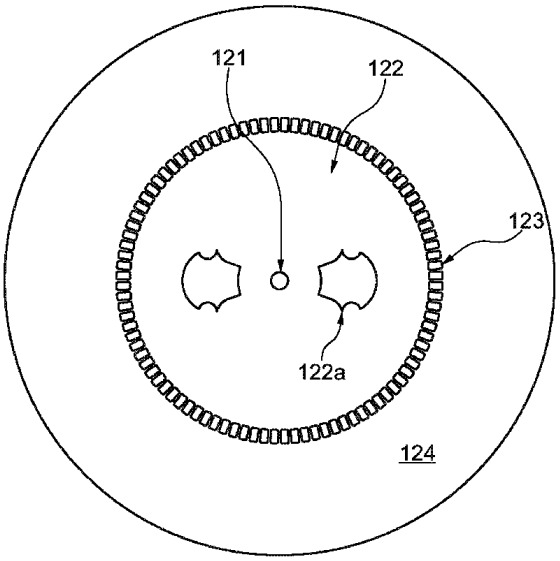


Fig. 14

【図１５】

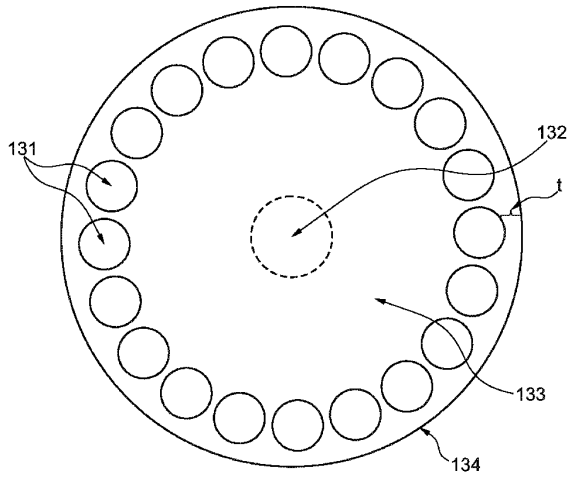


Fig. 15

【図１６】

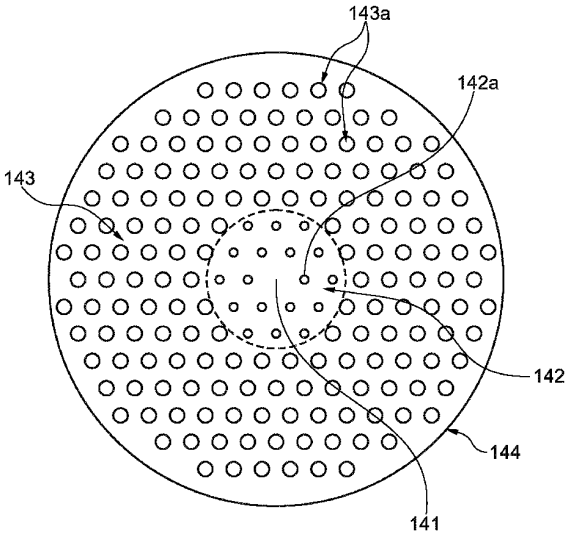


Fig. 16

【図１７】

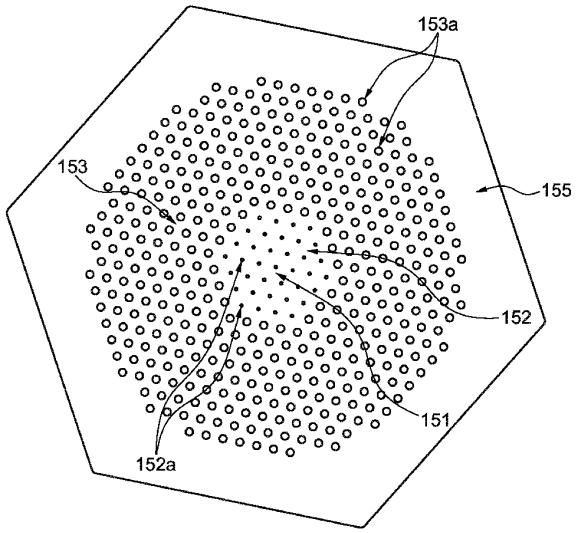


Fig. 17

【図１８】

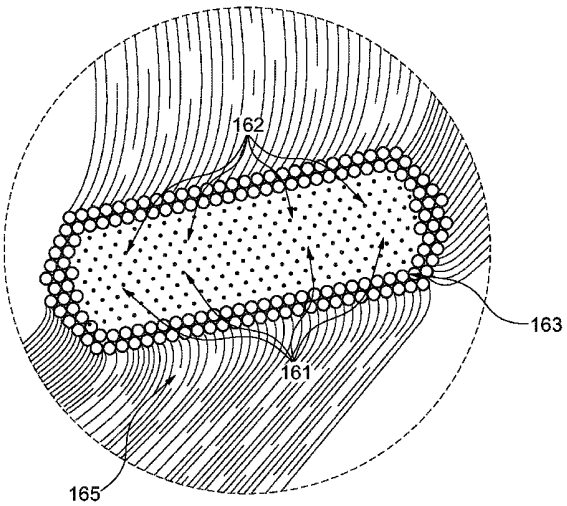


Fig. 18

フロントページの続き

(72)発明者　ヤコブセン、クリスチャン
デンマーク国 ２８３０ ビールム ビールムゲーデ ３７エ

審査官　山田 貴之

(56)参考文献　特表２００９－５２８２４８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２１５４５８（ＪＰ，Ａ）
国際公開第０３／０７８３３８（WO，Ａ２）
特開２００９－１１６１９３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１０／０８４９６４（WO，Ａ１）
特表２０１１－５２６７０４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０３Ｂ　３７／０１２
Ｃ０３Ｂ　３７／０２７
Ｇ０２Ｂ　６／０２ ー ６／０３６
Ｇ０２Ｂ　６／１０
Ｇ０２Ｂ　６／４４