

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-99266

(P2022-99266A)

(43)公開日 令和4年7月4日(2022.7.4)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 6/44 (2006.01)	G 0 2 B 6/44 3 7 1	2 H 2 0 1
	G 0 2 B 6/44 3 9 1	

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全23頁)

(21)出願番号 特願2021-196721(P2021-196721)	(71)出願人 519016125
(22)出願日 令和3年12月3日(2021.12.3)	プリズミアン ソチエタ ペル アツィオ
(31)優先権主張番号 17/130,589	ーニ
(32)優先日 令和2年12月22日(2020.12.22)	イタリア 2 0 1 2 6 ミラン ヴィア キ
(33)優先権主張国・地域又は機関 米国(US)	エーゼ 6
	(74)代理人 100105924
	弁理士 森下 賢樹
	(72)発明者
	イーサン ファラーモハンマディ
	アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2
	9 0 7 2 レキシントン インダストリア
	ル ドライブ 7 0 0
	(72)発明者
	クリント ニコラウス アンダーソン
	アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2
	9 0 7 2 レキシントン インダストリア
	ル ドライブ 7 0 0

最終頁に続く

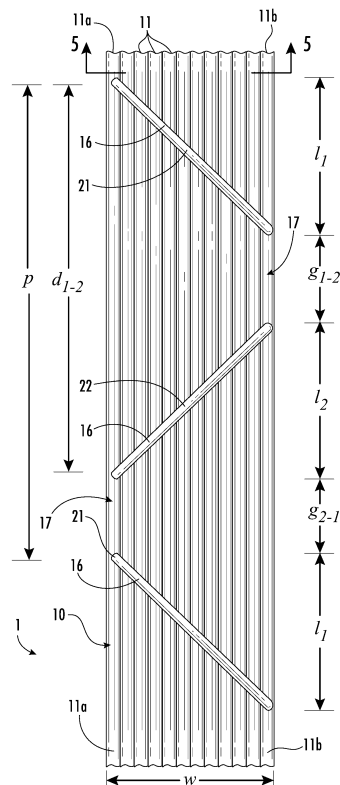
(54)【発明の名称】 非接着性ギャップを備えたりボン光ファイバ

(57)【要約】 (修正有)

【課題】光ファイバのリボン幅方向への回転および折り曲げを容易にするために、非常に高い柔軟性、強度および堅牢性を持つリボン光ファイバを与える。

【解決手段】リボン光ファイバ1は、縦方向に沿って、光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16の存在しない断続的なギャップ17を含む。これらの接着材(例えば、接着性ビーズ)16の存在しない断続的なギャップ17があることにより、多心融着を留意している間にリボン光ファイバ1が調整チャック内に位置するとき、接着材の干渉を低減するまたは排除することができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

( i ) 隣接する  $n$  本の複数の光ファイバと、

( i i ) 接着材と、

を備え、

前記光ファイバは、縦方向に延び、互いに平行に配置され、縦方向と直交する方向に延びる幅  $w$  を持つ光ファイバアセンブリを形成し、

前記接着材は、前記光ファイバアセンブリ上で、前記光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバ同士を接着し、

前記接着材は、前記光ファイバアセンブリをまたいで、前記光ファイバアセンブリの縦方向に交代する第 1 の接着材パターンおよび第 2 の接着材パターンを反復的に形成し、 10

前記第 1 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリをまたいで、前記光ファイバアセンブリ内の第 1 の最も外側の光ファイバから、前記光ファイバアセンブリ内の反対側の第 2 の最も外側の光ファイバまで延び、

前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリをまたいで、前記光ファイバアセンブリ内の第 2 の最も外側の光ファイバから、前記光ファイバアセンブリ内の反対側の第 1 の最も外側の光ファイバまで延び、

前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、それぞれ、前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った平均長さ  $l_1$  および  $l_2$  を持ち、

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたぐ接着材が存在しない 20 周期的な非接着性ギャップを生成し、

前記非接着性ギャップは、前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$l_1 \leq l_2$  なら  $g = 8 \times (l_1 \div n)$

であり、

$l_2 \leq l_1$  なら  $g = 8 \times (l_2 \div n)$

であることを特徴とするリボン光ファイバ。

## 【請求項 2】

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたぐ接着材が存在しない 30 周期的な非接着性ギャップを生成し、

前記非接着性ギャップは、前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$l_1 \leq l_2$  なら  $g = 16 \times (l_1 \div n)$

であり、

$l_2 \leq l_1$  なら  $g = 16 \times (l_2 \div n)$

であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

## 【請求項 3】

前記光ファイバアセンブリは、少なくとも 4 本の隣接する光ファイバを含み、 40 当該 4 本の光ファイバは、縦方向に延び、平行に配置され、

$n = 4$  であり、

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたぐ接着材が存在しない 40 周期的な非接着性ギャップを形成し、

前記非接着性ギャップは前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$l_1 \leq l_2$  なら  $g = 2 \times l_1$

であり、

$l_2 \leq l_1$  なら  $g = 2 \times l_2$

であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 4】

前記光ファイバアセンブリは、少なくとも 6 本の隣接する光ファイバを含み、  
当該 6 本の光ファイバは、縦方向に延び、平行に配置され、  
 $n = 6$  であり、

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたぐ接着材が存在しない周期的な非接着性ギャップを形成し、  
前記非接着性ギャップは前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$g = (l_1 + l_2)$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 5】

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたぐ接着材が存在しない周期的な非接着性ギャップを形成し、  
前記非接着性ギャップは前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$g = (l_1 + l_2) \times (n \div (n - 2))$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 6】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿った方向において、

前記非接着性ギャップの最小長さ  $g$  は、第 1 の非接着性ギャップ距離  $g_{1-2}$  であり、  
前記第 1 の非接着性ギャップ距離  $g_{1-2}$  は、連続する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンの、間隔を置いて隣接する端部間の距離であり、

$$g = g_{1-2}$$

であり、

前記第 1 の接着材パターンの隣接する端部および前記第 2 の接着材パターンの隣接する端部は、いずれも前記光ファイバアセンブリ内の第 2 の最も外側の光ファイバに沿って配置され、

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測ったとき、

$$g_{1-2} = 8 \times ((l_1 + l_2) \div 2n)$$

であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 7】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿った方向において、連続する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、反対側の隣接する端部を備え、

前記反対側の隣接する端部は、前記光ファイバアセンブリ内の第 1 の最も外側の光ファイバに沿って配置され、互いに間隔  $d_{1-2}$  を置いて隔てられ、

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測ったとき、

$$d_{1-2} = g_{1-2} + l_1 + l_2$$

であることを特徴とする請求項 6 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 8】

前記第 1 の接着材パターンの平均長さ  $l_1$  は、前記第 2 の接着材パターンの平均長さ  $l_2$  の 90 パーセント以上 100 パーセント以下であるか、または、

前記第 2 の接着材パターンの平均長さ  $l_2$  は、前記第 1 の接着材パターンの平均長さ  $l_1$  の 90 パーセント以上 100 パーセント以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 9】

前記第 1 の接着材パターンの平均長さ  $l_1$  は、前記第 2 の接着材パターンの平均長さ  $l_2$  の 10 パーセント以上 95 パーセント以下であるか、または、

10

20

30

40

50

前記第 2 の接着材パターンの平均長さ  $l_2$  は、前記第 1 の接着材パターンの平均長さ  $l_1$  の 10 パーセント以上 95 パーセント以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 10】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、前記第 1 の接着材パターンの各々は、連続する接着材のビーズを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 11】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、前記第 2 の接着材パターンの各々は、連続する接着材のビーズを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 12】

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向の同一部分に関し、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで接着材が存在しない最小長さが  $g$  の周期的な非接着性ギャップを生成し、

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、それぞれ、単一の連続的な接着性ビーズから構成されることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 13】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、前記第 1 の接着材パターンの各々は、前記光ファイバアセンブリ上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のビーズを備え、

前記ビーズは、前記光ファイバアセンブリ内の隣接する光ファイバの間で引き延ばされた接着を形成することを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 14】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、前記第 2 の接着材パターンの各々は、前記光ファイバアセンブリ上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のビーズを備え、

前記ビーズは、前記光ファイバアセンブリ内の隣接する光ファイバの間で引き延ばされた接着を形成することを特徴とする請求項 13 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 15】

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向の同一部分に関し、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで接着材が存在しない最小長さが  $g$  の周期的な非接着性ギャップを生成し、

交代する前記第 1 の接着材パターンおよび前記第 2 の接着材パターンは、それぞれ、前記光ファイバアセンブリ上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のビーズから構成されることを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 16】

前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、前記第 1 の接着材パターンの各々は前記第 2 の接着材パターンに直ちに続き、前記第 2 の接着材パターンの各々は前記第 1 の接着材パターンに直ちに続くことを特徴とする請求項 1 に記載のリボン光ファイバ。

【請求項 17】

リボン光ファイバを製造する方法であって、

( i )  $n$  本の複数の光ファイバを、縦方向と直交する方向に延びる幅  $w$  を持つ縦長の光ファイバアセンブリ内に配置するステップと、

( i i ) 前記光ファイバアセンブリを直線速度  $v$  で前進させるステップと、

( i i i ) 前記光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバ同士を接着するために、ディスペンサを用いて前記光ファイバアセンブリに接着材を与えるステップと、

を含み、

前記光ファイバは、互いに平行に隣接して配置され、

前記ディスペンサは、光ファイバアセンブリの縦方向と直交する方向に振幅  $A_d$  で反復して動き、

10

20

30

40

50

前記ディスペンサの振幅  $A_d$  は、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  より大きいことを特徴とする方法。

【請求項 18】

前記ディスペンサは、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、振幅  $A_d$  で連続的に往復運動することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記ディスペンサは、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、振幅  $A_d$  で断続的に往復運動することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

前記ディスペンサは、中心軸の周りに周波数  $r$  で回転することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。 10

【請求項 21】

光ファイバアセンブリの中線 ( $w/2$ ) と実質的に交差するように位置づけられた中心軸の周りを回転する間に、ディスペンサノズルを用いて前記光ファイバアセンブリに接着材を供給するステップを含み、

前記ディスペンサノズルは、光ファイバアセンブリ内の各光ファイバに接着材を供給することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 22】

前記ディスペンサは、前記光ファイバアセンブリ内の各光ファイバに接着材を与えるために、前記光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、前記光ファイバアセンブリの第 1 の最も外側の光ファイバおよび第 2 の最も外側の光ファイバの両方を越えて反復的に動くことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、リボン光ファイバおよびリボン光ファイバの製造方法に関する。光ファイバ通信ネットワークは、従来の銅線ベースのネットワークに比べ、非常に高速かつ大容量の通信を可能とする。光ファイバケーブルを用いて送信されるデータの量は、世界的規模で増加し続けている。これは、とりわけデータセンタに当てはまる。なぜなら、拡大するクラウドコンピューティングは、限られた物理空間でのデータ送受信を必要とするからである。従って、よりファイバ数の多い、よりファイバ密度の高い光ファイバの要望が高まっている。さらにアクセスケーブルネットワークの建設コスト削減、敷設コスト削減のため、既存の設備（例えば地下管路）を利用できるよう光ファイバの重量および径の低減が常に求められている。別の実際的な要望は、ケーブル接続に必要な時間を短縮するため、光ファイバの多心融着を可能とすることにある。このように光ファイバには、複数の（おそらく競合する）要望（例えば、光ファイバ径の低減、光ファイバ密度の増加、光ファイバの加工性向上など）がある。これは、光ファイバの製造にとって深刻で困難な課題である。 30

【背景技術】

【0002】

光ファイバは、従来の通信線に対して利点を持つ。 40

【0003】

加工性を向上させるには、複数の光ファイバを同時に接合するために、リボン光ファイバを多心融着できることが望ましい。しかし従来のリボン光ファイバは、剛性に難点があった。これは、光ファイバを平面に保つために、光ファイバアセンブリの周りに樹脂層を与えるためである。この剛性は、光ファイバ密度向上を妨げる原因となっている。

【0004】

レーザ、電気アーク等を用いた融着により、2本の光ファイバの端点同士を接合する技術はよく知られている。通常、光ファイバの接合は、各光ファイバの外側ガラスクラッドおよび内側ガラスコアから被覆（例えば、外側二次被覆および内側一次被覆）を除去することにより、各光ファイバの端部を準備することと、接合に必要なペアガラス端を生成する 50

ために、各光ファイバの外側ガラスクラッドおよび内側ガラスコアを正確に切断すること、とを含む。典型的に、切断された各ペアガラス端は、単心接合を用いて、2つの光ファイバの接続に使用される融着接続装置と正確に位置合わせされる。接合位置合わせ、その他の処理を行うことにより、接合点での減衰を最小化し、接合端点同士を強く接合することができる。

#### 【0005】

典型的に、単心接合装置は、それぞれの光ファイバを支持するための対向支持機構を有する。これにより、切断されたペアガラス端を正確に位置合わせすることができる。調整を容易にするために、各支持機構（例えば、単ファイバ調整チャック）は、各光ファイバの切断されたペアガラス端部を正確に保持するためのV字型溝を定義するプラットフォームまたはトレイを含んでもよい。追加的に、各調整チャックまたは支持機構は、各光ファイバの切断されたペアガラス端に隣接する被覆部分を正確に固定するための部品をさらにも含む。

10

#### 【0006】

同様に、多心融着を用いて、2本のリボン光ファイバの端点同士を正確に接合することもよく知られている。各リボン光ファイバは、例えば、接着材により合体された12本の光ファイバを含んでもよい。典型的に、各リボン光ファイバの端部を準備することは、構成部品である光ファイバの各端部を分離することと、ペアガラス部を生成するために各光ファイバを準備すること、とを含む。効率化のために、各切断されたペアガラス端は、各光ファイバを接合する多心融着装置内で正確に位置合わせされる。

20

#### 【0007】

典型的に、多心融着装置（例えば、多心融着器）は、光ファイバを正確に固定するための対向支持機構（例えば、調整チャック）を備える。これにより、切断されたペアガラス端を正確に調整することができる。調整を容易にするために、各調整チャックその他の支持機構は、各光ファイバの切断されたペアガラス端部をそれぞれ正確に保持するための複数のV字型溝（例えば、12本の溝または24本の溝）を定義するプラットフォームまたはトレイを含んでもよい。追加的に、各調整チャックその他の支持機構は、各光ファイバの切断されたペアガラス端に隣接する被覆部分を正確に固定するための部品をさらにも含む。

#### 【0008】

柔軟なリボン光ファイバにより、光ファイバケーブル内に高い光ファイバ密度を実現することができる。こうした柔軟なリボン光ファイバを多心融着するためには、リボン光ファイバを多心融着器の調整チャック内に位置づける必要がある。しかしながら、しばしば、接着材（例えば、引き伸ばされたビーズ）は、調整チャック（例えば、調整チャック内のV字型の溝）内での干渉の原因となる。例えば、いくつかの商業的に入手可能な調整チャック（例えば、多心融着器で使われるもの）は、接着ビーズパターンのピッチが短すぎると（例えば、100ミリメートル未満であると）、柔軟なリボン光ファイバを容易に収容することができない。これは、調整チャックのV字型溝で接着ビーズが干渉するためである。一方、接着ビーズパターンのピッチが長すぎると、柔軟なリボン光ファイバはあまりにも柔軟となり、調整チャック内に収納することが難しくなる可能性がある。これを解決するためには、リボン光ファイバの両端部に張力を与え、リボン光ファイバを調整チャック内に的確に収納できるよう、光ファイバの端部を調整チャックの各端部に位置づける必要である。

30

40

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

本発明の主要な目的は、構成部品である光ファイバのリボン幅方向への回転および折り曲げを容易にするために、非常に高い柔軟性、強度および堅牢性を持つリボン光ファイバを与えることにある。本発明の別の目的は、複数の光ファイバ接合を行うために、容易に多心融着することのできるリボン光ファイバを与えることにある。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

ある態様では、本発明は、多心融着装置を用いた多心融着を容易にするリボン光ファイバを含む。典型的なリボン光ファイバは、縦方向に沿って、当該リボン光ファイバの幅をまたぐ接着材が実質的に存在しない断続的なまたは周期的なギャップを含む。こうした接着材の存在しないギャップ（例えば、非接着性のギャップ、領域、ゾーンまたは部分）があることにより、多心融着を用意している間にリボン光ファイバが調整チャック内に位置するとき、接着材の干渉を低減するまたは排除することができる。

## 【0011】

典型的なリボン光ファイバは、 $n$ 本の複数のそれぞれ隣接する光ファイバ（例えば、12本以上の、例えば250ミクロンまたは200ミクロンの光ファイバ）を含む。これらの光ファイバは、縦方向に伸び、互いに平行に配置される。これにより、縦方向と直交する方向に伸びる幅 $w$ の光ファイバアセンブリが形成される。リボン光ファイバはさらに、光ファイバアセンブリ上に接着材を含む（光ファイバアセンブリの主表面（例えば、上面）上に接着性ビーズとして堆積する）。この接着材は、光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバを接着して接合する。この接着材は、光ファイバアセンブリをまたいで、光ファイバアセンブリの縦方向に交代する第1の接着材パターンおよび第2の接着材パターンを反復的に形成する。

光ファイバアセンブリの縦方向と同じ方向に、

(i) 前記第1の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリをまたいで、前記光ファイバアセンブリ内の第1の最も外側の光ファイバから、前記光ファイバアセンブリ内の反対側の第2の最も外側の光ファイバまで伸び、

前記第2の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリをまたいで、前記光ファイバアセンブリ内の第2の最も外側の光ファイバから、前記光ファイバアセンブリ内の反対側の第1の最も外側の光ファイバまで伸び、

(ii) 前記第1の接着材パターンおよび前記第2の接着材パターンは、それぞれ、前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った平均長さ $l_1$ および $l_2$ を持ち、

(iii) 交代する前記第1の接着材パターンおよび前記第2の接着材パターンは、前記光ファイバアセンブリの縦方向部分に前記光ファイバアセンブリの幅 $w$ をまたぐ接着材が存在しない周期的な非接着性ギャップを生成し、

前記非接着性ギャップは、前記光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測った最小長さ $g$ を持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g \leq 8 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g \leq 8 \times (l_2 \div n)$$

である

## 【0012】

典型的なリボン光ファイバは、構成部品である光ファイバのリボン幅方向への回転および折り曲げを容易にするために、非常に高い柔軟性、強度および堅牢性を持つ。さらに典型的なリボン光ファイバは、複数の光ファイバ接続を実現するために、多心融着を使うことができる。このとき個々の光ファイバは、隣接する光ファイバを損傷することなく、分離することができる。各光ファイバは、中心から周辺に向けて、ガラスコア、ガラスクラッド、1つ以上の被覆（一次被覆、二次被覆、光インク層）を含む。本明細書で開示されるリボン光ファイバの実施の形態は、関連するリボン光ファイバの製造方法に適用することもでき、逆もまた同様である。

## 【0013】

以上説明した模式的な概要、本発明のその他の目的および/または利点、方法は、以下の記載および添付の図面を用いて詳細に説明される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0014】

10

20

30

40

50

以下、添付の図面を参照して本発明を説明する。これらの図面には、本発明の実施の形態が示される。同一または類似の要素には同じ符号を付す。図面は、例示として与えられるものであり、模式的であって縮尺は正しくない。発明の態様は、多くの異なる実施の形態を含み、図面の形態に限定されない。

【0015】

【図1】本開示の第1の実施の形態に係る典型的なりボン光ファイバの一部の上面図である。

【0016】

【図2】本開示の第2の実施の形態に係る典型的なりボン光ファイバの一部の上面図である。

10

【0017】

【図3】本開示の第3の実施の形態に係る典型的なりボン光ファイバの一部の上面図である。

【0018】

【図4】本開示の第4の実施の形態に係る典型的なりボン光ファイバの一部の上面図である。

【0019】

【図5】図1 - 4の直線5 - 5に沿った断面図である。

【0020】

【図6】本開示の実施の形態に係るリボン光ファイバの製造方法を示す側面立面図である。

20

【0021】

【図7】第1の実施の形態に係る図6の一部の上面図である。

【0022】

【図8】リボン光ファイバの一部の上面図であり、破線は図6のシステムによって与えられる接着材を模式的に示す。

【0023】

【図9】第2の実施の形態に係る図6の一部の上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

30

図面を参照して、様々な態様および特徴を説明する。本発明の完全な理解を与えるために、詳細に説明する。しかしながら、開示されるリボン光ファイバおよびリボン光ファイバの製造方法は、これらの詳細すべてがなくても実現できることを当業者は理解できるだろう。ある実施の形態の一部として開示される特徴は、他の実施の形態を実現するために使うこともできる。本開示が不要に不明確となることを防ぐため、既知の事項は詳細に説明しないこともある。以下の詳細な説明は限定を意図するものではなく、本開示の思想および範囲の中で別の実施の形態も存在し得る。

【0025】

図1 - 4に示されるように、典型的なりボン光ファイバ1は、個別のn本の複数の隣接する光ファイバ11（例えば、12本、24本または36本の、250ミクロンまたは200ミクロンの光ファイバ）を含む。これらの光ファイバは、縦方向に延び、光ファイバアセンブリ10を形成するように平行に配置される。光ファイバアセンブリ10は、光ファイバアセンブリ10の縦方向に直交する方向に延びる幅wを持つ。リボン光ファイバ1は、光ファイバアセンブリ10上に接着材16（例えば、光ファイバアセンブリ10の主表面（例えば、上面）上に堆積した接着ペース）をさらに備える。接着材16は、光ファイバアセンブリ10内の光ファイバ11を接着して接合する。接着材16は、光ファイバアセンブリ10をまたいで、光ファイバアセンブリ10の縦方向に交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22を反復的に形成する。ここで、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、以下の特徴が存在する。

40

(i) 第1の接着材パターン21は、光ファイバアセンブリ10をまたいで、光ファイバ

50

アセンブリ 10 内の第 1 の最も外側の光ファイバ 11 a から、光ファイバアセンブリ 10 内の反対側の第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b まで延びる。一方、第 2 の接着材パターン 22 は、光ファイバアセンブリ 10 をまたいで、光ファイバアセンブリ 10 内の第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b から、光ファイバアセンブリ 10 内の反対側の第 1 の最も外側の光ファイバ 11 a まで延びる。

( i i ) 交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、それぞれ、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測った平均長さ  $l_1$  および  $l_2$  を持つ。

( i i i ) 交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向部分に光ファイバアセンブリ 10 の幅  $w$  をまたぐ接着材 16 が存在しない周期的な非接着性ギャップ 17 を生成し、

非接着性ギャップ 17 は、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$l_1 \quad l_2 \text{ なら } g = 8 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \quad l_1 \text{ なら } g = 8 \times (l_2 \div n)$$

である。

典型的には、第 1 の接着材パターン 21 のそれぞれの長さは実質的に  $l_1$  に等しく、第 2 の接着材パターン 22 のそれぞれの長さは実質的に  $l_2$  に等しい（例えば、第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、規則的なパターンである）。

#### 【 0 0 2 6 】

図 5 に示されるように、典型的なリボン光ファイバ 10 は、隣接して配置された複数の光ファイバ 11 を含む。すなわち光ファイバ 11 は、実質的に互いに平行となる（例えば、光ファイバアセンブリ 10 内で位置合わせされる）。各光ファイバ 11 は、隣の光ファイバ 11 と密接に配置されてもよいし互いに接触してもよい。しかし、典型的には、これらは光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って互いに交差することはない。通常、光ファイバ 11 は、構成光ファイバ 12 および 1 つ以上の周囲被覆層 13 を含む（図 5 を参照）。当業者は、様々な種類の一次被覆、二次被覆、インク層、それらの構造や厚さを理解するだろう。本出願は、米国特許第 8,265,442 号明細書（マイクロバンド抵抗光ファイバ）および米国特許第 8,600,206 号明細書（小径光ファイバ）を参照として組み入れる。

#### 【 0 0 2 7 】

光ファイバアセンブリ 10（および、その結果としてのリボン光ファイバ 1）は、実質的に平面形状（すなわち平らな形状）を有する。これにより、比較的低い高さ、比較的広い幅、実質的に一定の長さ（例えば 1,000 m より長い、あるいは 5,000 m 以上）を実現できる。以下の説明において、図 5 に示されるような光ファイバアセンブリ 10 は、本質的に、上面（頂部）、下面（底面）、左端および右端を定義する。上面および下面は、それぞれ、光ファイバアセンブリ 10（および、図 1 - 4 に示されるように、その結果としてのリボン光ファイバ 1）の主表面を定義する。光ファイバアセンブリ 10 を主横軸の周りで 180 度裏返すことにより、上面と下面とを反転させることができることを当業者は理解できるだろう。従って、上面および下面という用語は、座標系に応じて、互いに入れ替えて使うことができる。同様に、光ファイバアセンブリ 10 を 180 度ヨ一回転することにより、左端と右端とを反転させることができることを当業者は理解できるだろう。従って、左端および右端という用語は、座標系に応じて、互いに入れ替えて使うことができる。従って、「第 1 の面」および「反対の第 2 の面」といった用語は、それぞれ光ファイバアセンブリ 10 の上面および下面の意味にも使えるし、座標系に応じては、その反対の意味にも使える。

#### 【 0 0 2 8 】

図 5 に示されるように、光ファイバ 11 は、平面内で、平行かつ互いに隣接して配置される。従って、光ファイバアセンブリ 10 の公称幅  $w$  は、直径  $d$  の  $n$  本の光ファイバに相当する（すなわち、 $w = n \times d$ ）。典型的に、各光ファイバは円形の断面を持ち、リボン光

10

20

30

40

50

ファイバ内のすべての光ファイバは実質的に同じ公称径を持つ。典型的な実施の形態では、光ファイバアセンブリの幅  $w$  は、2 ミリメートル以上 10 ミリメートル以下（例えば、2 ミリメートル以上 6 ミリメートル以下）である。実際には、光ファイバは互いに接触しているが、隣の光ファイバとの間にわずかな隙間があってもよい。結果として、リボン光ファイバの幅は、光ファイバアセンブリの幅  $w$  に一致する（図 5 参照）。

#### 【0029】

典型的な実施の形態では、各光ファイバは、240 ミクロン以上 260 ミクロン以下（より典型的には、約 250 ミクロン）の直径を持つ。代替的に、光ファイバは、縮小された直径（例えば、180 ミクロン以上 230 ミクロン以下）を持ってよい。典型的な実施の形態では、光ファイバアセンブリは、6 本以上 36 本以下（6 本および 36 本を含む）、例えば 12 本以上 24 本以下（12 本および 24 本を含む）の光ファイバを含む。例えば、直径 250 ミクロンの 12 本の光ファイバで形成される典型的なリボン光ファイバは、3000 ミクロン（すなわち 3 ミリメートル）の公称幅  $w$  を持つ。同様に、縮小された直径 200 ミクロンの 12 本の光ファイバで形成される典型的なリボン光ファイバは、2400 ミクロン（すなわち 2.4 ミリメートル）の公称幅  $w$  を持つ。同様に、縮小された直径 180 ミクロンの 12 本の光ファイバで形成される典型的なリボン光ファイバは、2160 ミクロン（すなわち 2.16 ミリメートル）の公称幅  $w$  を持つ。従って、リボン光ファイバ 1 および光ファイバアセンブリ 10 に関し、図では、長さに対して幅を模式的に誇張しており、第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 を特徴づけていることを、当業者は理解できるだろう。

#### 【0030】

典型的には、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って、第 1 の接着材パターン 21 の各々は第 2 の接着材パターン 22 に直ちに続き、第 2 の接着材パターン 22 の各々は第 1 の接着材パターン 21 に直ちに続く。図 1 - 4 を参照されたい。この場合、ピッチ  $p$  は、光ファイバアセンブリに与えられる接着材（例えば、堆積した接着ビーズ）の反復パターンの長さ（例えば、交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 の周期の長さ）である。一方、第 1 の接着材パターン 21 の平均長さ  $l_1$  および第 2 の接着材パターン 22 の平均長さ  $l_2$  は、第 1 の最も外側の光ファイバ 11a から第 2 の最も外側の光ファイバ 11b に向けて（あるいはその逆に）（すなわち、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで）配置された接着材（例えば、堆積した接着ビーズ）で覆われる部分の縦方向の距離を示す。図 1 - 4 を参照されたい。典型的なリボン光ファイバは、リボン光ファイバ 1 の幅  $w$  で正規化したとき、 $10w$  以上  $150w$  以下（例えば、 $15w - 100w$ 、 $20w - 80w$ 、 $25w - 60w$  等）のピッチ  $p$  を持つ。

#### 【0031】

リボン光ファイバの典型的な実施の形態では、交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、それぞれ、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測ったとき、ほぼ同じ平均長さ  $l_1$  および  $l_2$  を持つ（例えば、 $l_1 = l_2$ ）。いくつかの実施の形態では、第 1 の接着材パターン 21 の平均長さ  $l_1$  は、全体として第 2 の接着材パターン 22 の平均長さ  $l_2$  の 90 パーセント以上 100 パーセント以下である。あるいは、第 2 の接着材パターン 22 の平均長さ  $l_2$  は、全体として第 1 の接着材パターン 21 の平均長さ  $l_1$  の 90 パーセント以上 100 パーセント以下である。

#### 【0032】

リボン光ファイバの別の実施の形態では、交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測ったとき、異なる平均長さ  $l_1$  および  $l_2$  を持つ。いくつかの実施の形態では、第 1 の接着材パターン 21 の平均長さ  $l_1$  は、第 2 の接着材パターン 22 の平均長さ  $l_2$  の 10 パーセント以上 95 パーセント以下である。あるいは、第 2 の接着材パターン 22 の平均長さ  $l_2$  は、第 1 の接着材パターン 21 の平均長さ  $l_1$  の 10 パーセント以上 95 パーセント以下である。

#### 【0033】

リボン光ファイバ 1 の別の実施の形態では、交代する第 1 の接着材パターン 21 および第

2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリ10の縦方向部分に光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16が存在しない周期的な非接着性ギャップ17を生成し

、非接着性ギャップ17は、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って測った最小長さgを持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g = l_0 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g = l_0 \times (l_2 \div n)$$

である。

【0034】

リボン光ファイバ1のさらに別の実施の形態では、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリ10の縦方向部分に光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16が存在しない周期的な非接着性ギャップ17を生成し、

非接着性ギャップ17は、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って測った最小長さgを持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g = l_2 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g = l_2 \times (l_2 \div n)$$

である。

【0035】

リボン光ファイバ1のさらに別の実施の形態では、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリ10の縦方向部分に光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16が存在しない周期的な非接着性ギャップ17を生成し、

非接着性ギャップ17は、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って測った最小長さgを持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g = l_6 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g = l_6 \times (l_2 \div n)$$

である。

【0036】

リボン光ファイバ1のさらに別の実施の形態では、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリ10の縦方向部分に光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16が存在しない周期的な非接着性ギャップ17を生成し、

非接着性ギャップ17は、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って測った最小長さgを持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g = 2.4 \times (l_1 \div n)$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g = 2.4 \times (l_2 \div n)$$

である。

【0037】

リボン光ファイバ1さらに別の実施の形態では、光ファイバアセンブリ10は、少なくとも4本の隣接する光ファイバ11を含む。

これらの4本の光ファイバは、縦方向に並び、平行に配置され、

n = 4であり、

交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリ10の縦方向部分に光ファイバアセンブリ10の幅wをまたぐ接着材16が存在しない周期的な非接着性ギャップ17を形成し、

10

20

30

40

50

非接着性ギャップ 17 は光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$l_1 \leq l_2 \text{ なら } g = 2 \times l_1$$

であり、

$$l_2 \leq l_1 \text{ なら } g = 2 \times l_2$$

である。

【0038】

リボン光ファイバ 1 のさらに別の実施の形態では、光ファイバアセンブリ 10 は、少なくとも 6 本の隣接する光ファイバ 11 を含む。

これらの 6 本の光ファイバは、縦方向に延び、平行に配置され、

10

$n \geq 6$  であり、

交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向部分に光ファイバアセンブリ 10 の幅  $w$  をまたぐ接着材 16 が存在しない周期的な非接着性ギャップ 17 を形成し、

非接着性ギャップ 17 は光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$g = (l_1 + l_2)$$

であり、例えば

$$g > (l_1 + l_2)$$

である。

20

【0039】

リボン光ファイバ 1 のさらに別の実施の形態では、

交代する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 は、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向部分に光ファイバアセンブリ 10 の幅  $w$  をまたぐ接着材 16 が存在しない周期的な非接着性ギャップ 17 を形成し、

非接着性ギャップ 17 は光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測った最小長さ  $g$  を持ち、

$$g = (l_1 + l_2) \times (n \div (n - 2))$$

であり、例えば

$$g > (l_1 + l_2) \times (n \div (n - 2))$$

である。

30

すべての条件が同じであれば、光ファイバアセンブリ 10 をまたぐ各パターンの横方向の長さが当該光ファイバアセンブリ 10 の全幅  $w$  より小さい場合（例えば当該横方向の長さが、最も外側の各光ファイバ 11 a、11 b とそれに隣接する光ファイバとの境界の間の距離（例えば  $w - 2d$ ）である場合）、連続する第 1 の接着材パターン 21 と第 2 の接着材パターン 22 との間の非接着性ギャップ 17 のサイズは、そうでない場合と比べていくらか大きいものとなる。

【0040】

リボン光ファイバ 1 のさらに別の実施の形態では、光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿った方向において、

40

非接着性ギャップ 17 の最小長さ  $g$  は、第 1 の非接着性ギャップ距離  $g_{1-2}$  であり、

第 1 の非接着性ギャップ距離  $g_{1-2}$  は、連続する第 1 の接着材パターン 21 および第 2 の接着材パターン 22 の、間隔を置いて隣接する端部間の距離であり、

$$g = g_{1-2}$$

であり、

第 1 の接着材パターン 21 の隣接する端部および第 2 の接着材パターン 22 の隣接する端部は、いずれも光ファイバアセンブリ 10 内の第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b に沿って配置され、

光ファイバアセンブリ 10 の縦方向に沿って測ったとき、

$$g_{1-2} = 8 \times ((l_1 + l_2) \div 2n)$$

50

である（この典型的な実施の形態により、最小長さ  $g$  は、第 1 の接着材パターン 2 1 の平均長さ  $l_1$  と第 2 の接着材パターン 2 2 の平均長さ  $l_2$  との平均に基づくものとなる）。同様に図 1 は、第 2 の非接着性ギャップ距離  $g_{2-1}$  を示す。

第 2 の非接着性ギャップ距離  $g_{2-1}$  は、連続する第 2 の接着材パターン 2 2 および第 1 の接着材パターン 2 1 の、間隔を置いて隣接する端部間の距離であり、第 2 の接着材パターン 2 2 の隣接する端部および第 1 の接着材パターン 2 1 の隣接する端部は、いずれも光ファイバアセンブリ 1 0 内の第 1 の最も外側の光ファイバ 1 1 a に沿って配置される。

関連する実施の形態では、

光ファイバアセンブリ 1 0 の縦方向に沿った方向において、連続する第 1 の接着材パターン 2 1 および第 2 の接着材パターン 2 2 は、反対側の隣接する端部を備え、

反対側の隣接する端部は、光ファイバアセンブリ 1 0 内の第 1 の最も外側の光ファイバ 1 1 a に沿って配置され、互いに間隔  $d_{1-2}$  を置いて隔てられ、

光ファイバアセンブリ 1 0 の縦方向に沿って測ったとき、

$$d_{1-2} = g_{1-2} + l_1 + l_2$$

である。

#### 【0041】

図 1 - 2 に示されるように、第 1 の接着材パターン 2 1 と第 2 の接着材パターン 2 2 との間の領域は、しばしば、水平な非接着性領域 1 7 を定義する。この非接着性領域 1 7 は、光ファイバアセンブリ 1 0 内の第 2 の最も外側の光ファイバ 1 1 b に沿ったショートベース  $g_{1-2}$ （例えば、第 1 の非接着性ギャップ距離）と、光ファイバアセンブリ 1 0 内の第 1 の最も外側の光ファイバ 1 1 a に沿ったロングベース  $d_{1-2}$ （例えば、分離間隔）と、を持つ。図 1 に示される接着材パターンでは、分離間隔  $d_{1-2}$  は、ピッチ  $p$ （例えば、交代する第 1 の接着材パターン 2 1 および第 2 の接着材パターン 2 2 の周期長）に比べて著しく小さい。一方、図 2 に示される接着材パターンでは、分離間隔  $d_{1-2}$  は、ピッチ  $p$ （例えば、交代する第 1 の接着材パターン 2 1 および第 2 の接着材パターン 2 2 の周期長）とほぼ等しい（すなわち、 $d_{1-2} = p$ ）。

#### 【0042】

代表的な 1 2 本の光ファイバを備えるリボン光ファイバの非限定的な例では、典型的な非接着性ギャップは、（光ファイバアセンブリの縦方向に沿って測ったとき）少なくとも 1 5 ミリメートルの最小長さ  $g$  を持つ。この場合、少なくとも 2 0 ミリメートルの通常の調整チャックを収容することができる。典型的には、非接着性ギャップは、約 2 5 ミリメートル以上 1 5 0 ミリメートル以下、例えば約 3 0 ミリメートル以上 1 0 0 ミリメートル以下（例えば、具体的には 3 5 - 7 5 ミリメートル、より具体的には約 5 0 ミリメートル）の最小長さ  $g$  を持つ。

#### 【0043】

図 1 を参照すると、典型的な台形の非接着性領域 1 7 は、約 1 5 ミリメートル以上 5 0 ミリメートル以下（例えば、約 2 0 - 2 5 ミリメートル）のショートベース  $g_{1-2}$ （例えば、第 1 の非接着性ギャップ距離）と、約 2 0 ミリメートル以上 2 0 0 ミリメートル以下（例えば約 5 0 ミリメートル以上 1 5 0 ミリメートル以下、より具体的には 7 0 - 1 5 0 ミリメートル）のロングベース  $d_{1-2}$ （例えば、分離間隔）と、を持ってもよい。別の実施の形態では、分離間隔  $d_{1-2}$  は、1 5 0 ミリより大きくてもよい（例えば 2 0 0 ミリメートル以上 3 0 0 ミリメートル以下、より具体的には約 2 5 0 ミリメートル）。

#### 【0044】

図 2 を参照すると、典型的な台形の非接着性領域 1 7 は、約 4 0 ミリメートル以上 1 0 0 ミリメートル以下（例えば、約 5 0 - 6 0 ミリメートル）のショートベース  $g_{1-2}$ （例えば、第 1 の非接着性ギャップ距離）と、約 8 0 ミリメートル以上 2 0 0 ミリメートル以下（例えば約 1 0 0 ミリメートル以上 1 2 5 ミリメートル以下、より具体的には 7 0 - 1 5 0 ミリメートル）のロングベース  $d_{1-2}$ （例えば、分離間隔）と、を持ってもよい。ここで、ロングベース  $d_{1-2}$ （例えば、分離間隔）は、ピッチ  $p$ （例えば、交代する第

10

20

30

40

50

1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22の代表的な長さ)とほぼ等しい。別の実施の形態では、分離間隔 $d_{1-2}$ は、200ミリより大きくてもよい(例えば250ミリメートル以上400ミリメートル以下、より具体的には約300ミリメートル)。

【0045】

図1-4は、典型的なりボン光ファイバを示す。こうしたりボン光ファイバは、例えば図5に示される典型的な光ファイバアセンブリ10で形成することができる。これらのりボン光ファイバは、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22を、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、当該光ファイバアセンブリ10をまたいで繰り返し形成する接着材16を(例えば、隣接する光ファイバを接着的に結合するために、光ファイバアセンブリの最も外側の光ファイバの間に)さらに含む。

10

【0046】

りボン光ファイバの典型的な実施の形態では、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、第1の接着材パターン21の各々は、連続する接着材のピース16(例えば、図1-2に示される、第1の最も外側の光ファイバ11aと第2の接着材パターン22との間の接着性ピース)を備える。同様に、りボン光ファイバの典型的な実施の形態では、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、第2の接着材パターン22の各々は、連続する接着材のピース16(例えば、図1-2に示される、第2の最も外側の光ファイバ11bと第1の接着材パターン21との間の接着性ピース)を備える。別の実施の形態では、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリの縦方向の同一部分に関し、光ファイバアセンブリの幅 $w$ をまたいで接着材が存在しない最小長さが $g$ の周期的な非接着性ギャップを生成する。このとき、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、それぞれ、単一の連続的な接着性ピースのみを含む(または、単一の連続的な接着性ピースのみから構成される)。図1-2を参照のこと。

20

【0047】

別の典型的なりボン光ファイバの実施の形態では、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、第1の接着材パターン21の各々はそれぞれ、光ファイバアセンブリ10上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のピース16を備える。ここで、ピース16は、光ファイバアセンブリ10内の隣接する光ファイバ11の間で引き延ばされた接着(例えば、図3-4に示されるような、第1の最も外側の光ファイバ11aと第2の最も外側の光ファイバ11bとの間における直線状の接着性ピースの配置)を形成するように構成される。同様に、典型的なりボン光ファイバの実施の形態では、光ファイバアセンブリ10の縦方向に沿って、第2の接着材パターン22の各々はそれぞれ、光ファイバアセンブリ10上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のピース16を備える。ここで、ピース16は、光ファイバアセンブリ10内の隣接する光ファイバ11の間で引き延ばされた接着(例えば、図3-4に示されるような、第2の最も外側の光ファイバ11bと第1の最も外側の光ファイバ11aとの間における直線状の接着性ピースの配置)を形成するように構成される。別の実施の形態では、光ファイバアセンブリの縦方向の同一部分に関し、交代する第1の接着材パターン21および第2の接着材パターン22は、光ファイバアセンブリの幅 $w$ をまたいで接着材が存在しない最小長さが $g$ の周期的な非接着性ギャップを生成する。このとき、交代する第1の接着材パターンおよび第2の接着材パターンは、それぞれ、光ファイバアセンブリ上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のピースのみを含む(または、そのようなピースのみから構成される)。図3-4を参照のこと。

30

40

【0048】

製造中、接着材は、光ファイバアセンブリに連続的なピースとして与えられてもよいし、非連続的なピースとして与えられてもよい。これらはともに米国特許第10,782,495号明細書(これは、全体が参照として本出願に組み入れられる)に開示されている。前述のように、例えば、光ファイバアセンブリの縦方向に沿って、接着材は、光ファイバ

50

アセンブリ上で縦方向に配置された、複数の連続的な引き延ばされた直線状のビーズ（例えば、光ファイバアセンブリをまたぐ階段状のパターンを形成する連続的なビーズ）として与えられてもよい。このとき、接着性ビーズは、光ファイバアセンブリ内の隣接する光ファイバ間で、引き延ばされた接着材を形成するように構成される。

【0049】

リボン光ファイバ製造中のライン速度が上がるように、接着材の連続的なビーズまたは接着材の非連続的なビーズを光ファイバアセンブリに与える典型的な方法はともに、米国特許出願第16/683,827号明細書に開示されている。これは、参照として本出願に組み入れられる。

【0050】

別の態様では、本発明は、リボン光ファイバの製造方法を含む。図6に模式的に示される処理（右から左）では、 $n$ 本の複数の光ファイバ11（例えば、12本または24本の縮小された直径の光ファイバ）が、幅 $w$ の縦長の光ファイバアセンブリ10に向けて、光ファイバアセンブリ10の縦方向と直交する方向に延びて配置される。例えば、縦長の光ファイバアセンブリ10への供給を目的として、複数の光ファイバ11が導入される（例えば、ダイス24に供給される）。光ファイバアセンブリ10の中では、光ファイバ11は、実質的に平行であり、かつ互いに隣接している。典型的には、縦長の光ファイバアセンブリ10の中では光ファイバ11は緩く配置され、光ファイバ11同士は接着されず、隣接する光ファイバ間には隙間または溝が存在する。光ファイバの位置調整のために集合ダイス24が導入されると、緩い光ファイバの入口速度は、光ファイバアセンブリにおける出口速度と等しくなる。

【0051】

処理中、縦長の光ファイバアセンブリ10は、直線速度 $v$ （典型的には毎分150メートル以上（例えば、毎分200メートル以上、より具体的には例えば毎分300メートル））で前進する。典型的な実施の形態では、光ファイバアセンブリ10は、毎分400メートル以上700メートル以下の直線速度 $v$ （例えば、毎分500メートル以上600メートル以下）で前進する。

【0052】

光ファイバアセンブリ10がディスペンサユニット25（または、同様のディスペンサデバイス）の近く（例えば、下）を通過するとき、光ファイバアセンブリ10内で隣接する光ファイバ11を接着するために、光ファイバアセンブリ10に接着材（例えば、硬化性接着材）が与えられる。例えば、接着材は、ディスペンサノズル26を介して、光ファイバアセンブリ10の主表面（例えば、上面）上に、連続的な接着性ビーズ（または、複数の非連続的な接着性ビーズ）として与えられてもよい。典型的には、ディスペンサ25および/またはディスペンサノズル26は、光ファイバ11を接着してリボン光ファイバ1にするために、光ファイバアセンブリ10内の各光ファイバ11に接着材が与えられる。

【0053】

本明細書の典型的な処理の実施の形態は、光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバを接着するために、光ファイバアセンブリ（例えば、上面などの主表面）に接着材を与えるステップを含む。ここで、ディスペンサが、光ファイバアセンブリの縦方向と直交する方向に振幅 $A_d$ で反復して動く。このとき、ディスペンサの振幅 $A_d$ は、光ファイバアセンブリの幅 $w$ より大きい（例えば「通り越し」技術）。従って、接着材（例えば、紫外線（UV）硬化樹脂などの硬化性接着材）を硬化するための硬化ステーション28が、接着性ビーズを備える光ファイバアセンブリを通過する。図5-6を参照のこと。

【0054】

典型的な処理の実施の形態では、ディスペンサ25および/またはディスペンサノズル26（またはディスペンサ装置）は、光ファイバアセンブリの縦方向と直交する方向（すなわち、幅方向）に振動する。一方、光ファイバアセンブリは、例えばリール29により縦方向に動く。ディスペンサ25の先端が、横方向に高周波数（例えば100Hz以上200Hz以下）で振動しても（震えても）よい。典型的な処理の実施の形態では、ディスペ

10

20

30

40

50

ンスノズル 26 が、前進する光ファイバアセンブリ 10 に、液体接着材を微細な液滴で供給してもよい。表面張力のおかげで、液体接着材は、（もし十分高い周波数で十分な液滴が供給されれば）接着性ビーズ（例えば、引き延ばされたビーズ）を形成するように流れるだろう。

【0055】

典型的な処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、実質的に光ファイバアセンブリ 10 の幅  $w$  と等しい距離を、横方向に動く。このようにして、接着材が、少なくとも 1 つの光ファイバアセンブリの主表面をまたいで（例えば、光ファイバアセンブリの幅をまたぐ当該光ファイバアセンブリの上面のパターンとして）、接着性ビーズとして与えられる。光ファイバアセンブリの「実質的に全幅をまたいで」接着性ビーズを与えることにより（例えば、光ファイバアセンブリ内で、反対側の最も外側の光ファイバに向かって延びる接着性堆積パターンを作ることにより）、隣接する光ファイバを接着し、リボン光ファイバを製造することができることを当業者は理解できるだろう。

10

【0056】

関連した処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、2 つの最も外側の光ファイバの間で、実質的に横方向距離（ $w - 2d$ ）に一致する距離だけ、直交方向に動く。当業者に理解できるように、この横方向距離（ $w - 2d$ ）は、光ファイバアセンブリ内の最も外側の溝の間隔である（これは例えば、最も外側の光ファイバとその隣の光ファイバとの間の境界間の距離によって定義される）。図 5 を参照のこと。本明細書で使われる「実質的に幅に一致する」「実質的に横方向距離に一致する」という用語は、ディスペンスノズルの動きおよび / またはそれに相当する接着性堆積パターンのことをいう。これは、典型的には、光ファイバアセンブリ内の最も外側の光ファイバ（例えば、光ファイバアセンブリの反対側端部）に向かって延びる

20

【0057】

典型的には、光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバを接着する接着性ビーズは、光ファイバアセンブリの幅をまたいで（連続的または非連続的な）周期的なパターンを形成する。この周期的なパターンは、例えば、ジグザグパターン、鋸歯状パターン、正弦波パターンである。これらは、実質的に

(i) 2 つの最も外側の光ファイバの横方向距離（ $w - 2d$ ）

30

以上

(ii) 光ファイバアセンブリの幅  $w$

以下の、山から谷に向かう強度を持つ（リボン光ファイバ内で、（どちらか一方の、または両方の）最も外側の光ファイバの外側に、いくらかの過剰な接着材が存在してもよい）。典型的な処理の実施の形態では、ディスペンスノズルは、各溝の内部に接着材を直線状の接着性ビーズとして堆積するために、光ファイバアセンブリ内の溝の上に来たとき一時停止してもよい。

【0058】

ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 が、実質的に

(i) 2 つの最も外側の光ファイバの横方向距離（ $w - 2d$ ）

40

以上

(ii) 光ファイバアセンブリの幅  $w$

以下に相当する距離だけ直交方向に動く実施の形態では、接着材の供給は（例えば、縦長の光ファイバアセンブリが直線速度  $v$  で連続的に前進する間）周期的または断続的に停止する。これは、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、縦方向に、周期的な非接着性ギャップ（ここには接着材が存在しない）を形成するためである。このようにして、光ファイバアセンブリに対する断続的な接着材の供給により、図 1 - 4 に示されるような、典型的なりボン光ファイバが製造される。

【0059】

代替的な処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 2

50

6 は、直交方向に、しかし縦長の光ファイバアセンブリ 10 の幅  $w$  を「通り越して」動く。すなわち、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、縦長の光ファイバアセンブリ 10 の直交方向に測った振幅  $A_d$  で動く。ここで、ディスペンサの振幅  $A_d$  は、光ファイバアセンブリの幅  $w$  より大きい。このようにして、隣接する光ファイバを接着するために、光ファイバアセンブリの少なくとも 1 つの主表面をまたいで（例えば、光ファイバアセンブリの幅を実質的にまたぐ当該光ファイバアセンブリの表面上のパターンとして）、接着性ビーズ 16 として接着材が与えられる。ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、隣接する光ファイバを生成するために、光ファイバアセンブリ内の各光ファイバ 11 に接着材を与える。このリボン光ファイバの中では、接着性堆積パターンが、光ファイバアセンブリ内の反対側の最も外側の光ファイバまで延びている。例えば、多くの処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 は、光ファイバアセンブリ 10 内の各光ファイバ 11 に接着材を与えるために、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、光ファイバアセンブリ内の第 1 の最も外側の光ファイバ 11 a および第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b の両方を越えて反復的に動く。より一般的には、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、光ファイバアセンブリの両方の端部（例えば、第 1 の最も外側の光ファイバ 11 a および第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b の両方）を通り越してもよいし、光ファイバアセンブリのいずれか一方の端部（例えば、第 1 の最も外側の光ファイバ 11 a および第 2 の最も外側の光ファイバ 11 b のいずれか一方）を通り越してもよい。例えば図 5 を参照のこと。

10

#### 【0060】

20

光ファイバアセンブリに接着材を供給している（例えば、連続的に供給している）間に、周期的な非接着性ギャップ（例えば、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、接着材が縦方向に実質的に存在しない領域）を持つリボン光ファイバを生成することができることから、「通り越し」技術は有用となり得る。より一般的には、「通り越し」技術により、光ファイバアセンブリの幅をまたいで、周期的な（連続的なまたは非連続的な）パターンで隣接する光ファイバを接着する接着性ビーズを生成することができる。このような周期的なパターンは、例えば、ジグザグパターン、鋸歯状パターン、正弦波パターンである。これらは、実質的に

(i) 2 つの最も外側の光ファイバの横方向距離 ( $w - 2d$ )

以上

30

(ii) 光ファイバアセンブリの幅  $w$

以下の、山から谷に向かう強度を持つ。典型的には、連続的なビーズは、光ファイバアセンブリの全幅  $w$  をまたいで延びる（前述のように、リボン光ファイバ内で、最も外側の光ファイバの一方または両方の外側に、いくらかの過剰な接着材が存在してもよい）。

#### 【0061】

ある処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および / またはディスペンスノズル 26 は、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、振幅  $A_d$  で連続的に往復運動する。この連続的な往復運動により、光ファイバアセンブリ内で、最も外側の光ファイバの間に、図 1 - 2 に示されるような連続的な接着性ビーズ（例えば、ジグザグパターン、正弦波パターンなど）を生成することができる。図 7 - 8 も参照のこと。

40

#### 【0062】

図 7 は処理の実施の形態の一例であり、ここでは、ディスペンスノズル 26 が光ファイバアセンブリをまたいで直線的に往復運動する（例えば、光ファイバアセンブリの幅  $w$  より大きい振幅  $A_d$  で、光ファイバアセンブリの縦方向と直交する方向に側方横運動する）。この種の「通り越し」往復運動により、図 8 に模式的に示されるようなリボン光ファイバ 1 を生成することができる。すなわちこのリボン光ファイバ 1 は、周期的な非接着性ギャップ（ここには、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、接着材が縦方向に存在しない）を持つ。

#### 【0063】

図 9 は、代替的な処理の実施の形態を示す。ここでは、ディスペンスノズル 26（または

50

、その他のディスペンサ装置)は、中心軸の周りを周波数  $r$  で回転する(例えば、光ファイバアセンブリの幅  $w$  より大きい振幅  $A_d$  で、光ファイバアセンブリ 10 の上で円運動または楕円運動する)。関連する処理の実施の形態では、ディスペンサノズル 26 は、光ファイバアセンブリ内の各光ファイバに接着材を供給する(例えば、光ファイバアセンブリの両端を通り越している間に)ために、光ファイバアセンブリの中線 ( $w/2$ ) と実質的に交差するように位置づけられた中心軸の周りを回転する(例えば、連続的または断続的なディスペンサの動きを介して)。例えば、光ファイバアセンブリの幅を堆積した接着性ビーズ 16 は、歪んだ正弦波パターンを持ってよい。このパターンは、

(i) 光ファイバアセンブリの一方の端部における山および

(ii) 光ファイバアセンブリの他方の端部における谷

を反復的に生成する。典型期に、こうした歪んだ正弦波の山および谷は、それぞれ異なる形をしている。

#### 【0064】

関連する処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および/またはディスペンサノズル 26 (または、その他のディスペンサ装置)は、平面光ファイバアセンブリ 10 と平行な平面上で回転する。これは、連続的または断続的に接着されたりボン光ファイバ 1 (例えば、歪んだ正弦波パターンの接着材を備えるリボン光ファイバ 1) の製造中のライン速度を上げるときに観測された。この観点からすれば、典型的なディスペンサノズル 26 は、サーボモータ(例えば、ベルトプリーシステム)により実施的に円軌道を回転する金属スリーブの中心となる毛細管チューブで作られる。このような構成を取ることにより、通常往復運動ノズルに使用される従来の往復運動クランクシャフトの直線運動に起因する望ましくない振動を低減することができ、従来の往復運動クランクシャフトを使用することによって起こり得る接着材の重ね塗りおよび/または不均一な供給を避けることができる。実際、回転するノズルの使用により、毎分 400 メートル以上 700 メートル以下の直線速度を実現することが実験で示された。これは、従来の往復運動クランクシャフトで実現できる直線速度の 4 - 5 倍大きい。例えば、光ファイバアセンブリの直線速度  $v$  およびディスペンサノズル 26 の周波数  $r$  は、少なくとも 5 ミリメートル(具体的には、50 ミリメートルおよび 400 ミリメートル(さらに具体的には、12 本のリボン光ファイバでは、75 ミリメートル以上 300 ミリメートル以下、100 - 200 ミリメートル、120 - 175 ミリメートル))のピッチ  $p$  (例えば  $v/r$ ) を実現できるように制御することができる。前述のように、典型的なリボン光ファイバは、リボン光ファイバ 1 の幅で正規化したとき、 $10w$  以上  $150w$  以下(例えば、 $30w - 65w$ 、具体的には、典型的な正弦波状の接着材堆積パターンの場合、 $35w - 50w$ 、 $40w - 60w$  等)のピッチを持ってよい。

#### 【0065】

別の処理の実施の形態では、ディスペンサ 25 および/またはディスペンサノズル 26 は、光ファイバアセンブリの幅  $w$  をまたいで、断続的に振幅  $A_d$  で往復運動する(例えば、直線往復運動または中心軸周りの回転による)。例えば、光ファイバアセンブリ内の溝(例えば、接触する光ファイバの間の溝)の上に来たとき、ディスペンサノズルは、接着材を縦長の接着性ビーズとして各溝の中に堆積するために、一時停止してもよい。このような断続的な往復運動により、図 3 - 4 に示されるように、光ファイバアセンブリ内の最も外側の光ファイバの間に、直線状の接着性ビーズ(例えば、直線状のビーズパターン)を生成することができる。

#### 【0066】

例えば、典型的な接着性ビーズの各断面領域は、250 ミクロン(例えば、約  $0.0068 \text{ mm}^2$ ) の光ファイバの場合、一辺が 125 ミクロンの正三角形で近似できる。同様に、200 ミクロン(例えば、約  $0.0043 \text{ mm}^2$ ) の光ファイバの場合、一辺が 100 ミクロンの正三角形で近似できる。+/- 20% で評価したビーズのサイズに関し、ビーズの断面領域の範囲は、250 ミクロン(例えば、約  $0.0043 \text{ mm}^2$  以上約  $0.00$

10

20

30

40

50

97 mm<sup>2</sup>以下)の光ファイバの場合、一辺が100 - 150ミクロンの正三角形で近似できる。同様に、200ミクロン(例えば、約0.0082 mm<sup>2</sup>以上約0.0062 mm<sup>2</sup>以下)の光ファイバの場合、一辺が80 - 120ミクロンの正三角形で近似できる。

【0067】

前述の説明から分かる通り、リボン光ファイバ内に光ファイバを固定する(または、貼り付ける)1つの実質的に連続的な接着性ビーズまたは連続した非連続的なビーズを持つことは、本発明の開示の範囲内である。典型的な実施の形態では、接着性ビーズは、光ファイバアセンブリの片面(すなわち、第1の面)にのみ配置される。例えば、ビーズは、光ファイバアセンブリの1つの主表面(典型的には、上面)にのみ配置される(すなわち、光ファイバが巻き取られるのではなく、リボン状に配置される場合)。前述のように、光ファイバアセンブリは、上面、下面および2つの側面を定義するリボン状のアセンブリと見られてもよい。上面および下面(すなわち、それぞれ主表面)は、完全に平らではない。なぜならこれらは、光ファイバの実質的な平行配置で形成されるからである。光ファイバは実際には完全に平行でなく、実質的に平行であることを当業者は理解できるだろう。

10

【0068】

以上述べたように、本発明に係る典型的なリボン光ファイバでは、接着材が光ファイバアセンブリ内で隣接する光ファイバを接着する。このような2つのリボン光ファイバは、多心融着装置を用いて、位置調整され接合されてもよい。例えば、対応する12本のリボン光ファイバがそれぞれ12ファイバ調整チャック内に配置され、熱ストリッピング、洗浄、クリーニングの後、当該2つのリボン光ファイバが同時に融着されてもよい(例えば、対応する光ファイバは、多心融着装置内で、同時に被覆を除去されてもよい)。

20

【0069】

本発明に係るリボン光ファイバは、光ファイバケーブルユニットまたは光ファイバケーブルを製造するために使われてもよい。典型的な光ファイバケーブルユニットは、12本の光ファイバからなる24本のリボン光ファイバを備える。このような光ファイバケーブルユニットは、288本の光ファイバを高い光ファイバ密度で収容する。従って、別の発明の態様では、本発明は、1つ以上のポリマーシースで覆われたリボン光ファイバ(これも本発明に係る)を備える光ファイバケーブルユニットを含む。本発明はさらに、本発明に係る1つ以上のリボン光ファイバまたは光ファイバケーブルユニットを備える光ファイバケーブルを含む。

30

【0070】

本開示の補足として、本出願は、全体として、以下の特許、特許出願公開および特許出願を参照として組み入れる。

米国特許第7,623,747号明細書「シングルモード光ファイバ」。

米国特許第7,889,960号明細書「曲げを感じにくいシングルモード光ファイバ」。

米国特許第8,145,025号明細書「曲げ損失を低減したシングルモード光ファイバ」。

米国特許第8,265,442号明細書「マイクロバンド抵抗光ファイバ」。

40

米国特許第8,600,206号明細書「小径光ファイバ」。

米国特許第10,185,105号明細書「柔軟なリボン光ファイバ」。

米国特許第10,782,495号明細書「柔軟なリボン光ファイバ」。

国際特許出願PCT/EP2017/067454(2017年7月11日出願、国際公開第2019/011417A1、米国特許出願公開第2020/0271879A1)。

国際特許出願PCT/EP2018/050898(2018年1月15日出願、国際公開第2019/137627A1)。

国際特許出願PCT/EP2018/050899(2018年1月15日出願、国際公開第2019/137628A1)。

50

米国特許出願第 16 / 856 , 268 ( 2020 年 4 月 23 日出願、米国特許出願公開第 2020 / 0386961 A1 )。

米国特許出願 ( 2020 年 12 月 22 日出願 ) 「 間隔を置いた光ファイバユニットを備えるリボン光ファイバ 」。

【 0071 】

本開示における図面、説明および請求項を検討して本発明を実行する過程で、当業者は、開示された実施の形態の別の変形を理解し実行できるだろう。請求項の中で、「備える」という用語は、他の要素またはステップを排除しない。不定冠詞「a」または「an」は複数を排除しない。特段の断りのない限り、数値範囲は端点を含む。

【 0072 】

より広い開示を与えるために、1つ以上の「実質的に」「約」「およそ」といった用語を用いて本明細書に含まれる形容詞または副詞を修飾することは、本開示の範囲に含まれる。例えば所望の結果を得るために、本開示の特徴の異なる実装において、別の技術の許容性、正確さおよび/または精度を適用できることが当業者は容易に理解できるだろう。従って、本明細書における「実質的に」「約」「およそ」といった用語の意図を、当業者は容易に理解できるだろう。

【 0073 】

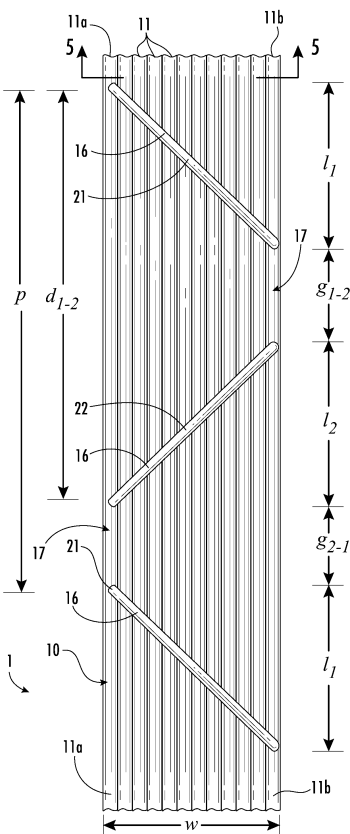
「および/または」という用語は、列挙された事項の1つ以上の組み合わせを含む。図面は模式的なものであり、縮尺は必ずしも正確ではない。特段の断りのない限り、特定の用語は一般的かつ説明的なものであり、限定を目的としない。

【 0074 】

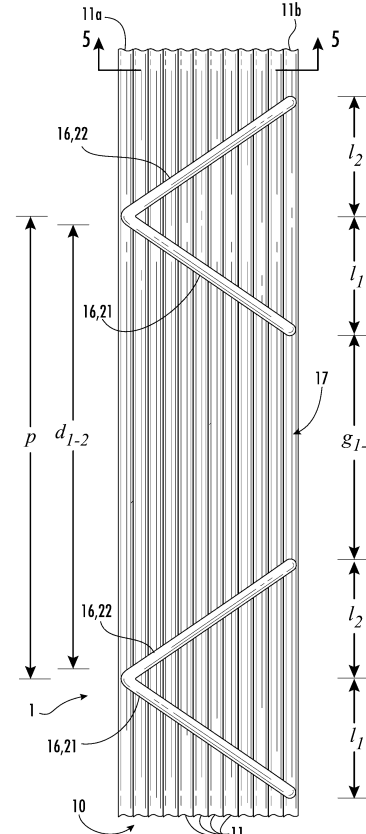
本明細書で様々な態様、特徴および実施の形態を説明したが、別の態様、特徴および実施の形態も当業者には明らかだろう。ここで説明した様々な態様、特徴および実施の形態は、説明を目的とし、限定を目的としない。本発明の範囲は、少なくとも以下の請求項およびその均等を含む。

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

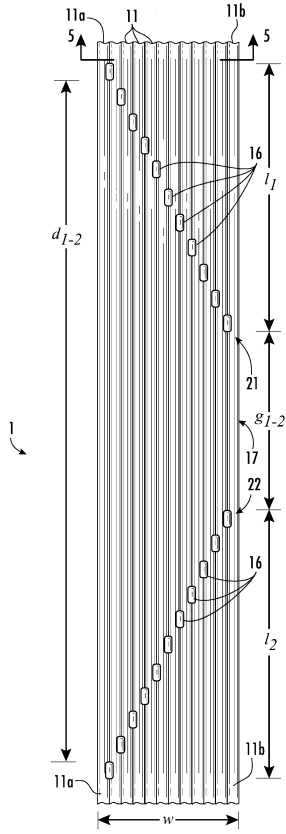
20

30

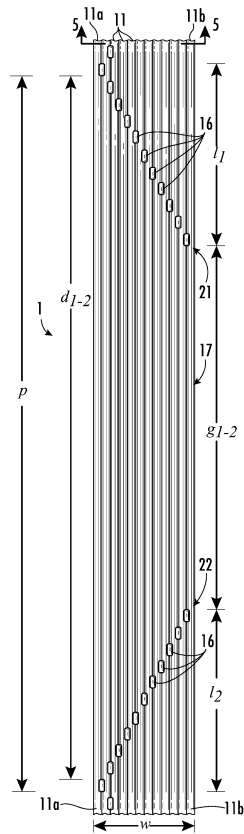
40

50

【 図 3 】



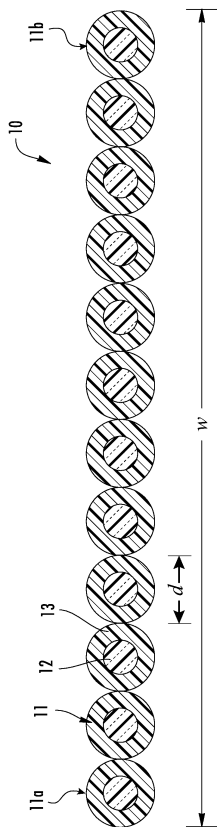
【 図 4 】



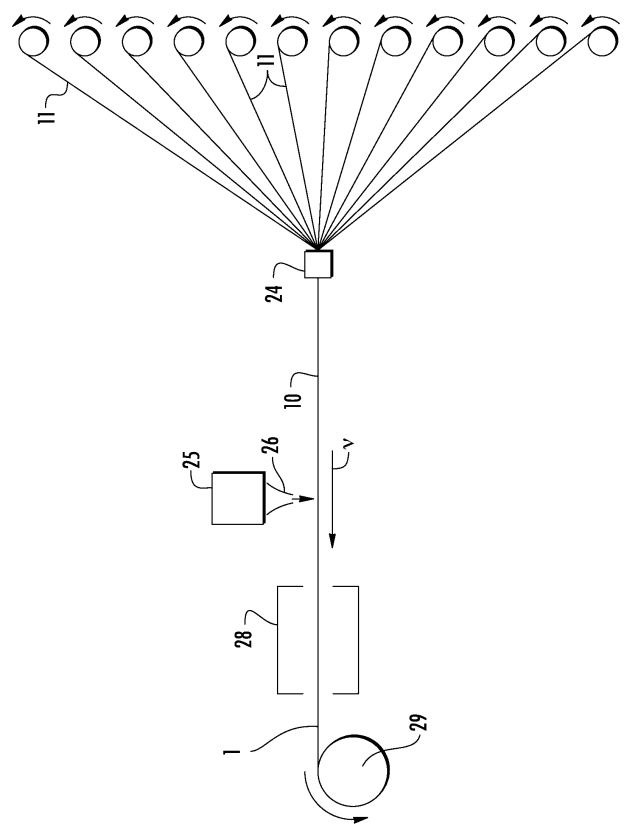
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

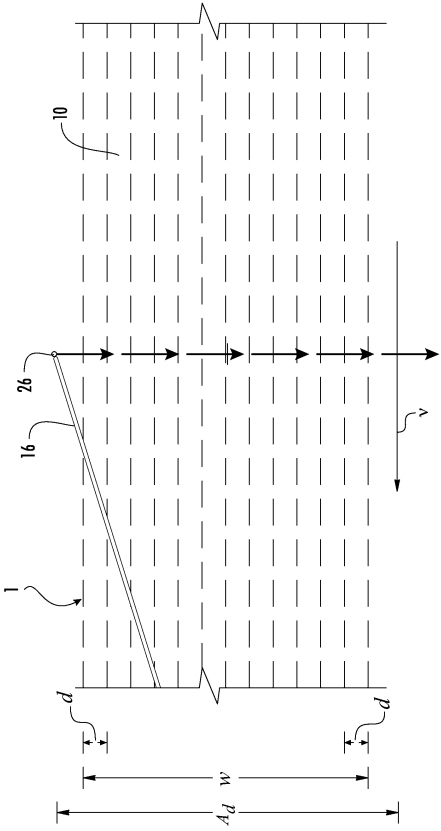


30

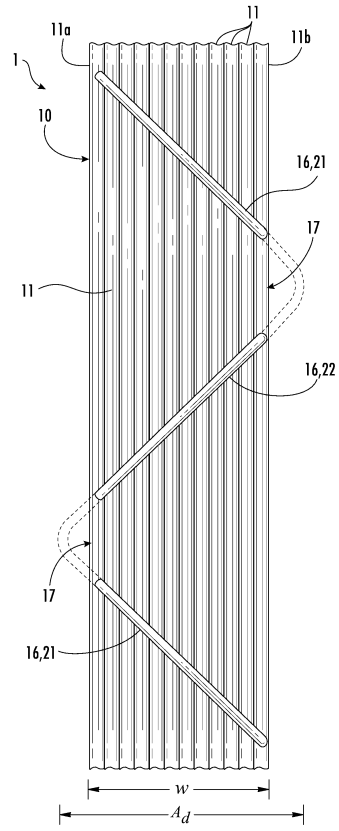
40

50

【 図 7 】



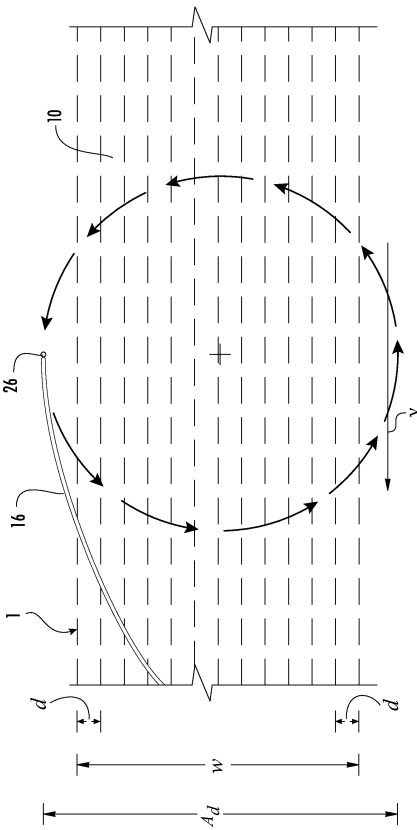
【 図 8 】



10

20

【 図 9 】



30

40

50

---

フロントページの続き

(72)発明者 ルカ ジョルジオ デ ライ

イタリア国 ミラノ 20126 ヴィア キエーゼ 6

Fターム(参考) 2H201 AX06 AX20 AX21 DD04 DD05 DD06 DD14 MM18 MM34 MM36