

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-272265

(P2004-272265A)

(43) 公開日 平成16年9月30日(2004.9.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02B 6/44

H01B 11/00

F I

G02B 6/44 336

G02B 6/44 301A

G02B 6/44 301B

G02B 6/44 381

G02B 6/44 391

テーマコード (参考)

2H001

2H050

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-66483 (P2004-66483)

(22) 出願日 平成16年3月10日(2004.3.10)

(31) 優先権主張番号 10/384849

(32) 優先日 平成15年3月10日(2003.3.10)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 302003314

フルカワ エレクトリック ノース アメ

リカ インコーポレーテッド

アメリカ合衆国 30071 ジョージア

, ノアクロス, ノースイースト エクス

プレスウェイ 2000

(74) 代理人 100064447

弁理士 岡部 正夫

(74) 代理人 100085176

弁理士 加藤 伸晃

(74) 代理人 100106703

弁理士 産形 和央

(74) 代理人 100096943

弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

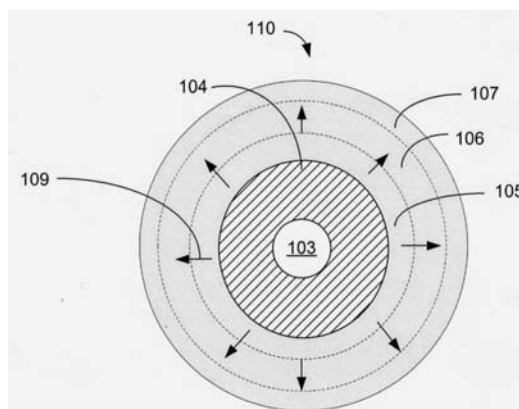
(54) 【発明の名称】 光ファイバケーブルおよびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 コアを半径方向に変化する弾性係数をもった保護シースで囲むことにより改善された光ファイバ・ケーブルが製造できる。

【解決手段】 コアは長さ方向に延びた一本以上の光ファイバにより構成される。保護シースは少なくとも第1被覆層部分と第2被覆層部分により構成される。第1および第2被覆層部分は共通の被覆材料で構成される。第1被覆層部分を構成する被覆材料に調節剤が添加される。同様に、第2被覆層部分を構成する被覆材料に調節剤が添加される。第1被覆層部分への調節剤の添加および第2被覆層部分への調節剤の添加が、被覆の弾性係数をケーブル・コアの中心から半径にそって外側に向かう半径方向に変化させる。コアは、例えば、単一の光ファイバ、光ファイバ・バンドル、光ファイバ・リボン、積層タイプ光ファイバ・リボン、などである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

保護シースに囲まれたコアで構成される光ファイバ・ケーブルであって、

コアは、少なくとも 1 本の光ファイバを含み、かつ

保護シースは、少なくとも第 1 の被覆層部分と第 2 の被覆層部分とを含み、第 1 および第 2 被覆層部分は同一の被覆材料で構成され、第 1 の被覆層部分の該同一被覆材料には調節剤が添加され、第 2 の被覆層部分の該同一被覆材料にも調節剤が添加され、第 1 被覆層部分への調節剤の添加および第 2 被覆層部分への調節剤の添加が被覆の弾性係数をコアの中心から半径にそって外側に向かう半径方向に変化させる

ことを特徴とする光ファイバ・ケーブル。

10

## 【請求項 2】

第 1 被覆層部分に添加される調節剤は第 2 被覆層部分に添加される調節剤と同一であり、かつ、第 1 被覆層部分に添加される調節剤の量が第 2 被覆層部分に添加される調節剤の量と異なる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ・ケーブル。

## 【請求項 3】

第 1 の調節剤は、充填剤、架橋剤、重合鎖変更剤、光重合開始剤、および、これらの任意の組合せの 1 つであり、かつ、第 2 の調節剤は、充填剤、架橋剤、重合鎖変更剤、光重合開始剤、および、これらの任意の組合せの 1 つである

ことを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバ・ケーブル。

20

## 【請求項 4】

第 1 被覆層部分に添加される調節剤は第 2 被覆層部分に添加される調節剤と異なる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ・ケーブル。

## 【請求項 5】

被覆の弾性係数が半径方向に徐々に変化する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ・ケーブル。

## 【請求項 6】

保護シースに囲まれたコアで構成される光ファイバ・ケーブルを製造する方法であって、該方法は、

一本以上の長さ方向に延びている光ファイバでコアを形成し；かつ、

30

該コアに被覆を施すことにより保護シースを形成し、被覆は少なくとも第 1 被覆層部分と第 2 被覆層部分で構成され、第 1 および第 2 被覆層部分は同一の被覆材料で構成され、第 1 被覆層部分の該同一被覆材料は調節剤を添加され第 2 被覆層部分の該同一被覆材料も調節剤を添加され、第 1 被覆層部分への調節剤の添加および第 2 被覆層部分への調節剤の添加が被覆の弾性係数をコアの中心から半径にそって外側に向かう半径方向に変化させることを特徴とする光ファイバ・ケーブル製造方法。

## 【請求項 7】

第 1 被覆層部分に添加される調節剤は第 2 被覆層部分に添加される調節剤と同一であり、かつ、第 1 被覆層部分に添加される調節剤の量は第 2 被覆層部分に添加される調節剤の量と異なる

40

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバ・ケーブル製造方法。

## 【請求項 8】

第 1 の調節剤は、充填剤、架橋剤、重合鎖変更剤、光重合開始剤、および、これらの任意の組合せの 1 つであり、かつ、第 2 の調節剤は、充填剤、架橋剤、重合鎖変更剤、光重合開始剤、および、これらの任意の組合せの 1 つである

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバ・ケーブル製造方法。

## 【請求項 9】

第 1 被覆層部分に添加される調節剤は第 2 被覆層部分に添加される調節剤と異なる

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバ・ケーブル製造方法。

## 【請求項 10】

50

被覆の弾性係数が半径方向に徐々に変化する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光ファイバ・ケーブル製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般的に光ファイバの分野に関し、特に、保護被覆によって囲まれたコアにより構成される光ファイバケーブルおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

通信システムに使用される光ファイバは、一般的に、光を伝搬するガラスの中心領域と、これを囲むガラスのクラッド領域を含んでいる。ガラスのクラッドと光を伝搬するガラスの中心領域とは、異なった光特性を有している。一般的に、光を伝搬するガラスの中心領域とクラッド領域は、一層以上の保護被覆層により包囲される。このようなファイバは、適当な成分よりなる光伝送中心領域とそれを囲む適当な成分よりなるクラッドとから構成されるガラス・プリフォームを加熱し部分的に溶かして細いひも状に引っ張ることにより製造される。溶けた軟らかなひも状ガラスがプリフォームから引っ張られるとき、光伝送中心領域のガラス部とクラッド・ガラス部は両方とも引き伸ばされる。この工程において、光伝送中心領域は、ファイバの中心に留まりクラッドは外側に留まる、このようにして、光伝送中心領域とクラッドよりなる複合構造のファイバが得られる。ファイバがプリフォームから線引きされると、それは、冷却され、固化され、さらに、被覆が施される。ファイバが高速で線引きされるようにこの工程は高速で行われる。

【0003】

光ファイバ通信システムでは、ファイバの一端から挿入される光は、システム内を伝送される情報に従って、パルス状にまたは時間的に変化している。ファイバの中を伝搬する光の速度は、光伝送中心領域とクラッドとを構成する材料の光学的特性や光伝送中心領域の直径などのような多くの要因に依存している。ファイバ内を伝送する光は、一般的に、異なった偏波光、すなわち、光を構成する電磁波が異なった向きをもっている光、を含んでいる。もし、光伝送中心領域が完全に柱状でなく、長径と短径がある場合には、ひとつの偏波光はその電波が光伝送中心領域の長径と同一方向となり、他方、他の偏波光はその電波が光伝送中心領域の短径と同一方向となる。この場合、光伝送中心領域の実効的直径は、1つの偏波光と他の偏波光では異なることになる。異なった偏光をもつ光の部分は異なった速度で伝搬する。更に、幾何学的な影響として、光伝送中心領域とクラッドとの熱膨張係数の差が複屈折率を生じさせるようなストレスを発生させ、これがまた、異なった偏波光間の伝搬速度の差を増加させる。別の言い方をすれば、ファイバは、その長さ方向と直角方向に"遅い"軸と"速い"軸とを持つことになる。

【0004】

速い軸と同一方向の偏波をもつ光は、遅い軸と同一方向の偏波をもつ光より速く伝搬する。結果として、2つの偏波モードが異なった伝搬定数で伝搬する。伝搬定数の差は複屈折率と言われ、複屈折率の大きさは、2つの直交モードの伝搬定数の差により与えられる。複屈折率は、ファイバ中を伝搬する光に偏光を発生させ、これはファイバの長さ方向に周期的に発生していく。偏光がその最初の状態に戻るのに必要な距離は、一般的に、ファイバのビート長と呼ばれており、その長さはファイバの複屈折率に逆比例する。従って、より大きな複屈折率はより短いビート長をもち、また、この反対のこともいえる。

【0005】

複屈折率の存在は、ファイバ内を伝搬する光に周期的に変化する偏光状態を発生させる他に、2つの偏波モードが異なる群速度で伝搬していることを意味し、その差は複屈折率が増加するにつれ増加する。2つの偏波モード間の遅延時間差は、偏波モード分散、または、PMDと呼ばれている。光伝送中心領域の直径差以外のファイバ内の欠陥もPMDに影響を与える。PMDは、ファイバ内を伝搬する光パルスまたは光波を変形させ、これが、信号の品質を下げファイバ中を伝搬する情報の速度を制限する。PMDは、ハイ・ピッ

10

20

30

40

50

トレート・システムおよびアナログ通信システムの信号品質にとって非常に有害である。PMDの影響を低減する1つの方法は、ファイバの速い軸と遅い軸の方向を連続的に変更させることである。このことは、ファイバの遅い軸と速い軸がファイバの長さ方向に繰り返し交替されるように、線引き中にファイバを回転させることで達成される。

【0006】

光ファイバ製品（例えば、光ファイバ、光ファイバ・リボン、光ファイバ・バンドル、光ファイバ・ケーブル、および、エアー・ブローン光ファイバ製品）は、高ビット・レート情報および高周波情報を長距離に亘って通信する必要がある。高ビット・レートの情報および高周波の情報を長距離に亘って通信するには、一般に、高出力の伝送を必要とする。しかしながら、高出力伝送は、一般に、光ファイバ製品の感度を上げることになり、このことが信号品質に関し負の影響をもたらすことになる。

10

【0007】

高周波での高ビット・レート情報を長距離に亘って伝送する次世代光ファイバの製造業者は、光ファイバが外部からの力や環境状態に対し非常に敏感であることを経験している。これらの光ファイバは、波長分割多重（WDM）伝送システムの多くのチャンネルを高ビット・レートで長距離に亘って伝送するのに必要な高密度パワーの要求に合致させるため、より大きな実効面積をもつように設計されている。この大きな実効面積または極めて大きな実効面積をもつファイバは、マイクロ・ベンド損失のようなある種の伝送特性に非常に敏感である。更に、外力（例えば、ファイバの曲げ）および環境状態もまたPMDを増加させ、これは、上で述べたように、高ビット・レート伝送を制限する。

20

【0008】

光ファイバおよび光ファイバアレイ（例えば、光ファイバ・リボン、多くの光ファイバを含むケーブル、など）を有害な環境状態やマイクロ・ベンドから保護するために、個々のファイバおよびファイバアレイを1層以上の層で被覆することが知られている。例えば、ガラス・ファイバを、ファイバのクラッドに隣接して軟らかなバッファ被覆層で被覆し、次に、軟らかな内部被覆層を囲んでそれよりも厚い外部被覆層で被覆する。普通、バッファ層は、柔らかくてかつファイバのクッションになってマイクロ・ベンド損失を防止するよう、比較的小さな弾性係数の材料よりなり、外部被覆層は、被覆されたファイバを環境から保護するよう比較的大きな弾性係数の材料により構成される。

【0009】

例えば、Cainらは、米国特許第5,062,685号で、低ガラス転移温度、 $T_g$ をもつ重合体よりなり、厚みは有害なマイクロ・ベンドを防止するに十分なものとなるようにしたバッファ被覆層と、その軟らかなバッファ被覆層を囲む肌理のある外部被覆層により、光ファイバまたは複数の光ファイバを被覆することを開示している（特許文献1）。肌理のある外部被覆層は、ファイバまたはファイバ・グループをダクトの中に押し込むために行われる光ファイバ吹き込み作業中に、ファイバまたはファイバ・グループが損傷を受けないのに十分な強さをもった材料により構成される。この技術は、空気のようなガスをダクト内に押し込み、流体による粘性の引っ張り力を発生させ、ファイバまたはファイバ・グループをダクト内に進ませるものである。この方法は、ファイバまたはファイバ・ケーブルが小さくてかつ/または軽量であり、かつ、ダクトの寸法がファイバまたはファイバ・ケーブルの寸法に近くて、ダクト内を吹き飛ばすのではなく、ダクト内を引っ張るのでは、ファイバ・ケーブルのファイバにかかる引っ張り力が、ファイバまたはファイバ・ケーブルを切断したり損傷を与えたりする可能性のある場合に使用される。多層被覆されたファイバまたはファイバ・グループのもう1つの例は、Cochinniによる米国特許第6,327,876号に開示されている（特許文献2）。Cochinniらは柔らかい内部バッファ層被覆と、より硬い外部被覆層を各被覆層の被覆偏心率（例えば、被覆層の最小厚と最大厚との比）が改善され、結果として、PMDを減少させるような装置および方法について開示している。これを達成するために、Cochinniらは、線引き工程において、ファイバがダイスの穴を通して引っ張られ、それぞれの被覆が施されるとき、第1および第2被覆装置内にある第1および/または第2ダイスを回

30

40

50

転させることを開示している。C o c h i n n iらは、被覆層を塗布中に、回転可能としたダイスを回転させることにより、線引き中に、P M Dを減少させるために行うファイバの回転を不要にすると主張している。

【特許文献1】米国特許第5,062,685号

【特許文献2】米国特許第6,327,876号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

複数の被覆層を施すことに関して、既に知られている技術の1つの欠点は、被覆が種々の理由により異なった特性を必要とするため、異なった材料を使用することである。例えば、内部被覆は、ガラス・ファイバのクッションとなるため柔らかであり、有害なマイクロ・ベンドを防止するに十分なように比較的小さな弾性係数をもつべきである。他方、外部被覆はより固い被覆であり、従って、比較的大きな弾性係数をもつべきである。また、使用状況によっては、外部被覆はファイバを環境から保護するために（例えば、C a i nらが開示した肌理のある外層）他の保護的特性をもつこともある。被覆層の材料が異なるため、いくつかの異なる層を施すために、従来の技術およびシステムでは、別々の被覆装置を用い（例えば、各層に1つの被覆装置）別々のステップで被覆を施している。

【0011】

多数の被覆器と多数の材料を使用することは、システム・コストを増加させ、製造ラインのスループットを低下させる。光ファイバ製品の製造において、単一の材料および/または単一の被覆器で多層被覆が可能なような方法および装置が望まれている。光ファイバ製品としては、例えば、個々の光ファイバ、互いに束ねられた多数の光ファイバを含んでいる光ファイバケーブル、および、一列以上の隣合わせに配列された光ファイバアレイよりなる光ファイバ・リボンなどが含まれる。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、弾性係数が半径方向に変化するような保護シースで囲まれた1つ以上の光ファイバよりなるコアをもった光ファイバ・ケーブル、および、その製造方法を提供するものである。保護シースには、第1および第2被覆部分が含まれており、この被覆には共通の被覆材料が含まれている。第1被覆部分を構成する被覆材料には調節剤が付加されている。同様に、第2被覆部分を構成する被覆材料にも調節剤が付加されている。第1被覆部分への調節剤の付加および第2被覆部分への調節剤の付加が、ケーブル・コアの中心から外側に向かう半径方向に変化する弾性係数をもった被覆を生じさせる。コアは、例えば、単一の光ファイバ、光ファイバ・バンドル、光ファイバ・リボン、光ファイバ・リボンの積層体、などである。保護シースは、ケーブル・コアの中心から半径方向に沿って外側に向かって変化する弾性係数をもつ。

【0013】

本発明の装置は、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆を、上記コアに施すための被覆装置よりなっている。本発明の方法は、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆を、コアに施すための方法よりなっている。本方法が実施されるやり方は、本発明の装置構成により異なる。例えば、光ファイバ・バンドルの場合、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆の工程は、バンドルの光ファイバを製造する工程とは別の工程で、光ファイバ製造工程の後に行われる。光ファイバ・リボン、または、光ファイバ・リボン積層体の場合、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆の工程は、リボンを製造する工程とは別の工程で、リボン製造工程に続いて行われる。別の言い方をすれば、光ファイバ・バンドルまたは光ファイバ・リボンに関しては、ファイバが最初に製造され、次に、バンドルまたはリボンを含んだ多数の光ファイバに対して、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆が施される。

【0014】

半径方向に変化する弾性係数をもった被覆は、単一のポリマー材料よりなり、コアの中

10

20

30

40

50

心から半径方向、外側に向かう方向に、比較的小さな弾性係数から比較的大きな弾性係数へと徐々に増加するか、または、その反対が望ましい。これを達成するために、単一の被覆器内にある共通ポリマー材料の夫々異なる流れに、異なった量の特殊な調節剤を付加するのが望ましい。この流れは、それが半径方向に変化する弾性係数をもった単一の被覆を合成するような仕方ではコアに施される。本発明のこれらの特徴および他の特徴は、以下の説明、図面、および、請求項で明らかとなる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の保護被覆によって囲まれたコアにより構成される光ファイバケーブルは、異なった被覆層を施すために、更に別の被覆装置を用意する必要がなくなる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明による光ファイバ通信媒体およびそれを製造する方法に関する多くの原理および特徴は、以下の図面を参照することでより良く理解できる。図面の部品は、必ずしも寸法どおりではなく、本発明の原理および概念を分かりやすく図示するために強調されている部分がある。更に、いくつかの図面での、同じような参照番号は、対応する部品を示している。

【0017】

図1および図2は、本発明による1つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの、この場合は1本の光ファイバであるが、それぞれ、端面図および透視図である。

20

図3および図4は、本発明による1つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの、それぞれ、端面図および透視図である。この場合の通信媒体は、例えば、図1および図2に示された本発明による光ファイバを使った、光ファイバの束により構成されている。

【0018】

図5および図6は、本発明による1つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの、それぞれ、端面図および透視図である。この場合の通信媒体は、例えば、図1および図2に示された本発明によるファイバを用いた、光ファイバの列よりなる光ファイバ・リボンにより構成されている。

30

図7および図8は、本発明による1つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの、それぞれ、端面図および透視図である。この場合の通信媒体は、例えば、図1および図2に示された本発明によるファイバを用いた、並列多層光ファイバ・リボンにより構成されている。

【0019】

図9Aは、図1および図2に示された光ファイバ・ケーブルを製造するための本発明による装置の一実施形態の平面図である。

図9Bは、本発明による光ファイバ・ケーブルを製造するための、本発明による装置のもう1つの実施形態の平面図である。

図9Cは、本発明による光ファイバ・ケーブルを製造するための、本発明による装置の更に、もう1つの実施形態を示す平面図である。

40

【0020】

本発明による光ファイバ通信媒体の例としては、シングル・モード・ファイバやマルチ・モード・ファイバなどのような光ファイバ、光ファイバ・リボン、光ファイバ・ケーブル、および、エアー・ブローン光ファイバ製品などが含まれるが、これらに限定されるものではない。本発明による光ファイバ通信媒体への被覆の弾性係数の半径方向の変化の仕方および程度は、例えば、製品が設計される目的などの種々の要因により左右される。もし、例えば、光ファイバ製品を曲げによって生じる応力または他の外力から保護したいのであれば、被覆の弾性係数は、被覆が最大限の保護および同心性を保持するためのクッション効果を提供するように設計される。もし、例えば、被覆が物理的な危険や環境的危険

50

または損傷から保護したいのであれば、例えば、被覆の弾性係数は、それに従って変化する。

#### 【0021】

図1は、半径方向に変化する弾性係数の被覆を有する光ファイバ(110)の断面端面図を示す。図2は、光ファイバ(110)の透視図を示す。図1に示されるように、光ファイバ(110)は、少なくとも、1つの光伝送中心領域(103)、1つのクラッド(104)、および、番号105、106、および107で示される半径方向に変化する弾性係数をもつ被覆により構成される。光伝送中心領域(103)およびクラッド(104)は互いに隣接している。本技術分野の技術者なら、光ファイバは、光伝送中心領域(103)とクラッド領域(104)の間に、例えば、ファイバに分散補償のための特別な屈折率プロファイルを与えるために、1つ以上の環状領域(示されていない)を設けることがあることを理解するであろう。図を簡単にするため、図1では、光伝送中心領域(103)とクラッド領域(104)の間に、他の環状領域は示されていない。

10

#### 【0022】

光伝送中心領域(103)とクラッド(104)は、一般的には、シリカ・ガラスから作られている。本発明における、被覆層105/106/107は、ドットを打たれた領域で示されており、ドット領域の数字は、光伝送中心領域(103)から半径方向外側に向かって、即ち、矢印(109)で示されている方向に向かって、大きくなっている。被覆層105/106/107を代表するドットの密度が徐々に増加していることは、被覆層105/106/107の弾性係数が、例えば、領域(105)の比較的小さな弾性係数から、領域(107)の比較的大きな弾性係数へと、徐々に増加していることを示す。この例では、被覆領域(106)の比弾性係数は領域(105)の比弾性係数と領域(107)の比弾性係数との間のある値である。この例では、半径方向に変化する弾性係数は徐々に変化している。既に述べたように、本発明は、弾性係数の半径方向の変化が徐々に行われるものに限定するものではない。半径方向の変化は、例えば、被覆内のある位置で急激に変化するような段階的な変化であってもよい。説明を容易にするために、被覆層が、光伝送中心領域(103)の中心から半径方向に向かって、徐々に増加または徐々に減少する被覆層のみを参照にして、本発明を記述している。

20

#### 【0023】

被覆層105/106/107は、異なった弾性係数をもった多数の部分よりなる1つの被覆層と見ることができ、また、半径方向に変化する弾性係数をもつように調節された単一の材料により構成された多層被覆層と見することもできる。説明を容易にするために、ここで説明される光ファイバ・ケーブルは、半径方向に変化する弾性係数をもった1つの被覆よりなるものとして説明する。

30

#### 【0024】

以下で詳細に説明するように、同一材料の異なった場所からの流れに、それぞれ、異なった調節剤を加えるか、または、同一調節剤を異なった量だけ加えることにより、単一材料が被覆装置に流入するとき、多層被覆層となるようにして、1つの被覆装置で被覆を施すことが望ましい。どちらの場合でも、被覆材料は同一であり、被覆装置内の個々の流れに加えられる調節剤または調節剤の量が異なるのである。結果として、被覆は半径方向に変化する弾性係数をもつ。このようにして、異なった被覆層を施すために、更に別の被覆装置を用意する必要がなくなる。

40

#### 【0025】

図2に示されるように、光ファイバ(110)は、被覆層105/106/107の外層部分(107)を囲むような追加被覆(141)をもつことができる。光ファイバ(110)は、更に、例えば、被覆層(141)を囲んで、インクのような着色層(151)をもつこともできる。更に、別の実施形態として、例えば、被覆層(141)は、被覆層105/106/107と同じように、半径方向に変化する弾性係数をもつこともできる。あるケースでは、種々の被覆層のそれぞれの位置を入れ替えることも可能であり、このことは本開示を見ればこの分野の技術者なら理解できることである。

50

## 【0026】

図3は、本発明によるもう1つの実施形態である光ファイバ・バンドル(301)の断面端面図を示す。ここでは、4個の光ファイバ(302)が半径方向に変化する弾性係数をもった被覆によって囲まれている。被覆は、数字303、304、および、305で代表されており、これらは、それぞれ、順番に、比較的小さな弾性係数の領域、比較的中程度の弾性係数の領域、および、比較的大きな弾性係数の領域を代表している。代りに、数字303、304、および、305が、それぞれ、比較的大きな弾性係数の領域、比較的中程度の弾性係数の領域、および、比較的小さな弾性係数の領域を代表してもよい。別の言葉で言えば、弾性係数は、矢印(307)で示されている方向、光ファイバ・バンドル(301)の中心から半径方向外側に向かう方向に、増加することも減少することも可能である。図1のように、各領域303、304、および、305のドット数の差で、領域の弾性係数が、被覆303/304/305の1つの領域からもう1つの領域で、変化していることを示している。

## 【0027】

簡単にするため、4本の改善された光ファイバ(302)が示されている。しかしながら、光ファイバ・バンドル(301)は、もっと多くの、あるいは、もっと少ない数の光ファイバで構成されてもよい。光ファイバ(302)は、図1に示されたタイプのファイバでもよいし、または、よく知られている、柔らかい内部バッファ被覆と硬い外部被覆よりなるタイプ(即ち、通常の光ファイバ)のファイバでもよい。図4は、光ファイバ・バンドル(301)の断面透視図である。被覆303/304/305は、追加被覆またはシース(308)によって囲まれても良い。

## 【0028】

図5は、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆層またはマトリックスによって構成される光ファイバ・リボン(501)の断面端面図である。503および504の領域で示される光ファイバ・リボン(501)の被覆は、この例では、図1で示されるタイプの光ファイバまたは従来タイプの光ファイバ(502)3本を取り囲んでいる。被覆領域503および504は、被覆503/504の弾性係数が半径方向に変化していることを示すため、異なった密度のドットで示されている。光ファイバ・リボン(501)を構成する光ファイバの数は、何心であっても良い(例えば、12心、24心など)。同様に、リボン(501)は多数の層(示されていない)で構成されても良い。

## 【0029】

図5に示されるタイプのリボンに関連して、半径方向に変化する弾性係数という表現は、弾性係数が、ファイバ(502)の列から被覆503/504の外側の端(505)に向かう外側方向に、矢印(508)で示される方向に、変化していることを意味する。図6は、図5に示された光ファイバ・リボン(501)の本実施形態による被覆層503/504を囲んで追加被覆(506)を施したリボン(501)の断面透視図である。

## 【0030】

図7は、図5に示されたタイプのリボン、または、従来タイプまたは既知タイプのリボンを多層に構成してなる光ファイバ・ケーブル(701)の断面端面図である。各リボンは、3本のファイバ(702)よりなり、これらが被覆部分703および704よりなる被覆によって囲まれている。被覆703/704は、半径方向、即ち、矢印(706)の方向、に変化する弾性係数をもっている。図8は、図7に示されたケーブル(701)の被覆703/704を囲んで追加被覆またはシース(705)を施したケーブル(701)の断面透視図である。

## 【0031】

702の各ファイバは、図1に示されたタイプのファイバでも、または、従来のまたは既知のタイプのファイバでも良い。簡単のために、わずか2つのリボンが示されているが、光ファイバ・ケーブル(701)は異なった数の光ファイバ・リボンを含んでも良い。簡単のために、各リボンには、3本の光ファイバ(702)が示されている。しかしながら、リボンは、より多くのまたはより少ない数の光ファイバにより構成されても良い。



## 【0032】

図9Aは、本発明の1つの実施形態による装置(800)の構成図である。装置(800)は、図1および2に示される、弾性係数が半径方向に変化する被覆をもつ光ファイバ(110)のような光ファイバを提供するように形成されている。装置(800)は、中心光伝送領域とクラッドよりなる光ファイバ(811)が内部を通過するとき、本発明による被覆材料を塗布する被覆装置(810)により構成されている。装置(800)は、被覆材料(805)を少なくとも2つの流れ(813)および(815)に分割する被覆分割器(820)を含んでいる。わずかに2つの流れしか示されていないが、被覆分割器(820)は、被覆材料(805)を2つ以上の流れに分割するように形成されても良い。

## 【0033】

流れ(813)および(815)は、それぞれ、混合材(802)および(804)により構成されており、これらは、共通の材料により構成されているが、異なった量の調節剤(819)が、各流れ(813)および(815)に加えられることにより、異なった弾性係数をもっている。混合材(802)および(804)は、被覆装置(810)内で、光ファイバ(811)の縦軸方向(818)に沿って、光ファイバ(811)に塗布される。混合材(802)は、光ファイバ(811)に隣接して塗布され、光ファイバ(811)の被覆層部分(821)を形成する。混合材(804)は、被覆層部分(821)に隣接して塗布され、被覆層部分(831)を形成する。被覆が、例えば、紫外線(UV)硬化炉(示されていない)内で硬化されると、光ファイバ(811)の被覆は、被覆層部分821および831の弾性係数が異なることにより、半径方向に変化する弾性係数をもつことになる。

## 【0034】

被覆層部分(821)の弾性係数と被覆層部分(831)の弾性係数とは、例えば、異なった量の調節剤(819)を、流れ(813)および(815)に加えることにより、異なったものとすることができる。別の方法として、被覆層部分(821)の弾性係数と被覆層部分(831)の弾性係数とは、異なったタイプの調節剤を、流れ(813)および(815)に加えることによっても、異なったものとすることができる。被覆層部分(821)の弾性係数と被覆層部分(831)の弾性係数とは、例えば、異なったタイプの調節剤を異なった量、流れ(813)および(815)に加えることによっても異なったものとすることもできる。異なった量の調節剤(819)を、流れ(813)および(815)に加えて、混合材(802)および(804)を形成する。例えば、調節剤(819)を、第1の重量比で流れ(813)に加えて混合材(802)を形成し、調節剤(819)を、第2の重量比で流れ(815)に加えて混合材(804)を形成する。第1の重量比は、第2の重量比とは異ならせる。第1及び第2重量比の範囲は、一例として、1から10%である。

## 【0035】

異なったタイプの被覆材料には、DSM Desotech<sup>TM</sup> Incorporatedで製造された950-106やBorden Chemical<sup>TM</sup> Incorporatedで製造された9MKU70134などの紫外線硬化(UV-硬化)被覆材が含まれる。更に、例として、DSM Desotech<sup>TM</sup> Incorporatedで製造された950-108やBorden Chemical<sup>TM</sup> Incorporatedで製造された9MKU70135などのUV-硬化被覆材が含まれる。

## 【0036】

本目的のために使用される異なったタイプの調節剤には、充填剤、架橋剤、重合鎖変更剤、光重合開始剤、および、これらの任意の組合せなどが含まれるが、これらに限定されるものではない。充填剤の例としては、ナノクレイ、シリカ粒子、アルミナ粒子、カーボン・ブラック、ガラス・ファイバ、および、粒状重合体など、が含まれる。ナノクレイには、針晶、板状・球状粒子など、種々のプレイトレットがある。ナノクレイの追加の例として、モンモリロナイト、ヘクトライト、ベントナイトなどのグループから選ばれた鉱物がある。ナノクレイの更なる例として、アルミニウムおよびマグネシウムからなるグル

10

20

30

40

50

ープから選ばれたケイ酸塩がある。架橋剤の実例としては、一官能基モノマー、多官能基モノマー、低重合体、および、アクリル酸塩のような反応性樹脂などが含まれる。

#### 【0037】

光重合開始剤の例には、Ciba Specialty Chemicals<sup>TM</sup>で製造されたIrgacure（登録商標）184やDarocure（登録商標）1173などのようなアルファ-ヒドロキシ ケトンが含まれる。光重合開始剤の更なる例では、Ciba Specialty Chemicals<sup>TM</sup>で製造されたIrgacure（登録商標）651として知られているベンジルジメチル-ケタルがある。更に、光重合開始剤の例として、Ciba Specialty Chemicals<sup>TM</sup>で製造されているBAP0、およびBASfで製造されているLucerin（登録商標）TP0などのようなリン化水素酸化物がある。重合鎖変更剤の例としては、イソ-オクチルメルカプトプロピオン塩酸およびアルキルメルカプタンが含まれる。アルキルメルカプタンには、t-ノニルメルカプタンやn-ドデシルメルカプタンが含まれている。

10

#### 【0038】

同一調節剤を異なった量、流れ（813）および（815）に加える例として、例えば、1%の光重合開始剤BAP0を流れ（813）に加え、3%の光重合開始剤BAP0を流れ（815）に加える例が含まれる。同一調節剤を異なった量、流れ（813）および（815）に加えるもう1つの例としては、例えば、2%のナノクレイを流れ（813）に加え、6%のナノクレイを流れ（815）に加えるのがある。

#### 【0039】

別の実施形態として、異なったタイプの調節剤を同一量、流れ（813）および（815）に加える方法がある。例えば、光重合開始剤BAP0を第1重量比となる量流れ（813）に加え、光重合開始剤Irgacure（登録商標）184を第1重量比となる量流れ（815）に加える。第2の例として、ナノクレイを第1重量比となる量流れ（813）に加え、シリカ粒子を第1重量比となる量流れ（815）に加える。第3の例として、一官能基モノマーを第1重量比となる量流れ（813）に加え、三官能基モノマーを第1重量比となる量流れ（815）に加える。本方法を実現するもう1つの代替案として、異なったタイプの調節剤の異なった量を流れ（813）および流れ（815）に加えることもできる。例えば、第1重量比のナノクレイを流れ（813）に加え、第2重量比のシリカを流れ（815）に加わる。

20

30

#### 【0040】

図9Aを参照にして述べた、本方法および装置の実施形態は、図3および4に示されたバンドル（301）のような光ファイバ・バンドルの被覆にも適用される。勿論、バンドルを構成する個々の光ファイバが製造され被覆された後に、このバンドル被覆工程が行われる。バンドルの光ファイバは、望ましくは、同時に被覆装置（810）を通過し、本発明による被覆が、個々のファイバに層121および131を施すのと同じ方法で、バンドルに施される（図3）。同様に、被覆装置（810）は、図5および6に示された光ファイバ・リボン（501）のような光ファイバ・リボンに、半径方向に変化する本発明の被覆を施すように形成することもできる。

#### 【0041】

図9Bは、本発明のもう1つの実施形態による装置（900）の構成図である。この実施形態では、被覆分割器（920）は、被覆材料（905）を2つの流れ、913および915に分割する、しかし、調節剤（919）は、混合材（906）を作るように、流れ913または915のいずれか一方のみに加えられる。例えば、調節剤（919）は流れ（913）に加えられ、流れ（913）は混合材（906）となると考えられる。次に、混合材（906）および流れ（915）は、光ファイバ（912）が被覆装置（910）を通過するとき、光ファイバ（912）の縦軸方向（918）に沿って、光ファイバ（912）に塗布される。いくらかの時間が経過すると、混合材（906）での調節剤の密度は高く、流れ（915）には調節剤（919）がないため、調節剤（919）は、混合材（906）から流れ（915）へと拡散していく。結果として、被覆層（947）は、半

40

50

径方向に変化する弾性係数をもつことになる。

【0042】

すでに説明した図9Aでの実施形態のように、装置(900)によれば、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆層よりなる、光ファイバ・バンドルまたは光ファイバ・リボンを製造することも可能である。

【0043】

図9Cは、光ファイバ(951)(または光ファイバ・バンドル、または光ファイバ・リボン)に、被覆装置(960)内で、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆を施すための、本発明のもう1つの実施形態による装置(950)を示す。本実施形態では、第1の量の調節剤(952)が、第1混合器(963)内で、被覆材料(955)に混合され、第一の調節剤/被覆材重量比率の第1混合材(956)が形成される。同様に、第2の量の調節剤(952)が、第2混合器(965)内で、被覆材料(955)に混合され、第二の調節剤/被覆材重量比率の第2混合材(957)が形成される。例えば、調節剤(955)と被覆材料(952)は、混合器(963)内で、重量比1:1で混合され混合材(956)となり、調節剤(955)と被覆材料(952)は、混合器(965)内で、重量比2:1で混合され混合材(957)となる。勿論、本発明では、混合材(956)および(957)の比率を特定の比率に限定するものではない。

10

【0044】

次に、混合材(956)および(957)は、被覆装置(960)内で、光ファイバ(951)に塗布され、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆層(980)となる。

20

【0045】

混合材(956)および(957)は、光ファイバの縦軸方向に沿って塗布される。混合材(956)は、光ファイバ(951)に隣接して塗布され第1被覆層部分(983)を形成し、混合材(957)は、層(983)に隣接して塗布され第2被覆層部分(984)を形成する。第1および第2被覆層部分(983)および(984)は結合され半径方向に変化する弾性係数をもった被覆層(980)となる。

【0046】

これらの半径方向に変化する特性をもった被覆層(980)を有する光ファイバを製造する方法の実施形態は、また、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆を有する光ファイバ・バンドル(示されていない)および光ファイバ・リボン(示されていない)の製造にも使用可能である。ここに説明されたことを参考にすれば、本技術分野の技術者なら、光ファイバ・バンドルまたは光ファイバ・リボンに被覆するのに適したように、装置(950)を形成することが可能である。また、被覆材料(952)に加えられ調節剤(955)は、同一材料である必要はない。別の言い方をすれば、被覆層材料(952)に、混合器(963)および(965)内で、同じ調節剤を、それぞれ異なった量加えるのではなく、被覆層材料(952)に、各混合器(963)および(965)内で、異なったタイプの調節剤を混合して、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆(980)を作ることにもできる。図9A-9Cの実施形態において、単一の被覆装置が使用されていることにも注目されたい。即ち、追加の被覆装置が必要でなくなり、これにより、システム・コストは低減し、製造ラインのスループットは増加する。本開示を参考にすれば、本技術分野の技術者なら、施される被覆層毎に被覆装置が必要であるということがなくなることの重要性が理解できるであろう。勿論、多層被覆を施すのに、単一の被覆装置しか使っていないということではない。もし必要なら、いくつかの被覆装置を使用しても良いが、そうすることは、本発明の利点を得る妨げとなる。

30

40

【0047】

光ファイバ通信媒体に関し上に説明した実施形態、および、それを製造するための装置および方法、特に、"望ましい"実施形態、は単なる例である。本技術分野の技術者なら、本発明の範囲から外れることなく、上に述べられた実施形態に対し、多くの変形や変更が可能であることが理解されよう。そのような全ての変更や変形は、本発明の範囲内にある

50

。例えば、使用される調節剤のタイプおよび／または量は変更できるし、単一の被覆装置が使われようが複数の被覆装置が使われようが、半径方向に変化する弾性係数をもつように製造されたケーブルに実質的な制限はない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】本発明による 1 つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの端面図である。

【図 2】本発明による 1 つの実施形態であり、半径方向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの透視図である。

【図 3】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの端面図である。 10

【図 4】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの透視図である。

【図 5】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの端面図および透視図である。

【図 6】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの透視図である。

【図 7】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの端面図透視図である。

【図 8】本発明による 1 つの実施形態であり、半径向に変化する弾性係数をもった被覆よりなる光ファイバ・ケーブルの透視図である。 20

【図 9 A】図 1 および図 2 に示された光ファイバ・ケーブルを製造するための本発明による装置の一実施形態の平面図である。

【図 9 B】本発明による光ファイバ・ケーブルを製造するための、本発明による装置のもう 1 つの実施形態の平面図である。

【図 9 C】本発明による光ファイバ・ケーブルを製造するための、本発明による装置の更に、もう 1 つの実施形態を示す平面図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

1 1 0 光ファイバ 30

1 0 3 光伝送中心領域

1 0 4 クラッド

1 0 5 被覆

1 0 6 被覆

1 0 7 被覆

1 0 9 矢印

1 1 0 光ファイバ

1 0 3 光伝送中心領域

1 0 5 被覆

1 0 6 被覆 40

1 0 7 被覆

1 4 1 追加被覆

1 5 1 着色層

3 0 1 光ファイバ・バンドル

3 0 2 光ファイバ

3 0 3 被覆

3 0 4 被覆

3 0 5 被覆

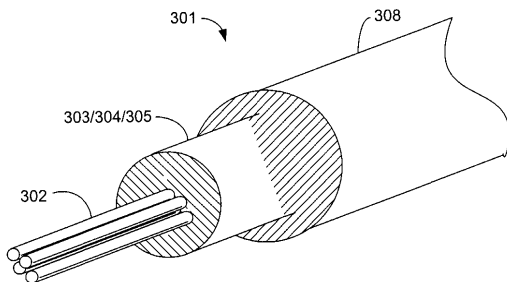
3 0 7 矢印

3 0 1 光ファイバ・バンドル 50

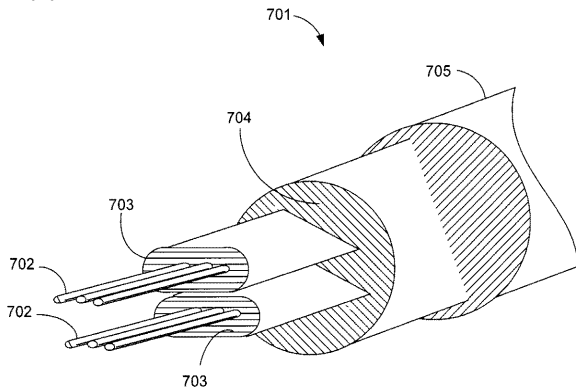
3 0 2	光ファイバ	
3 0 3	被覆	
3 0 4	被覆	
3 0 5	被覆	
3 0 8	追加被覆またはシース	
5 0 1	光ファイバ・リボン	
5 0 2	光ファイバ	
5 0 3	被覆	
5 0 4	被覆	
5 0 5	外側の端	10
5 0 8	矢印	
5 0 1	光ファイバ・リボン	
5 0 2	光ファイバ	
5 0 3	被覆	
5 0 4	被覆	
5 0 6	追加被覆	
7 0 1	光ファイバ・ケーブル	
7 0 2	光ファイバ	
7 0 3	被覆	
7 0 4	被覆	20
7 0 6	矢印	
7 0 1	光ファイバ・ケーブル	
7 0 2	光ファイバ	
7 0 3	被覆	
7 0 4	被覆	
7 0 5	追加被覆またはシース	
8 0 0	装置	
8 0 2	混合材	
8 0 4	混合材	
8 0 5	被覆材料	30
8 1 0	被覆装置	
8 1 1	光ファイバ	
8 1 3	流れ	
8 1 5	流れ	
8 1 8	縦軸方向	
8 1 9	調節剤	
8 2 0	被覆分割器	
8 2 1	被覆層部分	
8 3 1	被覆層部分	
9 0 0	装置	40
9 0 5	被覆材料	
9 0 6	混合材	
9 1 0	被覆装置	
9 1 2	光ファイバ	
9 1 3	流れ	
9 1 5	流れ	
9 1 8	縦軸方向	
9 1 9	調節剤	
9 2 0	被覆分割器	
9 4 1	被覆層部分	50

- 9 4 3 被覆層部分
- 9 4 7 被覆層
- 9 5 0 装置
- 9 5 1 光ファイバ
- 9 5 2 調節剤
- 9 5 5 被覆材料
- 9 5 6 混合材
- 9 5 7 混合材
- 9 6 0 被覆装置
- 9 6 3 混合器
- 9 6 5 混合器
- 9 8 0 被覆
- 9 8 2 縦軸方向
- 9 8 3 第1被覆層部分
- 9 8 4 第2被覆層部分

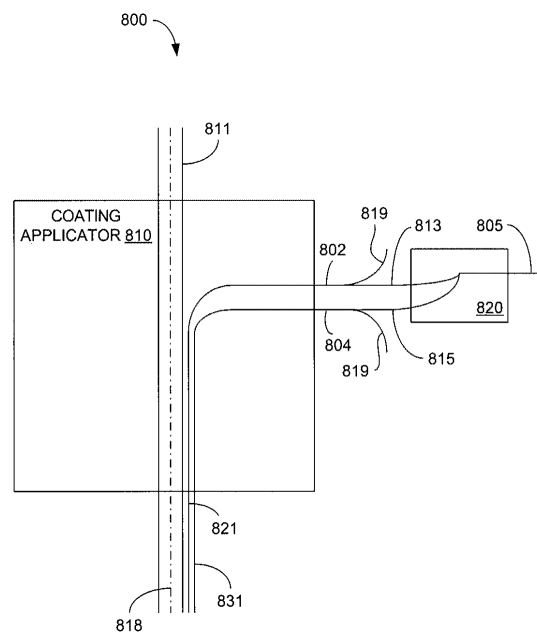
【図4】



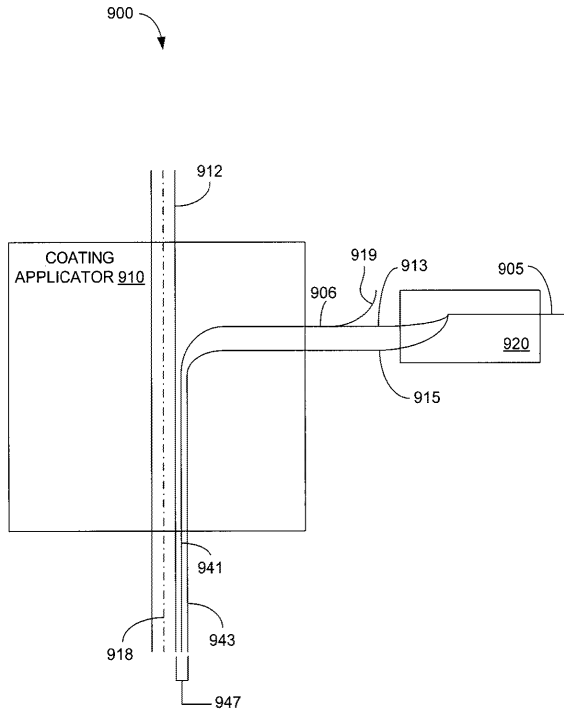
【図8】



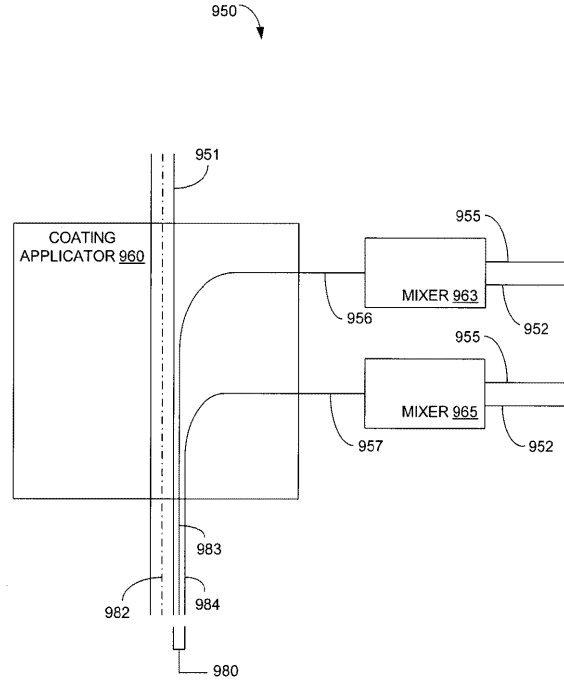
【図9A】



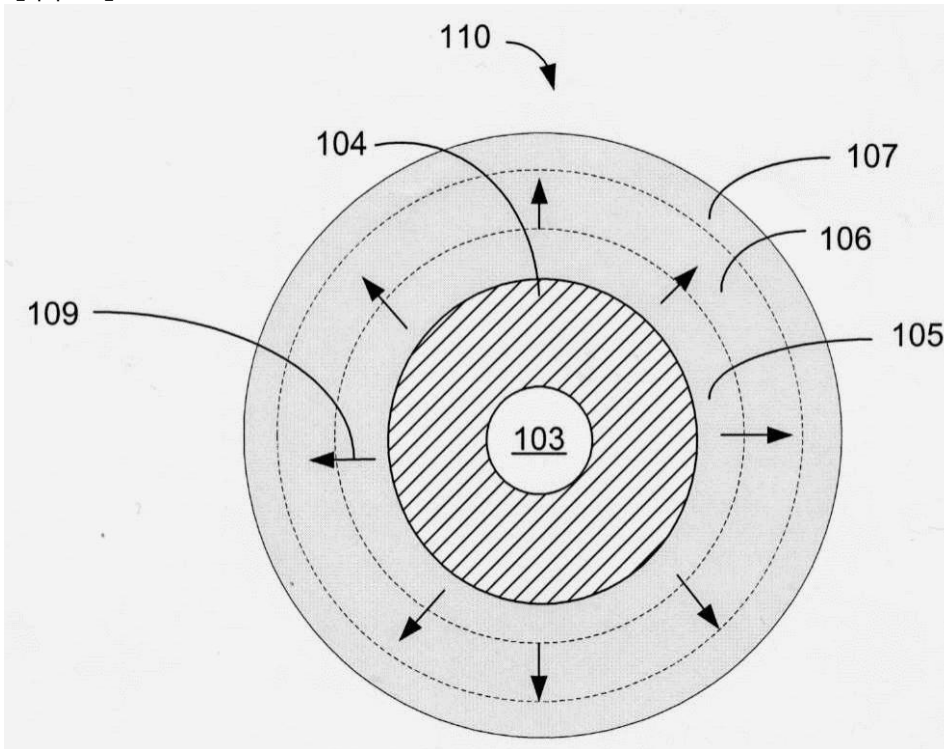
【図 9 B】



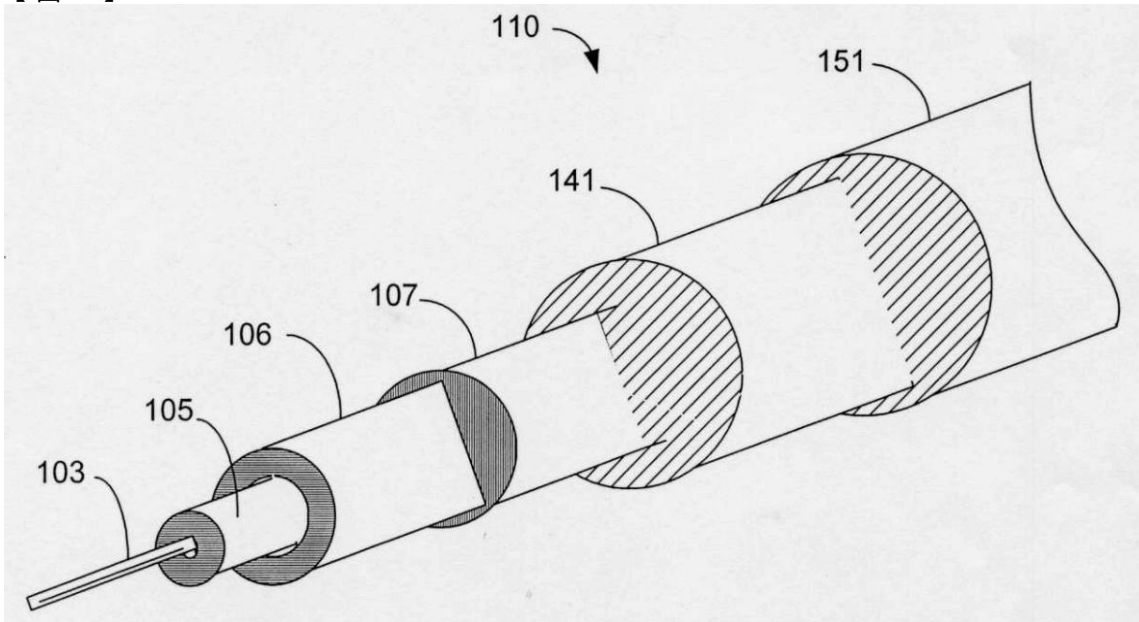
【図 9 C】



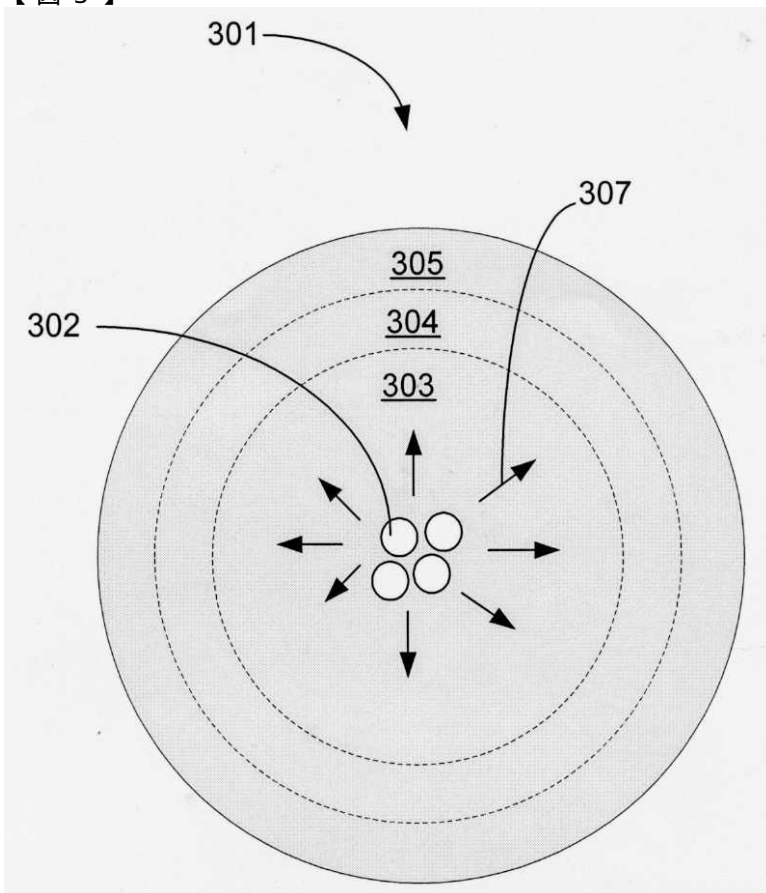
【図 1】



【 図 2 】

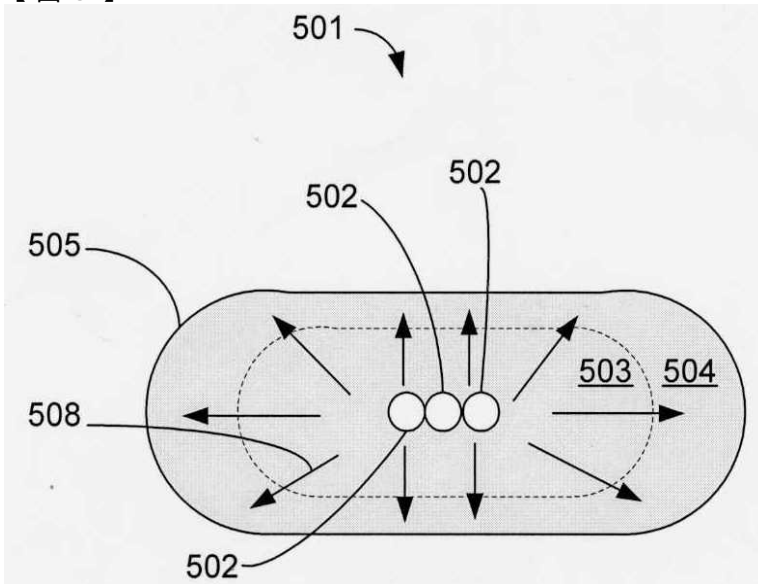


【 図 3 】

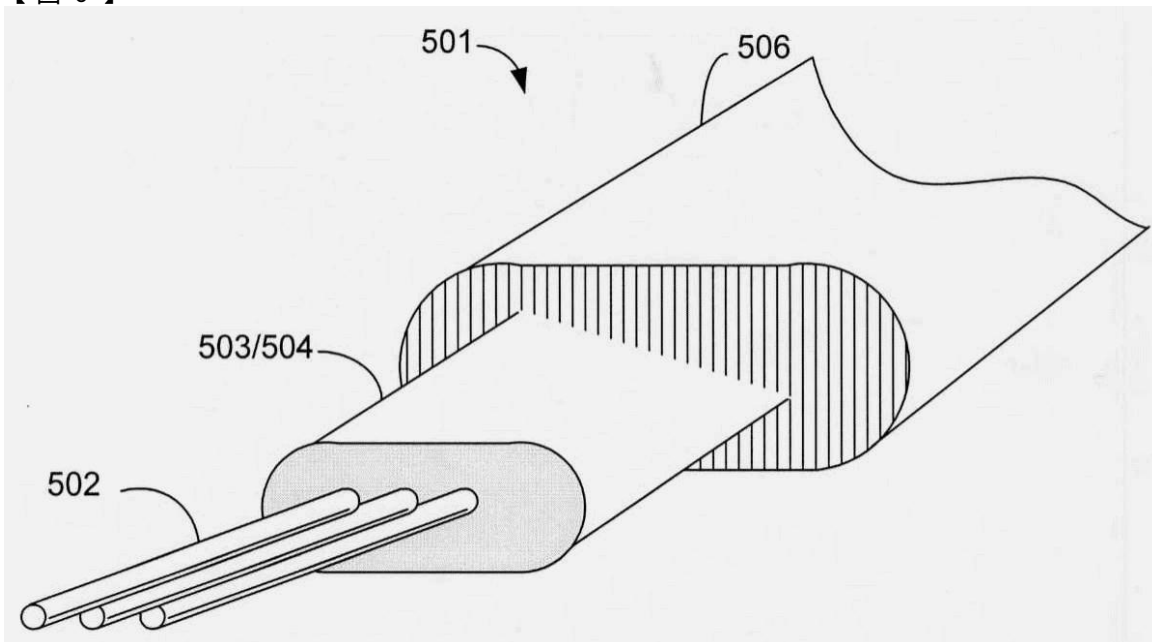




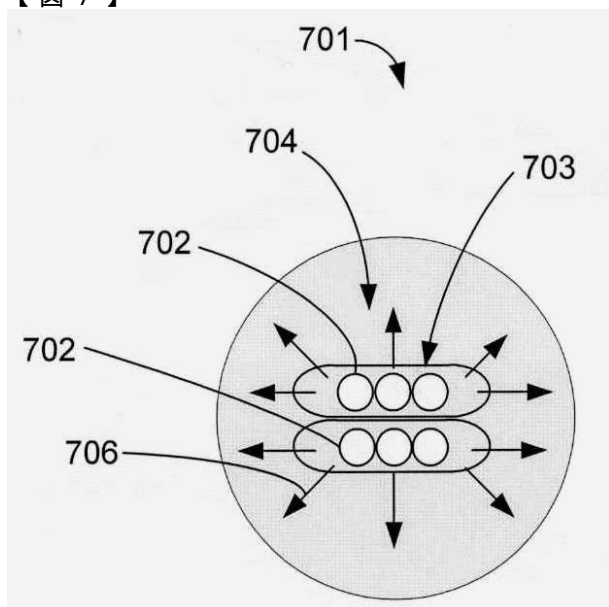
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 B 11/00	L

(74)代理人 100091889  
弁理士 藤野 育男

(74)代理人 100101498  
弁理士 越智 隆夫

(74)代理人 100096688  
弁理士 本宮 照久

(74)代理人 100102808  
弁理士 高梨 憲通

(74)代理人 100104352  
弁理士 朝日 伸光

(74)代理人 100107401  
弁理士 高橋 誠一郎

(74)代理人 100106183  
弁理士 吉澤 弘司

(72)発明者 カリオフィリス コンスタディニディス  
アメリカ合衆国 3 0 0 3 3 ジョージア, デケイター, オーク パーク トレイル 2 6 7 6

(72)発明者 キョーユル オー  
アメリカ合衆国 4 8 3 5 9 ミシガン, レイク オリオン, ロング メドウ レーン 3 8 4 8

(72)発明者 マーモード タバドア  
アメリカ合衆国 3 0 0 2 2 ジョージア, アルファレッタ, グランバリー ウエイ 7 1 0

(72)発明者 ジョン エム. ターニップシード  
アメリカ合衆国 3 0 0 4 7 ジョージア, ルリバーン, セイブルック サークル 1 0 8 0

F ターム(参考) 2H001 BB14 DD23 KK17 KK22 MM01 PP01  
2H050 BA00 BA14 BB19W BC04 BD02 BD07