

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7101115号

(P7101115)

(45)発行日 令和4年7月14日(2022.7.14)

(24)登録日 令和4年7月6日(2022.7.6)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 6/00 (2006.01)

G 0 2 B 6/00 3 2 6

G 0 2 B 6/032(2006.01)

G 0 2 B 6/032 Z

G 0 2 B 6/44 (2006.01)

G 0 2 B 6/44 3 0 1 A

G 0 2 B 6/02 (2006.01)

G 0 2 B 6/44 3 3 1

F 2 1 V 8/00 (2006.01)

G 0 2 B 6/02 3 8 6

請求項の数 5 (全40頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-526872(P2018-526872)

(86)(22)出願日 平成28年11月22日(2016.11.22)

(65)公表番号 特表2019-504339(P2019-504339
A)

(43)公表日 平成31年2月14日(2019.2.14)

(86)国際出願番号 PCT/US2016/063222

(87)国際公開番号 WO2017/091528

(87)国際公開日 平成29年6月1日(2017.6.1)

審査請求日 令和1年11月13日(2019.11.13)

(31)優先権主張番号 62/259,773

(32)優先日 平成27年11月25日(2015.11.25)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者 397068274

コーニング インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
3 1 コーニング リヴァーフロント プ
ラザ 1

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(74)代理人 100123652

弁理士 坂野 博行

(74)代理人 100175042

弁理士 高橋 秀明

(72)発明者 ベネット, ケヴィン ウォレス

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
4 0 ハモンズポート イースト レイク
ロード 1 0 1 0 9

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光拡散性光ファイバ用コーティング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

体積画分が 0 . 5 % ~ 2 0 % である空隙を備えるガラスコア；

前記ガラスコアを取り囲むクラッド；

前記クラッドを取り囲む一次コーティングであって、該一次コーティングは、厚さ 8 0 μ m の硬化済みフィルムとして構成されたとき、1 . 5 M P a 未満のヤング率を有する、一次コーティング；及び

前記一次コーティングを取り囲む二次コーティングであって、該二次コーティングは、0 . 0 2 2 インチ (0 . 5 5 8 8 m m) の直径を有する硬化済みロッドとして構成されたとき、少なくとも 5 0 0 M P a のヤング率を有する、二次コーティング；

を備える、光拡散性光ファイバであって、

前記二次コーティングは、散乱中心を含まない内部部分および散乱中心を含む外部部分を有し、前記散乱中心は前記二次コーティングの前記外部部分中で 1 . 5 重量% ~ 5 重量% の範囲の濃度で T i O ₂ 粒子を含む、光拡散性光ファイバ。

【請求項 2】

前記ガラスコアの断面寸法は 5 0 μ m 超である、請求項 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

【請求項 3】

前記クラッドはポリマーを含み、

前記クラッドの厚さは少なくとも 1 0 μ m である、請求項 1 又は 2 に記載の光拡散性光ファイバ。

【請求項 4】

前記コアは第 1 の屈折率を有し、

前記クラッドは第 2 の屈折率を有し、

前記第 2 の屈折率は前記第 1 の屈折率より少なくとも 0.003 小さい、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光拡散性光ファイバ。

【請求項 5】

前記一次コーティングは、硬化性架橋剤、硬化性希釈剤及び重合開始剤を含む一次組成物の硬化産物であり、前記硬化性架橋剤は、ウレタン及び尿素官能基を実質的に含まず、散乱光強度は、ピーク方位角で最大になり、前記ピーク方位角は、80° ~ 100° の範囲の角度である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光拡散性光ファイバ。

10

【発明の詳細な説明】**【優先権】****【0001】**

本出願は、米国特許法第 119 条の下で、2015 年 11 月 25 日出願の米国仮特許出願第 62 / 259,773 号の優先権の便益を主張するものであり、上記仮特許出願の内容は信頼できるものであり、その全体が参照により本出願に援用される。

【技術分野】**【0002】**

本明細書は概して、照明用途のために設計された光ファイバに関する。より詳細には、本明細書は、視野角に関して対称な照明効果を提供するために、光を均一に散乱させる、光拡散性光ファイバに関する。更に詳細には、本明細書は、方位方向における光拡散性光ファイバからの光の対称な散乱を促進する散乱中心を有する、コーティングに関する。

20

【背景技術】**【0003】**

多くの光学系が、遠隔光源から標的地点まで光を送達するために、光ファイバを利用する。典型的な系では、光源はファイバに連結され、光源から供給された光は、ファイバによって標的地点まで案内される。光ファイバは、光信号の形態にエンコードされた情報を送達するために、遠距離通信において幅広く使用されている。遠距離通信リンクは、電気信号を光信号に変換するトランスミッタを含む。光信号は光ファイバに入射してレシーバに送信され、このレシーバは光信号を、リンクの送信先端部での更なる処理のために、電気信号に再変換する。光ファイバはまた、点照明源としても使用されている。これらの用途では、光源からの光は、ファイバの受信側端部に連結され、ファイバの送信先端部から照明ビームとして出現する。

30

【0004】

近年、光ファイバの使用を広域照明の用途にまで拡張することに関心が持たれている。これらの系では、目的は、ファイバの長さの少なくとも一部分に沿った、光の制御された放出を達成することによって、ある照明効果を提供することである。光を閉じ込め、最小の損失でこれを送信することによって、ファイバ軸の方向に位置決めされた標的に対する点照明（軸上照明（on-axis illumination））を提供する代わりに、目的は、ファイバの軸外（off-axis）方向（方位方向）に動作する広域照明源として、ファイバの側面を使用することである。

40

【0005】

光拡散性ファイバは、広域照明源として使用できるファイバのクラスである。光拡散性ファイバは、ファイバ軸に沿って伝播した光を包囲方向に散乱させるよう設計される。この散乱は、ファイバのコア及び／若しくはクラッド内に、又はこれら全体にわたって、ナノ構造の空隙を組み込むことによって達成される。上記空隙は低屈折率領域であり、典型的にはガスが充填され、ファイバを通して伝播する光の波長と同程度の寸法を有する。空隙と、周囲の密なガラスマトリクスとの間の屈折率の対比によって、光の散乱が実現される。散乱効率、従って散乱される光の強度は、空隙の寸法、空間的配置及び数密度を制御することによって制御できる。広域照明に加えて、光拡散性ファイバは、ディスプレイにお

50

いて、及び光化学的用途の光源として、採用できる。光拡散性ファイバ及び代表的な用途に関する更なる情報は、特許文献 1 及び 2 で確認でき、これらの開示は参照により本出願に援用される。

【 0 0 0 6 】

光拡散性ファイバは、多目的で小型の広域側方（軸外）照明源であり、屈曲した場合に機能性を維持するという更なる利点を提供する。これにより光拡散性ファイバを、従来の光源を配備することが不可能な狭い空間及び領域に、照明源として配備できる。

【 0 0 0 7 】

照明の美的知覚を改善するために、光拡散性ファイバが、視野角に関して対称な照明効果を提供することが望ましい。対称な照明は、光拡散性ファイバからの光の対称な散乱を必要とし、これは、光拡散性ファイバ内の空隙の数、サイズ、均一性及び空間的分布に対して、相当な実用上の制約を課す。この制約を克服するために、現行の光拡散性ファイバ系は、2つの設計のうちの1つを採用する。第1の設計では、ファイバの対向する端部に位置決めされた2つの光源を用いて照明光を提供する。光源は光を、光拡散性ファイバのコア部分に送達し、このコアの光が散乱させられて、照明を提供する。ファイバに沿った一方向に伝播する光の散乱におけるいずれの非対称性は、反対方向に伝播する光を相殺して、視野角に関して比較的対称に近い正味の照明効果を提供する。第2の設計では、単一の光源を、光拡散性ファイバの一方の端部に連結し、光拡散性ファイバの反対側の端部を反射性材料でコーティングする。ファイバを通して伝播する光源光は反射されて、逆伝播光を提供し、これが照明の対称性を改善する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 文献 】 米国特許第 7 4 5 0 8 0 6 号明細書

米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 2 2 6 4 6 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

照明源としての光拡散性ファイバの用途は、反射性端部コーティングを用いずに単一の光源と共に光拡散性ファイバを利用する、対称な照明を提供できるシステムが利用可能となれば、拡張され得る。光拡散性ファイバを単一の光源と共に、反射性端部コーティングを用いずに利用する、現行の系は非対称な照明、及び劣悪な照明の美観しか提供しない。視野角に関する照明の対称性を補正する逆伝播光の不在下で、単一の光源で照明を行う場合に、対称な照明を提供できる、光拡散性ファイバを設計する必要がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

前方及び後方に散乱した光の対称な強度の分布を提供する、光拡散性光ファイバについて記載する。このファイバは、散乱中心を内包する二次コーティングを含む。上記二次コーティングの厚さ、及び散乱中心の濃度の制御により、散乱強度の分布に対する制御が提供される。散乱光強度のより対称な分布は、二次コーティング及びの厚さ / 又は二次コーティング内の散乱中心の濃度を増大させることによって実現される。各散乱中心は、酸化物ナノ粒子を含む。

【 0 0 1 1 】

本明細書の範囲は：

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む二次コーティングであって、上記二次コーティングは散乱中心を備え、上記散乱中心は上記二次コーティング内で、少なくとも 0 . 5 重量 % の濃度を有する、二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバに及ぶ。

【 0 0 1 2 】

本明細書の範囲は：

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む二次コーティングであって、上記二次コーティングは散乱中心を備え、上記散乱中心は上記二次コーティング内で、少なくとも 1 . 5 重量%の濃度を有する、二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバに及ぶ。

【 0 0 1 3 】

本明細書の範囲は：

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む二次コーティングであって、上記二次コーティングは散乱中心を備える、二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバであって、

上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_1 を有する第 1 の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_1$ を有する第 2 の方位方向に散乱させるよう構成され；

上記第 1 の方位方向に散乱した光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱した光の強度に対する比は、0 . 5 ~ 1 . 5 である、光拡散性光ファイバに及ぶ。

【 0 0 1 4 】

本明細書の範囲は：

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む二次コーティングであって、上記二次コーティングは散乱中心を備える、二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバであって、

上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、第 1 の複数の方位角にまたがる第 1 の複数の方位方向、及び第 2 の複数の方位角にまたがる第 2 の複数の方位方向に散乱させるよう構成され、上記第 2 の複数の方位角は、上記第 1 の複数の方位角の補角に相当し；

上記第 1 の複数の方位方向のうちの 2 つ以上に散乱した光の強度の、上記第 2 の複数の方位方向のうちの 2 つ以上に散乱した光の強度に対する比は、0 . 5 ~ 1 . 5 であり、

上記第 1 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位角のうちの 2 つ以上に相当し、上記第 2 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位角のうちの上記 2 つ以上の補角に相当する方位角を有する、光拡散性光ファイバに及ぶ。

【 0 0 1 5 】

更なる特徴及び利点は、以下の「発明を実施するための形態」に記載され、またその一部は、当業者には、「発明を実施するための形態」の記載から容易に明らかとなるか、又は本明細書及び請求項並びに添付の図面に記載される実施形態を实践することにより認識されるであろう。

【 0 0 1 6 】

以上の「発明の概要」及び以下の「発明を実施するための形態」は例示的なものにすぎず、請求項の本質及び特性を理解するための概観又は枠組みを提供することを意図したものであることを理解されたい。

【 0 0 1 7 】

添付の図面は、更なる理解を提供するために含まれており、また本明細書に組み込まれて本明細書の一部を構成する。これらの図面は、本記載の選択された態様を例示し、本明細書と併せて、本説明に包含される方法、製品及び組成物の原理及び動作を説明する役割を

10

20

30

40

50

果たす。図面に示されている特徴は、本説明の選択された実施形態の例示であり、必ずしも適切な縮尺で描画されていない。

【 0 0 1 8 】

本明細書は、本説明の主題を特に指摘して明確に請求する特許請求の範囲で結ばれるが、本明細書は、以下の説明を添付の図面と共に解釈することによって、より良好に理解され则认为られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図 1】光拡散性ファイバから散乱した光の方位角 θ

【図 2】光拡散性ファイバの断面の概略図

10

【図 3】複数の光拡散性ファイバに関する、方位角の関数としての、散乱光の強度

【図 4】厚さ及び散乱中心の濃度に変化する二次コーティングを有する光拡散性ファイバに関する、方位角 30° 及び 150° における散乱光強度の比の変動

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

図示されている実施形態は本質的に例示であり、「発明を実施するための形態」又は特許請求の範囲の範囲を限定することを意図したものではない。可能な限り、図面全体を通して、同一の又は同様の特徴を指すために同一の参照番号を使用する。

【 0 0 2 1 】

本開示は、本発明を実現可能とする教示として提供されるものであり、以下の説明、図面、実施例及び特許請求の範囲を参照することにより、より容易に理解できる。この目的のために、関連技術分野の当業者は、本明細書に記載の実施形態の様々な態様に対して多くの変更を実施しても、その有益な結果を依然として得られることを認識及び理解するであろう。また、これらの実施形態の望ましい便益のうちの一部を、複数の特徴のうちの一部を選択し、他の特徴を利用しないことによって得ることができることは、明らかであろう。従って当業者は、多くの修正及び適合が可能であり、また特定の状況においては望ましい場合さえあり、これらが本開示の一部であることを認識するだろう。従って、そうでないことが明記されていない限り、本開示は、開示されている具体的な組成物、物品、デバイス及び方法に限定されないことを理解されたい。また、本明細書で使用される用語法は、特定の態様を説明することのみを目的としたものであり、限定を意図したものではないことも理解されたい。

20

30

【 0 0 2 2 】

本明細書中で使用される場合、「接触 (c o n t a c t)」は、直接接触又は間接接触を指す。直接接触は、介在材料が存在しない接触を指し、間接接触は、1つ以上の介在材料を通じた接触を指す。直接接触状態の要素は互いに接している。間接接触状態の要素は、互いに接していないが、介在材料に接している。接触状態の要素は、しっかりと接合されていても、緩く接合されていてもよい。「接触させること (c o n t a c t i n g)」は、2つの要素を直接接触又は間接接触の状態に配置することを指す。直接 (間接) 接触状態の要素は、「互いに直接 (間接的に) 接触している (d i r e c t l y (i n d i r e c t l y) c o n t a c t e a c h o t h e r)」と言い表される。

40

【 0 0 2 3 】

これより、本明細書の例示的な実施形態について詳細に言及する。

【 0 0 2 4 】

本明細書は、視野角に関して対称な方位照明 (a z i m u t h a l i l l u m i n a t i o n) を提供するように設計された、光拡散性ファイバ及び上記光拡散性ファイバを含む照明システムを提供する。照明システムは単一の光源を採用し、これは光拡散性ファイバの一方の端部に連結される。光拡散性ファイバの反対側の端部は、反射性コーティングを有しない。対称な照明は、光拡散性ファイバからの散乱強度の対称な分布によって得られる。強度の対称な散乱は、光拡散性ファイバの二次コーティングに散乱中心を組み込み、散乱中心の濃度及び二次コーティングの厚さを適切に制御することによって達成される。

50

【 0 0 2 5 】

本明細書中で使用される場合、方位照明は、軸外方向の照明を指す。軸上方向は光拡散性ファイバの長手方向又は軸方向である。軸方向は、光拡散性ファイバの中心線の方向、又は光拡散性ファイバの中心線方向に対して平行な方向に対応する。軸方向は、光拡散性ファイバの空間的構成に従うものであり、直線方向でない場合もある。例えば光拡散性ファイバが屈曲又は湾曲構成で配設されている場合、軸方向は屈曲又は曲率に従うものとなり、中心線に一致したままである。軸外方向は、軸上方向以外の方向である。軸外方向は、本明細書では横方向又は方位方向と呼ぶ場合もある。方位照明は、最外部コーティングを通過して光拡散性ファイバから放出された光によって生成される照明とも考えられる。最外部コーティングは典型的には二次コーティングであり、本明細書の文脈においては、二次コーティングは散乱中心を含む。照明システムは、光拡散性ファイバの端部に連結された光源を含む。光源は、光拡散性ファイバのコアに光を供給する。コアは、光を軸外方向に配向する空隙又は他の光拡散性特徴部分を含む。配向された光はコアを出てクラッド及び一次コーティングを通過し、二次コーティングに入る。二次コーティングでは、光は散乱中心によって散乱させられ、光ファイバから外へと散乱して、視認者によって照明として知覚される光を提供する。

10

【 0 0 2 6 】

軸外照明の方向は、方位角に関して定量化できる。図 1 は、中心線 6 0 を有する光拡散性ファイバ 5 0 を示す。光拡散性ファイバ 5 0 は、光源（図示せず）から、中心線 6 0 に沿った入力光 6 5 を受信する。中心線 6 0 は、光拡散性ファイバ 5 0 を通る光伝播の軸方向又は軸上方向を画定する。入力光 6 5 は光拡散性ファイバに入り、（散乱中心を含む）二次コーティング 5 5 を通って光拡散性ファイバ 5 0 の外へと再配向されて、散乱光を提供する。散乱の方向は、方位角 θ によって記述される。方位角 θ は、中心線 6 0 に関して測定され、本明細書では「°」を単位として表現される。光線 7 0 は、方位角 θ に関連する方位方向を表す。軸方向は $\theta = 0^\circ$ に対応し、光拡散性ファイバ 5 0 の中心線に沿った光伝播の方向を表す。径方向は $\theta = 90^\circ$ に対応する。中心線 6 0 に沿った光の逆伝播の方向は、 $\theta = 180^\circ$ に対応する。散乱光は、ある範囲の方位角にわたって再配向され、ここで散乱強度は方位角に左右される。簡便さのために二次元で描画しているが、散乱光は三次元で分布すること、及び方位角 θ は、中心線 6 0 の周りで光線 7 0 を回転させることによって得られる円錐の半角として、更に正確に記述されることが理解される。

20

30

【 0 0 2 7 】

本発明の光拡散性ファイバは、2 つ以上の方位方向における散乱光強度の対称な分布を提供するように設計され、各方位方向は別個の方位角によって画定される。本明細書中で使用される場合、散乱光強度の対称な分布は、方位角 θ 及び方位角 θ の補角において同一又は概ね同一の散乱強度に対応し、方位角 θ の補角は、 $180^\circ - \theta$ として定義される。

【 0 0 2 8 】

光拡散性ファイバは、ガラスコア、クラッド及び二次コーティングを含む。クラッドはコアを取り囲み、二次コーティングはクラッドを取り囲む。光拡散性ファイバは任意に、クラッドと二次コーティングとの間に一次コーティングを含む。図 2 は、光拡散性ファイバのある実施形態の典型的な断面図を示す。光拡散性ファイバ 1 0 は、コア 1 2、クラッド 1 4、一次コーティング 1 6 及び二次コーティング 1 8 を含む。コア 1 2 の領域 2 0 の拡大図 3 0 は、空隙 4 0 を示す。二次コーティング 1 8 の領域 2 5 の拡大図 3 5 は、散乱中心 4 5 を示す。図示されていないが、空隙はクラッド 1 4 にも存在してよく、また散乱中心は一次コーティング 1 6 にも存在してよい。

40

【 0 0 2 9 】

光拡散性ファイバ 1 0 の長さは、少なくとも 1 c m、又は少なくとも 5 c m、又は少なくとも 2 0 c m、又は少なくとも 5 0 c m、又は少なくとも 1 0 0 c m、又は 1 c m ~ 1 0 0 0 c m、又は 1 c m ~ 1 0 0 c m、又は 1 c m ~ 5 0 c m、又は 1 c m ~ 2 0 c m、又は 5 c m ~ 1 0 0 c m、又は 5 c m ~ 5 0 c m、又は 5 c m ~ 2 0 c m であってよい。

【 0 0 3 0 】

50

コアは、シリカガラス又は修飾シリカガラスといったガラスである。コアの断面寸法は、少なくとも $65\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $80\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $100\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $150\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $200\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $250\text{ }\mu\text{m}$ 、又は少なくとも $300\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $65\text{ }\mu\text{m} \sim 500\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $100\text{ }\mu\text{m} \sim 400\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $200\text{ }\mu\text{m} \sim 350\text{ }\mu\text{m}$ であってよい。一実施形態では、コアの断面は円形であり、断面寸法は直径である。

【0031】

空隙は、コア及び／又はクラッド内の、内部ガス充填領域である。内部空隙を充填するガスとしては、 SO_2 、希ガス、 CO_2 、 N_2 、 O_2 、空気又はこれらの混合物が挙げられる。内部空隙は、周囲の中実コア又は中実クラッド材料より低い屈折率を有する。内部空隙が存在する場合、これは、コア又はクラッドの平均屈折率の低減に寄与し、コア及び／又はクラッド内及び外で光を散乱させるよう作用する。内部空隙は、コア及び／若しくはクラッドの断面全体に分布してよく、又は1つ以上の不連続な領域内に局在化されていてもよい。内部空隙は、ランダムな又は非周期的な配置で構成されていてよく、またサイズ又は数の均一又は不均一な分布を有してよい。

【0032】

ガラス内において、内部空隙は、少なくとも 50 nm 、又は少なくとも 100 nm 、又は少なくとも 500 nm 、又は $50\text{ nm} \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $100\text{ nm} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $500\text{ nm} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ 、又は $500\text{ nm} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ の寸法の断面を有してよい。ガラス内において、内部空隙は、数マイクロメートル～数メートル、例えば $1\text{ }\mu\text{m} \sim 50\text{ m}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ m}$ 、又は $100\text{ }\mu\text{m} \sim 20\text{ m}$ 、又は $1\text{ }\mu\text{m} \sim 1\text{ m}$ 、又は $1\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ cm}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ m}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m} \sim 1\text{ m}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ cm}$ 、又は $10\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ cm}$ 、又は $100\text{ }\mu\text{m} \sim 1\text{ m}$ の長さを有してよい。コア又はクラッド内の内部空隙は、断面寸法及び長さの、ある程度の分布を含んでよい。

【0033】

コア内において、内部空隙は、コアの $0.5\% \sim 20\%$ 、又はコアの $1\% \sim 15\%$ 、又はコアの $2\% \sim 10\%$ の充填画分を占有してよい。本明細書中で使用される場合、「充填画分 (fill fraction)」は、断面積の、内部空隙が占有する画分を指す。一実施形態では、充填画分は、光拡散性要素の長さに沿って一定である。別の実施形態では、充填画分は、光拡散性要素の長さに沿って変動する。良好な近似として、充填画分は内部空隙の体積画分に対応する。コア内における空隙の体積画分は、少なくとも 0.5% 、又は少なくとも 1.0% 、又は少なくとも 2.0% 、又は少なくとも 5.0% 、又は $0.5\% \sim 20\%$ 、又は $1\% \sim 15\%$ 、又は $2\% \sim 10\%$ であってよい。

【0034】

内部空隙の断面分布は、光拡散性要素の長さに沿って、コア及び／又はクラッドの異なる複数の位置において変動し得る。なお、内部空隙の長さ及び断面属性（例えば形状、サイズ、密度、充填画分）は変動し得る。この変動は、光拡散性要素の軸方向又は長さ方向においても発生し得る。内部空隙の長さは光拡散性要素の全長に延在できないため、特定の内部空隙は、光拡散性ファイバの長さに沿ったいくつかの断面には存在し、かつ他の断面には存在しない場合がある。

【0035】

当該技術分野において公知であるように、空隙は、光拡散性ファイバの光拡散性特徴部分の一実施形態である。光拡散性特徴部分の他の実施形態としては、コア（及び／又はクラッド）が作製される材料とは屈折率が異なる、コア（及び／又はクラッド）内の局在化された領域が挙げられる。上記局在化された領域は、コア（及び／又はクラッド）に対する屈折率のコントラストを提供する、ガス、液体又は固体からなっており、例示的な光拡散性特徴部分としては、ドーパント及びナノ粒子が挙げられる。

【0036】

クラッドは、ガラス又はポリマーであってよい。クラッドガラスは、シリカガラス又は修飾シリカガラスを含む。クラッドポリマーは、一次コーティングに関して以下で説明する

10

20

30

40

50

タイプのもの等のアクリレートポリマー、又はそのフッ素化変異体（フルオロアクリレートポリマー）を含む。クラッドポリマーにフッ素を含めることにより、屈折率が低下し、これは、コアの屈折率より低い屈折率をクラッドポリマーに関して維持するという目的に役立つ。クラッドの屈折率は、コアの屈折率よりも少なくとも0.002、又は少なくとも0.003、又は少なくとも0.004、又は少なくとも0.005、又は少なくとも0.007、又は少なくとも0.010だけ低くてよい。クラッドの厚さは、少なくとも10 μm 、又は少なくとも15 μm 、少なくとも20 μm 、少なくとも25 μm 、又は10 μm ~ 80 μm 、又は10 μm ~ 40 μm 、又は15 μm ~ 35 μm 、又は20 μm ~ 30 μm であってよい。一実施形態では、クラッドは環状であり、円形の断面を有するコアを取り囲む。クラッドはコアに接触する。クラッドはコアに直接接触してよい。

10

【0037】

クラッドは、空隙又は他の光拡散性特徴部分を含んでよい。クラッドガラス内において、空隙は、コアガラスに関して上述した寸法（断面、長さ）を有してよい。クラッドポリマー内において、内部空隙は、少なくとも25 nm、又は少なくとも100 nm、又は少なくとも250 nm、又は少なくとも500 nm、又は少なくとも1000 nm、又は25 nm ~ 40 μm 、又は100 nm ~ 40 μm 、又は250 nm ~ 40 μm 、500 nm ~ 20 μm 、又は1000 nm ~ 10 μm の寸法の断面を有してよい。クラッドポリマー内において、内部空隙は、25 nm ~ 40 μm 、又は100 nm ~ 40 μm 、又は250 nm ~ 40 μm 、又は250 nm ~ 20 μm 、又は500 nm ~ 40 μm 、又は500 nm ~ 20 μm 、又は500 nm ~ 10 μm 、又は500 nm ~ 5 μm の長さを有してよい。クラッド（ガラス又はポリマー）内において、内部空隙は、クラッドの0.5% ~ 30%、又はクラッドの1% ~ 15%、又はクラッドの2% ~ 10%の充填画分を占有してよい。クラッド（ガラス又はポリマー）内における空隙の体積画分は、少なくとも0.5%、又は少なくとも1.0%、又は少なくとも2.0%、又は少なくとも5.0%、又は0.5% ~ 30%、又は1.0% ~ 15%、又は2.0% ~ 10%、又は2.0% ~ 30%、又は3.0% ~ 20%であってよい。

20

【0038】

任意の一次コーティングは低弾性材料であり、これは、光拡散性ファイバが外力を受けた場合に二次コーティングを通して伝達される機械的外乱を消散させることによって、光拡散性ファイバのガラス部分をより良好に保護するために、含めることができる。一次コーティングが存在する場合、これはクラッドを取り囲み、クラッドに接触する。一次コーティングはクラッドに直接接触してよい。一次コーティングはクラッドに直接接触してよく、またクラッドはコアに直接接触してよい。

30

【0039】

一実施形態では、一次コーティングは、硬化性架橋剤、硬化性希釈剤及び重合開始剤を含む、一次組成物の硬化産物である。一次組成物は、1つ以上の硬化性架橋剤、1つ以上の硬化性希釈剤、及び/又は1つ以上の重合開始剤を含んでよい。一実施形態では、硬化性架橋剤は、ウレタン及び尿素官能基を実質的に含まない。

【0040】

本明細書中で使用される場合、用語「硬化性（curable）」は、当該成分を好適な硬化エネルギー源に曝露した場合に、上記成分をそれ自体又は他の成分に結合させて重合性コーティング材料（即ち硬化産物）を形成するのに関与する共有結合を形成できる、1つ以上の硬化性官能基を、上記成分が含むことを意味する。硬化プロセスは、放射線又は熱エネルギーによって誘発してよい。放射線硬化性成分は、好適な波長の放射線に好適な強度で十分な時間曝露された場合に硬化反応を起こすように誘導できる成分である。放射線硬化反応は、光開始剤の存在下で発生し得る。放射線硬化性成分は任意に、熱硬化性でもあってよい。同様に、熱硬化性成分は、好適な強度の熱エネルギーに十分な時間曝露された場合に硬化反応を起こすように誘導できる成分である。熱硬化性成分は任意に、放射線硬化性でもあってよい。

40

【0041】

50

硬化性成分は、1つ以上の硬化性官能基を含んでよい。硬化性官能基を1つだけ有する硬化性成分は、本明細書では単官能性硬化性成分と呼ぶ場合がある。2つ以上の硬化性官能基を有する硬化性成分は、本明細書では多官能性硬化性成分と呼ぶ場合がある。多官能性硬化性成分は、硬化プロセス中に共有結合を形成できる2つ以上の官能基を含み、硬化プロセス中に形成されたポリマーネットワークに架橋を導入できる。多官能性硬化性成分はまた、「架橋剤（架橋剤）」又は「硬化性架橋剤（硬化性架橋剤）」と呼ぶ場合もある。硬化プロセス中に共有結合形成に関与する官能基の例は、これ以降で同定する。

【0042】

以下の一次組成物の説明では、一次コーティングの形成に使用される一次組成物の様々な成分について議論し、一次組成物中の特定の成分の量を、重量パーセント（重量%）又は百分率（parts per hundred：pph）で明記する。一次組成物の成分は、ベース成分及び添加剤を含む。ベース成分の濃度は重量%で表され、添加剤の濃度はpphで表される。

10

【0043】

本明細書中で使用される場合、特定のベース成分の重量パーセントは、添加剤を除いた基準に対する、一次組成物中に存在する上記成分の量を指す。添加剤非含有一次組成物はベース成分のみを含み、本明細書ではベース一次組成物と呼ぶ場合がある。一次組成物中に存在するいずれの1つ以上の架橋剤成分、1つ以上の希釈剤成分、及び1つ以上の重合開始剤は、個別にベース一次成分とみなされ、またまとめてベース一次組成物とみなされる。ベース一次組成物は、放射線硬化性成分及び重合開始剤を最小限含む。放射線硬化性成分は、放射線硬化性架橋剤又は放射線硬化性希釈剤であってよい。しかしながら、ベース一次組成物は、1つ以上の放射線硬化性架橋剤成分、1つ以上の放射線硬化性希釈剤成分、1つ以上の非放射線硬化性成分、及び1つ以上の重合開始剤を含んでよい。一次組成物中のベース一次成分の合計量は、本明細書では、100重量%に等しいものとみなされる。

20

【0044】

添加剤は任意であり、接着促進剤、抗酸化剤、触媒、キャリア又は界面活性剤、増粘剤、安定剤、及び蛍光増白剤のうちの1つ以上を含んでよい。代表的な添加剤について、以下で更に詳細に説明する。一次組成物中に導入される添加剤の量は、本明細書では、ベース一次組成物に対する百分率（pph）で表される。例えば、特定の添加剤1gがベース一次組成物100gに添加される場合、添加剤の濃度は本明細書では1pphと表される。

30

【0045】

一実施形態では、硬化性架橋剤は、一次組成物の放射線硬化性成分であり、従って、ポリマー性クラッド材料への架橋剤の共有結合又は架橋に関与できる1つ以上の官能基を含む。一実施形態では、硬化性架橋剤は、2つ以上の放射線硬化性官能基を含む。架橋に関与できる例示的な官能基としては、 α 、 β -不飽和エステル、アミド、イミド又はビニルエーテル基が挙げられる。

【0046】

一実施形態では、一次組成物の硬化性架橋剤は、ウレタン基又は尿素基を実質的に含まない。硬化性架橋剤はまた、チオウレタン基又はチオウレア基も実質的に含まないものであってよい。「実質的に含まない（essentially free）」に関しては、硬化性架橋剤成分の1重量パーセント未満しか、（チオ）ウレタン基又は（チオ）尿素基を含まないことが好ましい。好ましい実施形態では、全硬化性架橋剤成分の0.5重量パーセント未満しか、（チオ）ウレタン基又は（チオ）尿素基を含まない。最も好ましい実施形態では、硬化性架橋剤成分は、（チオ）ウレタン基及び（チオ）尿素基の両方を全く含まない。

40

【0047】

ウレタン基及びチオウレタン基、又は尿素基及びチオウレア基、又はイソシアネート基若しくはチオイソシアネート基といった特定の基を同定する際、これらの基は概して、基の中に1つ以上の硫黄原子が存在してもしなくてもよいことを示すために、（チオ）ウレタン、（チオ）尿素、又は（チオ）イソシアネート若しくはジ（チオ）イソシアネートとし

50

て同定される。これらの基を本明細書では(チオ)基と呼ぶ場合があり、(チオ)基を含有する成分を本明細書では(チオ)成分と呼ぶ場合がある。本実施形態の範囲は、(チオ)官能基に1つ以上の硫黄原子を有する又は有しない(チオ)成分を含む一次組成物、並びに1つ以上の硫黄原子を有する多少の(チオ)成分と、1つ以上の硫黄原子を有しない多少の(チオ)成分とを含む組成物にまで及ぶ。

【0048】

特定の実施形態では、一次組成物の硬化性架橋剤成分は、2つ以上の α 、 β -不飽和エステル、アミド、イミド若しくはビニルエーテル基又はこれらの組み合わせを含有する、1つ以上のポリオールを含む。これらのポリオール架橋剤の例示的なクラスとしては、限定するものではないが、2つ以上のアクリレート、メタクリレート、マレエート、フマレート、アクリルアミド、マレイミド又はビニルエーテル基を含む、ポリオールアクリレート、ポリオールメタクリレート、ポリオールマレエート、ポリオールフマレート、ポリオールアクリルアミド、ポリオールマレイミド、又はポリオールビニルエーテルが挙げられる。硬化性架橋剤のポリオール部分は、ポリエーテルポリオール、ポリエステルポリオール、ポリカーボネートポリオール、又はハイドロカーボンポリオールとすることができる。

10

【0049】

一次組成物の硬化性架橋剤成分は好ましくは、約150g/mol～約15000g/mol、いくつかの実施形態においてより好ましくは約200g/mol～約9000g/mol、いくつかの実施形態において好ましくは約1000g/mol～約5000g/mol、他の実施形態において好ましくは約200g/mol～約1000g/molの分子量を有する。硬化性架橋剤は更に、100g/mol～3000g/mol、又は150g/mol～2500g/mol、又は200g/mol～2000g/mol、又は500g/mol～1500g/molの分子量を有してよい。

20

【0050】

硬化性架橋剤成分は一次組成物中に、約1～約20重量%、又は約2～約15重量%、又は約3～約10重量%存在する。

【0051】

一次組成物の硬化性希釈剤は一般に、低分子量(即ち約120～600g/mol)の液体モノマーであり、これを製剤に添加することによって、一次コーティング組成物を従来の液体コーティング設備で塗布するために必要な流動性を提供できるように粘度を制御する。硬化性希釈剤は、上記希釈剤を、硬化中に活性化された場合に、硬化プロセス中に硬化性架橋剤及び他の硬化性成分から形成されたポリマーに連結させる、少なくとも1つの官能基を含有する。硬化性希釈剤中に存在し得る官能基としては、限定するものではないが、アクリレート、メタクリレート、マレエート、フマレート、マレイミド、ビニルエーテル、及びアクリルアミド基が挙げられる。

30

【0052】

単官能性希釈剤は、反応性(硬化性)官能基を1つだけ含有し、多官能性希釈剤は、反応性(硬化性)官能基を2つ以上含有する。単官能性希釈剤はクラッドポリマーネットワークに連結できるが、多官能性希釈剤はクラッドポリマーネットワーク内で架橋を形成できる。

40

【0053】

耐湿性成分を利用することが望ましい場合、希釈剤成分は、選択された1つ以上の耐湿性架橋剤又は成分との適合性に基づいて選択される。このような液体モノマーの全てが上記1つ以上の耐湿性架橋剤又は成分と良好に混合されて重合するわけではない。というのは、このような1つ以上の架橋剤又は成分は高度に非極性であるためである。十分な一次組成物の適合性及び耐湿性のために、主に飽和した脂肪族モノ若しくはジアクリレートモノマー又はアルコシアクリレートモノマーを含む、液体アクリレートモノマー成分を使用することが望ましい。

【0054】

一次組成物のための好適な多官能性エチレン不飽和モノマー希釈剤としては、限定するも

50

のではないが、以下の化合物及びそのフッ素化変異体が挙げられる：エトキシ化度が3以上、好ましくは3～約30であるエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 4149、及びSartomer Company, Inc.製SR499）、プロポキシ化度が3以上、好ましくは3～約30であるプロポキシ化トリメチロールプロパントリアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 4072；並びにSartomer Company, Inc.製SR492及びSR501）、並びにジトリメチロールプロパントテトラアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 4355）といった、アルコキシ化した又はアルコキシ化していないメチロールプロパンポリアクリレート；プロポキシ化度3以上のプロポキシ化グリセリルトリアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 4096；及びSartomer Company, Inc.製SR9020）といった、アルコキシ化グリセリルトリアクリレート；ペンタエリスリトールテトラアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR295）、エトキシ化ペンタエリスリトールテトラアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR494）、並びにジペンタエリスリトールペンタアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 4399；及びSartomer Company, Inc.製SR399）といった、アルコキシ化した又はアルコキシ化していないペンタエリスリトールポリアクリレート；tris-（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレートトリアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR368）及びtris-（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレートジアクリレートといった、適切な官能性イソシアヌレートをアクリル酸又は塩化アクリロイルと反応させることによって形成されたイソシアヌレートポリアクリレート；トリシクロデカンジメタノールジアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製CD406）、アルコキシ化ヘキサンジオールジアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製CD564）、トリプロピレングリコールジアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR306）及びエトキシ化度が2以上、好ましくは約2～30のエトキシ化ポリエチレングリコールジアクリレートといった、アルコキシ化した又はアルコキシ化していないアルコールポリアクリレート；アクリレートをビスフェノールAジグリシジルエーテル等に添加することによって形成されたエポキシアクリレート（例えばIGM Resins製Photomer 3016）；並びにジシクロペンタジエンジアクリレートといった単環式及び多環式芳香族又は非芳香族ポリアクリレート。

【0055】

一定の量の単官能性エチレン不飽和モノマー希釈剤を、一次組成物中で使用することが望ましい場合があり、これを導入することにより、硬化した産物が水を吸収する程度、他の一次組成物材料に接着する程度、又は応力下での挙動に影響を及ぼすことができる。例示的な単官能性エチレン不飽和モノマー希釈剤としては、限定するものではないが、以下の化合物及びそのフッ素化変異体が挙げられる：2-ヒドロキシエチル-アクリレート、2-ヒドロキシプロピル-アクリレート及び2-ヒドロキシブチル-アクリレートといった、ヒドロキシアルキルアクリレート；メチルアクリレート、エチルアクリレート、プロピルアクリレート、イソプロピルアクリレート、ブチルアクリレート、アミルアクリレート、イソブチルアクリレート、t-ブチルアクリレート、ペンチルアクリレート、イソアミルアクリレート、ヘキシルアクリレート、ヘプチルアクリレート、オクチルアクリレート、イソオクチルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR440、及びCPS Chemical Co.製Ageflex FA8）、2-エチルヘキシルアクリレート、ノニルアクリレート、デシルアクリレート、イソデシルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR395；及びCPS Chemical Co.製Ageflex FA10）、ウンデシルアクリレート、ドデシルアクリレート、トリデシルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.製SR489）、ラウリルアクリレート（例えばSartomer Compa

ny, Inc. 製SR335、CPS Chemical Co. (ニュージャージー州
 オールドブリッジ) 製Ageflex FA12、及びIGM Resins 製Photomer 4812)、
 オクタデシルアクリレート、並びにステアリルアクリレート(例えば
 Sartomer Company, Inc. 製SR257)といった、長鎖及び短鎖アル
 キルアクリレート; ジメチルアミノエチルアクリレート、ジエチルアミノエチルアクリ
 レート、及び7-アミノ-3,7-ジメチルオクチルアクリレートといった、アミノアル
 キルアクリレート; プトキシエチルアクリレート、フェノキシエチルアクリレート(例え
 ばSartomer Company, Inc. 製SR339、CPS Chemical Co. 製Ageflex PEA、及びIGM Resins 製Photomer 40
 35)、フェノキシグリシジルアクリレート(例えばSartomer Company, Inc. 製CN131)、
 ラウリルオキシグリシジルアクリレート(例えばSartomer Company, Inc. 製CN130)、
 及びエトキシエチルアクリレート(例えばSartomer Company, Inc. 製SR256)といった、アル
 コキシアルキルアクリレート; シクロヘキシルアクリレート、ベンジルアクリレート、
 ジシクロペンタジエンアクリレート、ジシクロペンタニルアクリレート、トリシクロデカ
 ニルアクリレート、ボルニルアクリレート、イソボルニルアクリレート(例えばSartomer
 Company, Inc. 製SR423及びSR506、並びにCPS Chemical Co. 製Ageflex IBOA)、
 テトラヒドロフルフリルアクリレート(例えばSartomer Company, Inc. 製SR285)、カプロラク
 トンアクリレート(例えばSartomer Company, Inc. 製SR495; 及びUnion Carbide Company (コネチカット州ダンバリー) 製Tone
 M100)、並びにアクリロイルモルホリンといった、単環式及び多環式芳香族又は非芳
 香族アクリレート; ポリエチレングリコールモノアクリレート、ポリプロピレングリコー
 ルモノアクリレート、メトキシエチレングリコールアクリレート、メトキシポリプロピレ
 ングリコールアクリレート、メトキシポリエチレングリコールアクリレート、エトキシジ
 エチレングリコールアクリレート、並びにエトキシ化(4)ノニルフェノールアクリレ
 ート(例えばIGM Resins 製Photomer 4066; 及びSartomer Company, Inc. 製SR504)並びにプロポキシ化ノニルフェノールアクリレ
 ート(例えばPhotomer 4960 IGM Resins 製)等の様々なアルコキ
 シ化アルキルフェノールアクリレートといった、アルコール系アクリレート; ジアセトン
 アクリルアミド、イソプトキシメチルアクリルアミド、N,N'-ジメチル-アミノプロピ
 ルアクリルアミド、N,N'-ジメチルアクリルアミド、N,N'-ジエチルアクリルアミド
 、及びt-オクチルアクリルアミドといった、アクリルアミド; N-ビニルピロリドン及
 びN-ビニルカプロラクタム(いずれもInternational Specialty Products (ニュージャージー州ウェイン) 製)といったビニル化合物; 並びにマ
 レイン酸エステル及びフマル酸エステルといった酸エステル。

【0056】

一次組成物の硬化性モノマー希釈剤は、単一の希釈剤成分、又は2つ以上のモノマー希釈
 剤成分の組み合わせを含むことができる。1つ以上の硬化性モノマー希釈剤は典型的には
 、一次組成物中に、合計約10~約60重量%、より好ましくは約20~約50重量%、
 最も好ましくは約25~約45重量%存在する。

【0057】

一次組成物は重合開始剤を含む。重合開始剤は、光拡散性要素のコアへの塗布後に一次組
 成物の重合(即ち硬化)を引き起こすために好適な試薬である。一次組成物での使用に好
 適な重合開始剤としては、熱開始剤、化学開始剤、電子ビーム開始剤、及び光開始剤が挙
 げられる。光開始剤が好ましい重合開始剤である。大半のアクリレート系クラッドポリマ
 ー製剤に関しては、公知のケトン光開始剤及び/又はホスフィンオキシド光開始剤といっ
 た従来の光開始剤が好ましい。一次組成物中で使用される場合、光開始剤は、迅速な紫外
 線硬化を提供するために十分な量で存在する。一般にこれは、約0.5~約10.0重量
 %、より好ましくは約1.5~約7.5重量%で含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

光開始剤は、少量ではあるが放射線硬化を促進するための有効量で使用的した場合に、一次コーティング組成物の早期ゲル化を引き起こさずに合理的な硬化速度を提供しなければならない。所望の硬化速度は、コーティング材料の実質的な硬化を引き起こすために十分ないずれの速度である。

【 0 0 5 9 】

好適な光開始剤としては、限定するものではないが、1 - ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン（例えばBASF製Irgacure 184）、（2, 6 - ジメトキシベンゾイル） - 2, 4, 4 - トリメチルペンチルホスフィンオキシド（例えばBASF製の市販の混合物Irgacure 1800、1850及び1700）、2, 2 - ジメトキシ1 - 2 - フェニルアセトフェノン（例えばBASF製Irgacure 651）、ビス（2, 4, 6 - トリメチルベンゾイル）フェニル - ホスフィンオキシド（例えばBASF製Irgacure 819）、（2, 4, 6 - トリメチルベンゾイル）ジフェニルホスフィンオキシド（例えばBASF（ドイツ、ミュンヘン）製Lucerin TPO）、エトキシ（2, 4, 6 - トリメチルベンゾイル）フェニルホスフィンオキシド（例えばBASF製Lucerin TPO - L）、及びこれらの組み合わせが挙げられる。

【 0 0 6 0 】

一次組成物は、1つ以上の添加剤も含んでよい。代表的な添加剤としては、接着促進剤、抗酸化剤、触媒、キャリア又は界面活性剤、増粘剤、安定剤、及び蛍光増白剤が挙げられる。いくつかの添加剤（例えば触媒、反応性界面活性剤、及び蛍光増白剤）は、重合プロセスを制御するよう作用してよく、これによって、一次組成物から形成された硬化済み産物の物理的特性（例えば弾性、ガラス転移温度）に影響を及ぼすことができる。他の添加剤は、一次組成物の硬化済み産物の完全性に影響を及ぼすことができる（例えば脱重合又は酸化分解に対しての保護を提供できる）。

【 0 0 6 1 】

接着促進剤は、下層のガラスファイバに対する一次コーティングの接着を改善する。いずれの好適な接着促進剤を採用できる。好適な接着促進剤の例としては、限定するものではないが、有機官能性シラン、チタン酸塩、ジルコン酸塩及びこれらの混合物が挙げられる。1つの好ましいクラスはポリ（アルコキシ）シランである。好適な接着促進剤の代替例としては、限定するものではないが、ビス（トリメトキシシリルエチル）ベンゼン、3 - メルカプトプロピル - トリメトキシシラン（United Chemical Technologies（ペンシルベニア州ブリストル）製、Gelest（ペンシルベニア州モリスヴィル）製の3 - MPTMS）、3 - アクリルオキシプロピルトリメトキシシラン（Gelest製）、及び3 - メタクリルオキシプロピルトリメトキシシラン（Gelest製）、及びビス（トリメトキシシリルエチル）ベンゼン（Gelest製）が挙げられる。他の好適な接着促進剤は、Leeらによる米国特許第4, 921, 880号明細書及び米国特許第5, 188, 864号明細書に記載されており、これらはそれぞれ参照によって本出願に援用される。接着促進剤が存在する場合、これは、約0.1 ~ 約10 pph、より好ましくは約0.25 ~ 約3 pphの量で使用される。

【 0 0 6 2 】

いずれの好適な抗酸化剤を一次組成物中で使用できる。好ましい抗酸化剤としては、限定するものではないが、ビスヒンダードフェノールスルフィド又はチオジエチレンビス（3, 5 - di - tert - ブチル） - 4 - ヒドロキシヒドロシナメート（例えばBASF製Irganox 1035）、2, 6 - ジ - t - ブチル - 4 - メチルフェノール（BHT）が挙げられる。抗酸化剤が存在する場合、これは、約0.1 ~ 約3 pph、より好ましくは約0.25 ~ 約2 pphの量で使用される。

【 0 0 6 3 】

一次組成物のための好適なキャリア、より具体的には反応性界面活性剤として機能するキャリアとしては、ポリアルコキシポリシロキサンが挙げられる。例示的な好ましいキャリアは、商標名TEGORAD 2200及びTEGORAD 2700（アクリレート化シロ

10

20

30

40

50

キサン)でGoldschmidt Chemical Co. (ヴァージニア州ホープウェル)から入手可能である。これらの反応性界面活性剤は、約0.01pph~約5pph、より好ましくは約0.25pph~約3pphの好ましい量で存在してよい。好適なキャリアの他のクラスは、ポリオール及び非反応性界面活性剤である。好適なポリオール及び非反応性界面活性剤の例としては、限定するものではないが、Bayer (ペンシルベニア州ニュートンスクエア)製のポリオールAccclaim3201 (ポリ(エチレンオキシド-コ-プロピレンオキシド))、及びGoldschmidt Chemical Co.製の非反応性界面活性剤Tegoglide435 (ポリアルコキシ-ポリシロキサン)が挙げられる。ポリオール又は非反応性界面活性剤は、約0.01pph~約10pphの好ましい量、より好ましくは約0.05pph~約5pph、最も好ましくは約0.1pph~約2.5pphで存在してよい。

10

【0064】

好適なキャリアは、両親媒性分子である。両親媒性分子は、親水性セグメント及び疎水性セグメントの両方を有する分子である。疎水性セグメントはあるいは、親油性(脂/油に対する親和性を有する)セグメントと記載する場合もある。増粘剤は、1つのこのような両親媒性分子の例である。増粘剤は、ポリマー産物の時間感受性流動特性を修正できる分子である。一般に、増粘添加剤は、ポリマー産物を、歪率又はせん断率が高いほど剛性のものとして作用させ、また上記ポリマー産物を、低い歪率又はせん断率においてはより軟質のものとする。増粘剤は、接着剤業界では一般的に使用されている添加剤であり、コーティングの、上記コーティングが塗布される物体との結合を生成できる能力を増強することが知られている。1つの好ましい増粘剤は、International Paper Co. (ニューヨーク州パーチェス)製のUni-tac (登録商標) R-40 (これ以降「R-40」と呼ぶ)である。R-40はトル油ロジンであり、これはポリエテルセグメントを含有し、アピエチン酸エステルという化学的ファミリー由来のものである。代替的な好適な増粘剤は、Exxon製の炭化水素増粘剤のEscorez (登録商標)シリーズである。Escorez増粘剤に関する追加の情報に関しては、Maoらによる米国特許第5,242,963号明細書(参照によりその全体が本出願に援用される)を参照されたい。上述のキャリアは、組み合わせ使用してもよい。好ましくは、増粘剤は組成物中に、約0.01pph~約10pph、より好ましくは約0.05pph~約5pphの量で存在する。

20

30

【0065】

いずれの好適な安定剤を一次組成物中使用できる。1つの好ましい安定剤は、四重官能性チオール、例えばSigma-Aldrich (ミズーリ州セントルイス)製のペンタエリスリトールテトラキス(3-メルカプトプロピオネート)である。安定剤が存在する場合、これは約0.01pph~約1pph、より好ましくは約0.01pph~約0.2pphの量で使用される。

【0066】

いずれの好適な蛍光増白剤を一次組成物中使用できる。例示的な蛍光増白剤としては、限定するものではないが、Uvitex OB、2,5-チオフェンジイルビス(5-tert-ブチル-1,3-ベンゾオキサゾール)(BASF); Bayer製Blankophor KLA; ビスベンゾオキサゾール化合物; フェニルクマリン化合物; 及びビス(スチリル)ピフェニル化合物が挙げられる。蛍光増白剤は望ましくは、組成物中に約0.003pph~約0.5pph、より好ましくは約0.005pph~約0.3pphの濃度で存在する。

40

【0067】

一次コーティングのヤング率は、本明細書においては、厚さ80µmの硬化済みフィルムとして構成した場合の硬化済み一次コーティングのヤング率として報告される。フィルムは、液体一次コーティング組成物を、ガラスプレート上に設置されたシリコーン処理済み剥離紙上でダウンドローすることによって調製できる。ダウンドローバーは、5ミル(~125µm)の均一な厚さを有する一次組成物の液体コーティングを提供する。フィルム

50

は、およそ 1200 mJ/cm^2 の硬化用量を用いて、窒素パージと共に Fusion D ランプを用いて液体製剤を硬化させることによって調製できる。得られた硬化済みフィルムを、23 及び相対湿度 50 % の制御された環境で一晩調整する。この手順によって硬化させられるフィルムの厚さは、 $\sim 80 \mu\text{m}$ である。一次コーティング組成物から形成された硬化済みフィルムは、1.5 MPa 未満、又は 1.25 MPa 未満、又は 1.0 MPa 未満、又は 0.8 MPa 未満、又は 0.6 MPa 未満のヤング率を有してよい。

【0068】

存在する場合、一次コーティングの厚さは、 $5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 、又は $10 \mu\text{m} \sim 35 \mu\text{m}$ 、又は $15 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$ であってよい。

【0069】

光拡散性ファイバの二次コーティングは、光拡散性要素を機械的損傷から保護することを意図したものである。二次コーティングは更に、光拡散性ファイバからの散乱光強度の対称な分布を促進する散乱中心を含む。

【0070】

一実施形態では、二次コーティングはクラッドを取り囲む。二次コーティングは、クラッドと直接接触してよい。別の実施形態では、二次コーティングは一次コーティングを取り囲み、これと接触する。二次コーティングは、一次コーティングと直接接触してよい。二次コーティングは、一次コーティングと直接接触してよく、一次コーティングはクラッドを取り囲み、これと直接接触してよく、クラッドはコアを取り囲み、これと直接接触してよい。

【0071】

二次コーティングは、1 つ以上のモノマーを含む硬化性二次コーティングから形成してよい。モノマーは、エチレン不飽和化合物を含んでよい。硬化性二次コーティング組成物はまた、1 つ以上のオリゴマー、1 つ以上の重合開始剤及び 1 つ以上の添加剤を含んでよい。一実施形態では、二次コーティングは、ウレタンアクリレートモノマーを含有する二次コーティング組成物の重合産物である。

【0072】

硬化性二次コーティング組成物のモノマー成分は、1 つ以上のモノマーを含んでよい。1 つ以上のモノマーは、50 重量%以上の量、又は約 75 重量%～約 99 重量%の量、又は約 80 重量%～約 99 重量%の量、又は約 85 重量%～約 98 重量%の量で存在してよい。

【0073】

硬化性二次コーティング組成物のモノマー成分は、エチレン不飽和化合物を含んでよい。エチレン不飽和モノマーは、単官能性又は多官能性であってよい。官能基は、重合性基及び/又は架橋を促進する若しくは可能とする基であってよい。2 つ以上モノマーの組み合わせにおいて、構成要素であるモノマーは、単官能性化合物、多官能性化合物、又は単官能性化合物と多官能性化合物との組み合わせであってよい。エチレン不飽和モノマーに関して好適な官能基としては、限定するものではないが、(メタ)アクリレート、アクリルアミド、N-ビニルアミド、スチレン、ビニルエーテル、ビニルエステル、酸エステル、及びこれらの組み合わせが挙げられる。

【0074】

硬化性二次コーティング組成物のための例示的な単官能性エチレン不飽和モノマーとしては、限定するものではないが：2-ヒドロキシエチル-アクリレート、2-ヒドロキシプロピル-アクリレート、及び 2-ヒドロキシブチル-アクリレートといったヒドロキシアルキルアクリレート；メチルアクリレート、エチルアクリレート、プロピルアクリレート、イソプロピルアクリレート、ブチルアクリレート、アミルアクリレート、イソブチルアクリレート、t-ブチルアクリレート、ペンチルアクリレート、イソアミルアクリレート、ヘキシルアクリレート、ヘプチルアクリレート、オクチルアクリレート、イソオクチルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート、ノニルアクリレート、デシルアクリレート、イソデシルアクリレート、ウンデシルアクリレート、ドデシルアクリレート、ラウリルアクリレート、オクタデシルアクリレート、及びステアリルアクリレートといった、

10

20

30

40

50

長鎖及び短鎖アルキルアクリレート；ジメチルアミノエチルアクリレート、ジエチルアミノエチルアクリレート、及び7-アミノ-3,7-ジメチルオクチルアクリレートといった、アミノアルキルアクリレート；ブトキシエチルアクリレート、フェノキシエチルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc. 製SR339）、及びエトキシエチルアクリレートといった、アルコキシアルキルアクリレート；シクロヘキシルアクリレート、ベンジルアクリレート、ジシクロペンタジエンアクリレート、ジシクロペンタニルアクリレート、トリシクロデカニルアクリレート、ボミルアクリレート、イソボルニルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc. 製SR423）、テトラヒドロフルフリルアクリレート（例えばSartomer Company, Inc. 製SR285）、カプロラクトンアクリレート（例えばSartomer Company, Inc. 製SR495）、及びアクリロイルモルホリンといった、単環式及び多環式芳香族又は非芳香族アクリレート；ポリエチレングリコールモノアクリレート、ポリプロピレングリコールモノアクリレート、メトキシエチレングリコールアクリレート、メトキシポリプロピレングリコールアクリレート、メトキシポリエチレングリコールアクリレート、エトキシジエチレングリコールアクリレート、及びエトキシ化（4）ノニルフェノールアクリレート（例えばIGM Resins 製Photomer 4066）等の様々なアルコキシ化アルキルフェノールアクリレートといった、アルコール系アクリレート；ジアセトンアクリルアミド、イソブトキシメチルアクリルアミド、N, N'-ジメチル-アミノプロピルアクリルアミド、N, N'-ジメチルアクリルアミド、N, Nジエチルアクリルアミド、及びt-オクチルアクリルアミドといった、アクリルアミド；N-ビニルピロリドン及びN-ビニルカプロラクタムといった、ビニル化合物；並びにマレイン酸エステル及びフマル酸エステルといった酸エステルが挙げられる。上に列挙した長鎖及び短鎖アルキルアクリレートに関して、短鎖アルキルアクリレートは、6未満の炭素を有するアルキル基であり、長鎖アルキルアクリレートは、7以上の炭素を有するアルキル基である。

【0075】

硬化性二次コーティング組成物のための代表的な多官能性エチレン不飽和モノマーとしては、限定するものではないが、アルコキシ化度が2以上のエトキシ化ビスフェノールAジアクリレートといった、アルコキシ化ビスフェノールAジアクリレートが挙げられる。二次組成物のモノマー成分は：エトキシ化度が2～約30のエトキシ化ビスフェノールAジアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.（ペンシルベニア州ウェストチェスター）製SR349及びSR601、並びにIGM Resins 製Photomer 4025及びPhotomer 4028）、又はプロポキシ化度が2以上、例えば2～約30のプロポキシ化ビスフェノールAジアクリレート；エトキシ化度が3以上、例えば3～約30（例えばIGM Resins 製Photomer 4149、及びSartomer Company, Inc. 製SR499）のエトキシ化トリメチロールプロパントリアクリレートの、アルコキシ化した又はアルコキシ化していないメチロールプロパンポリアクリレート；プロポキシ化度が3以上、例えば3～30（例えばIGM Resins 製Photomer 4072、及びSartomer 製SR492）の、プロポキシ化-トリメチロールプロパントリアクリレート；ジトリメチロールプロパンテトラアクリレート（例えばIGM Resins 製Photomer 4355）；プロポキシ化度が3以上（例えばIGM Resins 製Photomer 4096及びSartomer 製SR9020）のプロポキシ化グリセリルトリアクリレートといった、アルコキシ化グリセリルトリアクリレート；ペンタエリスリトールテトラアクリレート（例えばSartomer Company, Inc.（ペンシルベニア州ウェストチェスター）製SR295）、エトキシ化ペンタエリスリトールテトラアクリレート（例えばSartomer Company, Inc. 製SR494）、及びジペンタエリスリトールペンタアクリレート（例えばIGM Resins 製Photomer 4399及びSartomer Company, Inc. 製SR399）といった、エトキシ化ペンタエリスリトールテトラアクリレート；tris-（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレート

リアクリレート（例えば Sartomer Company, Inc. 製 SR368）及び tris-（2-ヒドロキシエチル）イソシアヌレートジアクリレートといった、適切な官能性イソシアヌレートをアクリル酸又は塩化アクリロイルと反応させることによって形成されたイソシアヌレートポリアクリレート；トリシクロデカンジメタノールジアクリレート（例えば Sartomer Company, Inc. 製 CD406）、及びエトキシ化度が2以上、例えば約2～30のエトキシ化ポリエチレングリコールジアクリレートといった、アルコキシ化した及びアルコキシ化していないアルコールポリアクリレート；アクリレートをビスフェノールAジグリシジルエーテル等に添加することによって形成された、エポキシアクリレート（例えば IGM Resins 製 Photomer 3016）；並びにジシクロペンタジエンジアクリレート及びジシクロペンタンジアクリレートといった、単環式及び多環式芳香族又は非芳香族ポリアクリレートを含んでよい。

10

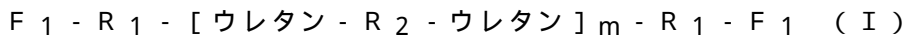
【0076】

硬化性二次コーティング組成物は、オリゴマー成分を含んでも含まなくてもよい。1つ以上のオリゴマーが任意に、硬化性二次コーティング組成物中に存在してよい。含めることができるオリゴマーの1つのクラスは、エチレン不飽和オリゴマーである。これを使用する場合、好適なオリゴマーは、単官能性オリゴマー、多官能性オリゴマー、又は単官能性オリゴマーと多官能性オリゴマーとの組み合わせであってよい。オリゴマー成分が存在する場合、これは、脂肪族及び芳香族ウレタン（メタ）アクリレートオリゴマー、ウレア（メタ）アクリレートオリゴマー、ポリエステル及びポリエーテル（メタ）アクリレートオリゴマー、アクリレート化アクリルオリゴマー、ポリブタジエン（メタ）アクリレートオリゴマー、ポリカーボネート（メタ）アクリレートオリゴマー、及びメラミン（メタ）アクリレートオリゴマー、又はこれらの組み合わせを含んでよい。二次コーティング組成物は、ウレタン基、ウレタンアクリレート化合物、ウレタンオリゴマー、又はウレタンアクリレートオリゴマーを含まなくてよい。

20

【0077】

硬化性二次コーティング組成物の任意のオリゴマー成分は、二重官能性オリゴマーを含んでよい。二重官能性オリゴマーは、以下の式（I）：



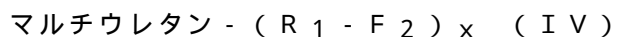
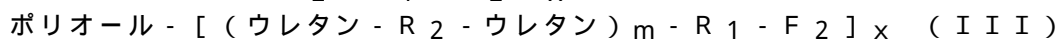
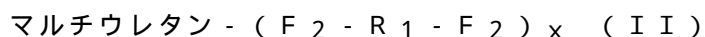
に従った構造を有してよく、ここで F_1 は独立して、アクリレート、メタクリレート、アクリルアミド、N-ビニルアミド、スチレン、ビニルエーテル、ビニルエステル、又は当該技術分野で公知の他の官能基といった反応性官能基であってよく； R_1 は独立して、 $-C_2-12O-$ 、 $-(C_2-4-O)_n-$ 、 $-C_2-12O-(C_2-4-O)_n-$ 、 $-C_2-12O-(CO-C_2-5O)_n-$ 、又は $-C_2-12O-(CO-C_2-5NH)_n-$ （ n は1～30、例えば1～10の整数である）を含んでよく； R_2 は、ポリエーテル、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリアミド、ポリウレタン、ポリウレア、又はこれらの組み合わせであってよく； m は、1～10、例えば1～5の整数である。式（I）の構造において、ウレタン部分は、ジイソシアネートと R_2 及び/又は R_1 との反応から形成される残基であってよい。用語「独立して（independently）」は本明細書では、各 F_1 が別の F_1 とは異なり得ることを示すために使用され、これは各 R_1 についても同様である。

30

40

【0078】

硬化性二次コーティング組成物の任意のオリゴマー成分は、多官能性オリゴマーを含んでよい。多官能性オリゴマーは、以下の式（II）、式（III）又は式（IV）：



に従った構造を有してよく、ここで F_2 は独立して、アクリレート、メタクリレート、アクリルアミド、N-ビニルアミド、スチレン、ビニルエーテル、ビニルエステル、又は当該技術分野で公知の他の官能基といった1～3つの官能基を表してよく； R_1 は、 $-C_2-12O-$ 、 $-(C_2-4-O)_n-$ 、 $-C_2-12O-(C_2-4-O)_n-$ 、 $-C_2$

50

- 1 2 O - (C O - C 2 - 5 O) n -、又は - C 2 - 1 2 O - (C O - C 2 - 5 N H) n - (n は、~ 1 0、例えば 1 ~ 5 の整数である) を含むことができ ; R 2 は、ポリエーテル、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリアミド、ポリウレタン、ポリウレア又はこれらの組み合わせであってよく、x は、1 ~ 1 0、例えば 2 ~ 5 の整数であり、m は、1 ~ 1 0、例えば 1 ~ 5 の整数である。式 (I I) の構造では、マルチウレタン基は、マルチイソシアネートと R 2 との反応から形成された残基であってよい。同様に、式 (I I I) の構造中のウレタン基は、R 2 及び / 又は R 1 に対するジイソシアネートの接着後に形成される反応産物であってよい。

【 0 0 7 9 】

ウレタンオリゴマーは、脂肪族又は芳香族ジイソシアネートと、2 価ポリエーテル又はポリエステル、最も典型的にはポリエチレングリコール等のポリオキシアルキレングリコールとの反応によって調製してよい。耐湿性オリゴマーは、極性ポリエーテル又はポリエステルグリコールを避けて、主に飽和した及び主に非極性の脂肪族ジオールを選択することを出いて、同様の様式で合成してよい。これらのジオールは、エーテル又はエステル基を略含まなくてよい、炭素原子数が約 2 ~ 2 5 0 のアルカン又はアルキレンジオールを含んでよい。

【 0 0 8 0 】

ポリウレア要素は、これらの方法によって調製されるオリゴマーに、例えば合成の過程においてジオール又はポリオールをジアミン又はポリアミンに置き換えることによって組み込まれ得る。

【 0 0 8 1 】

硬化性二次コーティング組成物はまた、クラッドへの硬化性二次コーティング組成物の塗布後の重合 (硬化) を促進するために、重合開始剤を含有してよい。多くのアクリレート系コーティング製剤に関して、公知のケトン光開始剤及び / 又はホスフィンオキシド添加剤といった光開始剤を有してよい。光開始剤の量を調整することにより、硬化性二次コーティング組成物の早期ゲル化を引き起こさずに合理的な硬化速度を提供するために放射線硬化を促進できる。望ましい硬化速度は、約 9 0 % 超、又は 9 5 % 超のコーティング組成物の硬化を引き起こすために十分な速度であってよい。用量対弾性曲線において測定されるように、約 7 5 μ m のコーティング厚さに関する硬化速度は、例えば 1 . 0 J / c m 2 未満又は 0 . 5 J / c m 2 未満であってよい。

【 0 0 8 2 】

硬化性二次コーティング組成物のための好適な光開始剤は、限定するものではないが : 2 , 4 , 6 - トリメチルベンゾイル - ジフェニルホスフィンオキシド (例えば L u c i r i n T P O) ; 1 - ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン (例えば B A S F 製 I r g a c u r e 1 8 4) ; (2 , 6 - ジエトキシベンゾイル) - 2 , 4 , 4 - トリメチルペンチルホスフィンオキシド (例えば B A S F 製の市販の混合物 I r g a c u r e 1 8 0 0 、 1 8 5 0 及び 1 7 0 0) ; 2 , 2 - ジメトキシ 1 - 2 - フェニルアセトフェノン (例えば B A S F 製 I r g a c u r e 6 5 1) ; ビス (2 , 4 , 6 - トリメチルベンゾイル) フェニルホスフィンオキシド (例えば B A S F 製 I r g a c u r e 8 1 9) ; (2 , 4 , 6 - トリエチルベンゾイル) ジフェニルホスフィンオキシド (例えば B A S F 製の市販の混合物 D a r o c u r 4 2 6 5) ; 2 - ヒドロキシ - 2 - メチル - 1 - フェニルプロパン - 1 - オン (例えば B A S F 製の市販の混合物 D a r o c u r 4 2 6 5) 及びこれらの混合物を含んでよい。

【 0 0 8 3 】

上述の成分に加えて、硬化性二次コーティング組成物は任意に、1 つの添加剤又は複数の添加剤の組み合わせを含んでよい。代表的な添加剤としては、限定するものではないが、抗酸化剤、触媒、潤滑剤、低分子量非架橋樹脂、接着促進剤、及び安定剤が挙げられる。添加剤は、上記組成物から形成された重合産物の物理的特性 (例えば弾性、ガラス転移温度) を制御するよう作用してよい。添加剤は、上記組成物の重合産物の完全性に影響を及ぼすことができる (例えば脱重合又は酸化分解に対しての保護を提供できる) 。添加剤の

10

20

30

40

50

実施形態は、一次コーティング組成物に関して上述したものを含む。

【0084】

硬化性二次コーティング組成物は、チオジエチレンビス(3,5-ジ-tert-ブチル)-4-ヒドロキシヒドロシナメート(例えばBASF製Irganox1035)を抗酸化剤として含んでよい。硬化性二次コーティング組成物は、アクリレート化酸接着促進剤(例えばEbecryl170(UCBRad cure(ジョージア州スミルナ))を含んでよい。

【0085】

二次コーティングのヤング率は、以下の説明に従って硬化済みロッドとして構成された二次コーティング組成物に関して報告される：硬化性二次組成物の試料を、内径約0.022インチ(0.5588mm)のTeflon(登録商標)チューブへと射出成形することによって、ロッドを用意した。試料を、(International Light製のLight Bug model IL390によって225~424nmの波長にわたって測定した)約2.4J/cm²の用量のFusion D電球を用いて硬化させた。硬化後、Teflonチューブを剥離した。硬化済みロッドを、23℃及び相対湿度50%の制御された環境で一晩調整した。硬化後のロッドの直径は、約0.022インチ(0.5588mm)であった。二次組成物から形成された硬化済みロッドに関する、ヤング率、引張強度及び破断時の%伸長等の特性を、硬化済み二次組成物ロッド試料に対して引張試験機器(例えばSintech MTS Tensile Tester又はInstron Universal Material Test System)を用いて測定した。試験機器のゲージ長は51mmであり、試験速度は250mm/分であった。離れたデータ点及び明らかに欠陥のあるロッド試料を平均から排除して、5つの試料の平均として特性を決定した。

【0086】

散乱中心を有する二次コーティングは、直径約0.022インチ(0.5588mm)の硬化済みロッドとして構成した場合に、少なくとも約500MPa、又は少なくとも約700MPa、又は少なくとも約900MPa、又は少なくとも約1100MPaのヤング率を有する。二次コーティングの硬化済みポリマー材料は、直径約0.022インチ(0.5588mm)の硬化済みロッドとして構成した場合に、少なくとも約30%、好ましくは少なくとも約40%の、破断までの伸長を有する。二次コーティングの硬化済みポリマー材料は、直径約0.022インチ(0.5588mm)の硬化済みロッドとして構成した場合に、少なくとも約20MPa、より好ましくは少なくとも約25MPa、最も好ましくは少なくとも約30MPaの平均引張強度を有する。散乱中心を有する二次コーティングのT_gは、直径約0.022インチ(0.5588mm)の硬化済みロッドとして構成した場合に、好ましくは約50℃~約120℃、より好ましくは約50℃~約100℃である。

【0087】

散乱中心を有する二次コーティングの厚さは、少なくとも1μm、又は少なくとも5μm、又は少なくとも10μm、又は少なくとも20μm、又は少なくとも40μm、又は少なくとも60μm、又は少なくとも80μm、又は1μm~200μm、又は5μm~150μm、又は10μm~125μmであってよい。

【0088】

散乱中心を有する二次コーティングは、ファイバの最外部のコーティングであってよく、散乱中心を有する二次コーティングを有するファイバの外径は、150μm~300μm、又は175μm~275μm、又は200μm~265μm、又は210μm~260μm、又は220μm~255μm、又は225μm~250μmであってよい。

【0089】

一実施形態では、二次コーティング内の散乱中心はナノ粒子である。ナノ粒子は、ナノスケール範囲の寸法を有する粒子状物質である。ナノ粒子の寸法は、断面寸法(例えば長さ、直径)といった直線寸法として表現してよい。ナノ粒子は、断面寸法の分布を有する粒

10

20

30

40

50

子を含んでよい。本明細書中においてそうでないことが明記されていない限り、断面寸法に対する言及は、二次コーティングが含有するナノ粒子に関する断面寸法の平均を指す。二次コーティング中のナノ粒子の断面寸法及び濃度は、散乱光強度の対称な分布を促進するように選択される。ナノ粒子の断面寸法は、1000 nm未満、又は800 nm未満、又は600 nm未満、又は400 nm未満、又は少なくとも10 nm未満、又は少なくとも25 nm、又は少なくとも50 nm、又は少なくとも100 nm、又は少なくとも150 nm、又は少なくとも200 nm、又は25 nm～1000 nm、又は25 nm～750 nm、又は50 nm～500 nm、又は50 nm～300 nm、又は50 nm～200 nm、又は75 nm～300 nm、又は75 nm～250 nm、又は100 nm～200 nmであってよい。一実施形態では、ナノ粒子は、おおよそ球形であり、断面寸法は球体の直径である。

10

【0090】

二次コーティングの形成に使用される未硬化の二次コーティング組成物中のナノ粒子の濃度は、0.5重量%超、又は1重量%超、又は1.25重量%超、又は1.5重量%超、又は2.0重量%超、又は2.5重量%、又は3.0重量%超、又は3.5重量%超、又は4.0重量%超、又は0.5重量%～10重量%、又は1.0重量%～10重量%、又は1.25重量%～7.5重量%、又は1.25重量%～6.0重量%、又は1.5重量%～10重量%、又は1.5重量%～7.5重量%、又は1.5重量%～6.0重量%、又は2.0重量%～10重量%、又は2.0重量%～7.5重量%、又は2.0重量%～6.0重量%であってよい。

20

【0091】

二次コーティング中のナノ粒子の濃度は、0.5重量%超、又は1重量%超、又は1.25重量%超、又は1.5重量%超、又は2.0重量%超、又は2.5重量%超、又は3.0重量%超、又は3.5重量%超、又は4.0重量%超、又は0.5重量%～10重量%、又は1.25重量%～10重量%、又は1.0重量%～7.5重量%、又は1.25重量%～6.0重量%、又は1.5重量%～10重量%、又は1.5重量%～7.5重量%、又は1.5重量%～6.0重量%、又は2.0重量%～10重量%、又は2.0重量%～7.5重量%、又は2.0重量%～6.0重量%であってよい。

【0092】

一実施形態では、ナノ粒子は酸化物ナノ粒子である。酸化物ナノ粒子のための代表的な組成物としては TiO_2 、 ZrO_2 、他の遷移金属酸化物（例えば MgO ）、希土類酸化物、混合金属酸化物（例えば $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 等のガーネット）、 SiO_2 、中空シリカ粒子、 Al_2O_3 及び BaSO_4 が挙げられる。他の実施形態では、フッ化物又はカルコゲン化物ナノ粒子を使用してよい。

30

【0093】

特定の実施形態では、ナノ粒子は可視光に対して透過性でよい。可視光は、400 nm～700 nmの波長の光を含む。可視光に対するナノ粒子の透過性により、可視光源を用いたファイバからの照明を促進する。ナノ粒子が例えば可視光を吸収する場合、ファイバから出る可視光の強度が低下し、照明の強度が低下する。400 nm～700 nmの波長にわたる、ナノ粒子の（厚さ1 mmに対する）平均透過率は、75%超、又は80%超、又は85%超、又は90%超、又は95%超であってよい。

40

【0094】

特定の実施形態では、ナノ粒子は発光性（例えば蛍光性又は燐光性）である。発光性ナノ粒子は、発光金属中心を含む酸化物を含む。発光金属中心は、 Cr^{3+} 、 Ce^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Tb^{3+} 、 Eu^{3+} 、及び Pr^{3+} を含む。発光金属中心は、発光金属中心が存在しなければ非発光性である無機ホスト格子（例えば $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 又は Al_2O_3 といった酸化物格子）に、ドーパントとして組み込んでよい。発光性ナノ粒子は、量子ドット、又は CdS 、 CdSe 、 ZnTe 、 ZnS 、若しくは他の直接バンドギャップII-VI若しくはIII-V半導体材料といった発光半導体材料も含む。発光散乱中心の使用により、光拡散性要素から発生する光の色を制御できる。発光散乱中心は、コアから散乱し

50

た光の少なくとも一部分を吸収し、異なる波長の光を再放出することによって、光拡散性ファイバから放出される光の色を修正する。複数の波長を放出する発光ナノ粒子を組み込むことによって、色に対するより良好な制御を提供して、（白色光を含む）スペクトル内のいずれの色又は色の組み合わせを達成できる。二次コーティング中に発光散乱中心を含めることにより、光拡散性要素上に別個のリンコーティング層を塗布する必要を回避できる。

【0095】

ナノ粒子は、光拡散性ファイバの製作中に二次コーティング組成物を一次組成物に塗布する前に上記ナノ粒子を（固体として直接、懸濁液の形態で、又は溶媒中で）二次コーティング組成物に添加することによって、二次コーティング組成物中に組み込んでよい。硬化反応が進行して二次コーティングが形成されるに従って、ナノ粒子が二次コーティング中に組み込まれる。一実施形態では、ナノ粒子は、二次コーティング中の分散相として組み込まれる。

10

【0096】

二次コーティング中に散乱中心を含めることにより、光拡散性ファイバ上の別個の最外部表面インク層の必要が排除され、光拡散性ファイバの製造のプロセスが簡略化される。散乱中心を有する二次コーティングは、従来の二次コーティングの保護機能、及び光拡散性ファイバの単層中のインクの散乱特性を提供する。よって二次コーティングは、光拡散性ファイバの最外部コーティングであってよい。当該技術分野において公知であるように、インク層は一般に、光拡散性要素から散乱した光の角度分布を制御又は修飾するために、光拡散性ファイバの最外部表面に塗布される。インク層を利用して、散乱光の分布及び/又は特性を増強できる。インク層は、コア領域からの光の散乱における方向バイアス（例えば前方散乱対後方散乱）を補償することによって、光拡散性要素から散乱した光の角度分布をより均一なものとし、光の散乱により高い角度均一性を提供できる。光拡散性ファイバから散乱した光の分布の角度の独立性により、角度方向における更に均一な強度分布が促進される。二次コーティング中の散乱中心の存在が本質的に、表面インク層の便益を提供する。

20

【0097】

散乱中心を有する二次コーティングは、当該技術分野で公知の光拡散性ファイバに対して、散乱光強度の分布の対称性を改善する。散乱光強度の分布の対称性は、光拡散性ファイバが提供する照明効果の美的外観を改善する。散乱光強度の分布の対称性は、方位角 θ 及びその補角（ $180^\circ - \theta$ ）における散乱光強度の類似度によって評価してよい。類似度が高いほど、分布はより対称となる。散乱光強度の類似度は、方位角 θ における散乱光強度と、方位角 θ の補角における散乱光強度との比として表現してよく、ここで方位角 θ は $180^\circ - \theta$ と定義される。散乱光強度の対称な分布は、1つ以上の方位角 θ における又はある範囲の方位角 θ にわたる、可能な限り1.0に近い比を特徴とする。

30

【0098】

二次コーティング中に散乱中心を含めることにより、方位角 θ における散乱光強度と、方位角 θ の補角における散乱光強度との比が、1つ以上の方位角 θ に関して、複数の方位角 θ に関して、ある範囲の方位角 θ の範囲内の1つ以上の方位角 θ に関して、ある方位角 θ の範囲内の複数の方位角 θ に関して、又はある方位角 θ の範囲内の各角度において、0.5~1.5、又は0.6~1.4、又は0.7~1.3、又は0.8~1.2、又は0.9~1.1、又は0.95~1.05である光ファイバが提供される。1つ以上の方位角 θ は、角度 $0^\circ \sim 90^\circ$ 、例えば 15° 、又は 30° 、又は 45° 、又は 60° 、又は 75° の角度であってよい。方位角の範囲は、 $5^\circ \sim 90^\circ$ の範囲にわたって、又は $10^\circ \sim 90^\circ$ の範囲にわたって、又は $15^\circ \sim 90^\circ$ の範囲にわたって、又は $20^\circ \sim 90^\circ$ の範囲にわたって、又は $15^\circ \sim 75^\circ$ の範囲にわたって、又は $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲にわたって延在してよい。

40

【0099】

散乱光強度の対称性はまた、光拡散性ファイバからの最大散乱光強度に対応する方位角を

50

特徴としてもよい。散乱光強度が最大となる方位角を、本明細書ではピーク方位角と呼ぶ場合がある。ピーク方位角は、 90° 、又は $85^\circ \sim 95^\circ$ 、又は $80^\circ \sim 100^\circ$ 、又は $75^\circ \sim 105^\circ$ の角度で発生し得る。

【0100】

方位角 θ 、並びにその補角及び/又は本明細書において開示されたピーク散乱強度に対応する方位角 θ における、散乱光強度の比は、本発明の光拡散性ファイバによって、1つ以上の波長の散乱光にわたって、又は2つ以上波長の散乱光にわたって、又は3つ以上の波長の散乱光にわたって、又は4つ以上の散乱光にわたって、又はある範囲の波長の散乱光にわたって、提供できる。上記1つ以上の波長は、可視波長又は紫外波長又は赤外波長を含んでよい。上記1つ以上の波長は、 $350\text{ nm} \sim 750\text{ nm}$ 、又は $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ 、又は $420\text{ nm} \sim 2000\text{ nm}$ 、又は $445\text{ nm} \sim 1600\text{ nm}$ 、又は $520\text{ nm} \sim 1500\text{ nm}$ 、又は $630\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ の、1つ以上の波長を含んでよい。上記1つ以上の波長は、 $350\text{ nm} \sim 750\text{ nm}$ 、又は $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ 、又は $420\text{ nm} \sim 2000\text{ nm}$ 、又は $445\text{ nm} \sim 1600\text{ nm}$ 、又は $520\text{ nm} \sim 1500\text{ nm}$ 、又は $630\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ の各波長を含んでよい。上記1つ以上の波長は、光拡散性ファイバに連結された光源によって供給される。光源は、選択された波長で、又は広範囲の波長にわたって動作する、ランプ、LED及びレーザを含む。美的照明のために、光源は可視波長を提供し、散乱される波長は可視波長を含む。

【実施例】

【0101】

以下の実施例では、7つの照明用光拡散性ファイバの散乱光強度プロファイルを考察する。これら7つのファイバを試料1～7と呼ぶ。本明細書に記載の実施例で考察される全ての光拡散性ファイバ(試料1～7)は、コア、ポリマークラッド及び二次コーティングを含み、ポリマークラッドはコアに直接接触し、二次コーティングはポリマークラッドに直接接触していた。以下で更に十分に説明するように、本明細書に記載の実施例で考察される全ての光拡散性ファイバ(試料1～7)の二次コーティングは、散乱中心を有しない箇所を少なくとも一部分含んでいた。本明細書に記載の実施例で考察されるいくつかの光拡散性ファイバの二次コーティングは更に、上記散乱中心を有しない部分に加えて、散乱中心を有する部分を含んでいた(試料3～7)。本明細書に記載の実施例の1つの光拡散性ファイバは、散乱中心を有しない二次コーティングのみを含んでいた(試料1)本明細書に記載の実施例の別の光拡散性ファイバは、散乱中心を有しない二次コーティングと、上に重ねられたインク層とを含んでいた(試料2)。

【0102】

試料1～7はそれぞれ、少なくとも以下の属性を含み、また試料1は以下の属性のみを含んでいた：コアは、空隙を有する非ドープシリカガラスで構成され、直径 $170\text{ }\mu\text{m}$ であった。上記空隙は、上記コア全体に分布していた。ポリマークラッドはコアに直接接触し、Raymat Materials, Inc. (カリフォルニア州プレザントン)が供給する特許取得済み硬化性組成物(製品番号RMAT137)を硬化することによって得られたフッ素化アクリレートポリマーで構成されていた。ポリマークラッドは、厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ (外径 $190\text{ }\mu\text{m}$)であった。二次コーティングはポリマークラッドに直接接触し、Momentive Performance Materials, Inc. (ニューヨーク州ウォーターフォード)製の特許取得済みコーティング組成物(製品番号2-037)を硬化させることによって形成された。二次コーティングの、散乱中心を有しない部分は、厚さ $15\text{ }\mu\text{m}$ (外径 $220\text{ }\mu\text{m}$)であった。

【0103】

試料2は、試料1の特徴を含み、二次コーティングに直接接触したインク層を更に含んでいた。インク層は、二次コーティングに硬化性インク組成物を塗布して硬化させることによって調製した。硬化性インク組成物は、硬化性アクリレートモノマー及び白色インク分散物を含んでいた。白色インク分散物は、プロボキシ化ネオペンチルグリコールジアクリレート(Penn Color, Inc. (ペンシルベニア州ドイルズタウン)製、製品

番号 9 W 8 9 2) 中の 7 5 重量 % の TiO_2 を含んでいた。白色インク分散物を硬化性インク組成物中に組み込むことにより、 TiO_2 の濃度は 5 重量 % まで希釈される。製造元が提供する仕様書によると、白色インク分散物中の TiO_2 の粒径分布は、ピーク直径 274.7 nm 及び幅 120 nm の分布曲線によって記述できる。インク層の厚さは 5 μm (外径 230 μm) であった。

【 0 1 0 4 】

試料 3 ~ 7 は、試料 1 の特徴、及び散乱中心を含む二次コーティングの追加の部分を含んでいた。散乱中心を有する二次コーティングの上記追加の部分は、散乱中心を有しない二次コーティングの部分に対する被覆層として塗布された。散乱中心を有する二次コーティングの上記追加の部分は、厚さ約 45 μm (外径 310 μm) であり、散乱中心を有しない二次コーティングの部分に直接接触していた。散乱中心を有する二次コーティングの上記追加の部分は、試料 2 に関して説明した白色インク分散物を二次コーティング組成物に添加し、分散物含有組成物を、散乱中心を有しない二次コーティングの部分に塗布し、硬化させることによって得られた。試料 3 ~ 7 に関して、異なる濃度の白色インク分散物が含まれていた。濃度を以下にまとめる。

10

【 0 1 0 5 】

【表 1】

試料	TiO_2 分散物 (重量%)	TiO_2 (重量%)
3	0.66	0.5
4	1.33	1.0
5	2.0	1.5
6	4.0	3.0
7	6.66	5.0

20

【 0 1 0 6 】

ここで、列「 TiO_2 分散物 (重量%)」は、散乱中心を有する二次組成物の部分を形成するために使用される二次コーティング組成物に含まれるインク分散物の濃度 (重量%) を列挙しており、列「 TiO_2 (重量%)」は、散乱中心を有する二次組成物の部分を形成するために使用される二次コーティング組成物に含まれる TiO_2 の濃度を列挙している。

30

【 0 1 0 7 】

散乱強度プロファイルを試料 1 ~ 7 に関して測定した。散乱強度プロファイルは、方位角の関数としての散乱光の強度に相当し、Mazumder et al., "Analysis of Excess Scattering in Optical Fibers", Journal of Applied Physics, Vol. 96, 4042 - 4049 (2004) に記載されている技法で測定した。この技法を簡単に説明すると以下ようになる：広角成分を測定するためのシステムと、小角成分を測定するためのシステムとで構成される、散乱の角度分布を得るために使用される測定システム。広角システムは、表面粗度を最小化するために全ての側部が研磨された、高純度溶融シリカの半円筒を含んでいた。半円筒の平坦部分は、中心の小さなアパーチャを除いて黒色に塗装された。ファイバ試料を黒色の鋼鉄製プレートの溝に配置し、半円筒の平坦表面で覆った。半円筒とファイバ試料との間に存在するいずれの空隙を排除するために、屈折率が一致したゲルを用いた。ファイバ試料を通して光を送り、散乱の角度分布を、半円筒の湾曲表面の周りを半円状の運動で移動する InGaAs 検出器によって測定した。広角システムは、約 20° ~ 約 160° の方位角において散乱強度を測定するために好適であった。小角システムでは、ファイバ試料を、ベース角度 45°、90° 及び 135° の 2 つの高純度溶融シリカダハプリズムの間に配置した。プリズムの長さ及び高さはそれぞれ 10 cm 及び 5 cm であった。平凸高純度溶融シリカレンズを、上側プリズムの頂部上に位置

40

50

決めた。プリズム、光ファイバ及びレンズの間の空隙を、屈折率が一致したゲルを用いて排除した。底部プリズムの45°表面を銀でコーティングし、反射性とした。レンズの焦点面に配置された検出器によって、ファイバに沿って走査した。焦点面上の異なる複数の位置に向かって、異なる複数の角度を集束させた。光はファイバ試料を通過し、検出器は、レンズの中心からの距離の関数として散乱強度を記録した。当該技術分野において公知の幾何学的マッピング技法を用いて、生データを、散乱角度の関数としての散乱強度に変換した。小角システムは、約0°～約30°及び約150°～約180°の方位角における散乱強度を測定するために好適なものであった。

【0108】

図3は、光拡散性ファイバ試料1～7に関する散乱強度プロファイルを示す。トレース80は、二次コーティングに散乱中心を有しない光拡散性ファイバである試料1に関するプロファイルを示す。試料1に関して観察される散乱光強度の分布は、前方（方位角<90°）に強く偏向し、強い非対称性を有する。トレース82は、散乱中心を有しない二次コーティングと外側TiO₂白色インク層とを有する光拡散性ファイバである、試料2に関するプロファイルを示す。試料2に関するプロファイルは、試料1に関するプロファイルよりも、後方（方位角>90°）への散乱を多く呈し、またより強い対称性を有するものの、前方に偏向したままである。

【0109】

試料3～7は、上述のように、散乱中心を有しない内側部分及びTiO₂散乱中心を有する外側部分を有する二次コーティングを有し、TiO₂散乱中心の濃度が試料3～7において異なる。トレース84、86、88、90及び92はそれぞれ、試料3～7に関する散乱強度プロファイルを示す。このデータは、二次コーティングの外側部分のTiO₂粒子の濃度が上昇するにつれて、散乱強度プロファイルの対称性が向上することを示している。TiO₂粒子の濃度が0.5重量%である場合（試料3（トレース84））、プロファイルは非対称のままであり、前方散乱方向に偏向している。TiO₂粒子の濃度が1.0重量%である場合（試料4（トレース86））、プロファイルは、試料2に関して観察されたもの（トレース82）と同様であった。TiO₂粒子の濃度が1.5重量%以上である場合（トレース88（試料5）、90（試料6）及び92（試料7））、散乱プロファイルは高い対称性を有するものとなり、90°付近の方位角においてピーク散乱強度が発生する。トレース94は、余弦関数への散乱強度プロファイルのフィットを示す、算出された曲線である。散乱強度の余弦関数への依存は、散乱強度のランバーシアン分布に対応する。試料5、6及び7に関する散乱強度プロファイルは、余弦分布に略近似される。

【0110】

図4は、空隙を有するシリカガラスコア（外径170μm）、フルオロアクリレートポリマーラッド（様々な厚さ）、及び二次コーティング（様々な厚さ及び様々なTiO₂散乱中心濃度（平均直径100～300nm））を有する複数の光拡散性ファイバに関する、散乱強度の対称性のある測定値を提示する。図4は、方位角30°における散乱強度の、方位角150°（方位角30°の補角）における散乱強度に対する比を、二次コーティング中のTiO₂散乱中心の濃度の関数として示す。比1は、上記2つの角度における散乱強度が同等であることを意味し、これは対称なプロファイルと一致する。トレース95及び96は測定されたものであり、トレース97は推定されたものである。「インク無し（no ink）」と標識されたデータ点は、10μm厚のポリマーラッド（外径190μm）、及び散乱中心を有する15μm厚の二次コーティング（外径220μm）を有する、光拡散性ファイバを指す。「現行（current）」と標識されたデータ点は、従来技術の光拡散性ファイバを指す。二次コーティング中のTiO₂濃度が1重量%の、「現行（current）」と標識されたデータ点は、厚さ20μm（外径210nm）のポリマーラッド及び二次コーティング厚さ25nm（外径260nm）を有する。二次コーティング中のTiO₂濃度が5重量%の、「現行（current）」と標識されたデータ点は、厚さ40μm（外径250nm）のポリマーラッド及び二次コーティング厚さ5nm（外径260nm）を有する。「現行」と標識された上記2つのデータ点は

10

20

30

40

50

、散乱中心の濃度を変更することによって、様々な厚さの二次コーティングに関して同等の散乱強度の比を達成できることを実証している。二次コーティングを薄くして散乱中心の濃度を高くすると、二次コーティングを厚くして散乱中心の濃度を低くした場合と同等に機能する。

【 0 1 1 1 】

トレース 95 は、厚さ 25 μm (外径 220 μm) のポリマークラッドと、厚さ 45 μm の散乱中心を有する二次コーティングとを有する光拡散性ファイバにおける、 TiO_2 散乱中心の濃度の関数としての散乱強度比を示す。トレース 96 は、厚さ 40 μm (外径 250 μm) のポリマークラッドと、厚さ 5 μm (外径 260 μm) の散乱中心を有する二次コーティングとを有する光拡散性ファイバにおける、 TiO_2 散乱中心の濃度の関数としての散乱強度比を示す。トレース 97 は、厚さ 10 μm (外径 190 μm) のポリマークラッドと、厚さ 15 μm (外径 220 μm) の散乱中心を有する二次コーティングとを有する光拡散性ファイバにおける、 TiO_2 散乱中心の濃度の関数としての、推定された散乱強度比を示す。

10

【 0 1 1 2 】

図 4 に示した結果は、散乱強度プロファイルが、二次コーティングの厚さが増大するほど、又は散乱中心の濃度が上昇するほど、対称になることを示している。散乱中心が二次コーティングに存在しない場合に観察される高い比は、極めて非対称な散乱強度プロファイルの指標であり、これは、後方散乱に対する前方散乱への強いバイアスを示す。散乱強度プロファイルを (1 に近い比を提供することによって) より対称なものとするために必要な TiO_2 散乱中心の濃度は、二次コーティングの厚さに左右される。二次コーティングの厚さが 25 μm である場合、1.5 重量%の TiO_2 濃度が、およそ 1 の比を提供する。二次コーティング厚さ 15 μm 及び 5 μm に関して 1 に近い比を達成するためには、それぞれ約 4 重量%及び 8 重量%の TiO_2 濃度が必要となる。本発明の光拡散性ファイバは、当該技術分野において公知の光拡散性ファイバに対して、散乱光強度の対称性の有意な改善を提供する。

20

【 0 1 1 3 】

二次コーティング中の散乱中心の厚さ又は濃度を変更することによって、散乱強度プロファイルの対称性を改善できる。上記結果は、所与の濃度の散乱中心に関して、二次コーティングを厚くすると、より対称な散乱強度プロファイルが得られることを示している。逆に、所与の厚さの二次コーティングに関して、散乱中心の濃度を高くすると、より対称な散乱強度プロファイルが得られる。

30

【 0 1 1 4 】

本発明の光拡散性ファイバは、少なくとも 0.5 重量%、又は少なくとも 1.0 重量%、又は少なくとも 1.5 重量%、又は少なくとも 2.0 重量%、又は 0.2 重量% ~ 5.0 重量%、又は 0.3 重量% ~ 4.0 重量%、又は 0.4 重量% ~ 3.5 重量%、又は 0.5 重量% ~ 3.0 重量%、又は 0.6 重量% ~ 2.5 重量%、又は 0.7 重量% ~ 2.0 重量%の散乱中心の濃度を有する、二次コーティングを含んでよい。

【 0 1 1 5 】

本発明の光拡散性ファイバは、少なくとも 5 μm の厚さ及び少なくとも 6 重量%の散乱中心の濃度、又は少なくとも 10 μm の厚さ及び少なくとも 5 重量%の散乱中心の濃度、又は少なくとも 15 μm の厚さ及び少なくとも 3 重量%の散乱中心の濃度、又は少なくとも 30 μm の厚さ及び少なくとも 2 重量%の散乱中心の濃度、又は少なくとも 45 μm の厚さ及び少なくとも 1.5 重量%の散乱中心の濃度を有する、二次コーティングを含んでよい。

40

【 0 1 1 6 】

本開示の態様 (1) は：空隙を備えるガラスコア；及び上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備えた二次コーティングを備える、光拡散性光ファイバであって、上記散乱中心は上記二次コーティング中で少なくとも 0.5 重量%の濃度を有する、光拡散性ファイバに関する。

50

【 0 1 1 7 】

本開示の態様（ 2 ）は、上記ガラスコアの断面寸法が $50\text{ }\mu\text{m}$ 超である、態様（ 1 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 1 8 】

本開示の態様（ 3 ）は、上記クラッドがポリマーを含む、態様（ 1 ）又は態様（ 2 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 1 9 】

本開示の態様（ 4 ）は、上記ポリマーがフッ素を含む、態様（ 3 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 0 】

本開示の態様（ 5 ）は、上記ポリマーがフルオロアクリレートポリマーである、態様（ 3 ）又は態様（ 4 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 1 】

本開示の態様（ 6 ）は、上記クラッドの厚さが少なくとも $10\text{ }\mu\text{m}$ である、態様（ 1 ）～態様（ 5 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 2 】

本開示の態様（ 7 ）は、上記コアが第 1 の屈折率を有し、上記クラッドが第 2 の屈折率を有し、上記第 2 の屈折率は上記第 1 の屈折率より少なくとも 0.003 小さい、態様（ 1 ）～態様（ 6 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 3 】

本開示の態様（ 8 ）は、上記二次コーティングが、直径 0.022 インチ（ 0.5588 mm ）の硬化済みロッドとして構成した場合に、少なくとも 500 MPa のヤング率を有する、態様（ 1 ）～態様（ 7 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 4 】

本開示の態様（ 9 ）は、上記散乱中心がナノ粒子を含み、上記ナノ粒子の断面寸法が少なくとも 25 nm である、態様（ 1 ）～態様（ 8 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 5 】

本開示の態様（ 10 ）は、上記ナノ粒子が酸化物ナノ粒子を含む、態様（ 9 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 6 】

本開示の態様（ 11 ）は、上記ナノ粒子が TiO_2 又は SiO_2 を含む、態様（ 9 ）又は態様（ 10 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 7 】

本開示の態様（ 12 ）は、上記ナノ粒子が MgO 、 BaS 、アルミナ Al_2O_3 を含む、態様（ 9 ）～態様（ 11 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 8 】

本開示の態様（ 13 ）は、上記ナノ粒子の、波長範囲 400 nm ～ 700 nm にわたる、厚さ 1 mm あたりの平均透過率が、 90% 超である、態様（ 9 ）～態様（ 12 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 2 9 】

本開示の態様（ 14 ）は、上記ナノ粒子の断面寸法が少なくとも 100 nm である、態様（ 9 ）～態様（ 13 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 3 0 】

本開示の態様（ 15 ）は、上記ナノ粒子の断面寸法が 25 nm ～ 1000 nm である、態様（ 9 ）～態様（ 13 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 3 1 】

本開示の態様（ 16 ）は、上記ナノ粒子の断面寸法が 75 nm ～ 250 nm である、態様（ 9 ）～態様（ 13 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 3 2 】

10

20

30

40

50

本開示の態様（１７）は、上記二次コーティングがポリマーを含む、態様（９）～態様（１６）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３３】

本開示の態様（１８）は、上記ポリマーが、アクリレートモノマーを含む組成物の硬化産物である、態様（９）～態様（１７）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３４】

本開示の態様（１９）は、上記二次コーティングの厚さが少なくとも４５μmである、態様（１）～態様（１８）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３５】

本開示の態様（２０）は、上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度が少なくとも１．５重量％である、態様（１）～態様（１９）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３６】

本開示の態様（２１）は、上記二次コーティングの厚さが少なくとも３０μmである、態様（２０）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３７】

本開示の態様（２２）は、上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度が少なくとも３．０重量％である、態様（１）～態様（２１）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３８】

本開示の態様（２３）は、上記二次コーティングの厚さが少なくとも１５μmである、態様（１）～態様（２２）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１３９】

本開示の態様（２４）は、上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度が少なくとも５．０重量％である、態様（１）～態様（２３）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１４０】

本開示の態様（２５）は、上記二次コーティングの厚さが少なくとも１０μmである、態様（２４）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１４１】

本開示の態様（２６）は、上記二次コーティングが最外部コーティングである、態様（１）～態様（２５）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１４２】

本開示の態様（２７）は、一次コーティングを更に備え、上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、態様（１）～態様（２６）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１４３】

本開示の態様（２８）は、上記一次コーティングが、厚さ８０μmの硬化済みフィルムとして構成した場合に、１．５MPa未満のヤング率を有する、態様（２７）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【０１４４】

本開示の態様（２９）は、態様（１）～態様（２８）のいずれか１つに記載の光拡散性光ファイバと、光源とを備える照明システムであって、上記光拡散性光ファイバは第１の端部及び第２の端部を有し、上記光源は上記第１の端部に連結される、照明システムに関する。

【０１４５】

本開示の態様（３０）は、上記光拡散性光ファイバの上記第２の端部が反射性コーティングを有しない、態様（２９）に記載の照明システムに関する。

【０１４６】

10

20

30

40

50

本開示の態様(31)は：空隙を備えるガラスコア；及び上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備えた二次コーティングを備える、光拡散性光ファイバであって、上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_1 を有する第1の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_1$ を有する第2の方位方向に散乱させるよう構成され；上記第1の方位方向に散乱する光の強度の、上記第2の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、光拡散性光ファイバに関する。

【0147】

本開示の態様(32)は、上記散乱中心がナノ粒子を含む、態様(31)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0148】

本開示の態様(33)は、上記ナノ粒子が酸化物ナノ粒子を含む、態様(32)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0149】

本開示の態様(34)は、上記方位角 θ_1 が $5^\circ \sim 90^\circ$ の角度である、態様(31)～態様(33)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0150】

本開示の態様(35)は、上記方位角 θ_1 が、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 及び 75° からなる群から選択される角度である、態様(31)～態様(34)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0151】

本開示の態様(36)は、散乱の最大強度がピーク方位角において発生し、上記ピーク方位角は $80^\circ \sim 100^\circ$ である、態様(31)～態様(35)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0152】

本開示の態様(37)は、上記ピーク方位角が $85^\circ \sim 95^\circ$ である、態様(36)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0153】

本開示の態様(38)は、上記第1の方位方向に散乱する光の強度の、上記第2の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ である、態様(31)～態様(37)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0154】

本開示の態様(39)は、上記第1の方位方向に散乱する光の強度の、上記第2の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ である、態様(31)～態様(38)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0155】

本開示の態様(40)は、上記光拡散性光ファイバが更に、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_3 を有する第3の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_3$ を有する第4の方位方向に散乱させるよう構成され；上記第3の方位方向に散乱する光の強度の、上記第4の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、態様(31)～態様(39)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0156】

本開示の態様(41)は、上記方位角 θ_1 及び上記方位角 θ_3 が 90° 未満である、態様(31)～態様(40)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0157】

本開示の態様(42)は、上記第1の方位方向に散乱する光の強度の、上記第2の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ であり、上記第3の方位方向に散乱する光の強度の、上記第4の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ である、態様(31)～態様(41)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 8 】

本開示の態様（ 4 3 ）は、上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ であり、上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ である、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 2 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 5 9 】

本開示の態様（ 4 4 ）は、上記光拡散性光ファイバが更に、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_5 を有する第 5 の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_5$ を有する第 6 の方位方向に散乱させるよう構成され；上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 3 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

10

【 0 1 6 0 】

本開示の態様（ 4 5 ）は、上記方位角 θ_1 、上記方位角 θ_3 及び上記方位角 θ_5 が 90° 未満である、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 4 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 6 1 】

本開示の態様（ 4 6 ）は、上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ であり、上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ であり、上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.7 \sim 1.3$ である、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 5 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

20

【 0 1 6 2 】

本開示の態様（ 4 7 ）は、上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ であり、上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ であり、上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比が、 $0.9 \sim 1.1$ である、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 6 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

30

【 0 1 6 3 】

本開示の態様（ 4 8 ）は、一次コーティングを更に備え、上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 7 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 6 4 】

本開示の態様（ 4 9 ）は、上記一次コーティングが、厚さ $80 \mu\text{m}$ の硬化済みフィルムとして構成した場合に、 1.5 MPa 未満のヤング率を有する、態様（ 4 8 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 6 5 】

本開示の態様（ 5 0 ）は、上記クラッドがポリマーを含む、態様（ 3 1 ）～態様（ 4 9 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

40

【 0 1 6 6 】

本開示の態様（ 5 1 ）は、上記ポリマーがフッ素を含む、態様（ 5 0 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 6 7 】

本開示の態様（ 5 2 ）は、上記ポリマーがフルオロアクリレートポリマーである、態様（ 5 0 ）又は態様（ 5 1 ）に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【 0 1 6 8 】

本開示の態様（ 5 3 ）は、態様（ 3 1 ）～態様（ 5 2 ）のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバを備える照明システムであって、上記光拡散性光ファイバが第 1 の端部及び第

50

2の端部を有し、上記光源は上記第1の端部に連結される、照明システムに関する。

【0169】

本開示の態様(54)は、上記光拡散性光ファイバの上記第2の端部が反射性コーティングを有しない、態様(53)に記載の照明システムに関する。

【0170】

態様(55)は：空隙を備えるガラスコア；及び上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備える二次コーティングを備える、光拡散性光ファイバであって；上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、第1の複数の方位角にまたがる第1の複数の方位方向、及び第2の複数の方位角にまたがる第2の複数の方位方向に散乱させるよう構成され、上記第2の複数の方位角は、上記第1の複数の方位角の補角に相当し；上記第1の複数の方位方向のうちの2つ以上に散乱する光の強度の、上記第2の複数の方位方向のうちの2つ以上に散乱する光の強度に対する比は、0.5～1.5であり、上記第1の複数の方位方向のうちの上記2つ以上は、上記第1の複数の方位角のうちの2つ以上に対応し、上記第2の複数の方位方向のうちの上記2つ以上は、上記第1の複数の方位角のうちの上記2つ以上の補角に相当する方位角を有する、光拡散性光ファイバに関する。

10

【0171】

態様(56)は、上記比が0.7～1.3である、態様(55)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0172】

20

態様(57)は、上記比が0.9～1.1である、態様(55)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0173】

態様(58)は、上記第1の複数の方位方向のうちの上記2つ以上が、上記第1の複数の方位方向のうちの3つ以上を含む、態様(55)～態様(57)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0174】

態様(59)は、上記比が0.7～1.3である、態様(58)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0175】

30

態様(60)は、上記比が0.9～1.1である、態様(58)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0176】

態様(61)は、上記第1の複数の方位方向のうちの上記2つ以上が、上記第1の複数の方位方向のうちの4つ以上を含む、態様(58)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0177】

態様(62)は、上記比が0.7～1.3である、態様(61)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0178】

態様(63)は、上記比が0.9～1.1である、態様(61)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

40

【0179】

態様(64)は、一次コーティングを更に備え、上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、態様(55)～態様(63)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0180】

態様(65)は、上記一次コーティングが、厚さ80 μ mの硬化済みフィルムとして構成した場合に、1.5MPa未満のヤング率を有する、態様(64)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0181】

50

態様(66)は、上記クラッドがポリマーを含む、態様(55)～態様(65)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0182】

態様(67)は、上記ポリマーがフッ素を含む、態様(66)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0183】

態様(68)は、上記ポリマーがフルオロアクリレートポリマーである、態様(67)に記載の光拡散性光ファイバに関する。

【0184】

態様(69)は、態様(55)～態様(68)のいずれか1つに記載の光拡散性光ファイバと、光源とを備える照明システムであって、上記光拡散性光ファイバは第1の端部及び第2の端部を有し、上記光源は上記第1の端部に連結される、照明システムに関する。

10

【0185】

態様(70)は、上記光拡散性光ファイバの上記第2の端部が反射性コーティングを有しない、態様(69)に記載の照明システムに関する。

【0186】

別段の記載がない限り、本明細書に記載されるいずれの方法が、その方法のステップを特定の順序で実施する必要があるものとして解釈されることは、全く意図されていない。従って、ある方法クレームが、当該方法のステップが従う順序を実際に列挙していない場合、又はステップが特定の順序に限定されることが請求項若しくは明細書に具体的に言明されていない場合、いずれの特定の順序を暗示することは全く意図されていない。

20

【0187】

当業者には、例示されている実施形態の精神又は範囲から逸脱することなく、様々な修正及び変形を加えることができることが明らかとなるであろう。当業者であれば、例示されている実施形態の精神及び本質を包含する本開示の実施形態の修正、組み合わせ、部分的組み合わせ及び変形を想起し得るため、本説明は、添付の請求項及びこれらの均等物の範囲内の全てを含むものと解釈されるものとする。

【0188】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0189】

30

実施形態1

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備えた二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバであって、

上記散乱中心は上記二次コーティング中で少なくとも0.5重量%の濃度を有する、光拡散性ファイバ。

【0190】

実施形態2

上記ガラスコアの断面寸法は50µm超である、実施形態1に記載の光拡散性光ファイバ。

40

【0191】

実施形態3

上記クラッドはポリマーを含む、実施形態1又は2に記載の光拡散性光ファイバ。

【0192】

実施形態4

上記ポリマーはフッ素を含む、実施形態3に記載の光拡散性光ファイバ。

【0193】

実施形態5

上記ポリマーはフルオロアクリレートポリマーである、実施形態4に記載の光拡散性光ファイバ。

50

【 0 1 9 4 】

実施形態 6

上記クラッドの厚さは少なくとも $10\ \mu\text{m}$ である、実施形態 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 1 9 5 】

実施形態 7

上記コアは第 1 の屈折率を有し、

上記クラッドは第 2 の屈折率を有し、

上記第 2 の屈折率は上記第 1 の屈折率より少なくとも 0.003 小さい、実施形態 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

10

【 0 1 9 6 】

実施形態 8

上記二次コーティングは、直径 0.022 インチ (0.5588 mm) の硬化済みロッドとして構成した場合に、少なくとも 500 MPa のヤング率を有する、実施形態 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 1 9 7 】

実施形態 9

上記散乱中心は微粒子を含み、

上記微粒子の断面寸法は少なくとも 25 nm である、実施形態 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

20

【 0 1 9 8 】

実施形態 10

上記微粒子は酸化物微粒子を含む、実施形態 9 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 1 9 9 】

実施形態 11

上記微粒子は TiO_2 又は SiO_2 を含む、実施形態 9 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 0 】

実施形態 12

上記微粒子は MgO 、 BaS 、アルミナ Al_2O_3 を含む、実施形態 9 に記載の光拡散性光ファイバ。

30

【 0 2 0 1 】

実施形態 13

上記微粒子の、波長範囲 $400\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ にわたる、厚さ 1 mm あたりの平均透過率は、 90% 超である、実施形態 9 ~ 12 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 2 】

実施形態 14

上記微粒子の断面寸法は少なくとも 100 nm である、実施形態 9 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 3 】

実施形態 15

上記微粒子の断面寸法は $25\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ である、実施形態 9 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

40

【 0 2 0 4 】

実施形態 16

上記微粒子の断面寸法は $75\text{ nm} \sim 250\text{ nm}$ である、実施形態 9 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 5 】

実施形態 17

上記二次コーティングはポリマーを含む、実施形態 9 ~ 16 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

50

【 0 2 0 6 】

実施形態 1 8

上記ポリマーは、アクリレートモノマーを含む組成物の硬化産物である、実施形態 1 7 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 7 】

実施形態 1 9

上記二次コーティングの厚さは少なくとも $45\ \mu\text{m}$ である、実施形態 1 ~ 1 8 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 8 】

実施形態 2 0

上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度は少なくとも 1 . 5 重量 % である、実施形態 1 ~ 1 9 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 0 9 】

実施形態 2 1

上記二次コーティングの厚さは少なくとも $30\ \mu\text{m}$ である、実施形態 2 0 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 0 】

実施形態 2 2

上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度は少なくとも 3 . 0 重量 % である、実施形態 1 ~ 2 1 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 1 】

実施形態 2 3

上記二次コーティングの厚さは少なくとも $15\ \mu\text{m}$ である、実施形態 2 2 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 2 】

実施形態 2 4

上記二次コーティング中の上記散乱中心の上記濃度は少なくとも 5 . 0 重量 % である、実施形態 1 ~ 2 3 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 3 】

実施形態 2 5

上記二次コーティングの厚さは少なくとも $10\ \mu\text{m}$ である、実施形態 2 4 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 4 】

実施形態 2 6

上記二次コーティングは最外部コーティングである、実施形態 1 ~ 2 5 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 5 】

実施形態 2 7

一次コーティングを更に備え、

上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、

上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、実施形態 1 ~ 2 6 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 6 】

実施形態 2 8

上記一次コーティングは、厚さ $80\ \mu\text{m}$ の硬化済みフィルムとして構成した場合に、1 . 5 M P a 未満のヤング率を有する、実施形態 2 7 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 1 7 】

実施形態 2 9

実施形態 1 ~ 2 8 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバと、光源とを備える照明システムであって、

10

20

30

40

50

上記光拡散性光ファイバは第 1 の端部及び第 2 の端部を有し、
上記光源は上記第 1 の端部に連結される、照明システム。

【 0 2 1 8 】

実施形態 3 0

上記光拡散性光ファイバの上記第 2 の端部は反射性コーティングを有しない、実施形態 2 9 に記載の照明システム。

【 0 2 1 9 】

実施形態 3 1

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備えた二次コーティング
を備える、光拡散性光ファイバであって、

上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_1 を有する第 1 の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_1$ を有する第 2 の方位方向に散乱させるよう構成され、

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 0 】

実施形態 3 2

上記散乱中心は微粒子を含む、実施形態 3 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 1 】

実施形態 3 3

上記微粒子は酸化物微粒子を含む、実施形態 3 2 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 2 】

実施形態 3 4

上記方位角 θ_1 は $5^\circ \sim 90^\circ$ の角度である、実施形態 3 1 ~ 3 3 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 3 】

実施形態 3 5

上記方位角 θ_1 は、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 及び 75° からなる群から選択される角度である、実施形態 3 1 ~ 3 4 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 4 】

実施形態 3 6

散乱の最大強度はピーク方位角において発生し、

上記ピーク方位角は $80^\circ \sim 100^\circ$ である、実施形態 3 1 ~ 3 5 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 5 】

実施形態 3 7

上記ピーク方位角は $85^\circ \sim 95^\circ$ である、実施形態 3 6 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 6 】

実施形態 3 8

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ である、実施形態 3 1 ~ 3 7 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 7 】

実施形態 3 9

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ である、実施形態 3 1 ~ 3 8 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 8 】

10

20

30

40

50

実施形態 4 0

上記光拡散性光ファイバは更に、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_3 を有する第 3 の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_3$ を有する第 4 の方位方向に散乱させるよう構成され、

上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、実施形態 3 1 ~ 3 9 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 2 9 】

実施形態 4 1

上記方位角 θ_1 及び上記方位角 θ_3 は 90° 未満である、実施形態 4 0 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 0 】

実施形態 4 2

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ であり、

上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ である、実施形態 4 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 1 】

実施形態 4 3

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ であり、上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ である、実施形態 4 2 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 2 】

実施形態 4 4

上記光拡散性光ファイバは更に、上記ガラスコア内を伝播する光を、方位角 θ_5 を有する第 5 の方位方向、及び方位角 $180^\circ - \theta_5$ を有する第 6 の方位方向に散乱させるよう構成され、

上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する比は、 $0.5 \sim 1.5$ である、実施形態 4 0 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 3 】

実施形態 4 5

上記方位角 θ_1 、上記方位角 θ_3 及び上記方位角 θ_5 は 90° 未満である、実施形態 4 0 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 4 】

実施形態 4 6

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ であり、

上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ であり、

上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.7 \sim 1.3$ である、実施形態 4 5 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 5 】

実施形態 4 7

上記第 1 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 2 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ であり、

上記第 3 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 4 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ であり、

上記第 5 の方位方向に散乱する光の強度の、上記第 6 の方位方向に散乱する光の強度に対する上記比は、 $0.9 \sim 1.1$ である、実施形態 4 6 に記載の光拡散性光ファイバ。

10

20

30

40

50

【 0 2 3 6 】

実施形態 4 8

一次コーティングを更に備え、

上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、

上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、実施形態 3 1 ~ 4 7 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 7 】

実施形態 4 9

上記一次コーティングは、厚さ 8 0 μm の硬化済みフィルムとして構成した場合に、1 . 5 M P a 未満のヤング率を有する、実施形態 4 8 に記載の光拡散性光ファイバ。

10

【 0 2 3 8 】

実施形態 5 0

上記クラッドはポリマーを含む、実施形態 3 1 ~ 4 9 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 3 9 】

実施形態 5 1

上記ポリマーはフッ素を含む、実施形態 5 0 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 4 0 】

実施形態 5 2

上記ポリマーはフルオロアクリレートポリマーである、実施形態 5 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

20

【 0 2 4 1 】

実施形態 5 3

実施形態 3 1 ~ 5 2 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバと、光源とを備える、照明システムであって、

上記光拡散性光ファイバは第 1 の端部及び第 2 の端部を有し、上記光源は上記第 1 の端部に連結される、照明システム。

【 0 2 4 2 】

実施形態 5 4

上記光拡散性光ファイバの上記第 2 の端部は反射性コーティングを有しない、実施形態 5 3 に記載の照明システム。

30

【 0 2 4 3 】

実施形態 5 5

空隙を備えるガラスコア；及び

上記ガラスコアを取り囲むクラッド；及び

上記クラッドを取り囲む、散乱中心を備える二次コーティング

を備える、光拡散性光ファイバであって、

上記光拡散性光ファイバは、上記ガラスコア内を伝播する光を、第 1 の複数の方位角にまたがる第 1 の複数の方位方向、及び第 2 の複数の方位角にまたがる第 2 の複数の方位方向に散乱させるよう構成され、

40

上記第 2 の複数の方位角は、上記第 1 の複数の方位角の補角に相当し、

上記第 1 の複数の方位方向のうちの 2 つ以上に散乱する光の強度の、上記第 2 の複数の方位方向のうちの 2 つ以上に散乱する光の強度に対する比は、0 . 5 ~ 1 . 5 であり、

上記第 1 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位角のうちの 2 つ以上に対応し、上記第 2 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位角のうちの上記 2 つ以上の補角に相当する方位角を有する、光拡散性光ファイバ。

【 0 2 4 4 】

実施形態 5 6

上記比は 0 . 7 ~ 1 . 3 である、実施形態 5 5 に記載の光拡散性光ファイバ。

【 0 2 4 5 】

50

実施形態 5 7

上記比は 0.9 ~ 1.1 である、実施形態 5 5 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 4 6】

実施形態 5 8

上記第 1 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位方向のうちの 3 つ以上を含む、実施形態 5 5 ~ 5 7 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 4 7】

実施形態 5 9

上記比は 0.7 ~ 1.3 である、実施形態 5 8 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 4 8】

10

実施形態 6 0

上記比は 0.9 ~ 1.1 である、実施形態 5 8 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 4 9】

実施形態 6 1

上記第 1 の複数の方位方向のうちの上記 2 つ以上は、上記第 1 の複数の方位方向のうちの 4 つ以上を含む、実施形態 5 8 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 0】

実施形態 6 2

上記比は 0.7 ~ 1.3 である、実施形態 6 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 1】

20

実施形態 6 3

上記比は 0.9 ~ 1.1 である、実施形態 6 1 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 2】

実施形態 6 4

一次コーティングを更に備え、

上記一次コーティングは上記クラッドを取り囲み、

上記二次コーティングは上記一次コーティングを取り囲む、実施形態 5 5 ~ 6 3 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 3】

実施形態 6 5

上記一次コーティングは、厚さ 80 μm の硬化済みフィルムとして構成した場合に、1.5 MPa 未満のヤング率を有する、実施形態 6 4 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 4】

30

実施形態 6 6

上記クラッドはポリマーを含む、実施形態 5 5 ~ 6 5 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 5】

実施形態 6 7

上記ポリマーはフッ素を含む、実施形態 6 6 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 6】

40

実施形態 6 8

上記ポリマーはフルオロアクリレートポリマーである、実施形態 6 7 に記載の光拡散性光ファイバ。

【0 2 5 7】

実施形態 6 9

実施形態 5 5 ~ 6 8 のいずれか 1 つに記載の光拡散性光ファイバと、光源とを備える照明システムであって、

上記光拡散性光ファイバは第 1 の端部及び第 2 の端部を有し、

上記光源は上記第 1 の端部に連結される、照明システム。

【0 2 5 8】

50

実施形態 7 0

上記光拡散性光ファイバの上記第 2 の端部は反射性コーティングを有しない、実施形態 6 9 に記載の照明システム。

【符号の説明】

【 0 2 5 9 】

1 0	光拡散性ファイバ	
1 2	コア	
1 4	クラッド	
1 6	一次コーティング	
1 8	二次コーティング	10
2 0	コア 1 2 の領域	
2 5	二次コーティング 1 8 の領域	
3 0	領域 2 0 の拡大図	
3 5	領域 2 5 の拡大図	
4 0	空隙	
4 5	散乱中心	
5 0	光拡散性ファイバ	
5 5	二次コーティング	
6 0	中心線	
6 5	入力光	20
7 0	光線	

30

40

50

【図面】

【図 1】

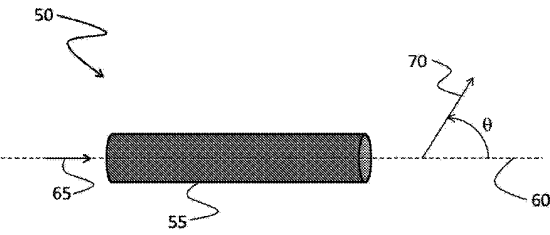


FIG. 1

【図 2】

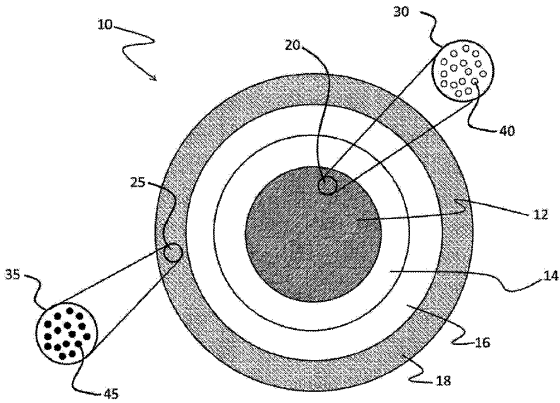
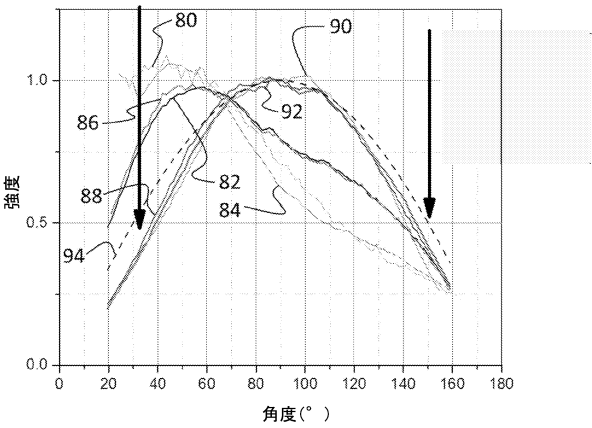
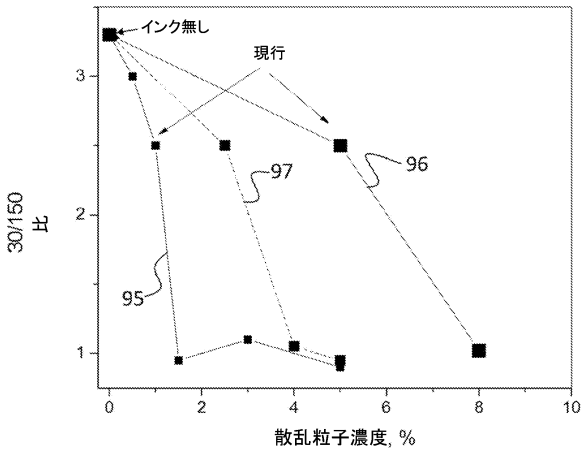


FIG. 2

【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
F 2 1 V 8/00 2 8 2

(72)発明者 ヘシュ, トリスタ ニコール

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 2 1 キャンベル カウンティー ルート 3 3 3 7 4 8 4

(72)発明者 ログノフ, スティーヴン ルヴォヴィッチ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング パインウッド サークル 2 7 8 0

(72)発明者 オカンボ, マヌエラ

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング パール ストリート 1 9 8

審査官 奥村 政人

(56)参考文献

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 1 8 9 5 8 (U S , A 1)

特表 2 0 1 5 - 5 1 0 6 0 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 5 5 2 9 5 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 0 8 0 1 5 (U S , A 1)

特表 2 0 1 5 - 5 0 1 5 1 0 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 2 5 1 1 4 (U S , A 1)

特開 2 0 0 2 - 2 0 2 4 1 5 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 6 / 0 0 - 6 / 0 3 6

G 0 2 B 6 / 2 4 5 - 6 / 2 5

G 0 2 B 6 / 4 6 - 6 / 5 4

F 2 1 V 8 / 0 0

J S T P l u s (J D r e a m I I I)

J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)

J S T C h i n a (J D r e a m I I I)