

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6450686号  
(P6450686)

(45) 発行日 平成31年1月9日 (2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日 (2018.12.14)

(51) Int. Cl.	F I
GO 2 B 6/00 (2006.01)	GO 2 B 6/00 3 3 1
F 2 1 V 8/00 (2006.01)	F 2 1 V 8/00 2 4 1
GO 2 B 6/26 (2006.01)	F 2 1 V 8/00 2 2 1
GO 2 B 6/032 (2006.01)	GO 2 B 6/00 3 2 6
GO 2 B 6/036 (2006.01)	GO 2 B 6/26

請求項の数 11 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-552739 (P2015-552739)	(73) 特許権者	397068274
(86) (22) 出願日	平成26年1月8日 (2014.1.8)		コーニング インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2016-508238 (P2016-508238A)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
(43) 公表日	平成28年3月17日 (2016.3.17)		3 1 コーニング リヴァーフロント プ
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/010641		ラザ 1
(87) 国際公開番号	W02014/110108	(74) 代理人	100073184
(87) 国際公開日	平成26年7月17日 (2014.7.17)		弁理士 柳田 征史
審査請求日	平成28年12月27日 (2016.12.27)	(74) 代理人	100090468
(31) 優先権主張番号	61/751, 437		弁理士 佐久間 剛
(32) 優先日	平成25年1月11日 (2013.1.11)	(72) 発明者	ベネット, ケヴィン ウォレス
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8
(31) 優先権主張番号	61/759, 637		4 0 ハモンズポート イースト レイク
(32) 優先日	平成25年2月1日 (2013.2.1)		ロード 1 0 1 0 9
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光拡散性光ファイバ束、光拡散性光ファイバ束を含む照明システム及び光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに連結された光拡散性光ファイバ束とポリマー光ファイバとを含むファイバアセンブリであって、

前記光拡散性光ファイバ束は、  
透光性外被、及び  
それぞれが複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する、前記透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバであって、前記透光性外被の長さに沿って、該複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないよう延びる複数本の光拡散性光ファイバ、  
を備え、

前記光拡散性光ファイバ束の一端が、前記ポリマー光ファイバの一端に挿入される態様で、前記ポリマー光ファイバに連結されている、  
ことを特徴とするファイバアセンブリ。

【請求項 2】

前記複数本の光拡散性光ファイバの内の少なくとも 1 本の端部に取り付けられたカップリングファイバをさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の ファイバアセンブリ。

【請求項 3】

( i ) 前記透光性外被がポリマーで形成される、及び / または  
( ii ) 前記透光性外被が散乱剤または蛍光体を含むか、あるいは散乱剤及び蛍光体のいずれも含む、及び / または

(iii) 前記複数本の光拡散性光ファイバが12本から80本の光拡散性光ファイバを含む、

ことを特徴とする請求項1または2に記載のファイバアセンブリ。

【請求項4】

(i) 前記複数本の光拡散性光ファイバの内の少なくとも1本が150  $\mu\text{m}$ より小さい半径を有する、及び/または

(ii) 前記ガラスコアが90  $\mu\text{m}$ の半径を有する、  
ことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のファイバアセンブリ。

【請求項5】

照明システムにおいて、  
光を放射するための光源、  
前記放射された光の少なくとも一部が光拡散性光ファイバ束に入るように前記光源に光結合された、光拡散性光ファイバ束、及び  
前記光拡散性光ファイバ束と連結されたポリマー光ファイバ、  
を備え、

前記光拡散性光ファイバ束が、  
透光性外被、及び  
それぞれが複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する、前記透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバであって、前記透光性外被の長さに沿って、該複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、延びる複数本の光拡散性光ファイバ、  
を含み、

前記光拡散性光ファイバ束の一端が、前記ポリマー光ファイバの一端に挿入される態様で、前記ポリマー光ファイバに連結されている、  
ことを特徴とする照明システム。

【請求項6】

(i) 前記光源と前記光拡散性光ファイバ束の間に配置されたカップリング光学系、及び/または

(ii) 前記光源と前記光拡散性光ファイバ束の間に配置された放物型集光器または円錐型集光器を含むカップリング光学系、  
をさらに備えることを特徴とする請求項5に記載の照明システム。

【請求項7】

(i) 前記光源がランベルト型光源を含む、及び/または  
(ii) 前記照明システムが前記光源に光結合された複数の光拡散性光ファイバ束を含む、及び/または

(iii) 前記光源が発光ダイオードを含み、前記光源が形状を有し、前記照明システムが、前記光源に光結合された複数の光拡散性光ファイバ束であって、前記光源の前記形状に一致するように一括光拡散性光ファイバ束として配置された複数の光拡散性光ファイバ束を含み、前記形状は円形または正方形であることが好ましい、  
ことを特徴とする請求項5または6に記載の照明システム。

【請求項8】

光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法において、  
前記光拡散性光ファイバ束であって、  
透光性外被、及び  
それぞれが複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する、前記透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバであり、前記透光性外被の長さに沿って、該複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、延びる複数本の光拡散性光ファイバ、  
を備える光拡散性光ファイバ束を提供する工程、

前記ポリマー光ファイバを提供する工程、  
前記ポリマー光ファイバの挿入端を軟化させる工程、及び  
前記光拡散性光ファイバ束の一端を前記ポリマー光ファイバの前記軟化した挿入端に挿

10

20

30

40

50

入し、よって前記光拡散性光ファイバ束を前記ポリマー光ファイバに取り付ける工程、  
を有してなることを特徴とする方法。

【請求項 9】

互いに連結された光拡散性光ファイバ束とポリマー光ファイバとを含むファイバアセンブリであって、

前記光拡散性光ファイバ束は、

透光性外被、及び

それぞれがガラスコア及び複数のナノサイズ空孔を含む、前記透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバであって、前記透光性外被の長さに沿って延びる複数本の光拡散性光ファイバ

を備え、

前記光拡散性光ファイバ束の一端が、前記ポリマー光ファイバの一端に挿入される態様で、前記ポリマー光ファイバに連結されている、

ことを特徴とするファイバアセンブリ。

【請求項 10】

前記透光性外被がポリマーで形成され、前記透光性外被が散乱剤を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の ファイバアセンブリ。

【請求項 11】

照明システムにおいて、

光を放射するための光源、

前記放射された光の少なくとも一部が 前記光拡散性光ファイバ束 に入るように前記光源に光結合された、請求項 9 または 10 に記載の ファイバアセンブリ、及び

前記光源と前記光拡散性光ファイバ束の間に配置されたカップリング光学系、  
を含むことを特徴とする照明システム。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

【0001】

本出願は、2013 年 1 月 11 日に提出された米国仮特許出願第 61/751437 号及び 2013 年 2 月 1 日に提出された米国仮特許出願第 61/759637 号及び 2013 年 3 月 14 日に提出された米国特許出願第 13/826980 号の米国特許法第 119 条の下の特許優先権の恩恵を主張する。本明細書は上記仮特許出願及び特許出願の明細書の内容に依存し、これらの明細書の内容はそれぞれの全体が本明細書に参照として含まれる。

【技術分野】

【0002】

本明細書は全般には光ファイバ束に関し、さらに詳しくは、光拡散性光ファイバ束、光拡散性光ファイバ束を含む照明システム及び光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法に関する。

【背景技術】

【0003】

光ファイバは、光が光源から目標領域に送られる、広範な用途に用いられる。例えば、照明用途、標識用途、生物学的用途、等のような、いくつかの用途において、光拡散性光ファイバを通して伝搬する光がファイバの長さに沿って径方向に外向きに散乱され、よってファイバ長に沿う目標領域を照明するように、光拡散性光ファイバを用いることができる。

【0004】

光拡散性光ファイバは、発光ダイオード (LED) 光源のような、ランベルト放射パターンで光を放射する光源 (例えば、ランベルトの余弦法則にしたがう放射パターンをもって光を放射する光源) に結合することができる。ランベルト放射パターンで光を放射する光源に光拡散性光ファイバが結合される場合に、光拡散性光ファイバは放射される光を高

10

20

30

40

50

効率で取り込むことが望ましいであろう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、放射される光を高効率で取り込む別の光拡散性光ファイバ束、光拡散性光ファイバ束を含む照明システム及び光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施形態にしたがえば、光拡散性光ファイバ束は透光性外被及び、透光性外被内に配置された、複数本の光拡散性光ファイバを有する。複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれは複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する。複数本の光拡散性光ファイバは、複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、透光性外被の長さに沿って延びる。

【0007】

別の実施形態において、照明システムは光を放射するための光源及び光源に光結合された光拡散性光ファイバ束を備える。放射された光の少なくとも一部が光拡散性光ファイバ束に入る。光拡散性光ファイバ束は透光性外被及び、透光性外被内に配置された、複数本の光拡散性光ファイバを有する。複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれは複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する。複数本の光拡散性光ファイバは、複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、透光性外被の長さに沿って延びる。

【0008】

また別の実施形態において、光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法は光拡散性光ファイバ束を提供する工程を含む。光拡散性光ファイバ束は透光性外被及び、透光性外被内に配置された、複数本の光拡散性光ファイバを有する。複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれは複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する。複数本の光拡散性光ファイバは、複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、透光性外被の長さに沿って延びる。方法はさらに、ポリマー光ファイバを提供する工程、ポリマー光ファイバの挿入端を軟化させる工程及び、光拡散性光ファイバ束の端部をポリマー光ファイバの軟化した挿入端に挿入し、よって光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける工程を含む。

【0009】

本明細書に説明される実施形態のさらなる特徴及び利点は以下の詳細な説明に述べられ、ある程度は、当業者にはその説明から容易に明らかであろうし、あるいは、以下の詳細な説明及び特許請求の範囲を、また添付図面も、含む本明細書に説明される実施形態を実施することによって認められるであろう。

【0010】

上記の全般的説明及び以下の詳細な説明のいずれもが様々な実施形態を説明し、特許請求される主題の本質及び特質を理解するための概要または枠組みの提供が目的とされていることは当然である。添付図面は、様々な実施形態のさらに深い理解を提供するために含まれ、本明細書に組み入れられて本明細書の一部をなす。図面は本明細書に説明される様々な実施形態を示し、記述とともに、特許請求される主題の原理及び動作の説明に役立つ。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1A】図1Aは、本明細書に示され、説明される、1つ以上の実施形態にしたがう、ファイバのコア部分に複数のナノサイズ空孔を含む光拡散性光ファイバの断面を簡略に示す。

【図1B】図1Bは、本明細書に示され、説明される、1つ以上の実施形態にしたがう、ファイバのコア部分に複数のナノサイズ空孔を含む光拡散性光ファイバの断面を簡略に示す。

【図 1 C】図 1 C は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、ファイバのコア部分に複数のナノサイズ空孔を含む光拡散性光ファイバの断面を簡略に示す。

【図 2】図 2 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、図 1 A の光拡散性光ファイバの屈折率プロファイルを示す。

【図 3】図 3 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、図 1 B の光拡散性光ファイバの屈折率プロファイルを示す。

【図 4】図 4 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、図 1 A の光拡散性光ファイバの相対屈折率プロファイルを示す。

【図 5】図 5 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、光拡散性光ファイバ束を含む照明システムを簡略に示す。

10

【図 6】図 6 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、複数の光拡散性光ファイバ束を含む照明システムを簡略に示す。

【図 7】図 7 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、複数の光拡散性光ファイバ束と光源の間に光学配置されたカップリング光学系を備える照明システムを簡略に示す。

【図 8】図 8 は、本明細書に示され、説明される、1 つ以上の実施形態にしたがう、複数本の光拡散性光ファイバの端部に取り付けられたポリマー光ファイバを備える照明システムを簡略に示す。

【発明を実施するための形態】

20

【0012】

光拡散性光ファイバ束、光拡散性光ファイバ束を含む照明システム及び光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法の、それらの例が添付図面に示される、様々な実施形態をここで詳細に参照する。可能であれば必ず、全図面にわたって同じ参照数字が同じかまたは同様の要素を指して用いられる。図 5 は、透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバを有する光拡散性光ファイバ束に光源が光結合された照明システムを簡略に示す。透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれは複数のナノサイズ空孔を含むガラスコアを有する。複数本の光拡散性光ファイバは、複数本の光拡散性光ファイバが絡み合わないように、透光性外被の長さに沿って延びる。透光性外被内の複数本の光拡散性光ファイバの無絡み合い配置は、絡み合っていないファイバは曲げ中に自由に動き得るから、光拡散性光ファイバ束の曲げ能力を高めることができる。透光性外被内の複数本の光拡散性光ファイバの無絡み合い配置は光拡散性光ファイバ束の可撓性を高めることもできる。光拡散性光ファイバ束、光拡散性光ファイバ束を含む照明システム及び光拡散性光ファイバ束をポリマー光ファイバに取り付ける方法を、添付図面を具体的に参照して、本明細書で一層詳細に説明する。

30

【0013】

本明細書の光拡散性光ファイバを説明するため、以下の用語が本明細書で用いられる。

【0014】

術語「屈折率プロファイル」は、本明細書に用いられるように、屈折率または相対屈折率とファイバの半径の関係である。

40

【0015】

術語「相対屈折率 %」は、本明細書に用いられるように、

【0016】

【数 1】

$$\Delta(r)\% = 100 \times [n(r)^2 - n_{\text{REF}}^2] / 2n(r)^2$$

【0017】

と定義される。ここで、 $n(r)$  は、別途に指定されない限り、半径  $r$  における屈折率である。相対屈折率 % は、別置に指定されない限り、850 nm において定められる。一態様において、基準屈折率  $n_{\text{REF}}$  は 850 nm において 1.452498 のシリカガラスの

50

屈折率である。別の態様において、 $n_{REF}$  は 850 nm におけるクラッド層の最大屈折率である。本明細書に用いられるように、相対屈折率は で表され、その値は、別途に指定されない限り、「%」単位で与えられる。ある領域の屈折率が基準屈折率  $n_{REF}$  より小さい場合、相対屈折率%は負であり、陥没領域または陥没屈折率を有すると称され、最小相対屈折率は、別途に指定されない限り、相対屈折率が最も負である点において計算される。ある領域の屈折率が基準屈折率  $n_{REF}$  より大きい場合、相対屈折率%は正であり、その領域は隆起しているまたは正屈折率を有するということができる。

#### 【0018】

術語「アップドーパント」は、本明細書に用いられるように、ガラスの屈折率を純粋なアンドープ  $SiO_2$  に対して高めるドーパントを指す。術語「ダウンドーパント」は、本明細書に用いられるように、ガラスの屈折率を純粋なアンドープ  $SiO_2$  に対して低める性質を有するドーパントを指す。アップドーパントは、アップドーパントではない1つ以上の他のドーパントがともなう場合、光ファイバの負の相対屈折率を有する領域内に存在することができる。同様に、アップドーパントではない1つ以上の他のドーパントが光ファイバの正の相対屈折率を有する領域内に存在することができる。ダウンドーパントは、ダウンドーパントではない1つ以上の他のドーパントがともなう場合、光ファイバの正の相対屈折率を有する領域内に存在することができる。同様に、ダウンドーパントではない1つ以上の他のドーパントが光ファイバの負の相対屈折率を有する領域内に存在することができる。

#### 【0019】

術語「プロファイル」または「アルファプロファイル」は、本明細書に用いられるように、%を単位とする  $(r)$  で表される、相対屈折率プロファイルを指し、ここで  $r$  は半径であり、式：

#### 【0020】

#### 【数2】

$$\Delta(r) = \Delta(r_0)(1 - [r - r_0] / (r_1 - r_0))^a)$$

#### 【0021】

にしたがう。ここで、 $r_0$  は  $(r)$  が最大になる点であり、 $r_1$  は  $(r)\%$  が0になる点であって、 $r$  は、上の の定義域、 $r_i \leq r \leq r_f$ 、内にあり、 $r_i$  は プロファイルの始点、 $r_f$  は プロファイルの終点であり、 $a$  は実数の指数である。

#### 【0022】

術語「放物型」は、本明細書に用いられるように、コア内の1つ以上の点において 値が2.0から若干変わり得る、実質的に放物形状の相対屈折率プロファイルを含み、また小さな変動及び/または中心ディップをもつプロファイルも含む。いくつかの実施形態例において、 $a$  は、850 nmで測定して、1.5より大きくて2.5より小さく、さらに好ましくは1.7より大きくて2.3より小さく、さらに一層好ましくは1.8より大きくて2.3より小さい。他の実施形態において、屈折率プロファイルの1つ以上のセグメントは、 $a$  値が、850 nmで測定して、8より大きく、さらに好ましくは10より大きく、さらに一層好ましくは20より大きい、実質的にステップ型の屈折率形状を有する。

#### 【0023】

術語「ナノサイズ空孔」は、本明細書に用いられるように、断面直径が50 nmから2  $\mu m$ の空孔を表す。

#### 【0024】

術語「ナノ構造化領域」は、本明細書に用いられるように、ファイバの断面内に多数の(例えば、50より多い)ナノサイズ空孔を含むファイバの領域または区域を表す。

#### 【0025】

術語「透光性外被」は、本明細書に用いられるように、外被の少なくとも一部の厚さを通して光を透過させることができる透明または半透明の外被を表す。

#### 【0026】

10

20

30

40

50

図1Aをここで参照すれば、光拡散性光ファイバ100の一実施形態が簡略に示されている。光拡散性光ファイバ100は一般に、ナノ構造化リング106を含むコア領域102及びクラッド層108を有する。図1Aに示される実施形態において、コア領域102はシリカベースガラスで形成され、屈折率 $n$ を有する。コア領域102は光拡散性光ファイバ100の中心線から半径 $R_{oc}$ まで広がる。いくつかの実施形態において、コア領域102の半径 $R_{oc}$ は $10\mu\text{m}$   $R_{oc}$   $600\mu\text{m}$ であるようにとることができる。いくつかの実施形態において、コア領域102の半径 $R_{oc}$ は $30\mu\text{m}$   $R_{oc}$   $400\mu\text{m}$ であるようにとることができる。いくつかの実施形態において、コア領域102の半径 $R_{oc}$ は $125\mu\text{m}$   $R_{oc}$   $300\mu\text{m}$ であるようにとることができる。いくつかの実施形態において、コア領域102の半径 $R_{oc}$ は $50\mu\text{m}$   $R_{oc}$   $200\mu\text{m}$ であるようにとることができる。いくつかの実施形態において、コア領域102の半径 $R_{oc}$ は約 $90\mu\text{m}$ にとることができる。

10

#### 【0027】

いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ100のコア領域102は、コアの屈折率プロファイルが放物型の（または実質的に放物型の）形状を有するような、分布屈折率コアである。例えば、いくつかの実施形態において、コア領域102の屈折率プロファイルは、値が、 $850\text{nm}$ で測定して、約2、好ましくは1.8と2.3の間の、形状を有する。別の実施形態において、コア領域102の屈折率プロファイルの1つ以上のセグメントは、値が、 $850\text{nm}$ で測定して、8より大きく、さらに好ましくは10より大きく、さらに一層好ましくは20より大きい、ステップ型屈折率形状を有する。いくつかの実施形態において、コア領域の屈折率は中心ディップを有し、コアの最大屈折率及び光ファイバ全体の最大屈折率は光拡散性光ファイバ100の長軸105から少し外れた所にある。しかし、別の実施形態において、コア領域102の屈折率に中心ディップはなく、コア領域102の最大屈折率及び光拡散性光ファイバ全体の最大屈折率は中心線上にある。

20

#### 【0028】

コア領域のナノ構造化リング106はシリカベースガラスで形成され、一般に複数のナノサイズ空孔を含む。いくつかの実施形態において、ナノ構造化リング106の幅 $W$ は $0.1R_{oc}$   $W$   $R_{oc}$ であることが好ましい。いくつかの実施形態において、ナノ構造化リング106の幅 $W$ は約 $5\mu\text{m}$ から約 $240\mu\text{m}$ の間である。

30

#### 【0029】

ナノサイズ空孔107は光拡散性光ファイバ100のコア領域102内を伝搬している光を、光がコア領域102から径方向に外側に向けられ、よって光拡散性光ファイバ及び光拡散性光ファイバを囲む空間を照明するように、散乱させるために用いられる。

#### 【0030】

ナノ構造化リング106内に含まれるナノサイズ空孔107は一般に約 $50\text{nm}$ から約 $2\mu\text{m}$ の直径を有する。本明細書に説明されるいくつかの実施形態において、ナノサイズ空孔107は約 $0.5\text{mm}$ から約 $1\text{m}$ の長さを有する。

#### 【0031】

ナノサイズ空孔107はガラスを含んでいないという意味において空孔である。しかし、本明細書に説明される実施形態において、ファイバがそれから線引きされる光ファイバプリフォームの形成中に空孔内に導入される気体で空孔を満たすことができる。例えば、ナノサイズ空孔107は、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{Kr}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ またはこれらの混合気で満たすことができる。あるいは、ナノサイズ空孔107はいかなる気体も実質的に含まないようにとることができる。しかし、いずれの気体の有無にかかわらず、ナノ構造化リング106の平均屈折率 $n_2$ は、ナノサイズ空孔の存在により、シリカガラスに対して低められる。

40

#### 【0032】

本明細書に説明される実施形態において、ナノ構造化リング106は、散乱誘起減衰損の所望の増大を達成するため、コア領域102内の異なる位置に配置することができる。

50

図 1 A に示される光拡散性光ファイバ 100 の実施形態を参照すれば、ナノ構造化リング 106 はコア領域 102 内に配置されている。詳しくは、この実施形態において、コア領域 102 は、複数のナノサイズ空孔 107 を含むナノ構造化リング 106 で隔てられた、内コア領域 103 及び外コア領域 104 を有する。ナノ構造化リング 106 は内コア領域 103 を囲んで内コア領域 103 及び外コア領域 104 のいずれとも直接に接触している。内コア領域 103 はシリカベースガラスで形成されて屈折率  $n_1$  を有することができる。外コア領域 104 もシリカベースガラスで形成されて屈折率  $n_3$  を有することができる。一般に、内コア領域 103 の屈折率  $n_1$  及び外コア領域 104 の屈折率  $n_3$  はナノ構造化リング 106 の屈折率  $n_2$  より大きい。

#### 【0033】

いくつかの実施形態において、内コア領域 103 は、 $0.1 R_{OC} - R_{IC} - 0.9 R_{OC}$  の範囲にある半径  $R_{IC}$  を有する。いくつかの実施形態において、内コア領域 103 は、 $0.1 R_{OC} - R_{IC} - 0.6 R_{OC}$  の範囲にある半径  $R_{IC}$  を有する。

#### 【0034】

図 1 A をまだ参照すれば、光拡散性光ファイバ 100 はさらに、コア領域 102 を囲んでコア領域 102 に直接に接触する、クラッド層 108 を有することができる。クラッド層 108 は、光拡散性光ファイバ 100 の開口数 (NA) を大きくするために、低屈折率を有する材料で形成することができる。例えば、ファイバの開口数は約 0.3 より大きく、さらに好ましくは約 0.4 より大きくすることができる。一実施形態において、クラッド層 108 は、UV 硬化性または熱硬化性のフルオロアクリレートまたはシリコンのような、低屈折率高分子材料で形成することができる。別の実施形態において、クラッド層 108 は、例えばフッ素のような、ダウンドーパントで下げドープされたシリカガラスで形成することができる。クラッド層 108 は一般に、コア領域 102 の屈折率より小さい、さらに詳しくは、内コア領域 103 の屈折率  $n_1$  及び外コア領域 104 の屈折率  $n_3$  より小さい、屈折率  $n_4$  を有する。いくつかの実施形態において、クラッド層 108 の屈折率  $n_4$  はナノ構造化リング 106 の屈折率  $n_2$  よりも小さくすることができる。特定の実施形態の 1 つにおいて、クラッド層 108 は、シリカガラスに対する相対屈折率が負である低屈折率ポリマークラッド層である。例えば、クラッド層の相対屈折率は約 -0.5% より小さく、さらに一層好ましくは -1% より小さく、することができる。

#### 【0035】

クラッド層 108 は一般にコア領域 102 の外半径  $R_{OC}$  から半径  $R_{CL}$  まで広がる。いくつかの実施形態において、クラッド層 108 の半径方向幅 (すなわち、 $R_{CL} - R_{OC}$ ) は約  $10 \mu m$  より大きい。いくつかの実施形態において、クラッド層 108 の半径方向幅 (すなわち、 $R_{CL} - R_{OC}$ ) は約  $15 \mu m$  より大きい。

#### 【0036】

図 1 A 及び 2 を参照すれば、図 2 は図 1 A の光拡散性光ファイバ 100 の屈折率プロファイルをグラフで示す。図 2 に示されるように、内コア領域 103 の屈折率  $n_1$  及び内外コア領域 104 の屈折率  $n_3$  はナノ構造化リング 106 の屈折率  $n_2$  より大きい。例えば、図 1 A に示される実施形態において、内コア領域 103 及び外コア領域 104 は、内コア領域 103 の屈折率  $n_1$  及び外コア領域 104 の屈折率  $n_3$  がナノ構造化リング 106 のアンドープシリカガラスの屈折率より大きくなるように、Ge, Al, P または同様のアップドープメントのような、ドーパントを含むシリカベースガラスで形成することができる。さらに、この例においては、図 2 に示される屈折率プロファイルに表されるように、内コア領域 103 及び外コア領域 104 に用いられるドーパントの相対量及び / またはタイプを異ならせて、 $n_1 > n_3$  となるようにすることができる。さらに、ナノ構造化リング 106 は、ナノ構造化リングの屈折率  $n_2$  が内コア領域 103 または外コア領域 104 のいずれの屈折率よりも有意に小さくなるように下げドープしたシリカガラスで形成することができる。本例の屈折率プロファイルでは、 $n_1 > n_3 > n_2 > n_4$  である。しかし、内コア領域及び外コア領域がナノ構造化リングより大きな屈折率を有し、大きな開口数をもつ光拡散性光ファイバの開口数を容易に大きくするためにクラッド層の屈折率がコア

10

20

30

40

50



領域の屈折率より小さくなっている限り、他のプロファイルも可能であり得ることは当然である。

#### 【 0 0 3 7 】

例えば、内コア領域 1 0 3 , 外コア領域 1 0 4 及びナノ構造化リング 1 0 6 は本明細書においてドーパントを含むとして説明されているが、 $n_1$  及び  $n_3$  が  $n_2$  より大きくなっている限り、これらの領域の 1 つ以上をドーパント無しで形成できることは当然である。例えば、一実施形態において、内コア領域 1 0 3 及び外コア領域 1 0 4 はドーパント無しで形成することができ、ナノ構造化リング 1 0 6 が下げドーブされる。あるいは、内コア領域 1 0 3 及び外コア領域 1 0 4 は上げドーブすることができ、ナノ構造化リング 1 0 6 はドーパント無しで形成される。

10

#### 【 0 0 3 8 】

次に図 1 A , 2 及び 4 を参照すれば、図 1 A に示される光拡散性光ファイバのコア領域及びクラッド層領域の一例の相対屈折率プロファイルがグラフで表されている。基準屈折率  $n_{REF}$  はクラッド層 1 0 8 の屈折率である。この実施形態において、内コア領域 1 0 3 は、この実施形態においては一定である、最大屈折率  $n_1$  に対応する相対屈折率プロファイル 1 を有する。ナノ構造化リング 1 0 6 は、最小屈折率  $n_2$  , 相対屈折率プロファイル 2 (r) , 最大相対屈折率  $2_{MAX}$  , 及び最少相対屈折率  $2_{MIN}$  を有する。外コア領域 1 0 4 は、最大相対屈折率  $3_{MAX}$  が、この実施形態においては一定である、最大屈折率  $n_3$  に対応する相対屈折率プロファイル 3 (r) を有する。この実施形態において、クラッド層 1 0 8 は、この実施形態においては一定である、屈折率  $n_4$  に対応する相対屈折率プロファイル 4 (r) を有する。この実施形態において、それぞれの領域の屈折率には以下の関係、 $n_1 > n_3 > n_2 > n_4$  がある。

20

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 A を再び参照すれば、光拡散性光ファイバ 1 0 0 は、必要に応じて、クラッド層 1 0 8 を囲んでクラッド層 1 0 8 に直接に接触する、被覆層 1 1 0 を有することができる。例えば、一実施形態において、被覆層 1 1 0 は低弾性率一次被覆層及び、低弾性率一次被覆層を囲む、高弾性率二次被覆層を含む。いくつかの実施形態において、被覆層 1 1 0 はアクリレートベースまたはシリコンベースのポリマーのようなポリマー被覆を含む。少なくともいくつかの実施形態において、被覆層 1 1 0 は光拡散性光ファイバの長さに沿って一定の直径を有する。

30

#### 【 0 0 4 0 】

いくつかの実施形態において、被覆層 1 1 0 は、コア領域 1 0 2 から径方向に放射されてクラッド層 1 0 8 を通過した光の分布及び / または性質を強めるために用いることができる。例えば、いくつかの実施形態において、被覆層 1 1 0 は被覆層 1 1 0 の最外表面上に散乱性材料を有することができる。散乱性材料は、光拡散性光ファイバ 1 0 0 のコア領域 1 0 2 から散乱された光の角度分布を規定する、 $TiO_2$  ベース白色インクを含むことができる。例えば、いくつかの実施形態において、インク層は約  $1 \mu m$  から約  $5 \mu m$  の厚さを有することができる。別の実施形態において、インク層の厚さ及び / またはインク層内の顔料の濃度は、大角度（すなわち、約  $15^\circ$  より大きい角度）で光拡散性光ファイバ 1 0 0 から散乱される光の強度により一様な変化を与えるように、ファイバの軸長に沿って変化させることができる。

40

#### 【 0 0 4 1 】

あるいは、またはさらに、被覆層 1 1 0 はコア領域 1 0 2 から散乱された光をより長波長の光に変換する蛍光材料を含むことができる。いくつかの実施形態において、そのような蛍光材料をもつ光拡散性光ファイバ 1 0 0 を、例えば  $405 nm$  U V L E D または  $445 nm$  U V L E D のような、U V 光源に結合することによって白色光を光拡散性光ファイバから放射することができる。コア領域 1 0 2 から散乱された光源からの U V 光は、光拡散性光ファイバ 1 0 0 から白色光が放射されるように、被覆層内の材料に蛍光発光させる。

#### 【 0 0 4 2 】

50

図1B及び3を次に参照すれば、別の実施形態において、光拡散性光ファイバ120は、上述したような、ナノ構造化リング106を含むコア領域102，クラッド層108及び被覆層110を有する。しかし、この実施形態において、ナノ構造化リング106は、クラッド層108がナノ構造化リング106を囲んで、ナノ構造化リングに直接に接触しているような、コア領域102の最外領域である。ナノ構造化リング106は複数のナノサイズ空孔を含む。さらに、この実施形態において、コア領域102は、上述したように、ステップ型屈折率プロファイルを有することができ、あるいは、値が例えば約1.8以上で約2.3以下の、分布屈折率プロファイルを有することができる。この実施形態においては、図3に示されるように、コア領域の屈折率 $n_1$ は一般にクラッド層108の屈折率 $n_4$ より大きく、続いてクラッド層108の屈折率 $n_4$ はナノ構造化リング106の屈折率 $n_2$ より大きく、よって $n_1 > n_4 > n_2$ である。

10

#### 【0043】

図1Cを次に参照すれば、別の実施形態において、光拡散性光ファイバ130は、図1A及び1Bに関して上述したように、コア領域102，クラッド層108及び被覆層110を有する。しかし、この実施形態においては、全コア領域102がナノ構造化されるように、コア領域102の全体がナノサイズ空孔107を含む。この実施形態において、コア領域102は、上述したように、ステップ型屈折率プロファイルを有することができ、あるいは、値が例えば約1.8以上で約2.3以下の、分布屈折率プロファイルを有することができる。

#### 【0044】

20

図5を次に参照すれば、放射された光の少なくとも一部が光拡散性光ファイバ束500に入るように、光源550に光結合された光拡散性光ファイバ束500を含む照明システムの一実施形態が簡略に示されている。光拡散性光ファイバ束500は透光性外被502及び、透光性外被502内に配置された、複数本の光拡散性光ファイバ100を有する。複数本の光拡散性光ファイバ100は、複数本の光拡散性光ファイバ100が絡み合わないよう、透光性外被502の長さに沿って延びる。いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ100は「ルースチューブ」構成で透光性外被502内に延びることができる。いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれの長軸は透光性外被502の長さに沿う与えられた場所において相互に実質的に平行である。いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ100のそれぞれの透光性外被502内に独立配置される。本明細書に用いられるように、「独立配置」は隣接する別の光透過性光ファイバに結合または接合されていない光拡散性光ファイバを表す。光拡散性光ファイバ100は透光性外被502の長さに沿って絡み合っていないから、光拡散性光ファイバ束500は、光拡散性光ファイバ100が透光性外被502内で絡み合っている場合よりも、可撓性が高くなることができ、容易に曲がり得る。例えば、いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ100が絡み合っていない光拡散性光ファイバ束500は、光拡散性光ファイバが絡み合っている光拡散性光ファイバ束の最小曲げ半径より小さい最小曲げ半径を有する。さらに、透光性外被502で絡み合うことがない光拡散性光ファイバ100は透光性外被502の長さに沿う高められた放射特性を規定することができる。

30

40

#### 【0045】

図5をまだ参照すれば、透光性外被502は複数本の光拡散性光ファイバ100を囲包する。いくつかの実施形態において、透光性外被502はポリマーで形成される。例えば、透光性外被502は、ポリ塩化ビニル、透明化ポリプロピレンまたはポリカーボネートで形成することができる。別の実施形態において、透光性外被502は別の透光性ポリマーで形成することができる。いくつかの実施形態において、透光性外被502は、散乱剤または蛍光体を、あるいは散乱剤及び蛍光体のいずれも、含むことができる。いくつかの実施形態において、透光性外被502は非吸光性材料で形成することができる。

#### 【0046】

図5に示される実施形態において、光拡散性光ファイバ束500は円形束である。しか

50

し、別の実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 は、光拡散性光ファイバ束 500 がリボンスタック、リボン、等である実施形態におけるように、非円形とすることができることは当然である。いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 は、光源 550 と光拡散性光ファイバ束 500 の間の結合効率を高めるため、光源 550 の形状に合わせて構成される。例えば、光源 550 が正方形につくられていれば、光拡散性光ファイバ束 500 の断面が正方形になるように光拡散性光ファイバ束 500 を構成することができる。同様に、光源 550 が円形であれば、図 5 に示されるように、光拡散性光ファイバ束 500 を円形束とすることができる。しかし、別の実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 が光源 550 とは異なる形状をとり得ることは当然である。

【0047】

10

図 5 に示される光拡散性光ファイバ束 500 は 12 本の光拡散性光ファイバ 100 を含む。いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 は、それぞれが約 250  $\mu\text{m}$  から約 300  $\mu\text{m}$  の直径を有する、12 本の光拡散性光ファイバ 100 を含むことができる。12 本の光拡散性光ファイバ 100 を含む実施形態は標準の製造プロセスを用いて透光性外被 502 内に封入することができる。いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 は、光拡散性光ファイバ束 500 が 12 本から 80 本のファイバを含んでいる実施形態におけるように、12 本より多いかまたは少ない光拡散性光ファイバ 100 を含むことができる。別の実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 は 12 本より少ないファイバまたは 80 本より多いファイバを含むことができる。

【0048】

20

いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ 100 は、光拡散性光ファイバ束 500 と光源 550 の間の結合効率を高めるため、透光性外被 502 の端部から突き出ることができる。別の実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ 100 の内の少なくとも 1 本は、光拡散性光ファイバ 100 の光源 550 に最も近い端部が光源 550 から放射された光の光拡散性光ファイバ 100 のコア内への結合効率を高めるために剥き出しにされている実施形態におけるように、光拡散性光ファイバ 100 の光源 550 に近い端部はクラッド層 108 及び/または被覆層 110 を有していないことがあり得る。

【0049】

図 5 をまだ参照すれば、いくつかの実施形態において、光が光源 550 からカップリングファイバ 510 を通って光拡散性光ファイバ 100 内に伝搬するように、カップリングファイバ 510 の第 1 の端部 510a を複数本の光拡散性光ファイバ 100 の内の少なくとも 1 本の端部に取り付けることができ、カップリングファイバ 510 の第 2 の端部 510b を光源 550 の近くに配置することができる。いくつかの実施形態において、カップリングファイバ 510 は光伝導ファイバまたはポリマー光ファイバとすることができる。いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの端部をカップリングファイバの第 1 の端部に結合させ、カップリングファイバの第 2 の端部を光源 550 の近くでまとめ合わせて、光源 550 からの、カップリングファイバを通して複数本の光拡散性光ファイバ 100 内に伝送される、光を取り込むことができる。

【0050】

30

図 5 をまだ参照すれば、光源 550 はランベルト型光源である。例えば、いくつかの実施形態において、光源 550 は少なくとも 1 つの LED を含む。別の実施形態において、光源 550 は、コリメート化光源（例えば、レーザ、ランプ、等）によって照明された反射性表面のような、LED 以外のランベルト型光源とすることができる。いくつかの実施形態において、光源 550 は、光源 550 がレーザダイオード、等である実施形態におけるように、ランベルト型ではない光源とすることができる。

【0051】

40

図 6 を次に参照すれば、光源 550 に光結合された複数の光拡散型光ファイバ束 500 を含む照明システムの一実施形態が簡略に示されている。図 6 に示されるように、複数の光拡散型光ファイバ束 500 のそれぞれは光源 550 に、放射された光の少なくとも一部が複数の光拡散型光ファイバ束 500 に入るように、光結合される。

50

## 【 0 0 5 2 】

いくつかの実施形態において、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 は、光源 5 5 0 と複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の間の結合効率を高めるため、光源の形状に合わせて配置することができる。例えば、光源 5 5 0 が円形である実施形態では、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 を円形配置で構成することができる。同様に、光源 5 5 0 が正方形である実施形態では、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 を正方形配置で構成することができる。複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 は、円形構成、リボンスタック構成、リボン構成、等を含む、様々な構成で配置することができる。

## 【 0 0 5 3 】

図 6 に示されるように、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 を光源 5 5 0 に結合することにより、光源 5 5 0 から放射された光を、単一の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 が用いられた場合よりも大きな率で、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 により伝送することができる。

10

## 【 0 0 5 4 】

図 7 を次に参照すれば、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 と光源 5 5 0 の間に光学配置されたカップリング光学系 5 7 0 を含む照明システムの一実施形態が簡略に示されている。カップリング光学系 5 7 0 は光源 5 5 0 から放射された光を複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の内の 1 つ以上の方向に集束することができる。いくつかの実施形態において、カップリング光学系 5 7 0 は放物型集光器を含むことができる。いくつかの実施形態において、カップリング光学系 5 7 0 は円錐型集光器を含むことができる。図 7 に示される実施形態は複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の方向に光を集束しているカップリング光学系 5 7 0 を含んでいるが、別の実施形態においては、カップリング光学系 5 7 0 が単一の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の方向に光源 5 5 0 からの光を集束できることは当然である。

20

## 【 0 0 5 5 】

図 7 に示されるように、光源 5 5 0 と複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の間にカップリング光学系 5 7 0 が光学配置されている照明システムでは、カップリング光学系 5 7 0 を含んでいない照明システムより大きな割合で、光源 5 5 0 によって放射された光を複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 によって取り込むことができる。

## 【 0 0 5 6 】

30

図 8 を次に参照すれば、光源 5 5 0 及び、複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 の端部に取り付けられた、ポリマー光ファイバ 5 9 0 を含む照明システムが簡略に示されている。複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 は第 1 の端部 1 0 2 a を有する第 1 の光拡散性光ファイバ 1 0 0 a 及び第 1 の端部 1 0 2 b を有する第 2 の光拡散性光ファイバ 1 0 0 b を含む。ポリマー光ファイバ 5 9 0 は第 1 の光拡散性光ファイバ 1 0 0 a の第 1 の端部 1 0 2 a 及び第 2 の光拡散性光ファイバ 1 0 0 b の第 1 の端部 1 0 2 b に取り付けられる。

## 【 0 0 5 7 】

図 8 をまだ参照すれば、いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 5 9 0 は光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 のそれぞれの端部に取り付けることができる。別の実施形態において、ポリマー光ファイバ 5 9 0 は光拡散性光ファイバ束 5 0 0 の複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 の内の少なくとも 1 本の端部には取り付けられない。

40

## 【 0 0 5 8 】

さらに、図 8 に示される実施形態においては複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 がポリマー光ファイバ 5 9 0 に挿入されているが、別の実施形態において、ポリマー光ファイバ 5 9 0 は、複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 に突き当てるかまたは複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 から隔てることできる。

## 【 0 0 5 9 】

さらに、いくつかの実施形態において、それぞれが複数本の光拡散性光ファイバ 1 0 0 を含む、複数の光拡散性光ファイバ束 5 0 0 をポリマー光ファイバ 5 9 0 に取り付けこ

50

とができる。例えば、複数の光拡散性光ファイバ束 500 のそれぞれの複数の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの端部を束ね合わせて、光源 550 に光結合される、一括束にすることができる。複数の光拡散性光ファイバ束 500 のそれぞれの複数の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの端部が束ね合わされて一括束になっている実施形態においては、複数の光拡散性光ファイバ 100 の端部がクラッド層 108 及び / または被覆層 110 を有していないことがあり得る。

#### 【0060】

図 8 に示されるように、光拡散性光ファイバ束 500 の端部をポリマー光ファイバ 590 に結合することにより、ポリマー光ファイバ 590 は光源 550 から放射された光を集めて、この光を光拡散性光ファイバ束 500 の複数の光拡散性光ファイバ 100 に有効

10

#### 【0061】

いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 の直径は複数の光拡散性光ファイバ 100 の直径と実質的に一致する。別の実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 の直径は複数の光拡散性光ファイバ 100 の直径より大きくするかまたは小さくすることができる。いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 はポリメチルメタクリレート (PMMA) で形成される。しかし、別の実施形態においてポリマー光ファイバ 590 が、パーフルオロ化ポリマー (例えば、ポリパーフルオロブテニルビニルエーテル) のような、PMMA 以外のポリマーで形成され得ることは当然である。いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 はフッ素化ポリマークラッド層を有す

20

#### 【0062】

光拡散性光ファイバ束 500 は様々な手段で図 8 のポリマー光ファイバ 590 に取り付けることができる。例えば、一実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 及びポリマー光ファイバ 590 が提供される。ポリマー光ファイバ 590 の挿入端が軟化される。次いで、光拡散性光ファイバ束 500 の一端がポリマー光ファイバ 590 の軟化した挿入端に挿入され、よって、ポリマー光ファイバ 590 を冷却すると、光拡散性光ファイバ束 500 がポリマー光ファイバ 590 に取り付けられる。いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 はポリマー光ファイバを加熱することによって軟化される。ポリマー光ファイバ 590 は約 150 から約 280 の範囲の温度に加熱される。例えば、いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 はポリマー光ファイバ 590 を 200 より高い温度で数秒間加熱することによって軟化される。いくつかの実施形態において、付着促進剤が光拡散性光ファイバ束 500 の端部及びポリマー光ファイバ 590 の挿入端の少なくとも一方に施される。例えば、付着促進剤が光拡散性光ファイバ束 500 に施される実施形態において、付着促進剤は、トリアルコキシシラン、トリアリールオキシシランまたはアリールオキシ - アルコキシシランのような、シランを含むことができる。しかし、付着促進剤が光拡散性光ファイバ束 500 に施される実施形態において、付着促進剤がチタン酸塩またはジルコン酸塩である実施形態におけるように、付着促進剤がシランではない場合もあることは当然である。

30

#### 【0063】

いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 に挿入される光拡散性光ファイバ束 500 の端部が透光性外被 502 を有していないことがあり得る。さらに、いくつかの実施形態において、ポリマー光ファイバ 590 に挿入される複数の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの端部はクラッド層 108 及び / または被覆層 110 を有していないことがあり得る。例えば、いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ束 500 の端部から透光性外被 502 を除去することができ、複数の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの端部からクラッド層 108 及び / または被覆層 110 を剥き取ることができ、複数の光拡散性光ファイバ 100 のそれぞれの剥き出しにされた端部を押し束ねてポリマー光ファイバ 590 の挿入端に挿入することができる。

40

#### 【0064】

50

いくつかの実施形態において、それぞれが複数本の光拡散性光ファイバ１００を含む、複数の光拡散性光ファイバ束５００をポリマー光ファイバ５９０に取り付けることができる。例えば、複数の光拡散性光ファイバ束５００のそれぞれの複数本の光拡散性光ファイバ１００の端部を束ね合わせて一括束にすることができる。複数の光拡散性光ファイバ束５００のそれぞれの複数本の光拡散性光ファイバ１００の端部が束ね合わされて一括束になっているいくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ１００の端部は、ポリマー光ファイバ５９０への挿入の前に複数本の光拡散性光ファイバ１００のそれぞれの端部からクラッド層１０８及び／被覆層１１０が剥き取られている場合のように、クラッド層１０８及び／または被覆層１１０を有していないことがあり得る。

#### 【００６５】

いくつかの実施形態において、複数本の光拡散性光ファイバ１００と光源５５０の結合効率を高めるため、光拡散性光ファイバ束５００の端部にポリマー端を形成することができる。例えば、光拡散性光ファイバ束５００の端部を光拡散性光ファイバ束５００の端部より大きな金型内に挿入することができ、液体重合性材料を金型に流し込むことができ、液体重合性材料を固化させて光拡散性光ファイバ束５００の端部にポリマー端を形成することができる。いくつかの実施形態において、ポリマー端は、ＵＶ硬化、熱硬化、等によって固化させることができる。別の実施形態において、ポリマー端は、光拡散性光ファイバ束５００の端部を囲む金型内に熱可塑性ポリマーを射出成形することによって光拡散性光ファイバ束５００の端部に形成することができる。いくつかの実施形態において、光拡散性光ファイバ束５００の端部にポリマー端を形成する前に、光拡散性光ファイバ束５０

#### 【００６６】

本明細書に説明されるような、透光性外被内に配置された複数本の絡み合っていない光拡散性光ファイバを含む光拡散性光ファイバ束は、光拡散性光ファイバ束の曲げ能力を高め得ること、光拡散性光ファイバ束の可撓性を高め得ること、及び／または光拡散性光ファイバ束の放射特性を高め得ることが、今では了解されるはずである。さらに、本明細書に説明されるように、ランベルト型光源に結合された光拡散性光ファイバ束は、ランベルト型光源から放射された光を効率的に取り込むことができる。本明細書に説明されるように、ファイバまたはファイバ束に光結合される光源の形状に配置された、単一の光拡散性光ファイバ束内の複数本の光拡散性光ファイバまたは複数の光拡散性光ファイバ束は、光源とファイバまたはファイバ束の間の結合効率を高めることができる。さらに、本明細書に説明されるように、カップリング光学系が光源と光拡散性光ファイバ束の間に光学配置されている照明システムは放射された光を効率的に取り込むことができる。最後に、本明細書に説明されるように、複数本の光拡散性光ファイバが光源に光結合されたポリマー光ファイバに取り付けられている光拡散性光ファイバ束は、放射された光をポリマー光ファイバを通して複数本の光拡散性光ファイバに効率的に導き入れることができ、よって光拡散性光ファイバ束による光取込みを強化することができる。

#### 【００６７】

すなわち、少なくともいくつかの実施形態にしたがえば、光拡散性光ファイバ束は（i）透光性外被及び（ii）透光性外被内に配置された複数本の光拡散性光ファイバを含み、複数本の光拡散性光ファイバのそれぞれはガラスコア及び複数のナノサイズ空孔を有し、複数本の光拡散性光ファイバは透光性外被の長さに沿って延びる。透光性外被はポリマーで形成することができ、好ましくはポリマー内に埋め込まれているかまたは透光性外被の外表面上に配されている、散乱剤を含むことができる。いくつかの実施形態にしたがえば、照明システムは本明細書に説明される光拡散性光ファイバ束に結合される光を放射するための光源を、放射された光の少なくとも一部が光拡散性光ファイバ束に入るように、有することができる。光源と光拡散性光ファイバ束の間にカップリング光学系を配置するこ

10

20

30

40

50

とができる。光拡散性光ファイバ束の端部にポリマー光ファイバを取り付けることもできる。照明システムは光源に光結合された複数の光拡散性光ファイバ束を含むこともできる。例えば、光源は発光ダイオードまたはレーザを含むことができる。例えば、光源は形状（例えば、円形状または正方形形状）を有し、複数の光拡散性光ファイバ束は、光源の形状に一致するように、一括光拡散性光ファイバ束として配置される。

#### 【0068】

用語「実質的に」または「約」は、いかなる量的な比較、値、測定またはその他の表現にも帰因させ得る、本質的な不確定性の程度を表すために本明細書に用いられ得ることに注意されたい。これらの用語は、量的表現を、当該の主題の基本機能に変化を生じさせずに、言明された基準から変え得る程度を表すためにも用いられる。

10

#### 【0069】

本明細書に説明される実施形態に、特許請求される主題の精神及び範囲を逸脱することなく、様々な改変及び変形がなされ得ることが当業者には明らかであろう。したがって、本明細書に説明される様々な実施形態の改変及び変形が添付される特許請求項及びそれらの等価形態の範囲内に入れば、本明細書はそのような改変及び変形を包含するとされる。

#### 【符号の説明】

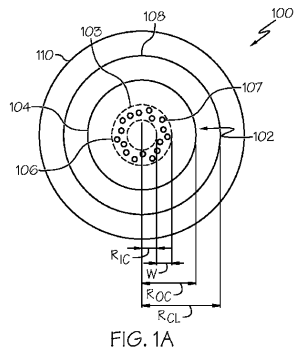
#### 【0070】

- 100, 120, 130 光拡散性光ファイバ
- 102 コア領域
- 103 内コア領域
- 104 外コア領域
- 106 ナノ構造化リング
- 107 ナノサイズ空孔
- 108 クラッド層
- 110 被覆層
- 500 光拡散性光ファイバ束
- 502 透光性外被
- 510 カップリングファイバ
- 550 光源
- 570 カップリング光学系
- 590 ポリマー光ファイバ

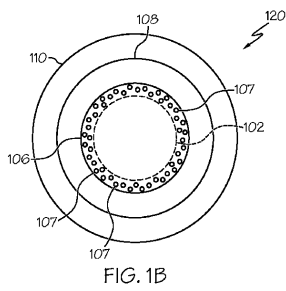
20

30

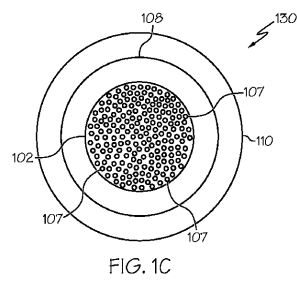
【図 1 A】



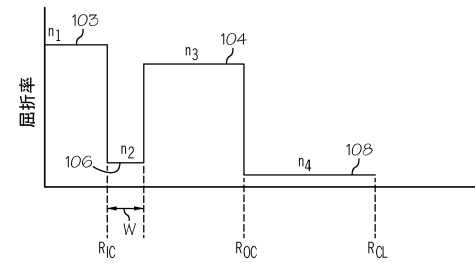
【図 1 B】



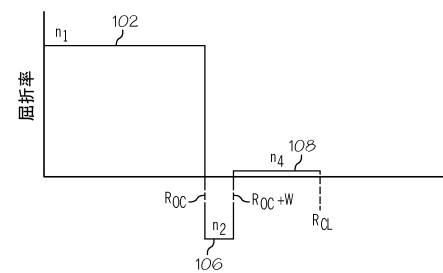
【図 1 C】



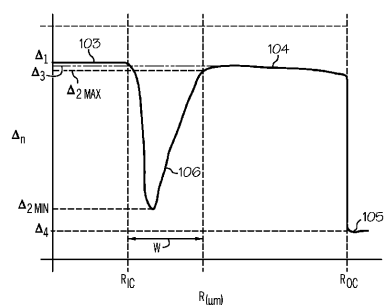
【図 2】



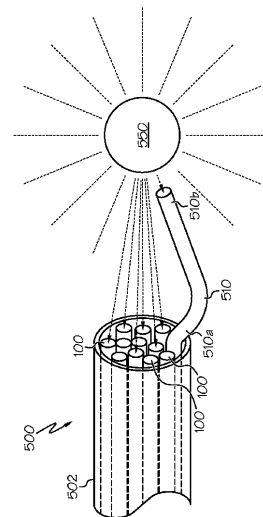
【図 3】



【図 4】

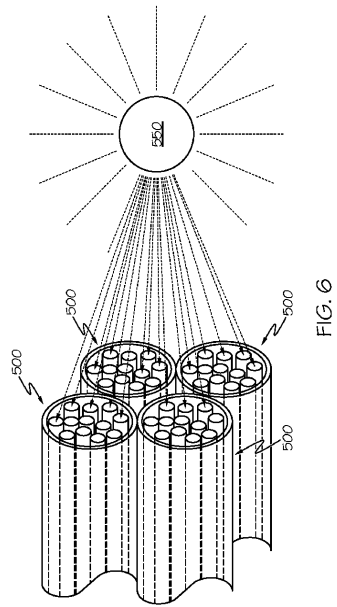


【図 5】

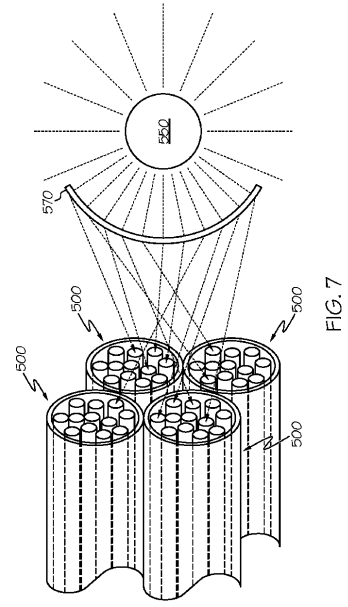




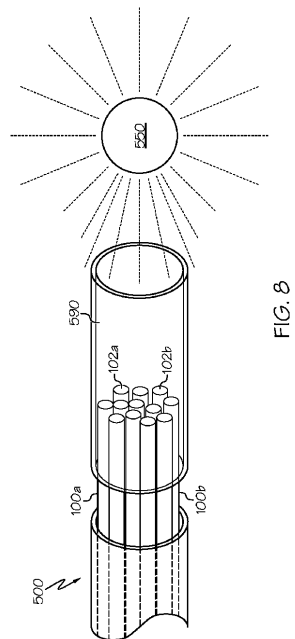
【図 6】



【図 7】



【図 8】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<b>G 0 2 B</b>	<b>6/04</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B	6/032 Z
			G 0 2 B	6/036
			G 0 2 B	6/04 F
			G 0 2 B	6/04 A

(31)優先権主張番号 13/826,980

(32)優先日 平成25年3月14日(2013.3.14)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 フュークス, エドワード ジョン  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング フォレスト ヒル ドライヴ 2 7  
 1 7

(72)発明者 ログノフ, ステファン 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 バインウッド サークル 2 7 8 0

(72)発明者 チャギ, ヴィニート  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 9 0 3 エルマイラ ハイツ ランスロット ドライヴ  
 1 4 9

審査官 檀本 英吾

(56)参考文献 特開2001-108843(JP, A)  
 国際公開第2011/063214(WO, A1)  
 特表2002-521713(JP, A)  
 特表2009-522605(JP, A)  
 特開2006-085972(JP, A)  
 米国特許第04297000(US, A)  
 特開平09-178946(JP, A)  
 国際公開第2010/001589(WO, A1)  
 特開2010-218980(JP, A)  
 特開平06-102439(JP, A)  
 特開平08-262241(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 6 / 0 0  
 G 0 2 B 6 / 0 2  
 G 0 2 B 6 / 0 2 4 - 6 / 0 3 6  
 G 0 2 B 6 / 2 4 5 - 6 / 2 5  
 G 0 2 B 6 / 4 4 - 6 / 5 4