

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-124514  
(P2018-124514A)

(43) 公開日 平成30年8月9日(2018.8.9)

(51) Int.Cl.		F 1				テーマコード (参考)
<b>G 0 2 B</b>	<b>6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B	6/00	3 2 6	2 H 0 3 8
<b>B 0 1 J</b>	<b>35/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 0 1 J	35/02	J	4 G 1 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-18882 (P2017-18882)  
(22) 出願日 平成29年2月3日 (2017.2.3)

(71) 出願人 504133110  
国立大学法人電気通信大学  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1

(74) 代理人 100107766  
弁理士 伊東 忠重

(74) 代理人 100070150  
弁理士 伊東 忠彦

(72) 発明者 古川 怜  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内

Fターム(参考) 2H038 AA61 BA08 BA42  
4G169 AA03 BA22A BA48A CD10 DA06  
EA06 EC29

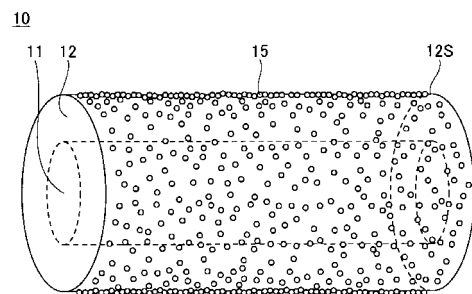
(54) 【発明の名称】 光導波路及びその製造方法、リアクター、光導波路用プリフォーム、光導波路用中空管

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光触媒粒子が剥離し難い光導波路を提供すること。

【解決手段】 光導波路10は、コア11と、コアの周囲を覆う、ポリマー製のクラッド12と、クラッドに添加された複数の光触媒粒子15と、を有し、複数の光触媒粒子の一部がクラッドの外壁面12Sから部分的に露出している。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

コアと、  
前記コアの周囲を覆う、ポリマー製のクラッドと、  
前記クラッドに添加された複数の光触媒粒子と、を有し、  
複数の前記光触媒粒子の一部が前記クラッドの外壁面から部分的に露出している光導波路。

**【請求項 2】**

前記光触媒粒子は、前記クラッドの内壁面側から外壁面側に近づくにつれ、濃度が上昇するように添加されている請求項 1 に記載の光導波路。

10

**【請求項 3】**

前記光触媒粒子は、前記クラッドの内壁面側から外壁面側に近づくにつれ、連続的に濃度が上昇するように添加されている請求項 2 に記載の光導波路。

**【請求項 4】**

前記コアには、前記コアを伝播する光に励起されて前記光触媒粒子の励起光を発する蛍光色素が分散されている請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載の光導波路。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の光導波路と、  
光源からの光を前記コアに入射させる結合光学系と、を有するリアクター。

**【請求項 6】**

光導波路のコアとなる柱体と、  
前記柱体の周囲を覆う、前記光導波路のクラッドとなるポリマー製の中空管と、  
前記中空管に添加された複数の光触媒粒子と、を有し、  
複数の前記光触媒粒子の一部が前記中空管の外壁面から部分的に露出している光導波路用プリフォーム。

20

**【請求項 7】**

光導波路のクラッドとなるポリマー製の光導波路用中空管であって、  
複数の光触媒粒子が添加されており、  
複数の前記光触媒粒子の一部が外壁面から部分的に露出している光導波路用中空管。

**【請求項 8】**

円筒状の容器内にクラッドの原料母材にあたる液状のモノマーを注入し、前記モノマーに光触媒粒子を添加する工程と、  
前記容器の中心軸を中心として前記容器を回転させながら前記モノマーを重合し、中心部に空洞を有するポリマー製の中空管を形成する工程と、  
前記空洞を充填するようにコアの原料母材にあたる液状のモノマーを注入し、前記モノマーを重合してポリマー製の柱体を形成し、前記柱体及び前記中空管を備えたプリフォームを作製する工程と、  
前記プリフォームを線引きして光導波路を作製する工程と、を有し、  
前記中空管を形成する工程、前記プリフォームを線引きする工程の少なくとも一方において、複数の前記光触媒粒子の一部が前記中空管の外壁面から部分的に露出する光導波路の製造方法。

30

40

**【請求項 9】**

前記中空管を形成する工程では、前記モノマーが所定の転化率になった後に回転を開始する請求項 8 に記載の光導波路の製造方法。

**【請求項 10】**

前記中空管を形成する工程では、回転の遠心力によって前記光触媒粒子が前記中空管の内壁面側から外壁面側に近づくにつれ、濃度が上昇するように分布する請求項 8 又は 9 に記載の光導波路の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、光導波路及びその製造方法、リアクター、光導波路用プリフォーム、光導波路用中空管に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

酸化チタン等の光触媒は、その強い酸化力により表面の付着物を分解することができるため、例えば、窓ガラス等の直接の光励起が可能な（直接紫外光の照射が受けられる）対象物の表面にコーティングした構成で使用される。

## 【 0 0 0 3 】

一方、懸濁液の深部や湾曲した配管内部等、直接的に光を照射できない箇所において光触媒の洗浄及び殺菌作用を発揮させることを目的とし、光ファイバーの外壁面（側面）に光触媒粒子を塗布し、光ファイバーの外壁面からの漏光により光触媒粒子を光励起する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）

10

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 3 4 9 3 7 3 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 5 】

しかしながら、上記の技術では、石英により光ファイバーを形成し、石英からなる光ファイバーの外壁面に酸化チタン等の光触媒粒子を事後的に塗布しているため、光触媒粒子の剥離が懸念される。

20

## 【 0 0 0 6 】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、光触媒粒子が剥離し難い光導波路を提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 7 】

本光導波路は、コアと、前記コアの周囲を覆う、ポリマー製のクラッドと、前記クラッドに添加された複数の光触媒粒子と、を有し、複数の前記光触媒粒子の一部が前記クラッドの外壁面から部分的に露出していることを要件とする。

30

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 8 】

開示の技術によれば、光触媒粒子が剥離し難い光導波路を提供できる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーを例示す斜視図である。

【 図 2 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーのクラッド外壁面近傍を例示する部分拡大断面図である。

【 図 3 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーの半径方向の屈折率分布を例示する図である。

40

【 図 4 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーの製造工程を例示する図（その 1 ）である。

【 図 5 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーの製造工程を例示する図（その 2 ）である。

【 図 6 】 第 1 の実施の形態に係る光ファイバーを用いたリアクターを例示す模式図である。

【 図 7 】 従来の光ファイバーのクラッド外壁面近傍を例示する部分拡大断面図である。

【 図 8 】 第 2 の実施の形態に係る光ファイバーを例示す斜視図である。

【 図 9 】 第 2 の実施の形態に係る光ファイバーを例示す断面図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0010】**

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

**【0011】****第1の実施の形態**

第1の実施の形態では、本発明に係る光導波路の一例として、光ファイバーを示す。

**【0012】****[光ファイバー]**

図1は、第1の実施の形態に係る光ファイバーを例示す斜視図である。図2は、第1の実施の形態に係る光ファイバーのクラッド外壁面近傍を例示する部分拡大断面図であり、光ファイバーを長手方向に垂直な平面で切断した断面の一部を示している。

10

**【0013】**

図1及び図2を参照するに、光ファイバー10は、コア11と、コア11の周囲を覆うクラッド12とを備えている。コア11及びクラッド12の材料としては、例えば、ポリマー（アクリル系樹脂、フッ素系樹脂等）を用いることができる。光ファイバー10の直径（クラッド12の外径）は、例えば、0.3mm～2.0mm程度とすることができる。コア11の直径は、例えば、0.1mm～1.0mm程度とすることができる。なお、光ファイバー10の直径が0.3mm以上であれば現在の技術で加工が可能であり、光ファイバー10の直径が2.0mm以下であれば柔軟性が確保できる。

20

**【0014】**

クラッド12には、複数の光触媒粒子15が添加されている。光触媒粒子15は、クラッド12の内壁面側（コア11との界面側）から外壁面12s側に近づくにつれ、濃度が上昇するように添加されている。これにより、クラッド12の内壁面側から外壁面12s側に向かって（クラッド12の半径方向に）屈折率が高くなる屈折率分布を持たせることができる。光触媒粒子15は、例えば、クラッド12の内壁面側から外壁面12s側に近づくにつれ、連続的に濃度が上昇するように添加することができる。

**【0015】**

複数の光触媒粒子15の一部がクラッド12の外壁面12sから部分的に露出（又は突出）している。

30

**【0016】**

ところで、光ファイバー10の品質のバラツキ（例えば、コア11を完全な真円にすることはできない）や光ファイバー10の曲げ等により、伝搬モードが光ファイバー10の長さあたり頻繁に変化する。このような原因により、コア11を伝播する光の一部がコア11とクラッド12との界面に供給され、この光がクラッド12へ漏出する。

**【0017】**

コア11を伝播する光の一部がクラッド12に漏出すると、クラッド12の内壁面側から外壁面12s側に向かって屈折率が高くなる屈折率分布により、クラッド12への漏光はクラッド12の外壁面12sへ向けて導光される。クラッド12の外壁面12sへ向けて導光されたクラッド12への漏光は、クラッド12の外壁面12sから露出する光触媒粒子15に達し、光触媒粒子15を励起することができる。

40

**【0018】**

光触媒粒子15は、強い酸化力を有しており、光（例えば、紫外光）を照射することにより励起されて表面の付着物を分解する機能を有している。すなわち、光触媒粒子15に励起光を照射すると、表面から電子が飛び出して正孔が形成され、光触媒粒子15はプラスの電荷を帯びる。正孔は強い酸化力を持つため、光触媒粒子15の表面に付着した付着物（有機物等）から電子を奪う。電子を奪われた付着物は結合を分断され、二酸化炭素や水等となる。

**【0019】**

従って、クラッド12内の漏光により光触媒粒子15が励起されると、光触媒粒子15

50

は表面の付着物を分解し、洗浄及び殺菌することができる。光触媒粒子 15 としては、例えば、酸化チタン、酸化タンゲステン、酸化亜鉛等を用いることができるが、高い光触媒機能を有する酸化チタンを用いることが好ましい。光触媒粒子 15 としてアナターゼ型の酸化チタン粒子を用いる場合には、粒径が数十 nm 以上のものを、なるべく凝集を解いた状態でポリマーに分散させることが好ましい。

【0020】

なお、光触媒粒子 15 の屈折率は一般にポリマーの屈折率よりも高いため、光ファイバー 10 における屈折率の大小関係は、クラッド 12 (光触媒粒子 15 添加前) < コア 11 < 光触媒粒子 15 となっている。

【0021】

光触媒粒子 15 はクラッド 12 の内壁面側から外壁面 12 s 側に近づくにつれ、濃度が上昇するようにクラッド 12 に分布しているため、コア 11 及びクラッド 12 (光触媒粒子 15 添加後) の半径方向の屈折率分布は、例えば、図 3 に示すようになる。

【0022】

図 3 において、光ファイバー 10 が導波路として機能するためには、クラッド 12 の内壁面側 (コア 11 側) の屈折率は、コア 11 の屈折率よりも低くしなければならない。一方、図 3 において、クラッド 12 の外壁面側の屈折率はコア 11 の屈折率よりも高くなっているが、これは一例であり、クラッド 12 の外壁面側の屈折率とコア 11 の屈折率との関係は任意に設定して構わない。

【0023】

[光ファイバーの製造方法]

図 4 及び図 5 は、第 1 の実施の形態に係る光ファイバーの製造工程を例示する図である。まず、モノマー 120 A に重合開始剤及び連鎖移動剤を混合し、クラッド 12 の原料母材にあたるモノマー 120 A の溶液を調製する。モノマー 120 A としては、例えば、メタクリル酸メチル、2, 2, 2 - トリフルオロエチルメタクリレート、アモルファスフッ素系モノマー等を用いることができる。重合開始剤としては、例えば、過酸化ベンゾイル等を用いることができる。連鎖移動剤としては、例えば、n - ブチルメルカプタンや n - ラウリルメルカプタン等を用いることができる。

【0024】

なお、モノマーは、プラスチックの前駆体の液体又は気体のことであり、光ファイバーの原料となるモノマーの場合、一般的に常温で液体である。又、重合開始剤及び連鎖移動剤は、分子量の制御を目的として添加するもので、重合温度や熱延伸条件等を考慮して好適なものを選定し、重合前のモノマーの溶液に分散させる。重合開始剤及び連鎖移動剤は一般的に粉体や液体であり、分散させる量はモノマー全体からすると微量である。

【0025】

モノマー 120 A の溶液を調製後、図 4 (a) に示すように、上端側が開放されたガラス等からなる円筒状の容器 200 を準備し、容器 200 を洗浄後、容器 200 内にモノマー 120 A の溶液を適量注入し、更にモノマー 120 A に光触媒粒子 15 を添加する。具体的には、以下の第 1 段階及び第 2 段階を実行する。なお、容器 200 の大きさは、必要に応じて適宜決定できるが、例えば、直径が数 cm、長さが数十 cm 程度とすることができる。

【0026】

第 1 段階としては、後工程で作製される中空管 120 を試験管のように一方の端部が閉じている形状にするため、容器 200 を略垂直に立てた状態で少量のモノマー 120 A の溶液を容器 200 に充填し、加熱して重合させ、中空管 120 の底部を作製する。

【0027】

その後、第 2 段階としては、中空管 120 の底部が作製された容器 200 を略垂直に立てた状態で、モノマー 120 A の溶液を容器 200 に更に充填し、モノマー 120 A の溶液に光触媒粒子 15 を添加する。この時点で、容器 200 内には、モノマー 120 A、重合開始剤、連鎖移動剤、及び光触媒粒子 15 が混合した溶液ができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 8 】

なお、光触媒粒子 15 としては、例えば、酸化チタン等を用いることができる。又、光触媒粒子 15 の濃度は、必要に応じて適宜調整できるが、例えば、モノマー 120 A の全重量に対して 0.05 重量%程度とすることができる。

## 【 0 0 2 9 】

次に、容器 200 の入り口をゴム栓などで封止し、熱重合を進める。熱重合時に与える熱量は、選定した重合開始剤や連鎖移動剤の種類や添加量に応じて適宜調整できるが、例えば、70~90 程度とすることが一般的である。熱重合時の加熱方法についても、適宜選択できるが、例えば、容器 200 全体を湯浴や油浴内に浸して行うことができる。

## 【 0 0 3 0 】

図 4 ( a ) の状態で熱重合を進めると、モノマー 120 A の転化率が徐々に高くなるので、モノマー 120 A が所定の転化率になるまで待機する。なお、転化率とは、容器 200 内に注入したモノマー 120 A のうち、ポリマーに転化したモノマーの割合であり、モノマー 120 A の転化率が高くなるほど、モノマー 120 A の粘度が高くなる。例えば、容器 200 内に注入した重合系全体のうち、モノマー 120 A の重量比が 5%程度になったときに、次の工程に移行することができる。

## 【 0 0 3 1 】

次に、モノマー 120 A が所定の転化率になった後（すなわち、モノマー 120 A が所定の粘度になった後）、図 4 ( b ) に示すように、70 程度の加熱環境下で容器 200 の中心軸 O を中心として容器 200 を矢印方向に回転させる。容器 200 の回転は、例えば、容器 200 の中心軸 O とモータ（図示せず）の軸とが一直線上になるように、ゴム等からなるスペーサ（図示せず）を介して容器 200 をモータと連結し、モータを回転させることで実現できる。なお、回転は湯浴や油浴内で行うことが困難であるため、70 程度の空気環境に容器 200 を回転駆動可能な装置ごとに入れて行うことが好ましい。

## 【 0 0 3 2 】

回転の遠心力によって、モノマー 120 A は容器 200 の内壁面側に集まりながら徐々に重合してポリマーとなり、中心部に円柱状の空洞 120 x を有するポリマー製の中空管 120 が形成される。なお、中空管 120 は、光ファイバー 10 のクラッド 12 となる部分である。

## 【 0 0 3 3 】

又、回転の遠心力によって光触媒粒子 15 が容器 200 の内壁面側に向かって移動するため、光触媒粒子 15 は、中空管 120 の内壁面側から外壁面側に近づくにつれ、濃度が上昇するように分布する。光触媒粒子 15 は、例えば、中空管 120 の内壁面側から外壁面側に近づくにつれ、連続的に濃度が上昇するように添加される。中空管 120 に添加された光触媒粒子 15 の一部は、中空管 120 の外壁面から露出する。但し、この工程で光触媒粒子 15 を中空管 120 の外壁面から十分に露出することができない場合には、後述の線引き工程において露出させてもよい。

## 【 0 0 3 4 】

その後、中空管 120 を容器 200 から取り出す。なお、中空管 120 には底面が形成されているため、容器 200 から取り出した後でも、空洞 120 x にモノマー等を注入することが可能である。

## 【 0 0 3 5 】

次に、図 5 ( a ) に示すように、例えば界面ゲル重合法を用いて、中空管 120 の空洞 120 x を充填するようにポリマー製の柱体 110 を形成し、柱体 110 及び中空管 120 を備えたプリフォーム 100 を完成させる。なお、柱体 110 は、光ファイバー 10 のコア 11 となる部分である。

## 【 0 0 3 6 】

具体的には、まず、コア 11 の原料母材にあたる液状のモノマーに重合開始剤及び連鎖移動剤を混合した溶液を調製する。コア 11 の原料母材にあたるモノマーとしては、例えば、メタクリル酸メチル、2,2,2-トリフルオロエチルメタクリレート、アモルファ

10

20

30

40

50

スフッ素系モノマー等を用いることができる。重合開始剤としては、例えば、過酸化ベンゾイル等を用いることができる。連鎖移動剤としては、例えば、*n*-ブチルメルカプタンや*n*-ラウリルメルカプタン等を用いることができる。

#### 【0037】

次に、中空管120の空洞120xに、コア11の原料母材にあたる液状のモノマーを注入し、中空管120の周辺より加熱を行って重合反応を起こさせる。重合反応の初期段階で中空管120の内壁面との界面に膨潤相が形成され、膨潤相内でゲル効果が誘発されて中空管120の内壁面側からポリマーが析出を開始する。

#### 【0038】

重合反応の進行に伴い、ポリマーが空洞120xの中心側に向けて順次形成される。重合反応が終了すると、中空管120を充填するポリマー製の略円柱状の柱体110が形成され、プリフォーム100が完成する。

#### 【0039】

次に、図5(b)に示すように、プリフォーム100を線引き(熱延伸)して光ファイバー10を作製する。具体的には、加熱炉等によりプリフォーム100を300程度に加熱し軟化させる。そして、線引装置等を用いてプリフォーム100を細く長く引き伸ばす。これにより、プリフォーム100内に作られた屈折率分布を維持した状態で、光ファイバー10を作製することができる。この工程により、中空管120の外壁面から露出する光触媒粒子15の表面積が増加する。

#### 【0040】

##### [リアクター]

図6は、第1の実施の形態に係る光ファイバーを用いたリアクターを例示す模式図である。図6を参照するに、リアクター1は、光ファイバー10と、光源20と、結合光学系30とを有している。

#### 【0041】

光源20は、光ファイバー10のコア11に入射し、光ファイバー10に添加された光触媒粒子15を励起される光を発する任意の光源を用いることができる。光源20は、光ファイバー10に添加された光触媒粒子15を直接励起される励起光を発する光源でもよいし、後述の第2の実施の形態に示すように、蛍光色素等を励起して光触媒粒子15の励起光を発生される光源であってもよい。

#### 【0042】

光触媒粒子15として例えば酸化チタンを用いる場合には、紫外光により励起できるため、光源20としては、例えば、紫外光を出射可能なレーザやLED(Light Emitting Diode)、紫外線ランプ等を用いることができる。或いは、光源20として、蛍光色素等を励起して光触媒粒子15の励起光となる紫外光を発生されるレーザやLED等(紫外光よりも短波長の光を出射可能な光源)を用いることができる。

#### 【0043】

結合光学系30は、光源20の出射光を効率よく光ファイバー10のコア11の端部に入射させる機能を有している。結合光学系30としては、例えば、コリメータレンズや集光レンズ等を用いることができる。結合光学系30は、複数の光学素子を組み合わせた構成であってもよい。

#### 【0044】

但し、光源20や結合光学系30は、必要に応じて設ければよく、例えば、太陽光を光源として使い、光ファイバー10単体で、或いは光ファイバー10と結合光学系30で、リアクターとして機能させることも可能である。

#### 【0045】

リアクター1は、光ファイバー10を遮光部に挿入して使用することができる。例えば、リアクター1の光ファイバー10を懸濁液の深部や湾曲した配管内部等の遮光部に挿入し、光源20を点灯する。光源20からの出射光は、結合光学系30を介して光ファイバー10のコア11の端部に入射しコア11内を伝播するが、コア11を伝播する光の一部

10

20

30

40

50

はクラッド 1 2 に漏出する。

【 0 0 4 6 】

クラッド 1 2 に漏出した光は、クラッド 1 2 の半径方向に分布する高屈折率の光触媒粒子 1 5 によりクラッド 1 2 の外壁面 1 2 s へ向けて導光され、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s から露出する光触媒粒子 1 5 に達し、光触媒粒子 1 5 を励起する。クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s から露出する光触媒粒子 1 5 が励起されることにより、光ファイバー 1 0 の周囲の洗浄及び殺菌を行うことができる。

【 0 0 4 7 】

このように、リアクター 1 は、懸濁液の深部や湾曲した配管内部等の直接的に光を照射できない遮光部に光ファイバー 1 0 を挿入し、光触媒粒子 1 5 を励起させることができるため、遮光部内の洗浄及び殺菌を行うことができる。

10

【 0 0 4 8 】

ここで、図 7 を参照しながら、光ファイバー 1 0 の奏する効果について説明する。図 7 は、光触媒粒子を備えた従来の光ファイバーのクラッド外壁面近傍を例示する部分拡大断面図であり、光ファイバーを長手方向に垂直な平面で切断した断面の一部を示している。

【 0 0 4 9 】

図 7 に示す従来の光ファイバーは、クラッド 1 2 の材料として石英を用いている。そして、石英からなるクラッド 1 2 の外壁面 1 2 s の外側に光触媒粒子 1 5 を塗布している。なお、クラッド 1 2 内には、光触媒粒子 1 5 は添加されていない。

【 0 0 5 0 】

そのため、各々の光触媒粒子 1 5 はクラッド 1 2 に埋め込まれた部分がなく、全体がクラッド 1 2 から露出している。この構造では、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s に塗布できる光触媒粒子 1 5 の密度や光ファイバーの構造の設計自由度に限界がある上、光触媒粒子 1 5 が剥離し易いという問題がある。

20

【 0 0 5 1 】

なお、従来の光ファイバーにおいて、コア 1 1 の外壁面に光触媒粒子 1 5 を塗布する場合もあるが、この場合にもクラッド 1 2 の外壁面 1 2 s に光触媒粒子 1 5 を塗布する場合と同様の問題が生じる。

【 0 0 5 2 】

これに対して、本実施の形態に係る光ファイバー 1 0 では、図 2 に示したように、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s の近傍の光触媒粒子 1 5 は、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s から部分的に露出又は突出し、一部がクラッド 1 2 に埋め込まれて強固に固定された状態である。従って、従来の光ファイバーに比べて、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s から光触媒粒子 1 5 を剥離し難くすることができる。

30

【 0 0 5 3 】

又、低弾性の石英とは異なり、ポリマーからなる光ファイバー 1 0 は高弾性であるため、光ファイバーが折れて刺さる等の懸念も石英より少なく、生体内の殺菌及び洗浄へ応用することもできる。すなわち、光ファイバー 1 0 は、懸濁液の深部や湾曲した配管内部等の直接的に光を照射できない遮光部のみでなく、生体内の遮光部（例えば、肛門、血管、食道等の生体内の細い部分）の殺菌及び洗浄を行うことができる。

40

【 0 0 5 4 】

又、光触媒粒子を備えた従来の光ファイバーでは、クラッド 1 2 の外壁面 1 2 s に光触媒粒子 1 5 を塗布する工程が追加となるため、製造コストの上昇に繋がる。一方、光ファイバー 1 0 では、容器 2 0 0 内にクラッド 1 2 の原料母材にあたる液状のモノマー 1 2 0 A を注入する際にモノマー 1 2 0 A に光触媒粒子 1 5 を添加するだけで、実質的な工程追加が不要であるため、製造コストが上昇することもない。

【 0 0 5 5 】

なお、石英を用いた光ファイバーでは、線引きの際に 2 0 0 0 程度に加熱する必要がある。しかし、酸化チタン等の光触媒粒子を 2 0 0 0 程度に加熱すると光触媒粒子としての作用が低下するため、石英を用いた光ファイバーの製造工程では、本発明のように線

50



引き前に光触媒粒子を添加しておくことは困難である。そのため、石英を用いた光ファイバーの製造工程では、必然的に、線引き後の光ファイバーのクラッドの外壁面に光触媒粒子を塗布する工程が必要となる。

【0056】

光ファイバー10では300程度で線引きできるため、線引き工程により酸化チタン等の光触媒粒子の作用が低下することはない。酸化チタンを例にすると、900付近で相転移が起き、光触媒としての活性が低下する。

【0057】

なお、光ファイバー10は、単体で上市されてもよいし、光源20等と組み合わせてリアクター1として上市されてもよい。又、中空管120として上市されてもよいし、プリフォーム100として上市されてもよい。中空管120やプリフォーム100として上市された場合には、中空管120やプリフォーム100の入手者がコア11の原料母材にあたる液状のモノマーの注入や線引きの工程を実行し、光ファイバー10を完成させることができる。

10

【0058】

#### 第2の実施の形態

第2の実施の形態では、本発明に係る光導波路の他の例として、コアに蛍光色素が分散された光ファイバーを示す。なお、第2の実施の形態において、既に説明した実施の形態と同一構成部についての説明は省略する場合がある。

【0059】

図8は、第2の実施の形態に係る光ファイバーを例示す斜視図である。図9は、第2の実施の形態に係る光ファイバーを例示す断面図であり、光ファイバーを中心軸を通る長手方向に平行な平面で切断した断面を示している。

20

【0060】

図8及び図9に示す光ファイバー10Aは、コア11に蛍光色素19が分散されている点が、光ファイバー10(図1等参照)と相違する。蛍光色素19は、例えば、図5(a)に示す工程において、中空管120の中心部の円柱状の空洞に、コア11の原料母材にあたる液状のモノマーを注入する際に、液状のモノマーに添加することができる。

【0061】

蛍光色素19は、コア11に照射された励起光を吸収して励起光よりも長波長の光を発光する。蛍光色素19としては、量子発光効率が高く、耐熱性が高く、経年退色しにくく、母材への相溶性が高いものを用いることが望ましい。蛍光色素19としては、例えば、シアニン誘導体、フタロシアニン誘導体、ローダミン誘導体、ペリレン誘導体、クマリン誘導体、フルオレセイン誘導体、ピラン誘導体、半導体ドット蛍光体、希土類蛍光体等を用いることができる。

30

【0062】

ここで、半導体ドット蛍光体とは、GaAs、CdSe、InP、CuInS/ZnS等を原料とする直径が数nm~数十nm程度の粒子である。又、希土類蛍光体とは、一般的に白色LEDに使用されるEu<sup>2+</sup>、Ce<sup>3+</sup>、Mg<sup>4+</sup>等の発光イオンを有する蛍光体である。

40

【0063】

コア11に入射する波長 $\lambda_1$ の光は、蛍光色素19により吸収され、異なる波長 $\lambda_2$ の光に変換されて放出される。この時、波長 $\lambda_2$ の光は指向性を失うため、波長 $\lambda_2$ の光の一部はクラッド12に漏出する。

【0064】

クラッド12に漏出した波長 $\lambda_2$ の光の全部又は一部はクラッド12の外壁面12sから露出する光触媒粒子15に達し、光触媒粒子15を励起する。クラッド12の外壁面12sから露出する光触媒粒子15が励起されることにより、第1の実施の形態と同様に光ファイバー10Aの周囲の洗浄及び殺菌を行うことができる。なお、波長 $\lambda_2$ の光は、光触媒粒子15を励起できる波長領域(光触媒粒子15が酸化チタンであれば紫外光)でな

50

ければならない。

【 0 0 6 5 】

このように、コア 1 1 に蛍光色素 1 9 を分散させて、光触媒粒子 1 5 を励起する光を積極的にクラッド 1 2 に漏出させてもよい。なお、クラッド 1 2 に漏出した波長  $\lambda_2$  の光は指向性を失っているため、波長  $\lambda_2$  の光の全部又は一部は必然的にクラッド 1 2 の外壁面 1 2 s から露出する光触媒粒子 1 5 に達する。そのため、光ファイバー 1 0 A では、必ずしも、光触媒粒子 1 5 をクラッド 1 2 の内壁面側から外壁面 1 2 s 側に近づくにつれ濃度が上昇するように分布させなくてもよい。

【 0 0 6 6 】

以上、好ましい実施の形態について詳説したが、上述した実施の形態に制限されることはなく、特許請求の範囲に記載された範囲を逸脱することなく、上述した実施の形態に種々の変形及び置換を加えることができる。

10

【 0 0 6 7 】

例えば、本発明に係る光導波路は、必ずしも光ファイバーとする必要はなく、コアとクラッドとを有する任意の形状の導波路構造を用いることができる。例えば、光ファイバーのようなファイバー型光導波路に代えて、スラブ型光導波路を用いてもよい。

【 0 0 6 8 】

又、コアの材料は固体ではなく液体であっても構わない。この場合、コアの材料としては、例えば、イマージョンオイル等を用いることができる。

20

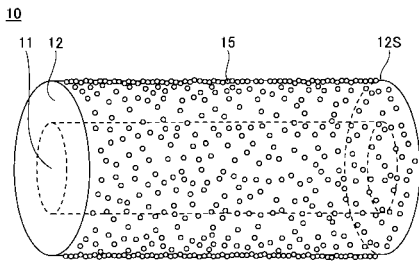
【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

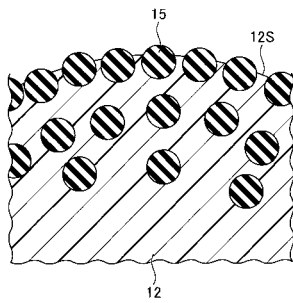
- 1 リアクター
- 1 0、1 0 A 光ファイバー
- 1 1 コア
- 1 2 クラッド
- 1 2 s クラッドの外壁面
- 1 5 光触媒粒子
- 1 9 蛍光色素
- 2 0 光源
- 3 0 結合光学系
- 1 0 0 プリフォーム
- 1 1 0 柱体
- 1 2 0 中空管
- 1 2 0 A モノマー
- 1 2 0 x 空洞
- 2 0 0 容器

30

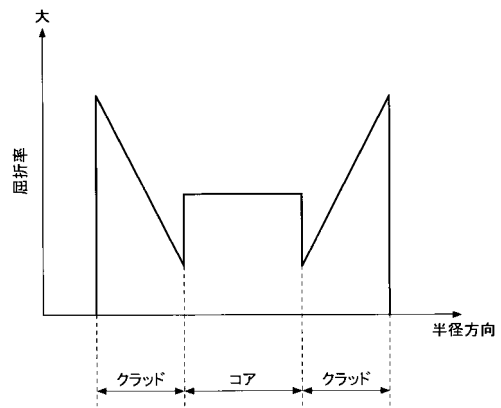
【 図 1 】



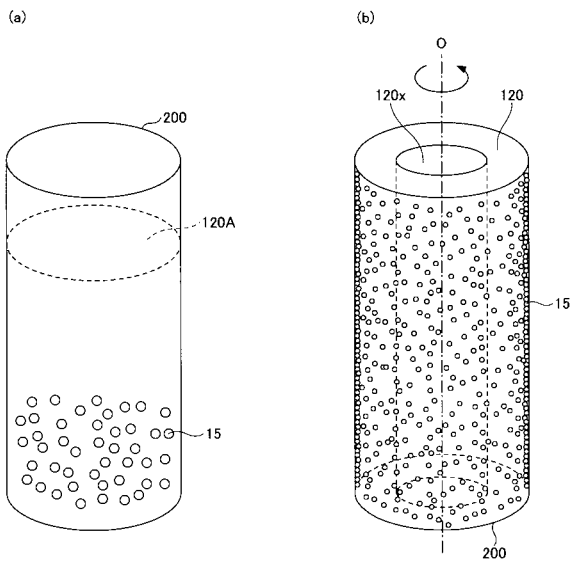
【 図 2 】



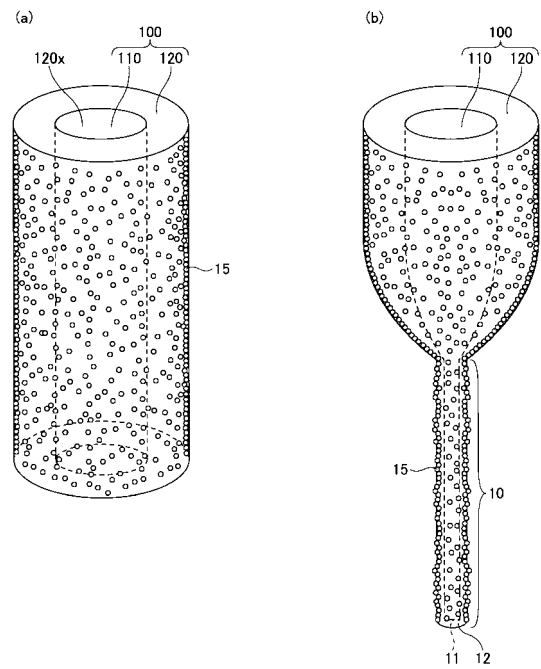
【 図 3 】



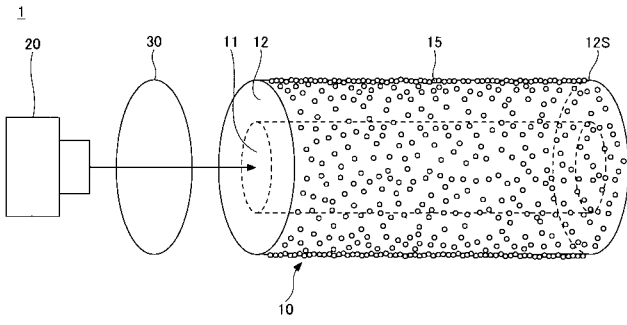
【 図 4 】



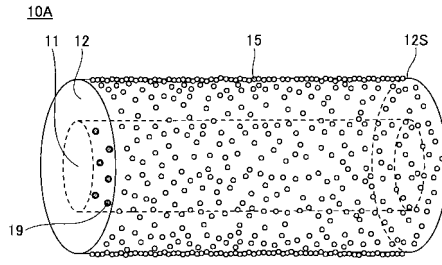
【 図 5 】



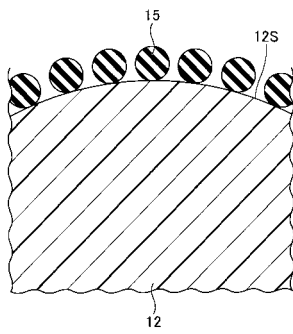
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 7 】



【 図 9 】

