

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5591478号
(P5591478)

(45) 発行日 平成26年9月17日 (2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日 (2014.8.8)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 6/28 (2006.01)	GO2B 6/28 S
GO2B 6/04 (2006.01)	GO2B 6/04

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-56784 (P2009-56784)
 (22) 出願日 平成21年3月10日 (2009.3.10)
 (65) 公開番号 特開2009-258679 (P2009-258679A)
 (43) 公開日 平成21年11月5日 (2009.11.5)
 審査請求日 平成24年2月8日 (2012.2.8)
 (31) 優先権主張番号 12/101,827
 (32) 優先日 平成20年4月11日 (2008.4.11)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500520743
 ザ・ボーイング・カンパニー
 The Boeing Company
 アメリカ合衆国、60606-1596
 イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイ
 ド・プラザ、100
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義敦
 (72) 発明者 エリック・ワイ・チャン
 アメリカ合衆国、98040 ワシントン
 州、マーサー・アイランド、エイティース
 ・プレイス・サウスイースト、7555

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラスチック光ファイバベースの反射スターカブラおよび反射スターカブラの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラスチック光ファイバ (POF) ベースの反射スターカブラ (200) であって、
アルミニウム酸窒化物から製造された、中空の円筒形の保持管 (210) を備え、前記
 保持管は、前記保持管 (210) の前端部 (210A) で複数のプラスチック光ファイバ
 (POF) (201 - 207) を収容するとともに前記保持管 (210) の後端部 (21
 0B) でミキシングロッド (220) を収容するためのものであり、

各 POF の後端部 (201B - 207B) は、前記ミキシングロッド (220) の前面
 (220A) に取付けられ、前記ミキシングロッド (220) の後部凸面 (220D) は
 、研磨され、高反射被膜で被覆されて、凸反射面を形成する、プラスチック光ファイバ (POF) ベースの反射スターカブラ。

【請求項 2】

プラスチック光ファイバ (POF) ベースの反射スターカブラ (200) であって、
 中空の円筒形の保持管 (210) を備え、前記保持管は、前記保持管 (210) の前端
 部 (210A) で複数のプラスチック光ファイバ (POF) (201 - 207) を収容す
 るとともに前記保持管 (210) の後端部 (210B) でミキシングロッド (220) を
 収容するためのものであり、

各 POF の後端部 (201B - 207B) は、前記ミキシングロッド (220) の前面
 (220A) に取付けられ、前記ミキシングロッド (220) の後部凸面 (220D) は
 、研磨され、高反射被膜で被覆されて、凸反射面を形成し、

10

20

前記 POF (201 - 207) および前記ミキシングロッド (220) を取付けられた前記保持管 (210) は、気密封止パッケージに入れられる、プラスチック光ファイバ (POF) ベースの反射スターカブラ。

【請求項 3】

前記保持管 (210) は、アルミニウム酸窒化物から製造される、請求項 2 に記載の反射スターカブラ (200)。

【請求項 4】

前記ミキシングロッド (220) の外径は、前記保持管 (210) の内径に一致する、請求項 1 または 2 に記載の反射スターカブラ (200)。

【請求項 5】

前記ミキシングロッド (220) は、ポリメタクリル酸メチル (PMMA) で作られる、請求項 1 または 2 に記載の反射スターカブラ (200)。

【請求項 6】

前記ミキシングロッド (220) の前記後部面 (220D) にある前記反射被膜は、入力信号を反射する凹面鏡を提供する、請求項 1 または 2 に記載の反射スターカブラ (200)。

【請求項 7】

反射スターカブラ (200) の製造方法であって、

複数のプラスチック光ファイバ (POF) (201 - 207) を、保持管 (210) に挿入するステップと、

研磨された後部凸面 (220D) を有するミキシングロッド (220) を形成し、前記ミキシングロッド (220) の前記後部面を高反射材料で被覆するステップと、

前記保持管 (210) の内部で、各プラスチック光ファイバの後端部 (201B - 207B) に前記ミキシングロッド (220) の前面 (220A) を取付けるステップと、

前記 POF (201 - 207) および前記ミキシングロッド (220) を、前記保持管 (210) の内側にエポキシ樹脂を用いて取付けるステップと、

前記 POF (201 - 207) および前記ミキシングロッド (220) を取付けられた前記保持管 (210) を、気密封止パッケージに入れるステップとを備える、反射スターカブラ (200) の製造方法。

【請求項 8】

前記ミキシングロッド (220) の外径は、前記保持管 (210) の内径に一致する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記保持管 (210) を、アルミニウム酸窒化物から製造するステップをさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

プラスチック光ファイバベースの反射スターカブラ (200)、であって、

中空の円筒形保持管 (210) と、

前記保持管 (210) の前端部 (210A) に詰められ、エポキシ樹脂で該保持管 (210) の内側に取り付けられた複数のプラスチック光ファイバ (POF) (201 - 207)、と

前記保持管 (210) の後端部 (210B) において収容されたミキシングロッド (220) であって、前記ミキシングロッド (220) の外径が前記保持管 (210) の内径に一致し、エポキシ樹脂で該保持管 (210) の内側に取り付けられたミキシングロッド (220) とを有し、

各 POF の後端部 (201B - 207B) が前記ミキシングロッド (220) の前面 (220A) に取り付けられ、

前記ミキシングロッド (220) の後部の凸表面 (220D) が研磨され、高反射被膜で被覆されて、凸反射面を形成し、

前記 POF (201 - 207) および前記ミキシングロッド (220) を取付けられた

10

20

30

40

50

前記保持管（２１０）は、気密封止パッケージに入れられる、反射スターカブラ（２００）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

１．技術分野

この開示は、概して光デバイスに関し、より具体的には光スターカブラに関する。

【背景技術】

【０００２】

２．背景

航空機および宇宙船は、軍用機を含めて、通信、兵器類、および他のシステムのために光ファイバをますます用いるようになってきている。光スターカブラは、光伝送ネットワークの不可欠な部分を形成する。

【０００３】

スターカブラは、入力信号を受取り、それを均等の出力信号に分割する装置である。従来のスターカブラは、典型的にガラス光ファイバ（ＧＯＦ）を用いる。このようなＧＯＦベースのスターカブラをプラスチック光ファイバベースのデータネットワークアーキテクチャにおいて用いることは、非効率である。ネットワークアーキテクチャにおいて、異なる直径、光学特性、および屈折率を有する異なる材料、すなわち、プラスチック光ファイバ（ＰＯＦ）およびガラス光ファイバ、を用いることは、大きな結合損失をもたらす。最適結合効率を確保するために、データネットワークアーキテクチャは、緊密に合致する光学特性および屈折率を有する同様の材料からなるファイバおよびカブラを用いることが好ましい。

【０００４】

ＧＯＦとＰＯＦとの物理的特性および材料特性の違いにより、ＧＯＦベースのスターカブラを作る方法は、ＰＯＦベースのカブラを作るためには用いられないこともある。スターカブラの最適で経済性に優れる設計のために、不斷の努力が行なわれている。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【０００５】

概要

ある実施例において、プラスチック光ファイバ（ＰＯＦ）ベースの反射スターカブラが提供される。このＰＯＦベースの反射スターカブラは、中空で円筒形の保持管を備え、この保持管は、この保持管の前端部で複数のプラスチック光ファイバ（ＰＯＦ）を収容するとともにこの保持管の後端部でミキシングロッドを収容するためのものであり、各ＰＯＦの後端部は、ミキシングロッドの前面に取付けられ、ミキシングロッドの後部凸面は、研磨され、高反射被膜で被覆されて、凸反射面を形成し、ＰＯＦ、ミキシングロッド、および保持管は、同様の屈折率および材料特性を有する同様の材料から作られる。

【０００６】

別の実施例において、反射スターカブラの製造方法が提供される。この方法は、複数のプラスチック光ファイバ（ＰＯＦ）を保持管に挿入するステップと、研磨された後部凸面を有するミキシングロッドを形成し、ミキシングロッドのこの後部面を高反射材料で被覆するステップと、保持管の内側で、各プラスチック光ファイバの後端部にミキシングロッドの前面を取付けるステップと、ＰＯＦおよびミキシングロッドを、保持管の内側にエポキシ樹脂を用いて取付けるステップと、ＰＯＦおよびミキシングロッドを取付けられた保持管を、気密封止パッケージに入れるステップとを備える。

【０００７】

この簡単な概要は、この開示の本質を手短に理解するために提供された。この開示のより完全な理解は、この開示のさまざまな実施例の以下の詳細な説明を、添付の図面に関連して参照することにより、得ることができる。

【 0 0 0 8 】

前述の特徴および他の特徴を、さまざまな実施例の図面を参照して次に説明する。図中、同一の構成要素は、同一の参照番号を有する。図示する実施例は、説明を意図するものであり、この開示の限定を意図するものではない。図面は、以下の図を含む。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】ガラス光ファイバベースのスターカブラの概略構造を示す図である。

【図 2 A】ある実施例に従う光スターカブラの構成要素の分解図である。

【図 2 B】ある実施例に従うプラスチック光ファイバ（POF）ベースのスターカブラの概略断面図である。

10

【図 2 C】図 2 B の光スターカブラの側面の平面図である。

【図 3】この開示の光スターカブラによって伝送される信号の強度を検査するための実験装置を示す図である。

【図 4】ある実施例に従う光スターカブラを作製するためのプロセスフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

詳細な説明

以下の詳細な説明において、実施例を、図面を参照して説明する。図中、実施例の構成要素には参照番号が付与され、この参照番号は、以下において、対応する図面の特徴に関する記述に関連して再び用いられる。

20

【 0 0 1 1 】

光スターカブラを理解しやすくするために、スターカブラの全体概要を説明する。その後、この開示の光スターカブラの具体的な構成要素を、スターカブラの全体構造を具体的に参照しながら説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、ガラスベースの光ファイバを用いる従来のスターカブラ 100 を示す。スターカブラ 100 は、複数のガラス光ファイバ（GOF）（110 - 119）を溶融することによって製造される。これらの GOF の後端部は、高温で溶け合わされ、ミキシング部 130 を形成する。反射器 140 は、ミキシング部 130 の前端部に取付けられる。各 GOF（110 - 119）の前端部は、ファイバコネクタ（110A - 119A）に接続される。ある GOF（たとえば 110）で、コネクタ 110A を通って受信される入力信号（たとえば 101A）は、ミキシング部 130 を通って伝播し、次に反射器 140 によって反射される。反射された信号は、ミキシング部 130 を通過し、残りの光ファイバ（たとえば 111 ... 119）に出力信号として分配される。

30

【 0 0 1 3 】

上述のように、このような GOF ベースのスターカブラをプラスチック光ファイバベースのデータネットワークアーキテクチャにおいて用いることは、非効率である。GOF と POF との物理的特性および材料特性の違いにより、GOF ベースのスターカブラを作る方法は、POF ベースのカブラを作るためには用いられないこともある。

【 0 0 1 4 】

この開示は、プラスチック光ファイバ（POF）ベースのネットワークアーキテクチャにおいて効率的に用いることができる POF ベースの光カブラ（反射スターカブラとも呼ばれる）を提供する。この開示は、POF ベースの反射スターカブラの製造方法も提供する。

40

【 0 0 1 5 】

プラスチック光ファイバ（「POF」とも呼ばれる）は、高い伝送容量を示し、優れた電磁干渉（EMI）雑音排除性を有し、軽量で、高い機械的強度を有し、際立った可撓性を有する。こういった特性により、POF は、データ通信において用いられ、装飾、電飾、および同様の工業的用途にも用いられる。POF は、また、GOF と比較して直径が大きい。その大きな直径により、POF は、ファイバの位置関係調整のずれに対して、GO

50

Fよりも大幅に大きい許容性を示す。位置関係調整のずれに対するこの大きな許容性により、POFベースの光ファイバネットワークは、維持コストおよび架設コストがより低い。航空宇宙プラットフォームにおいて、POFは、また、航空電子光学ネットワークにおいて用いられるコネクタおよびトランシーバコンポーネントのコストを、大幅に低減する。

【0016】

図2Aは、反射スターカブラ200の構造の分解図である。反射スターカブラ200は、複数のPOF201-207を収容する中空で円筒形の保持管210と、入力信号を以下に詳細に説明するように反射する凹面鏡220Dを形成する一方の端部に高反射被膜を有するミキシングロッド220とを含む。複数のPOF201-207は、ミキシングロッド220の前面220Aに取付けられる。POF201-207は、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)から製造されてもよい。入力信号200Aは、あるPOF(たとえば211)に入り、ミキシングロッド220を通して伝播し、凹面鏡220Dによって反射される。

10

【0017】

中空で円筒形の保持管210は、前端部210Aと後端部210Bとを含む。複数のPOFが、保持管210の前端部210Aに挿入される。保持管210は、POFと同様の特性を有するUV(紫外線)透過材料から作られる。ある実施例において、保持管210は、アルミニウム酸窒化物(ALON)から作られる。ALONは、優れた耐久性および機械的強度を有し、厳しい航空宇宙環境において用いるのに適している。ALONと同様の特性を示す材料を、これに代えて用いて保持管210を作ってもよいことが理解されるべきである。

20

【0018】

POF(201-207)は、ファイバ間に空いている空間が最小限となるように保持管210に密に詰められる(図2C参照)。POF(201-207)間の密着により、光信号伝播が、最小限の損失で起きることが保証される。保持管210に詰められるPOF(201-207)の数は、用いられるファイバの直径と保持管210の直径とによって決まる。ある実施例において、直径3mmの保持管210は、7本の直径各1mmのPOFを最適に保持してもよい。

【0019】

各POF(201-207)は、前端部(201A-207A)と後端部(201B-207B)とを含む。各POF(201-207)の前端部(201A-207A)は、ファイバコネクタ(211-217)で終端され、このファイバコネクタは、別のPOF、光源、または受信機、検査器具などへの接続のための、反射スターカブラ200からへの信号の受信および送信を容易にする。

30

【0020】

保持管210に詰められたPOF201-207の後端部201B-207Bは、ミキシングロッド220の前面220Aに取付けられる。ミキシングロッド220は、保持管210の後端部210Bから挿入される。ミキシングロッド220も、保持管210の内径と同様な寸法を有するプラスチック光ファイバ材料から製造される。ミキシングロッド220は、PMMAファイバであってもよい。ある実施例において、ミキシングロッド220は、およそ長さが14cmで直径が3mmである。ミキシングロッド220は、入出力信号の均一なミキシングを可能にする。ミキシングロッド220の長さは、保持管210、POF(201-207)、および反射スターカブラ200の最終形状の長さに比例する。

40

【0021】

ミキシングロッドの後部面220Bは、研磨され、高反射被膜で被覆される。ある実施例において、後部面220Bは、誘電性または金属ベースの被膜で被覆される。後部面220B上のこの反射被膜は、入力信号200Aを反射するために用いられる凹面鏡(220D)を提供する。ミキシングロッド220の後部面220B上の高反射被膜によって、

50

光線（または信号）のスターカブラからの漏れが最小限であるまたは全くないことが保証される。

【0022】

ミキシングロッド220の外縁部220Cは、保持管210の内側表面210Cに接着される。エポキシ樹脂などの従来の接着剤を用いて、ミキシングロッドを保持管210の内側表面に接着してもよい。ある実施例において、宇宙仕様のUVエポキシ樹脂を接着剤として用いてもよい。POF201-207は、エポキシ樹脂を用いて、ミキシングロッド220に取付けられてもよい。

【0023】

図2Bは、POFベースの反射スターカブラ200のアセンブリの断面図である。

10

図3は、反射スターカブラ200を用いて伝送された光信号（310）の強度を検査するための実験装置を示す。POF201のファイバコネクタ211は、入力信号310を提供する光源312に接続される。強度測定器314は、入力信号310の強度を監視する。信号310は、POF201を介してミキシングロッド220を通して伝播し、凹面鏡220Dによって反射される。反射された信号311は、ミキシングロッド220を通過し、残りのPOF202-207に出力信号として分配される。この反射スターカブラ構成において、201から207のうち任意のファイバが入力ファイバであり、残りのファイバは出力ファイバであることができる。入力信号311の強度は、次に別の強度測定器316を用いて検査される。ある実施例において、POFベースの反射スターカブラは、光信号を効率的かつ均一に伝送し、信号伝送中の信号強度損失は、最小限である。

20

【0024】

図4は、反射スターカブラを作製するためのプロセスステップを概説する図である。ステップS402において、複数の光ファイバ（たとえば201-207）を保持管210の前端部210Aに挿入する。ステップS404において、ミキシングロッド220の後端部を研磨し、丸みを付けて、凸面を形成する。丸みを付けられた凸面を、高反射材料で被覆し、凹面鏡220Dを形成する。

【0025】

ステップS406において、ミキシングロッド220を保持管210に挿入し、光ファイバ（201-207）の後端部（201B-207B）を、ミキシングロッド220の前面220Aに取付ける。ある実施例において、宇宙仕様のエポキシ樹脂を用いて、POFを取付けてもよい。

30

【0026】

ステップS408において、ミキシングロッド220の外縁部220CとPOF（201-207）とを、保持管210の内側表面210Cに取付ける。ステップS410において、反射スターカブラを、気密封止する。

【0027】

このPOFベースの反射スターカブラ200の実施例は、プラスチック光ファイバを主として用いるデータネットワークアーキテクチャの形成を可能にする。ミキシングロッド220、複数のPOF201-207、および保持管210は、すべて同様の屈折率および同様の材料特性を有する同様の材料から作られる。ミキシングロッド220、POF（201-207）、および保持管210を取付けるための接着剤、エポキシ樹脂も、反射スターカブラ200の他の構成要素と同様の屈折率および材料特性を有し、これにより、結合損失が相当低減され、航空電子光学用途のための高い強度および信頼性がもたらされる。

40

【0028】

さらに、凹面220Dと、外側凸面220Bとを有するミキシングロッド220を用いることにより、入力信号が適切に反射され、ミキシングロッドの両端からの漏れによる信号損失が最小限であるまたは全くないことが保証される。凹反射面を有するミキシングロッドの使用は、より短くより小型のPOFスターカブラを可能にする。

【0029】

50

別の実施例において、反射スターカブラ 200 は、双方向性 POF トランシーバ（図示せず）とともに用いられる。双方向性トランシーバは、送信機能および受信機能のために 1 つのファイバのみを用いる。双方向性トランシーバは、反射スターカブラ 200 と相俟って、航空電子光学光ファイバネットワークアーキテクチャの大きさ、重量、およびコストを相当低減する。

【0030】

前述の説明から、開示された開示内容およびその均等物は、さまざまな形態で実現化できることが理解されるであろう。したがって、この開示は、特定の実施例に関連して説明されたが、この開示の真の範囲は、この明細書中に説明された特定の実施例によってではなく、以下の請求項および当業者が考えつくであろうこの請求項の任意の均等物によって限定されるべきである。

10

また、本願は以下に記載する態様を含む。

（態様 1）

プラスチック光ファイバ（POF）ベースの反射スターカブラ（200）であって、中空の円筒形の保持管（210）を備え、前記保持管は、前記保持管（210）の前端部（210A）で複数のプラスチック光ファイバ（POF）（201 - 207）を収容するとともに前記保持管（210）の後端部（210B）でミキシングロッド（220）を収容するためのものであり、

各 POF の後端部（201B - 207B）は、前記ミキシングロッド（220）の前面（220A）に取付けられ、前記ミキシングロッド（220）の後部凸面（220D）は、研磨され、高反射被膜で被覆されて、凸反射面を形成し、前記 POF（201 - 207）、前記ミキシングロッド（220）、および前記保持管（210）は、同様の屈折率および材料特性を有する同様の材料から作られる、プラスチック光ファイバ（POF）ベースの反射スターカブラ。

20

（態様 2）

前記ミキシングロッド（220）の外径は、前記保持管（210）の内径に一致する、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

（態様 3）

前記ミキシングロッド（220）は、前記保持管（210）の内側表面に、宇宙仕様の UV エポキシ樹脂を用いて取付けられる、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

30

（態様 4）

前記 POF（201 - 207）は、前記保持管（210）の内側表面に、宇宙仕様の UV エポキシ樹脂を用いて取付けられる、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

（態様 5）

前記保持管（210）は、アルミニウム酸窒化物から製造される、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

（態様 6）

前記ミキシングロッド（220）は、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）で作られる、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

（態様 7）

前記ミキシングロッド（220）の前記後部面（220D）にある前記反射被膜は、入力信号を反射する凹面鏡を提供する、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

40

（態様 8）

前記 POF（201 - 207）および前記ミキシングロッド（220）を取付けられた前記保持管（210）は、気密封止パッケージに入れられる、態様 1 に記載の反射スターカブラ（200）。

（態様 9）

反射スターカブラ（200）の製造方法であって、複数のプラスチック光ファイバ（POF）（201 - 207）を、保持管（210）に挿入するステップと、

50

研磨された後部凸面(220D)を有するミキシングロッド(220)を形成し、前記ミキシングロッド(220)の前記後部面を高反射材料で被覆するステップと、

前記保持管(210)の内部で、各プラスチック光ファイバの後端部(201B-207B)に前記ミキシングロッド(220)の前面(220A)を取付けるステップと、

前記POF(201-207)および前記ミキシングロッド(220)を、前記保持管(210)の内側にエポキシ樹脂を用いて取付けるステップと、

前記POF(201-207)および前記ミキシングロッド(220)を取付けられた前記保持管(210)を、気密封止パッケージに入れるステップとを備える、反射スターカプラ(200)の製造方法。

(態様10)

前記POF(201-207)、前記ミキシングロッド(220)、および前記保持管(210)を、同様の屈折率および同様の材料特性を有する同様の材料から作るステップをさらに備える、態様9に記載の方法。

(態様11)

前記ミキシングロッド(220)の外径は、前記保持管(210)の内径に一致する、態様9に記載の方法。

(態様12)

前記ミキシングロッド(220)を、前記保持管(210)の内側表面に、宇宙仕様のUVエポキシ樹脂を用いて取付けるステップをさらに備える、態様9に記載の方法。

(態様13)

前記POF(201-207)を、前記保持管(210)の内側表面に、宇宙仕様のUVエポキシ樹脂を用いて取付けるステップをさらに備える、態様9に記載の方法。

(態様14)

前記保持管(210)を、アルミニウム酸窒化物から製造するステップをさらに備える、態様9に記載の方法。

(態様15)

前記ミキシングロッド(220)を、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)から製造するステップをさらに備える、態様9に記載の方法。

(態様16)

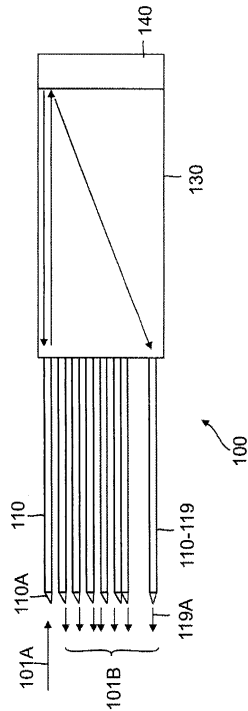
前記ミキシングロッド(220D)の前記後部面にある反射被膜は、入力信号を反射する凹面鏡を提供する、態様9に記載の方法。

10

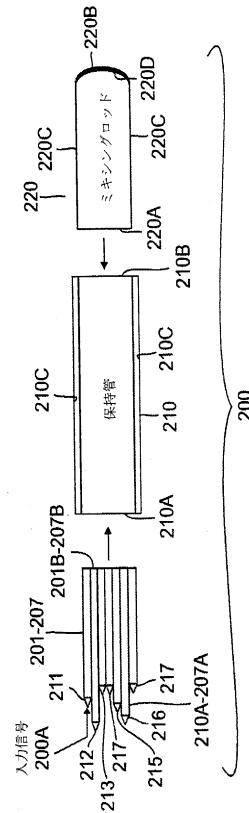
20

30

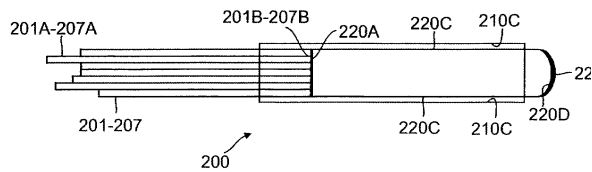
【図 1】



【図 2 A】



【図 2 B】



【図 2 C】

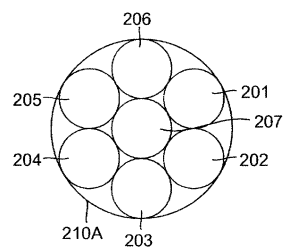
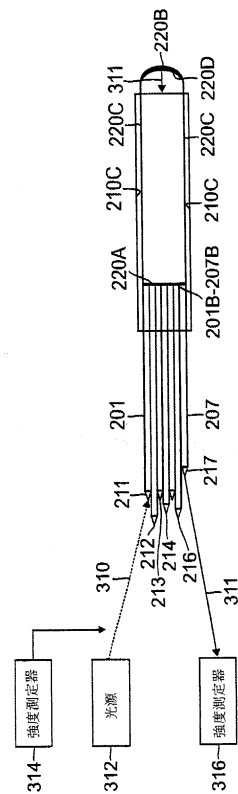
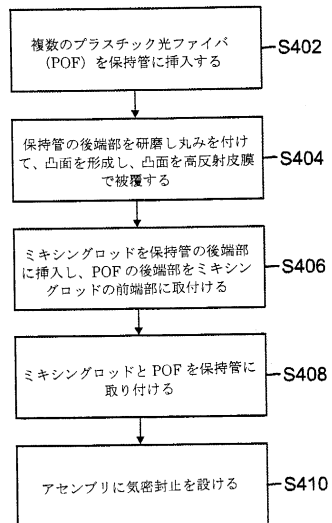


FIG. 2C

【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 デニス・ジュー・コシンツ

アメリカ合衆国、98004 ワシントン州、ベルビュー、ワンハンドレッドアンドデンス・アベ
ニュー・ノースイースト、100、アパートメント・ビー・204

審査官 大森 伸一

(56)参考文献 特開昭50-137554(JP,A)

特開2004-226584(JP,A)

特開平09-184941(JP,A)

特開昭59-135417(JP,A)

特開2000-131555(JP,A)

特開平11-052172(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/28

G02B 6/04