

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-542028

(P2009-542028A)

(43) 公表日 平成21年11月26日(2009.11.26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 3/06 (2006.01)	HO 1 S 3/06 B	5 F 1 7 2
HO 1 S 3/10 (2006.01)	HO 1 S 3/10 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

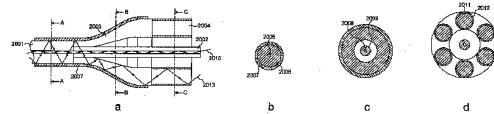
(21) 出願番号	特願2009-517441 (P2009-517441)	(71) 出願人	507023500 ジーエスアイ グループ リミテッド
(86) (22) 出願日	平成19年6月22日 (2007. 6. 22)		イギリス シーブイ21 1キューエヌ
(85) 翻訳文提出日	平成21年2月19日 (2009. 2. 19)		ウォリックシャー ラグビー スイフト
(86) 国際出願番号	PCT/GB2007/050353		バレー コスフォード レーン
(87) 国際公開番号	W02007/148139	(74) 代理人	100079049
(87) 国際公開日	平成19年12月27日 (2007. 12. 27)		弁理士 中島 淳
(31) 優先権主張番号	0612463.0	(74) 代理人	100084995
(32) 優先日	平成18年6月23日 (2006. 6. 23)		弁理士 加藤 和詳
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100085279
			弁理士 西元 勝一
		(72) 発明者	ルイス、ステファン
			イギリス国 アールジー6 1エヌエル
			パークシャー リーディング エドワーズ
			ロード 26

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射光を光ファイバに結合し又は光ファイバから出力するための装置

(57) 【要約】

マルチモードポンプ光及びレーザ信号をクラッドポンプファイバレーザに結合し、又はクラッドポンプファイバレーザから出力させるための装置を開示する。この装置は、出力光ファイバ、実質的に先細状にされていないフィードスルー光ファイバ、先細状セクションを有する環状の導波管、及び、複数のマルチモードポンプファイバを含む。この装置において、信号フィードスルーファイバは環状導波管内に配置され、信号フィードスルーファイバは、環状導波管内の先細状セクションに、環状導波管がフィードスルーファイバのさらなるクラッド層となるように融着される。環状導波管内に融着されたフィードスルーファイバの端部は、出力光ファイバに光学的に結合される。マルチモードポンプファイバは、環状導波管の先細状にされていないセクションに光学的に結合される。この装置を形成する方法も開示される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチモードポンプ光及びレーザ信号をクラッドポンプファイバレーザに結合し、又は前記クラッドポンプファイバレーザから出力するための装置であって、該装置は出力光ファイバ、実質的に先細状にされていないフィードスルー光ファイバ、先細状にされたセクションを有する環状の導波管、及び、複数のマルチモードポンプファイバを含み、

前記信号フィードスルーファイバが前記環状導波管内に配置され、前記信号フィードスルーファイバが前記環状導波管内に、前記先細状セクションにて、前記環状導波管が前記フィードスルーファイバのさらなるクラッド層となるように融着され、

前記オーバークラッド信号フィードスルーファイバが前記出力光ファイバに光学的に結合され、

前記マルチモードポンプファイバが、前記環状導波管の先細状にされていないセクションに光学的に結合された、装置。

【請求項 2】

前記複数のマルチモードポンプファイバの出力が前記環状導波管の端部に結合された、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記複数のマルチモードポンプファイバが、中空のフォーマーの周囲を取り囲むように配置され、前記マルチモードファイバとフォーマーとが、前記先細状の環状導波管を形成するように先細状にされ且つ融着された、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記出力ファイバがマルチクラッド光ファイバである、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

前記出力ファイバが、ドープされた光ファイバである、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

前記信号フィードスルーファイバが前記環状導波管内の中央に軸方向に配置された、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 7】

複数のポンプファイバの層を含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 8】

前記環状導波管が円形の内側断面及び / 又は外側断面を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 9】

前記環状導波管が、多角形又は他の非円形の内側断面及び / 又は外側断面を有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

前記フィードスルーファイバが、1つ以上の横モードを支持する導波管特性を有するコアを有する請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 11】

前記フィードスルーファイバが、前記フィードスルーファイバの長さに沿って軸方向に延在する多数の穴を有する、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の装置を含む光ファイバ増幅器又はレーザ。

【請求項 13】

クラッドポンプファイバ装置を作製するための方法であって、

マルチボア毛細管を設けるステップであって、前記マルチボア毛細管が、信号フィードスルーファイバを収容するために十分に大きい中央ボアと、マルチモードポンプファイバを収容するための、前記マルチボア毛細管の長さに沿って延在する複数のボアとを有する

10

20

30

40

50

- 、ステップと、
 さらに、前記ポンプファイバを前記ポンプボアに挿入するステップと、
 前記ポンプファイバを前記マルチボア毛細管内に融着するステップとを含む方法。
- 【請求項 14】
 環状の導波管を、前記融着されたマルチボア毛細管構造物の面に取り付けるステップと
 、前記環状導波管と前記マルチボア毛細管とを、マルチモードポンプファイバの光出力が
 前記環状導波管の端部に結合するように融着するステップをさらに含む、請求項 13 に記
 載の方法。
- 【請求項 15】
 前記環状導波管を、信号ファイバよりも大きい内径になるまで先細状にするステップと
 、信号ファイバを前記先細状にされた組立体内に挿入するステップと、前記先細状にされ
 た組立体を前記信号ファイバ上に融着するステップとをさらに含む、請求項 14 に記載の
 方法。 10
- 【請求項 16】
 さらに、前記組立体をクリーピングし、前記クリーピングした組立体を出力ファイバに
 接合するステップを含む、請求項 14 又は 15 に記載の方法。
- 【請求項 17】
 前記組立体がくびれた部分にてクリーピングされる、請求項 16 に記載の方法。
- 【請求項 18】
 前記出力ファイバがマルチクラッドファイバである、請求項 16 又は 17 に記載の方法 20
- 。
- 【請求項 19】
 クラッドポンプファイバ装置を作製する方法であって、
 中空のフォーマーを設け、前記フォーマーの周囲に複数のマルチモードポンプファイバ
 を束状に配置し、前記ポンプファイバと前記フォーマーとを、先細状の環状導波管を形成
 するために、信号ファイバより大きい内径になるまで先細状にするステップと、
 前記信号ファイバを、前記先細状にされた組立体内に挿入して、前記先細状にされた組
 立体を前記信号ファイバ上に融着するステップとを含む方法。
- 【請求項 20】
 前記束状のポンプファイバ及び前記フォーマーの上にガラススリーブを配置し、その後 30
 、この構造物を、前記先細状にされた環状導波管を形成するために融着し且つ先細状にす
 るステップを更に含む、請求項 19 に記載の方法。
- 【請求項 21】
 前記組立体をクリーピングし、前記クリーピングした組立体を出力ファイバに接合する
 ステップを更に含む、請求項 19 又は 20 に記載の方法。
- 【請求項 22】
 前記組立体がくびれた部分にてクリーピングされる、請求項 21 に記載の方法。
- 【請求項 23】
 前記出力ファイバがマルチクラッドファイバである、請求項 19 又は 20 に記載の方法 40
- 。
- 【請求項 24】
 前記フォーマーが略円形の内径を有する毛細管である、請求項 19 ~ 23 のいずれか一
 項に記載の方法。
- 【請求項 25】
 前記スリーブが略円形の内径を有する毛細管である、請求項 19 ~ 24 のいずれか一項
 に記載の方法。
- 【請求項 26】
 前記フォーマーが最終的に前記組立体のクラッド層を形成する、請求項 19 ~ 25 のい
 ずれか一項に記載の方法。
- 【請求項 27】 50

前記スリーブが最終的に前記組立体のクラッド層を形成する、請求項 19 ~ 26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 28】

前記信号コアが希土類材料によりドーピングされる、請求項 13 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

前記信号コアに回折格子が設けられる、請求項 13 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

前記ファイバ装置がクラッドポンプファイバレーザ又は光増幅器である、請求項 13 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 31】

前記マルチモードファイバが最初に 2 層又は 3 層にて設けられる、請求項 13 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

請求項 13 ~ 27 のいずれか一項に記載の方法により製造されるクラッドポンプファイバ装置。

【請求項 33】

本文中に、添付図面に関連して実質的に記載され、且つ例示された装置。

【請求項 34】

本文中に添付図面に関連して実質的に記載された装置を形成する方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射光を光ファイバに結合し、又は光ファイバから出力するための装置に関する。詳細には、本発明は、限定はしないが、マルチモードポンプ光及びレーザ信号をクラッドポンプファイバレーザに結合し、又はクラッドポンプファイバレーザから出力するための装置に関する。光と信号はファイバ内でマルチプレクスされ、また、デマルチプレクスされてファイバから出力され得る。

【背景技術】

30

【0002】

クラッドポンプファイバレーザは公知になりつつある。光ファイバのコアは、アクティブな利得媒体となるように処理され、回折格子が、レーザチャンバのミラーとして作用するように形成され、ポンプ放射光がクラッド層を介して導波される。ポンプ光は、通常、ポンピングダイオードにより供給され、ポンプ光をダイオードからファイバに結合することが必要である。

【0003】

融着及びテーパ化（先細状に）されたマルチモード光ファイババンドルの構造が、米国特許第 4,179,185 号（ホーク（Hawk））、及び、米国特許第 4,392,712 号（オゼキ（Ozeki））から知られる。これらの構造の目的は、光の分配又は結合のために多数のマルチモード光ファイバを光学的に結合することである。一実施形態において、オゼキ（Ozeki）は、ポンプマルチモードファイバを束状に配置し、次いで、これらのポンプファイバを加熱により融着及びテーパ化することによりカブラを形成している。

40

【0004】

米国特許第 4,682,849 号（コワタ（Kowata））は、マルチモード融着ファイババンドルの構築において、ポンプファイバのバンドルを、その加熱及びテーパ化中に適切な位置に固定し、且つ適切な位置に保持することが困難であることを確認した。コワタ（Kowata）の解決法は、ガラス毛細管の内部又は周囲に、加熱処理中の固定のための補助として作用するマルチモードファイバを詰めることであった。

【0005】

50

1988年4月刊行のオプティクス・レター(Optics Letter)、第13巻、306頁～308頁、ベルガー(Berger)著、及び、米国特許第4,818,062号(シフレス(Scifres))は、多数のダイオードレーザの出力を組み合わせるためにマルチモードファイババンドル及び融着ファイババンドルを用いること、及び、これらのバンドル状ファイバからの出力を用いてネオジウム・ヤグ(Nd:YAG)固体レーザを励起することを開示している。

【0006】

米国特許第4,829,529号(カフカ(Kafka))は、レーザダイオードの出力がダブルクラッド光ファイバの第1クラッドにレンズを用いて結合されるダブルクラッドファイバレーザを構成する手段を開示している。

【0007】

米国特許第4,815,079号(スニツァ(Snitzer))は、ポンプ光をマルチクラッド光ファイバのクラッドに、クラッドポンプファイバの側部を介して結合させる多数の方法、及び、これらの方法をファイバレーザ又は増幅器にて用いることを開示している。

【0008】

1994年に、米国特許第5,999,673号(ガボンツェフ(Gapontsev))が、予め先細状にしたマルチモードポンプファイバをダブルクラッドファイバの周囲に巻きつけてダブルクラッドファイバに融着させた、融着サイドカブラを開示した。これは、ポンプ光をダブルクラッドファイバに、ファイバの側部を介して結合させる手段として用いられる。

【0009】

1997年に、米国特許第5,864,644号(ディ・ジョヴァンニ(Di Giovanni))が、バンドルの中央にシングルモードフィードスルーファイバを有する、融着及び先細状にされたファイババンドルを開示している。また、この装置を用いてマルチモードポンプ光をマルチクラッドファイバのクラッドに結合し、且つ、レーザ信号をマルチクラッドファイバのコアに結合し、又はマルチクラッドファイバのコアから出力することを開示している。

【0010】

1999年に、米国特許第6,434,302号(フィドリック(Fidric))が、改良された融着ファイババンドルを開示している。このファイババンドルにおいて、マルチモードポンプファイバは、中央のシングルモードフィードスルーファイバの周囲にバンドル状に配置されてシングルモードフィードスルーファイバに融着される前に、別の段階にて先細状にされている。融着されたこのバンドルは出力光ファイバに接合される。フィドリックの設計の利点は、信号フィードスルーファイバがほとんどテーパ化されないことである。

【0011】

2003年に、米国特許第7,016,573号(ドン(Dong))が、ポンプコンバイナを開示しており、このコンバイナにおいて、マルチモードポンプファイバ及び中央の信号フィードスルーファイバがバンドル状に配置され、そして、バンドルを含む、より大きいクラッド直径を有するファイバ上に接合される。次いで、この、より大きいファイバが先細状にされ、そして、ダブルクラッド出力ファイバに接合される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】米国特許第4,179,185号

【特許文献2】米国特許第4,392,712号

【特許文献3】米国特許第4,682,849号

【特許文献4】米国特許第4,818,062号

【特許文献5】米国特許第4,829,529号

【特許文献6】米国特許第4,815,079号

【特許文献7】米国特許第5,999,673号

【特許文献8】米国特許第5,864,644号

10

20

30

40

50

【特許文献 9】米国特許第 6,434,302 号

【特許文献 10】米国特許第 7,016,573 号

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献 1】ベルガー(Berger)著「オプティクス・レター(Optics Letter)」、第 13 巻、306 頁～308 頁、1988 年 4 月刊行

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

これらの従来技術(ガポンツェフ(Gapontsev)、ディ・ジョヴァンニ(Di Giovanni)、フィドリック(Fidric)、及びドン(Dong))は、マルチモードポンプ光をマルチクラッド光ファイバのクラッドに結合し、且つ、レーザ信号をマルチクラッド光ファイバのコアに結合し、又はマルチクラッド光ファイバコアから出力する、ポンプ光及び信号のマルチプレクサ及びデマルチプレクサの構造を教示している。また、このようなマルチプレクサのために、実質的に融着されたガラス構造体を用いることが望ましいことも示されている。これは、ガラス構造体が高い光パワーを損傷なく低損失で伝送することができるからである。融着ガラス構造体は、他の結合手段、例えば、バルク光要素(例えばレンズ)の位置合わせに依存するカフカ(Kafka)のバルク光結合よりも本質的に安定性が高く、より確実である。本発明は、レーザ信号及びマルチプレクサポンプ光をクラッドポンプ光ファイバに結合させ、且つクラッドポンプ光ファイバから出力させるための、実質的に融着されたガラスを用いたポンプ及び信号マルチプレクサ/デマルチプレクサ、及び、これらの部品をクラッドポンプファイバレーザ及び増幅器の構築に用いることに関する。

10

20

【0015】

従来技術のマルチプレクサにおける本質的な問題は、フィードスルーにおけるレーザ信号の過剰損失である。この問題は、最近 5 年ほどの間に開発された、信号導波管のための大口径及び低開口数により特徴付けられる新世代のラージモードエリアファイバにより悪化している。本発明は、従来技術よりも信号フィードスルー損失が小さいポンプ及び信号マルチプレクサが必要であること、及び、ラージモードエリアファイバを組み込んだこのようなマルチプレクサを必要とすることを発明の動機としている。融着ファイバポンプ及び信号マルチプレクサにおける信号フィードスルー損失の公知の原因の 2 つは以下の通りである。

30

1) 信号ファイバを先細状にすること

2) ポンプファイバと信号ファイバとの融着

【0016】

信号ファイバを先細状にすること自体が、光をコアから逸らせて先細状セクションにおけるクラッドに結合させることがある。また、信号フィードスルーファイバをファイババンドル内で先細状にし、次いで、融着及び先細状にしたバンドルを出力ダブルクラッド出力ファイバに接合することにより、先細状にされた信号フィードスルーファイバと、先細状にされていない出力クラッドポンプファイバのコアとのコア直径の不一致に関連した過剰な損失を生じることがある。コア直径のこのような不一致が、フィードスルーファイバを先細状にすることにより増大することがある。

40

【0017】

ファイババンドルに対称性が欠ける場合、又は、束状のファイバが融着前に不均等な張力を受ける場合に、融着による損失(fusion induced losses)(融着損失)が生じることがある。このような場合、ファイババンドルを加熱したときにバンドルが変形し、曲がり又は捩れる傾向がある。この変形が、マクロベンディングの公知の作用として信号をフィードスルーファイバのコアから逸らせ、これにより信号の過剰損失を生じることがある。

【0018】

従来技術は、これらの損失メカニズムに様々な方法で対処しようとして試みてきた。ガポンツェフ(Gapontsev)は、ポンプファイバを予め先細状にする(テーバ化する)ことによ

50

り、信号ファイバを顕著にテーパ化することを回避している。しかし、この構造は信号ファイバに対して非常に非対称であり、この設計により、構築中の曲げ又は捩れによる融着損失が生じる傾向がある。ディ・ジョヴァンニ(Di Giovanni)は、融着損失の問題に、ポンプファイバ及び信号ファイバを対称の束状に配置することにより対処している。接合ポイントにおけるコア直径の不一致によるテーパ化損失(先細状にすることに関連した損失)の問題は、フィードスルーファイバのコアに、テーパ化の前後で(テーパ化中ではなく)同一のモードフィールド直径を有する特別なシングルモード導波管構造を用いることにより解決される。しかし、現在市販されている18+1デバイスは、なお、15パーセントの信号損失をもたらす(OFS社・オプティクス・プロダクト・カタログ、2006年(OFS Optics Product Catalogue 2006)品番TFB4320)。フィドリック(Fidric)は、テーパ化損失の問題に、ポンプファイバを信号ファイバに融着する前にポンプファイバを別個のステップで個々に先細状にすることにより対処した。しかし、実際、この設計は、予め先細状にされたファイバをバンドル内に配置することが実際に困難なために融着中に損失を増大させることがある。また、ポンプファイバの本数が多い場合、製造コストが高い。テーパ化損失の問題はドン(Dong)の方法においても存在する。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明に従えば、マルチモードポンプ光及びレーザ信号をクラッドポンプファイバレーザに結合し、又は前記クラッドポンプファイバレーザから出力させるための装置が提供される。この装置は、出力光ファイバ、実質的に先細状にされていないフィードスルー光ファイバ、先細状セクションを有する環状の導波管、及び複数のマルチモードポンプファイバを含む。この装置において、前記信号フィードスルーファイバは前記環状導波管内に配置され、前記信号フィードスルーファイバは前記環状導波管に、前記先細状セクションにて、前記環状導波管が前記フィードスルーファイバのさらなるクラッド層となるように融着され、このように形成されたオーバークラッド信号フィードスルーファイバは出力光ファイバに光学的に結合され、前記マルチモードポンプファイバは、前記環状導波管の、先細状にされていないセクションに光学的に結合されている。

【0020】

本発明は、さらに、上記の装置を含む光ファイバ増幅器、発振器、又はレーザを提供する。

【0021】

本発明は、また、前記装置を形成する方法を提供する。

【0022】

さらなる態様において、クラッドポンプ装置を作製する方法が提供される。この方法は、毛細管を設けるステップを含み、前記毛細管は、信号フィードスルーファイバを收容するために十分に大きい中央ボアと、ポンプファイバのための、前記毛細管の長さに沿って延在する複数のボアとを有する。前記方法は、さらに、前記ポンプファイバを次なる組立の間に固定させておくために前記ポンプファイバを前記マルチボア毛細管内に加熱により融着するステップと、前記環状導波管を前記マルチボア毛細管の端面に、前記ポンプファイバの出力が前記環状導波管の端部に結合するように接合させるステップと、前記環状導波管を先細状にするステップと、前記信号フィードスルーファイバを前記環状導波管の前記先細状セクションに融着するステップと、前記オーバークラッド信号フィードスルーファイバを前記出力ファイバに融着させるステップとを含む。

【0023】

さらなる態様において、クラッドポンプファイバ装置を作製するための第2の方法が提供される。この方法は、中空のコアを設け、前記コアの周囲に複数のマルチモードポンプファイバを束状に配置し、融着して、前記ポンプファイバと前記コアとを信号ファイバよりも大きい内径になるまで先細状にするステップと、前記信号ファイバを前記先細状にされた組立体内に挿入して、前記先細状にされた組立体を前記信号ファイバ上に融着するステップと、このように形成されたオーバークラッド信号フィードスルーファイバを前記出

ファイバに融着するステップとを含む。

【0024】

本発明の実施形態は、以下の方法によりテーパ化損失の問題に対処する。

【0025】

1. 信号フィードスルーファイバを挿入する前に、ポンプ導波管を別個のステップで先細状にする(テーパ化する)。

2. 先細状にされた環状導波管内に信号フィードスルーファイバを融着するときに、信号フィードスルーファイバを先細状にすることはほとんどなく、又は、理想的には全くない。

【0026】

本発明の実施形態は、また、融着損失の問題に以下の方法で対処する。

【0027】

1. 環状導波管は、融着されたファイババンドルと比較して、本質的に対称である。

2. 信号フィードスルーファイバを挿入する前にポンプファイバを環状導波管に融着により結合し又は形成することにより、加熱中に生じる望ましくない変形が信号フィードスルーに影響を与えることがない。

【0028】

本発明の好ましい実施形態を、添付図面を参照しつつ、単に一例として以下に記載する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】(a)はマルチプレクサ/デマルチプレクサの断面図であり、(b)は(a)の線A-Aに沿った断面図であり、(c)は(a)の線B-Bに沿った断面図であり、(d)は(a)の線C-Cに沿った断面図である。

【図2】(a)~(e)は装置の形成における各段階を示す。

【図3】(a)、(b)はマルチポア毛細管を用いる別の装置の形成における各段階を示す。

【図4】(a)、(b)はポンプファイバの2つの層を有するマルチポア毛細管の断面図である。

【図5】(a)~(e)は別の実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0030】

本発明は、マルチモードポンプ光をマルチクラッド光ファイバのクラッドに結合し、且つレーザ信号をマルチクラッド光ファイバのコアに結合し、又はマルチクラッド光ファイバのコアから出力させるための、ポンプ及び信号マルチプレクサ/デマルチプレクサとして用いられ得る。このマルチプレクサは、実質的に融着されたガラス構造体を用いる。本発明の新規の設計は、従来技術が有する信号フィードスルーに関する融着損失及びテーパ化損失の問題に対処し、この点に関して従来技術よりも有利であることを示す。さらに、信号フィードスルーに、信号損失の低いラージモードエリアファイバを組み込むことができる。

【0031】

図1(a)~図1(d)を参照すると、マルチプレクサは、出力光ファイバ2001、信号フィードスルー光ファイバ2002、先細状にされた(テーパ化された)セクションを有する環状の光導波管2003、及び、複数のマルチモードポンプ光ファイバ2004から成っている。

【0032】

出力光ファイバは、コア2005、第1のクラッド2006、及びアウタークラッド2007を有し、また、中間のクラッド層も有し得る。出力ファイバのコアは、レーザ信号のための導波管として作用する。1つ以上のクラッド層が、前記コアを取り囲んで含むマルチモード導波管を画成し、マルチモード導波管はマルチモードポンプ光を導く。アウタ

10

20

30

40

50

ークラッド層 2007 は、マルチモードポンプ導波管に高開口数をもたらす低屈折率ポリマー層であり得る。一例として、出力ファイバは、ガラスコアと、第 1 のクラッド及び第 2 のポリマークラッドとを有するダブルクラッドファイバであり得る。コアの直径は 20 ミクロンであり得、第 1 クラッドの直径は 400 ミクロンであり得、導波管の開口数は 0.06 であり得、また、第 1 クラッド及び第 2 クラッドにより画成されるマルチモード導波管の開口数は 0.46 であり得る。

【0033】

信号フィードスルーファイバ 2002 は、コア 2008 及びガラスクラッド 2009 を有し、また、追加のクラッド層を有し得る。コアの目的は、レーザ信号 2010 をマルチプレクサを通して出力ファイバのコア 2005 に結合し、又はコア 2005 から出力させるように導くことである。理想的には、フィードスルーファイバのコアの横モード分布が出力ファイバのコアの横モード分布に合致し、それにより、レーザ信号をフィードスルーファイバから出力ファイバへと効率的に結合することを保証する。一例として、コア直径は 20 ミクロンであり得、クラッド直径は 200 ミクロンであり得、コア導波管の開口数は 0.06 であってよい。

10

【0034】

マルチモードポンプ光ファイバ 2004 は、典型的に、ガラスコア 2011 及びガラスクラッド 2012 を有する。一例として、コア直径は 105 ミクロンであり得、クラッド直径は 125 ミクロンであり得、コアの開口数は 0.15 に等しくてもよい。このマルチプレクサをファイバレーザシステムの一部として用いる場合、半導体レーザダイオードの光出力がコアに、ポンプファイバの自由端にて光学的に結合されるであろう。

20

【0035】

環状の導波管 2003 はガラス光導波管であり、マルチモードポンプファイバと出力ファイバとの間の中間部分として用いられる。この中間部分は先細状セクションを有する。環状導波管の目的は、マルチモードポンプ光 2013 をマルチモード光ファイバから出力ファイバのクラッドに導くことである。一実施形態において、環状導波管は、円形の断面を有するシリカ（石英）ガラス毛細管であってよい。一例として、この毛細管の内径は、先細状にされていないセクションにて 600 ミクロンであり得、外径は 1100 ミクロンであり得る。環状導波管の先細状セクションにおいて、毛細管の内径は、信号フィードスルーファイバの外径とほぼ等しいが、信号フィードスルーファイバの外径よりも僅かに大きい。この例において、環状導波管の先細状セクションの内径は 205 ミクロンであり得る。環状導波管の先細状セクションにおける外径は、テーパ（先細）比に従って幾何学的に決定される。この例において、この外径は 375 ミクロンとなる。環状導波管のテーパ度は、幾何光学的な条件により制限される。輝度の定理によれば、先細状にされた導波管にて光が伝搬するとき、コア内の光線の角度は導波管の軸に対して増大する。この定理によれば、光線角度の二乗が先細状導波管の断面積に反比例して増大する。光ファイバが光線を内部全反射により導くためには、光線角度がファイバの開口数（コア及びクラッドの屈折率の関数）より小さくしなければならない。光線角度が開口数を超えると、光線はコアからクラッドへと逸れることになる。本発明の典型的な実施形態において、本発明の目的は、環状導波管の先細状端部から出るマルチモードポンプ光を出力光ファイバの第 1 クラッドに結合し、そして、この第 1 クラッドがポンプ光を第 2 クラッドとの境界における内部全反射により導くようにすることである。従って、先細状に角度が付けられた導波管の出力部における光線角度が、出力ファイバの第 1 クラッド及び第 2 クラッドの屈折率により決定される開口数（この例においては 0.46）を超えてはならない。先に述べたように、出力光線角度は、入力光線角度、及び導波管のテーパ度により決定される。この例において、入力光線最大角度は約 0.15 であり、これは、マルチモードポンプ光ファイバの開口数により決定される。出力光線角度は、先に記載したように 0.46 である出力ファイバポンプ導波管の開口数を超えてはならない。従って、輝度の定理に従えば、環状導波管の線寸法の最大テーパ度は約 $0.46 / 0.15$ であり、ほぼ 3 に等しい。

30

40

【0036】

50

図2(a)～(e)は、装置を構築するステップを概略的に示す。

【0037】

この装置は、マルチモードポンプファイバ(40)の出力部を、環状の導波管(20)の、先細状にされていない端部に、例えば融着接続により結合することにより構成される。信号フィードスルーファイバ(30)を環状導波管に挿入し、環状導波管の先細状セクションを加熱して、信号フィードスルーファイバ上に、フィードスルーファイバのさらなるクラッド層を形成するように圧潰する。融着されたこのセクションをクリーピング(切断)して、出力光ファイバ上へ、例えば融着接続により接合する(図2(e))。得られた組立体を、組立体の強度を増すために、且つ/又は、さらなるクラッド層を設けるために、ポリマーでリコーティングすることも可能である。レーザ信号が、フィードスルーファイバのコアを介して出力ファイバのコアに結合され、又は出力ファイバのコアから出力されることができる。マルチモードポンプ光がポンプファイバの自由端に結合される。ポンプ光は、先細状の環状導波管を通して出力光ファイバのクラッドへと伝搬する。

10

【0038】

第2の実施態様においては、実際的な問題の幾つかとして、第1実施形態で記載したように多数のマルチモードポンプファイバを毛細管の端部上に直接融着接続することが容易でない場合があることが考慮されている。従って、第2実施形態(図3(a), 図3(b))においては、マルチポア毛細管21をファイバを適切な位置に固定するための補助として用い、ファイバをこの毛細管に結合させる。

【0039】

20

マルチポア毛細管は、信号フィードスルーファイバを内部に通すために十分に大きい直径を有する中央ポア22を有する。マルチポア毛細管は、また、マルチポア毛細管の長さに沿って軸方向に延在する複数の穴23も有する。これらの穴23は、複数のマルチモードポンプファイバを受け入れるためのものである。

【0040】

この装置の組立において、複数のマルチモードポンプファイバをマルチポア毛細管内の複数の軸方向穴に挿入し、得られた組立体を加熱により融着して単一のガラス構造体にする。この時点で、複数のマルチモードファイバを単一のユニットとして取り扱うことが容易であり、また、マルチモードファイバを融着接続により環状導波管に結合することが、第1実施形態よりも容易にできる。

30

【0041】

この実施形態におけるその他の特徴、例えば、先細状の環状導波管、信号フィードスルーファイバ及び出力ファイバは、第1実施形態で記載したものと同一である。

【0042】

第1実施形態に示した構造に合致している一例として、マルチポア毛細管は、直径が500ミクロンの中央ポア、及び1400ミクロンの外径を有することが可能である。また、ポンプファイバのための軸方向穴の個数は20であり得、軸方向穴は、毛細管の軸周囲に軸から1000ミクロンの距離にて円形に均等な間隔で配置されている。軸方向穴の直径は128ミクロンであり得る。

【0043】

40

一実施形態において、環状導波管は、溶融シリカ又は溶融石英から構成される。また、環状導波管は、複合ガラス(例えばフッ素ドープシリカ)又は他の何らかのガラス組成物から構成されることも可能である。環状導波管は、環状導波管の導光特性を変更し得るクラッドの何らかの形態を有し得る。例えば、環状導波管は、薄いフッ素ドープ層を、環状導波管の外側若しくは内側に、又は外側と内側の両方に有することが可能であり、これにより、ポンプ光の幾らか又は全てが環状導波管の内部で全反射されることになる。

【0044】

環状導波管の内側断面及び外側断面は、好ましくは完全な円形である。しかし、環状導波管の内側断面及び/又は外側断面が完全な円形である必要はない。環状導波管の内側断面及び/又は外側断面が多角形又は他の形状を有することも本発明の精神の範囲内にあり

50

得る。

【0045】

信号フィードスルーファイバのコアは、単一の横モード、幾つかの横モード、又は多数の横モードを支持するように導波路特性を有し得る。また、信号フィードスルーファイバのコアは、コア長さに沿って軸方向に延在する多数の穴を有するフォトニック結晶コアであってもよい。

【0046】

光ファイバマルチプレクサの1つの用途は、光ファイバ増幅器又はレーザを励起することである。この装置において、マルチプレクサの出力ファイバは希土類ドープコアを有し得る。又は、この出力ファイバを、後に、希土類ドープコアを有する出力ファイバに接続してもよい。レーザの場合、出力ファイバは、波長選択素子、例えば格子をさらに組み込み得る。このような増幅器又はレーザは、一端から、又は両端から励起され得る。

10

【0047】

本発明の幾つかの実施形態において、本発明の装置のポンプコンバイナが、クラッドポンプファイバに結合されるポンプパワーの量を増大するために複数のポンプファイバの層を有し得ることに留意されたい。図4(a)及び(b)は、2つの層を有する例を示す。或いは、1層のみ、又は3つ以上の層を有する場合ももちろんあり得る。

【0048】

図5(a)~図5(e)は、さらなる実施形態を示す。

【0049】

この実施形態において、束状のマルチモードファイバ110が、管状(好ましくは円形)のフォーマー(former)120の周囲に巻きつけられる。マルチモードファイバ110は、らせん状に巻き付けられても、長手方向に巻き付けられても、又は他の巻き方で巻き付けられてもよい。図5(b)はこの組立体の長手方向の断面図である。次いで、フォーマーと、巻き付けられたマルチモードファイバとを融着し、そして、後に信号ファイバ130が、このように融着及び先細状にされた組立体に挿入される信号ファイバ130(図5(d))よりも大きい内径になるまで先細状にする(図5(c))。融着及び先細状にされた組立体は先細状の環状導波管を形成している。次いで信号ファイバ130を、この先細状の組立体内に挿入し、組立体を信号ファイバの上に融着する。先に述べたように、信号ファイバを挿入する前に組立体を先細状にすることは、信号ファイバの変形が、生じたとしてもごく僅かであることを意味し、これは、所与の理由により有利である。次いで、この組立体をクリーニングして出力ファイバに接合する。

20

30

【0050】

好ましい実施形態において、環状導波管は、主に、1つ以上のフッ素ドープシリカ層を有する溶融シリカから構成される。これらの層は、内面、外面又は両面にあり得、装置の構造を補助し、且つ望ましい光学特性をもたらすことを含む幾つかの目的を果たし得る。なぜなら、フッ素ドーピングはガラスの融点及び屈折率の両方を低下させるからである。一例として、毛細管が320ミクロンの外径及び256ミクロンの内径を有することが可能であり、また、毛細管は、10ミクロンの厚さを有するフッ素ドープシリカ層を内面上及び外面上に有し得る。溶融シリカの1064nmでの屈折率は約1.45であり、フッ素ドープシリカは、約1.433の屈折率を有するようにドーピングされることが可能である。毛細管を、ゲルマニウム、ボロン、アルミニウム又はリンなどの要素を含む他の何らかの複合ガラス組成物から構成することも可能である。光学的には、フッ素ドープ層は低屈折率クラッド層として作用する。迷光放射の全体がこの層により内部反射されることができ、これにより、フィードスルーファイバに閉じ込められ、さらなる励起アイソレーションをもたらす。この場合、フッ素ドープ層は、フィードスルーファイバにおけるペダスタル又はトリプルクラッド構造の代わりに機能する。機械的には、より柔軟なフッ素ドープガラスが本発明の装置の構造に有利であろう。詳細には、毛細管上の外側フッ素ドープ層とポンプファイバ上のフッ素ドープクラッド層との境界部が装置の強度を増大させる。

40

50

【 図 1 (a) 】

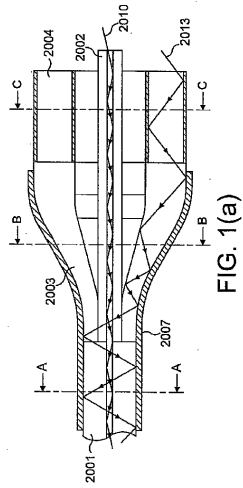


FIG. 1(a)

【 図 1 (b) 】

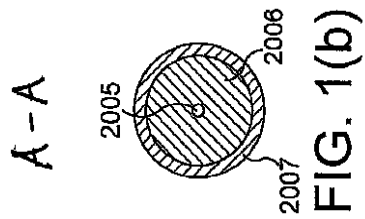


FIG. 1(b)

【 図 2 (a) 】

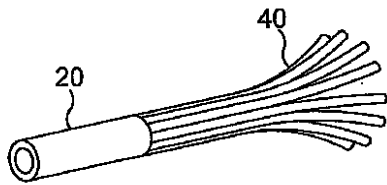


FIG. 2(a)

【 図 2 (b) 】

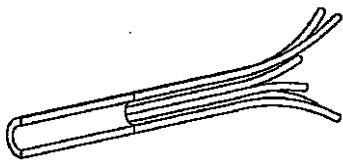


FIG. 2(b)

【 図 1 (c) 】

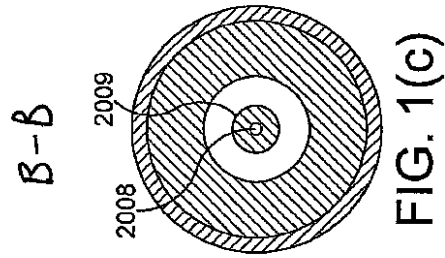


FIG. 1(c)

【 図 1 (d) 】

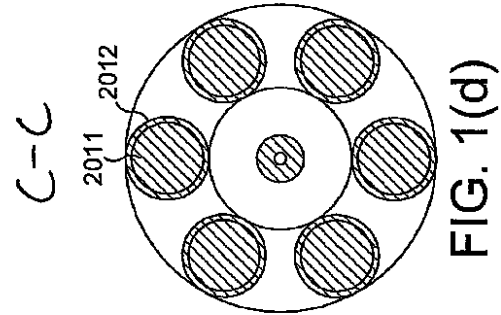


FIG. 1(d)

【 図 2 (c) 】

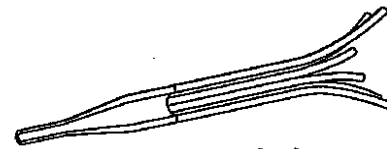


FIG. 2(c)

【 図 2 (d) 】



FIG. 2(d)

【 図 2 (e) 】

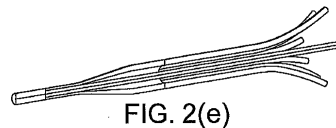


FIG. 2(e)

【 図 3 (a) 】

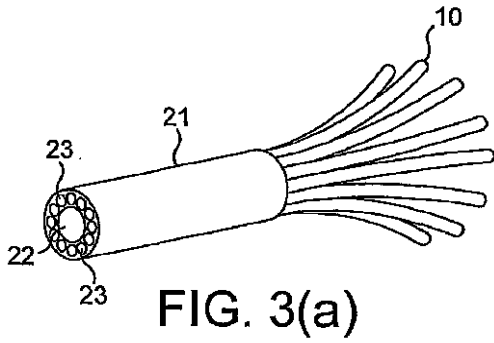


FIG. 3(a)

【 図 3 (b) 】

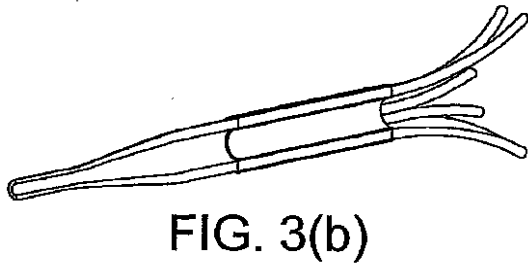


FIG. 3(b)

【 図 4 (a) 】

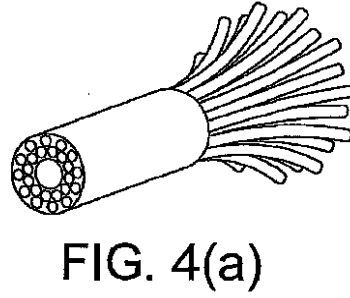


FIG. 4(a)

【 図 4 (b) 】

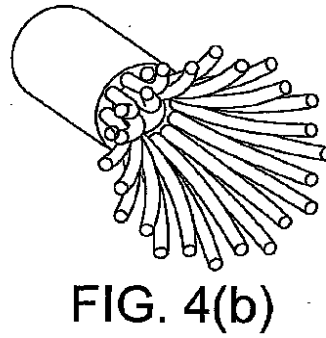


FIG. 4(b)

【 図 5 (a) 】

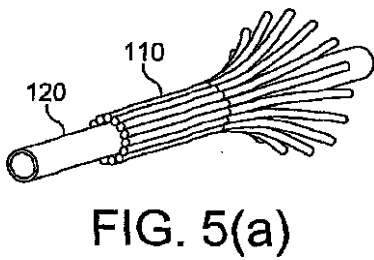


FIG. 5(a)

【 図 5 (b) 】

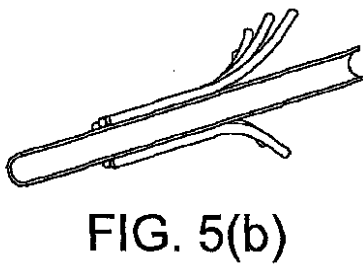


FIG. 5(b)

【 図 5 (c) 】

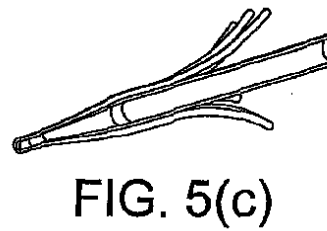


FIG. 5(c)

【 図 5 (d) 】

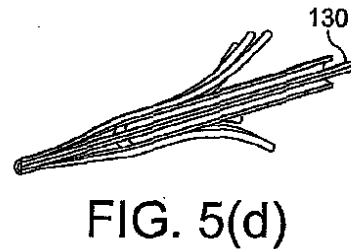


FIG. 5(d)

【 図 5 (e) 】

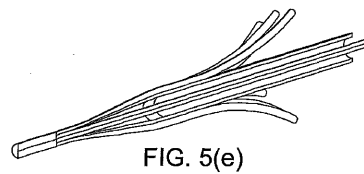


FIG. 5(e)

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No PCT/GB2007/050353
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01S3/094 H01S3/067 G02B6/26		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 434 302 B1 (FIDRIC BERNARD G [US] ET AL) 13 August 2002 (2002-08-13) cited in the application	13
A	column 5, lines 21-50; figure 16 column 8, lines 25-40; figure 10	1-12, 14-34
Y	EP 0 353 870 A1 (BRITISH TELECOMM [GB]) 7 February 1990 (1990-02-07)	13
A	column 2, lines 16-49; figures 1-4	1, 19
A	WO 2004/112206 A (SOREQ NUCLEAR RES CT [IL]; SINTOV YOAV [IL]) 23 December 2004 (2004-12-23) figure 2	1, 13, 19
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier document but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*Z* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 26 September 2007		Date of mailing of the international search report 16/10/2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 At - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Claessen, Michiel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/GB2007/050353

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/105854 A1 (DONG LIANG [US] ET AL DONG LIANG [US] ET AL) 19 May 2005 (2005-05-19) cited in the application the whole document	1,13,19
A	US 5 048 026 A (SHAW HERBERT J [US] ET AL) 10 September 1991 (1991-09-10) figure 1	1-34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2007/050353

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6434302	B1	13-08-2002	NONE
EP 0353870	A1	07-02-1990	AT 111234 T 15-09-1994 AU 626562 B2 06-08-1992 AU 3875489 A 05-02-1990 CA 1321912 C 07-09-1993 DE 68918024 D1 13-10-1994 DE 68918024 T2 23-02-1995 ES 2057129 T3 16-10-1994 WO 9000751 A1 25-01-1990 HK 137396 A 02-08-1996 IE 62134 B1 14-12-1994 JP 2672165 B2 05-11-1997 JP 3505931 T 19-12-1991 US 5129021 A 07-07-1992
WO 2004112206	A	23-12-2004	EP 1639679 A2 29-03-2006
US 2005105854	A1	19-05-2005	DE 112004002202 T5 28-09-2006 US 2006093291 A1 04-05-2006 WO 2005052640 A2 09-06-2005
US 5048026	A	10-09-1991	NONE

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 エドワーズ、 グリン

イギリス国 エヌエヌ 1 1 7 ジェイエヌ ノーサンプトンシャー ダベントリー ブラウンスト
ン イーストフィールズ 4 0

Fターム(参考) 5F172 AE12 AM04 AM05 AM08