

(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2013-20074
(P2013-20074A)

(43) 公開日 平成25年1月31日(2013.1.31)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
GO2B 6/04 (2006.01)		GO2B	6/04	C	2H046
GO2B 6/032 (2006.01)		GO2B	6/20	Z	2H150

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-152970 (P2011-152970)	(71) 出願人	000005120
(22) 出願日	平成23年7月11日 (2011.7.11)		日立電線株式会社
	(出願人による申告) 平成22年度、独立行政法人情報通信研究機構、「高度通信・放送研究開発委託研究／革新的光ファイバ技術の研究開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(74) 代理人	100071526
			弁理士 平田 忠雄
		(74) 代理人	100099597
			弁理士 角田 賢二
		(74) 代理人	100119208
			弁理士 岩永 勇二
		(74) 代理人	100124235
			弁理士 中村 恵子
		(74) 代理人	100124246
			弁理士 遠藤 和光
		(74) 代理人	100128211
			弁理士 野見山 孝

最終頁に続く

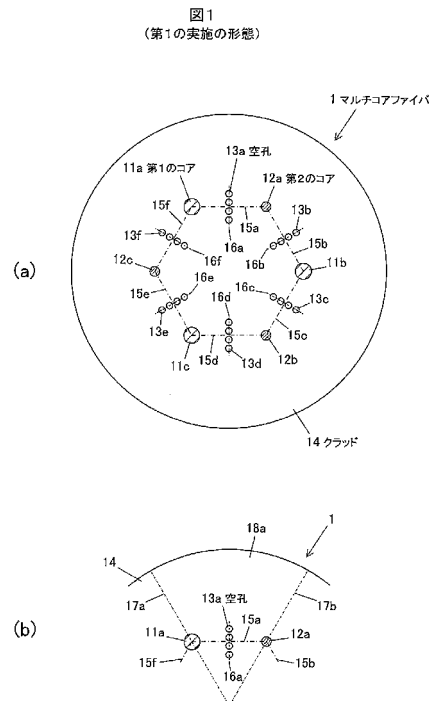
(54) 【発明の名称】 マルチコアファイバ

(57) 【要約】

【課題】 クロストークを低減する効果を有する空孔等の副媒質領域の配置を簡略化し、製造が比較的容易なマルチコアファイバを提供する。

【解決手段】 本発明の一態様においては、多角形環の頂点に位置するように配置された第1のコア11a~11c及び第2のコア12a~12cと、空孔13a~13fが形成され、第1のコア11a~11c及び第2のコア12a~12cを覆うと共に、第1のコア11a~11c及び第2のコア12a~12cよりも屈折率が低いクラッド14と、を含むマルチコアファイバ1が提供される。空孔13a~13fは、第1のコア11a~11c及び第2のコア12a~12cのうちの隣り合うコア間のクロストークを低減する位置に配置される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多角形環の頂点に位置するように配置された複数のコアと、
 複数の副媒質領域が形成され、前記複数のコアを覆うと共に、前記複数のコアよりも屈折率が低く、かつ、前記副媒質領域よりも屈折率が高いクラッドと、
 を含み、
 前記副媒質領域は、前記複数のコアのうちの隣り合うコア間のクロストークを低減する位置に配置される、
 マルチコアファイバ。

【請求項 2】

前記副媒質領域は、前記クラッドの断面における扇形領域内に配置され、
 前記扇形領域は、前記クラッドの中心と表面を結ぶ線分のうちの前記隣り合うコアの中心をそれぞれ通る 2 本の線分により区画される 2 つの扇形の領域のうちの、面積の小さい方の領域である、
 請求項 1 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 3】

前記副媒質領域は、前記隣り合うコアの中心同士を結ぶ第 1 の線分と交わる第 2 の線分上に配置される第 1 の副媒質領域を含み、
 前記第 1 の副媒質領域は 1 本の前記第 2 の線分ごとに複数配置され、1 本の前記第 2 の線分上の両端の前記第 1 の副媒質領域の間に前記第 2 の線分と前記第 1 の線分との交点が位置する、
 請求項 1 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 4】

前記第 2 の線分は前記第 1 の線分に直角に交わる、
 請求項 3 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 5】

前記副媒質領域は、前記第 2 の線分と平行な第 3 の線分上に配置される第 2 の副媒質領域を含み、
 隣り合う前記第 1 の副媒質領域の間を通り、前記第 1 の線分に平行な全ての直線は前記第 2 の副媒質領域に交わる、
 請求項 4 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 6】

前記多角形環の内側に他のコアが含まれない、
 請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 7】

前記複数のコアは、第 1 の光学特性を有する第 1 のコアと、前記第 1 の光学特性と異なる第 2 の光学特性を有する第 2 のコアを含み、
 前記の第 1 のコアと前記第 2 のコアは、前記多角形環の頂点に交互に配置される、
 請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 8】

前記複数のコアは、同一の光学特性を有し、
 前記第 2 の線分と前記第 1 の線分との交点は、前記第 1 の線分の中心に位置する、
 請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 9】

前記副媒質領域は、1 本の前記第 2 の線分上の前記第 1 の副媒質領域の周辺に配置された、位置を特定するためのマーカーとしての副媒質領域を含む、
 請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 10】

1 本の前記第 3 の線分上の前記第 2 の副媒質領域が、他の前記第 3 の線分上の前記第 2 の副媒質領域と数が異なるため、位置を特定するためのマーカーとして機能する、

10

20

30

40

50

請求項 5 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 1 1】

前記副媒質領域の形状は、前記隣り合うコアを結ぶ第 1 の線分と交わる楕円形であり、前記楕円形の長手方向は前記第 1 の線分方向と交わり、請求項 1 又は 2 に記載のマルチコアファイバ。

【請求項 1 2】

前記クラッドの中心に更に副媒質領域を配置されたことを特徴とする請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載のマルチコアファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、マルチコアファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、複数本のコアを有する光ファイバであるマルチコアファイバを伝送用ファイバとして用いる技術が提案されている。マルチコアファイバを用いることにより、1 本のコアを有する光ファイバを用いる場合よりも伝送容量を大きくすることができる。

【0003】

このようなマルチコアファイバとして、各コア周辺に空孔を設けたホールアシスト構造を有するものが知られている（例えば、特許文献 1）。このマルチコアファイバによれば、各コア周辺の空孔によりコア間のクロストークを低減することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 18013 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載のマルチコアファイバによると、空孔の配置の複雑さのために、製造が困難であるという問題がある。

30

【0006】

したがって、本発明の目的の一つは、クロストークを低減する効果を有する空孔等の副媒質領域の配置を簡略化し、製造が比較的容易なマルチコアファイバを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様においては、多角形環の頂点に位置するように配置された複数のコアと、複数の副媒質領域が形成され、前記複数のコアを覆うと共に、前記複数のコアよりも屈折率が低く、かつ、前記副媒質領域よりも屈折率が高いクラッドと、を含むマルチコアファイバが提供される。前記副媒質領域は、前記複数のコアのうちの隣り合うコア間のクロストークを低減する位置に配置される。

40

【0008】

上記マルチコアファイバにおいては、前記副媒質領域は、前記クラッドの断面における扇形領域内に配置されることが好ましい。前記扇形領域は、前記クラッドの中心と表面を結ぶ線分のうちの前記隣り合うコアの中心をそれぞれ通る 2 本の線分により区画される 2 つの扇形の領域のうちの、面積の小さい方の領域である。

【0009】

上記マルチコアファイバにおいては、前記副媒質領域は、前記隣り合うコアの中心同士を結ぶ第 1 の線分と交わる第 2 の線分上に配置される第 1 の副媒質領域を含み、前記第 1 の副媒質領域は 1 本の前記第 2 の線分ごとに複数配置され、1 本の前記第 2 の線分上の両

50

端の前記第 1 の副媒質領域の間に前記第 2 の線分と前記第 1 の線分との交点が位置することが好ましい。

【0010】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記第 2 の線分は前記第 1 の線分に直角に交わることが好ましい。

【0011】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記副媒質領域は、前記第 2 の線分と平行な第 3 の線分上に配置される第 2 の副媒質領域を含み、隣り合う前記第 1 の副媒質領域の間を通り、前記第 1 の線分に平行な全ての直線は前記第 2 の副媒質領域に交わることが好ましい。

10

【0012】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記多角形環の内側に他のコアが含まれないことが好ましい。

【0013】

また、上記マルチコアファイバにおいては、例えば、前記複数のコアは、第 1 の光学特性を有する第 1 のコアと、前記第 1 の光学特性と異なる第 2 の光学特性を有する第 2 のコアを含み、前記の第 1 のコアと前記第 2 のコアは、前記多角形環の頂点に交互に配置される。

【0014】

また、上記マルチコアファイバにおいては、例えば、前記複数のコアは、同一の光学特性を有し、前記第 2 の線分と前記第 1 の線分との交点は、前記第 1 の線分の中心に位置する。

20

【0015】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記副媒質領域は、1本の前記第 2 の線分上の前記第 1 の副媒質領域の周辺に配置された、位置を特定するためのマーカーとしての副媒質領域を含んでもよい。

【0016】

また、上記マルチコアファイバにおいては、1本の前記第 3 の線分上の前記第 2 の副媒質領域が、他の前記第 3 の線分上の前記第 2 の副媒質領域と数が異なり、位置を特定するためのマーカーとして機能してもよい。

30

【0017】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記副媒質領域の形状は、前記隣り合うコアを結ぶ第 1 の線分と交わる楕円形であり、前記楕円形の長手方向は前記第 1 の線分の方角と交わってもよい。

【0018】

また、上記マルチコアファイバにおいては、前記クラッドの中心に更に副媒質領域が配置されてもよい。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、クロストークを低減する効果を有する空孔等の副媒質領域の配置を簡略化し、製造が比較的容易なマルチコアファイバを提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図 1】図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図であり、図 1 (b) は、その部分拡大図である。

【図 2】図 2 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図である。

【図 3】図 3 (a) は、本発明の第 3 の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図であり、図 3 (b) は、一部の空孔周辺の拡大図である。

【図 4】図 4 は、本発明の第 4 の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図である。

【図 5】図 5 は、本発明の第 5 の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図である。

50

【図6】図6(a)は、本発明の第6の実施の形態に係るマルチコアファイバの断面図であり、図6(b)は、一部の空孔周辺の拡大図である。

【図7】図7(a)は、本発明の実施例に係るマルチコアファイバの断面図であり、図7(b)は、比較例に係るマルチコアファイバの断面図である。

【図8】図8は、マルチコアファイバのクロストークを測定するためのクロストーク測定システムの構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明のマルチコアファイバの一実施の形態は、多角形環の頂点に位置するように配置された複数のコアと、複数の副媒質領域が形成され、前記複数のコアを覆うと共に、前記複数のコアよりも屈折率が低く、かつ、前記副媒質領域よりも屈折率が高いクラッドを含むマルチコアファイバであって、前記副媒質領域は、前記複数のコアのうちの隣り合うコア間のクロストークを低減する位置に配置されるマルチコアファイバである。以下に、このマルチコアファイバの例を詳細に説明する。

【0022】

〔第1の実施の形態〕

図1(a)は、本発明の第1の実施の形態に係るマルチコアファイバ1の断面図であり、図1(b)は、その部分拡大図である。マルチコアファイバ1は、第1の光学特性を有する複数の第1のコア11(11a~11c)、第2の光学特性を有する複数の第2のコア12(12a~12c)、これらのコア11及び12を覆うクラッド14、及びクラッド14中に形成された複数の副媒質領域である空孔13(13a~13f)を含む。なお、クラッド14よりも屈折率が低い材質から副媒質領域を形成してもよい。

【0023】

第1のコア11と第2のコア12は、六角形環等の多角形環の頂点に位置するように(第1のコア11の中心と第2のコア12の中心とを結ぶと多角形環を形成するように)配置される。ここで、第1のコア11と第2のコア12は、図1(a)に示されるように、多角形環の頂点に交互に配置されることが好ましく、この場合、多角形環は四角形環、六角形環等のn角形環(nは4以上の偶数)にすることが好ましい。同一の光学特性を有するコアが隣り合うよりも、異なる光学特性を有するコアが隣り合う方が、コア間のクロストークが低減されるためである。

【0024】

第1の線分15は、第1のコア11と第2のコア12のうちの隣り合うコアの中心同士を結ぶ線分であり、多角形環の辺を構成する。図1(a)に示されるマルチコアファイバ1においては、第1のコア11aと第2のコア12aを結ぶ線分、第2のコア12aと第1のコア11bを結ぶ線分、第1のコア11bと第2のコア12bを結ぶ線分、第2のコア12bと第1のコア11cを結ぶ線分、第1のコア11cと第2のコア12cを結ぶ線分、及び第2のコア12cと第1のコア11aを結ぶ線分が、それぞれ第1の線分15a、15b、15c、15d、15e、15fである。

【0025】

図1(a)に示されるマルチコアファイバ1においては、第1のコア11a~11c及び第2のコア12a~12cが正六角形環の6つの頂点の上に配置され、第1の線分15a~15fが正六角形環の6つの辺を構成する。第1のコア11と第2のコア12のうち、周方向に隣り合うコア間の距離(正六角形環の各辺の長さ)は、例えば、20~50 μ mである。

【0026】

第1のコア11の第1の光学特性と第2のコア12の第2の光学特性は異なる。例えば、第1のコア11と第2のコア12の屈折率や有効断面積が異なる場合に、第1の光学特性と第2の光学特性が異なる。

【0027】

図1(a)には、有効断面積の異なる第1のコア11と第2のコア12が示される。こ

10

20

30

40

50

の場合、第1のコア11と第2のコア12の直径は、例えば、それぞれ8～16 μm と4～8 μm である。第1のコア11は、シングルモード(SM)コア又はラージモードエリア(LMA)コアからなり、第2のコア12は、分散補償(SC)コアからなる。

【0028】

また、第1のコア11のクラッド14に対する比屈折率差と第2のコア12のクラッド14に対する比屈折率差は、例えば、それぞれ0.25～0.4%と0.8～1.2%である。

【0029】

第1のコア11、第2のコア12、及びクラッド14は、石英ガラス等からなる。第1のコア11と第2のコア12は、それぞれGe、P等の屈折率を上げるためのドーパントを含み、クラッド14は、B、F等の屈折率を下げるためのドーパントを含む。また、第1のコア11と第2のコア12が屈折率を上げるためのドーパントを含み、クラッド14がドーパントを含まない構成であってもよい。また、クラッド14が屈折率を下げるためのドーパントを含み、第1のコア11と第2のコア12がドーパントを含まない構成であってもよい。また、副媒質領域は、空孔であっても良いし、B、F等の屈折率を下げるためのドーパントを含んだ石英ガラスからなってもよい。

【0030】

空孔(第1の空孔)13は、第1のコア11と第2のコア12のうちの隣り合うコア間のクロストークを低減することができる位置である、第1の線分15と交わる第2の線分16上に配置される。図1(a)に示されるマルチコアファイバ1においては、第2の線分16a、16b、16c、16d、16e、16fが、それぞれ第1の線分15a、15b、15c、15d、15e、15fに交わる。そして、第2の線分16a、16b、16c、16d、16e、16f上に、それぞれ複数の空孔(空孔13a、13b、13c、13d、13e、13f)が配置される。

【0031】

空孔13a～13fは、各々複数の空孔から構成される。図1(a)に示されるマルチコアファイバ1においては、空孔13a～13fは各々4つの空孔から構成される(本明細書においては、この4つの空孔を単に空孔ということもある)。空孔13a～13fの各々は、両端の空孔の間に第2の線分16と第1の線分15の交点が位置するように配置される。これは、第1のコア11と第2のコア12のうちの隣り合うコアの間のクロストークを効率的に抑えるためである。例えば、空孔13aは、両端の空孔の間に第2の線分16aと第1の線分15aの交点が位置するように(空孔13aを構成する空孔の各中心同士を結んでできる線分が、第1の線分15aと交わるように)配置される。

【0032】

第2の線分16と第1の線分15の交点は、第1の線分15の中心付近に位置し、かつ、直角に交わることが好ましい。空孔13が第1のコア11又は第2のコア12に近接すると、第1のコア11又は第2のコア12の光学特性の変化、例えば、分散特性のシフトが生じるおそれがある。上記のように空孔13を配置したことにより、第1のコア11と第2のコア12のうちの隣り合うコアの間のクロストークを効率的に抑えることができる。

【0033】

第1の線分15a～fによって囲まれる多角形環(図1(a)においては正六角形環)の内側(例えば、クラッド14の中心の位置)にはコアが存在しないことが好ましい。多角形環の内側にコアが配置されると、そのコアと第1のコア11又は第2のコア12との距離が近くなる。そうすると、クロストークが増加し易くなるため、それらの間の全ての領域に空孔(副媒質領域)を配置する必要がある。この場合、マルチコアファイバ1の製造が困難になる。

【0034】

また、空孔13は、クラッド14の断面における扇形領域内のみ配置されるか、あるいは、この扇形領域内のみ追加してクラッド14の中心1箇所にも配置される。ここで

10

20

30

40

50

、扇形領域は、クラッド14の中心と表面を結ぶ線分のうちの隣り合うコアの中心をそれぞれ通る2本の線分により区画される2つの扇形の領域のうち、小さい方の領域である。

【0035】

例えば、空孔13aは、図1(b)に示されるように、クラッド14の断面における扇形領域18a内のみ配置される。ここで、扇形領域18aは、2本の線分17a、17bにより区画される2つの扇形の領域のうち、小さい方の領域である。線分17a、17bは、クラッド14の中心と表面を結ぶ線分のうちの隣り合うコア11a、12aをそれぞれ通る2本の線分である。また、空孔13b~13fも、空孔13aと同様に配置される。図1(b)に示されるマルチコアファイバ1においては、扇形領域18aの中心角(線分17a、17bとが成す角)を2等分する2等分線は、第2の線分16aと重なっており、この2等分線上に空孔13aが配置されている。

10

【0036】

さらに、空孔13aと空孔13fは、第1のコア11aを挟むようにして、それぞれクラッド14の径方向に沿って配置されている(空孔13aと空孔13fは、第1のコア11aをクラッド14の周方向で挟み、径方向では挟まないようにして配置されている)。この空孔13a、13fを構成する複数(図1においては8つ)の空孔全てが、第1のコア11aを中心とする同一円上に配置されるような配置関係にはなっていない(ホーリーファイバのようにコアを中心とする同一円上に等角度間隔で複数の空孔を配置していない)。また、他の空孔13と第1のコア11または第2のコア22の配置関係も同様である。

20

【0037】

〔第2の実施の形態〕

第2の実施の形態は、第1のコアと第2のコアが同じ光学特性を有する点において、第1の実施の形態と異なる。なお、第1の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

【0038】

図2は、本発明の第2の実施の形態に係るマルチコアファイバ2の断面図である。マルチコアファイバ2は、複数の第1のコア11(11a~11c)、複数の第2のコア22(22a~22c)、これらのコア11及び22を覆うクラッド14、及びクラッド14中に形成された複数の副媒質領域である空孔13(13a~13f)を含む。なお、クラッド14よりも屈折率が低い材質を用いて副媒質領域を形成しても良い。

30

【0039】

第1のコア11と第2のコア22は、屈折率や有効断面積が等しく、同じ光学特性を有する。例えば、第1のコア11及び第2のコア22の直径は、8~16 μm である。第1のコア11及び第2のコア22は、シングルモード(SM)コア又はラージモードエリア(LMA)コアからなる。

【0040】

また、第1のコア11及び第2のコア22のクラッド14に対する比屈折率差は、例えば、0.25~0.4%である。

【0041】

また、第1のコア11と第2のコア22は、それぞれGe、P等の屈折率を上げるためのドーパントを含み、クラッド14は、B、F等の屈折率を下げるためのドーパントを含む。また、第1のコア11と第2のコア22が屈折率を上げるためのドーパントを含み、クラッド14がドーパントを含まない構成であってもよい。また、クラッド14が屈折率を下げるためのドーパントを含み、第1のコア11と第2のコア22がドーパントを含まない構成であってもよい。また、副媒質領域は、空孔以外に、B、F等の屈折率を下げるためのドーパントを含んだ石英ガラスからなってもよい。

40

【0042】

第2の線分16と第1の線分15の交点は、第1の線分15の中心に位置し、かつ、第2の線分16と第1の線分15は、直角に交わることが好ましい。この場合、空孔13に

50

起因する第 1 のコア 1 1 と第 2 のコア 1 2 の光学特性のずれを最も効果的に抑えることができる。

【 0 0 4 3 】

〔 第 3 の実施の形態 〕

第 3 の実施の形態は、空孔の数において、第 1 の実施の形態と異なる。なお、第 1 の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

【 0 0 4 4 】

図 3 (a) は、本発明の第 3 の実施の形態に係るマルチコアファイバ 3 の断面図である。マルチコアファイバ 3 は、複数の第 1 のコア 1 1 (1 1 a ~ 1 1 c)、複数の第 2 のコア 1 2 (1 2 a ~ 1 2 c)、これらのコア 1 1 及び 1 2 を覆うクラッド 1 4、クラッド 1 4 中に形成された複数の空孔 (第 1 の空孔) 1 3 (1 3 a ~ 1 3 f) 及び複数の空孔 (第 2 の空孔) 3 3 (3 3 a ~ 3 3 f) を含む。

10

【 0 0 4 5 】

空孔 1 3 は、第 2 の線分 1 6 (1 6 a ~ 1 6 f) 上に配置される。空孔 3 3 (3 3 a ~ 3 3 f) は、第 2 の線分 1 6 (1 6 a ~ 1 6 f) の両側の第 3 の線分 3 6 (3 6 a ~ 3 6 f) 上に配置される。第 3 の線分 3 6 は、第 1 の線分 1 5 と交わり、第 2 の線分 1 6 と平行である。なお、第 3 の線分 3 6 は、第 2 の線分 1 6 の片側のみに存在してもよく、また、3 つ以上存在してもよい。

【 0 0 4 6 】

図 3 (b) は、空孔 1 3 a、3 3 a 周辺の拡大図である。空孔 1 3 a は、第 2 の線分 1 6 a 上に配置され、空孔 3 3 a は、第 3 の線分 3 6 a 上に配置される。空孔 1 3 a の隣り合う空孔の間を通り、第 1 の線分 1 5 a に平行な全ての直線は、空孔 3 3 a に交わる。また、空孔 3 3 a の隣り合う空孔の間を通り、第 1 の線分 1 5 a に平行な全ての直線は、空孔 1 3 a に交わる。空孔 3 3 b ~ 3 3 f も、空孔 3 3 a と同様に配置される。すなわち、第 1 のコア 1 1 a と第 2 のコア 1 2 a とを結んでできる、第 1 の線分 1 5 a に平行な全ての線分は、空孔 1 3 a、3 3 a のうち、少なくともいずれか 1 つの空孔に必ず交わる。これにより、第 1 のコア 1 1 と第 2 のコア 1 2 のうちの隣り合うコアの間のクロストークをより効果的に抑えることができる。

20

【 0 0 4 7 】

〔 第 4 の実施の形態 〕

第 4 の実施の形態は、副媒質領域 (空孔) の数及び形状において、第 1 の実施の形態と異なる。なお、第 1 の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

30

【 0 0 4 8 】

図 4 は、本発明の第 4 の実施の形態に係るマルチコアファイバ 4 の断面図である。マルチコアファイバ 4 は、複数の第 1 のコア 1 1 (1 1 a ~ 1 1 c)、複数の第 2 のコア 1 2 (1 2 a ~ 1 2 c)、これらのコア 1 1 及び 1 2 を覆うクラッド 1 4、及びクラッド 1 4 中に形成された複数の空孔 4 3 (4 3 a ~ 4 3 f) を含む。

【 0 0 4 9 】

空孔 4 3 は、第 1 のコア 1 1 と第 2 のコア 1 2 のうちの隣り合うコア間のクロストークを低減することができる位置である、第 2 の線分 1 6 上に配置される。図 4 に示されるマルチコアファイバ 4 においては、第 2 の線分 1 6 a、1 6 b、1 6 c、1 6 d、1 6 e、1 6 f 上に、それぞれ空孔 4 3 a、4 3 b、4 3 c、4 3 d、4 3 e、4 3 f が配置される。

40

【 0 0 5 0 】

空孔 4 3 a ~ 4 3 f の各々は、断面が楕円形の 1 つの空孔から構成される。この空孔 4 3 a ~ 4 3 f の長手方向の長さは、隣接するコア間を結んでできる全ての線分と各空孔 4 3 a ~ 4 3 f とが必ず交わるような長さに形成されていることが好ましい。空孔 4 3 a ~ 4 3 f は、それぞれ第 1 の線分 1 5 a ~ 1 5 f と交わり、楕円形の長手方向が第 1 の線分 1 5 a ~ 1 5 f の方向と交わる (楕円形の短手方向がクラッド 1 4 の円周方向と同方向となる)。特に、楕円形の長手方向が第 1 の線分 1 5 a ~ 1 5 f の方向と直角、かつ、第 1

50

の線分 15 a ~ 15 f の中心点で交わることが好ましい。この場合、第 1 のコア 1 1 と第 2 のコア 1 2 のうちの隣り合うコアの間のクロストークを効率的に抑えることができる。

【 0 0 5 1 】

〔 第 5 の実施の形態 〕

第 5 の実施の形態は、位置を特定するためのマーカーとして用いられる空孔が形成される点において、第 1 の実施の形態と異なる。なお、第 1 の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

【 0 0 5 2 】

図 5 は、本発明の第 5 の実施の形態に係るマルチコアファイバ 5 の断面図である。マルチコアファイバ 5 は、複数の第 1 のコア 1 1 (1 1 a ~ 1 1 c)、複数の第 2 のコア 1 2 (1 2 a ~ 1 2 c)、これらのコア 1 1 及び 1 2 を覆うクラッド 1 4、クラッド 1 4 中に形成された複数の空孔 1 3 (1 3 a ~ 1 3 f)、及び空孔などのクラッドよりも屈折率が低い副媒質領域から構成されるマーカー 5 1 を含む。

10

【 0 0 5 3 】

マーカー 5 1 は、空孔 1 3 a の周辺に配置された、視認により位置を特定するための空孔である。マーカー 5 1 は空孔 1 3 a の周辺にのみ形成され、空孔 1 3 b ~ 1 3 f の周辺には形成されないため、容易に空孔 1 3 b の位置を特定し、それによりマルチコアファイバ 5 の回転角度等を特定することができる。

【 0 0 5 4 】

なお、マーカー 5 1 の配置は、図 5 に示されるものに限られない。また、マーカー 5 1 は、複数の空孔から構成されてもよい。

20

【 0 0 5 5 】

〔 第 6 の実施の形態 〕

第 6 の実施の形態は、一部の領域の空孔の数を減らすことにより、その領域を位置を特定するためのマーカーとして用いる点において、第 3 の実施の形態と異なる。なお、第 3 の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

【 0 0 5 6 】

図 6 (a) は、本発明の第 6 の実施の形態に係るマルチコアファイバ 6 の断面図である。マルチコアファイバ 6 は、複数の第 1 のコア 1 1 (1 1 a ~ 1 1 c)、複数の第 2 のコア 1 2 (1 2 a ~ 1 2 c)、これらのコア 1 1 及び 1 2 を覆うクラッド 1 4、クラッド 1 4 中に形成された複数の空孔 1 3 (1 3 a ~ 1 3 f) 及び複数の空孔 3 3 (3 3 a ~ 3 3 f) を含む。

30

【 0 0 5 7 】

図 6 (b) は、空孔 1 3 a、3 3 a 周辺の拡大図である。空孔 1 3 a は、第 2 の線分 1 6 a 上に配置され、空孔 3 3 a は、第 3 の線分 3 6 a 上に配置される。空孔 3 3 a を構成する空孔の数は、空孔 3 3 b ~ 3 3 f の各々を構成する空孔の数よりも少ない。空孔 3 3 b ~ 3 3 f に含まれる所定の領域の空孔が空孔 3 3 a に含まれず、この空孔 3 3 a の空孔が配置されない所定の領域が、空孔 3 3 a の位置を特定するためのマーカーとして機能する。この所定の領域をマーカー 6 1 として図 6 (a)、(b) に示す。

【 0 0 5 8 】

なお、マーカー 6 1、すなわち空孔 3 3 a の空孔が配置されない所定の領域の位置は、図 6 (a)、(b) に示されるものに限られない。また、マーカー 6 1 は、空孔が配置されない複数の所定の領域から構成されてもよい。

40

【 0 0 5 9 】

(実施の形態の効果)

本発明の実施の形態によれば、クロストークを低減することのできる空孔を含み、かつ空孔に起因するコアの光学特性の変化が抑えられたマルチコアファイバを得ることができる。また、効果的にクロストークを低減し、コアの光学特性の変化を抑えることができるため、マルチコアファイバのコアを高密度に配置することができる。

【 0 0 6 0 】

50

また、ホールアシスト構造を採用した従来のマルチコアファイバは、各コアの周囲に均等に空孔を配置する構造であるため、その構造は複雑であり、所定の位置に空孔を配置することが難しく、製造は困難であった。これに対して、本実施の形態のマルチコアファイバは、隣り合うコア間に空孔（副媒質領域）を配置する構造であり、空孔をクラッド中に散在させるのではなく、ある程度纏めて配置する構造であるため、構造は簡略化されており、製造は比較的容易である。

【0061】

なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施が可能である。例えば、クラッドの中心に副媒質領域を設け、対向するコア間でのクロストークも低減させるようにしてもよい。また、発明の主旨を逸脱しない範囲内において上記実施の形態の構成要素を任意に組み合わせることができる。

10

【実施例】

【0062】

実施例として図7(a)に示す構造のマルチコアファイバ7aを製作した。

【0063】

第1のコア11とクラッド14の比屈折率差は、0.36%であり、第2のコア12とクラッド14の比屈折率差は、1.0%である。第1のコア11の直径は、9.0 μm であり、第2のコア12の直径は、6.2 μm である。第1のコア11及び第2のコア12は、それぞれ3個ずつであり、正六角形の各頂点に交互に配置した。第1のコア11と第2のコア12の距離（正六角形の各辺の長さ）は40 μm であり、クラッド14の直径は190 μm である。副媒質領域は空孔13からなり、空孔13の直径は5.0 μm であり、空孔間の間隔は1.0 μm で、5個ずつ各コア間に配置した。空孔13は、第1の線分15に対して線対称となるように、第1の線分15の垂直二等分線上に配置した。

20

【0064】

（比較例）

比較例として図7(b)に示すマルチコアファイバ7bを製作した。

【0065】

比較例のマルチコアファイバ7bは、実施例で示したマルチコアファイバ7aと比較して副媒質領域（空孔13）を有していない以外、条件は同じである。

【0066】

図8に示すクロストーク測定システム8を用いて各コアのクロストークの測定を行った。

30

【0067】

クロストーク測定システム8においては、光源81からの光を入射するための入射用シングルモード光ファイバ82がマルチコアファイバ7（7a又は7b）の一端においてコア（入射コア）に接続され、出射用シングルモード光ファイバ83がマルチコアファイバ7の他端において入射用シングルモード光ファイバ82が接続されたコアに隣り合う2つのコア（出射コア）にそれぞれ接続され、この出射用シングルモード光ファイバ83より出射された光の強度が測定器84により測定される。また、入射コアと入射用シングルモード光ファイバ82の結合部の位置合わせ、及び射出コアと出射用シングルモード光ファイバ83の結合部の位置合わせが、それぞれ調芯機構85a、85bにより行われる。

40

【0068】

クロストーク測定システム8は、光源81からマルチコアファイバ7に光を入射したときに、どのくらいの光が入射コアから隣り合う2つの出射コアに漏れ出すかを測定するシステムである。

【0069】

クロストーク測定システムを用いて各コアのクロストークの測定を行った結果を表1に示す。なお、表1中のクロストーク値は、100kmのマルチコアファイバを用いて測定した値（換算値）である。

【0070】

50

【表 1】

表 1

入射コア No.	出射コア No.	実施例 (dB)	比較例 (dB)
1 1 a	1 2 a	-49.9	-20.0
	1 2 c	-53.9	-19.0
1 2 a	1 1 a	-52.4	-19.5
	1 1 b	-48.4	-20.3
1 1 b	1 2 a	-49.4	-20.0
	1 2 b	-45.9	-20.5
1 2 b	1 1 b	-43.4	-20.5
	1 1 c	-43.9	-21.5
1 1 c	1 2 b	-44.4	-21.5
	1 2 c	-47.4	-20.5
1 2 c	1 1 c	-46.4	-19.5
	1 1 a	-48.9	-20.5

10

【0071】

比較例のマルチコアファイバ 8 b のクロストークは、 $-19.0 \sim -21.5$ dB (平均 -20.3 dB) であるのに対して、実施例のマルチコアファイバ 8 a のクロストークは、 $-43.4 \sim -53.9$ dB (平均 -47.9 dB) であり、クロストークを低減できていることを確認できた。

20

【0072】

以上、本発明の実施の形態及び実施例を説明したが、上記に記載した実施の形態及び実施例は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態及び実施例の中で説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

【符号の説明】

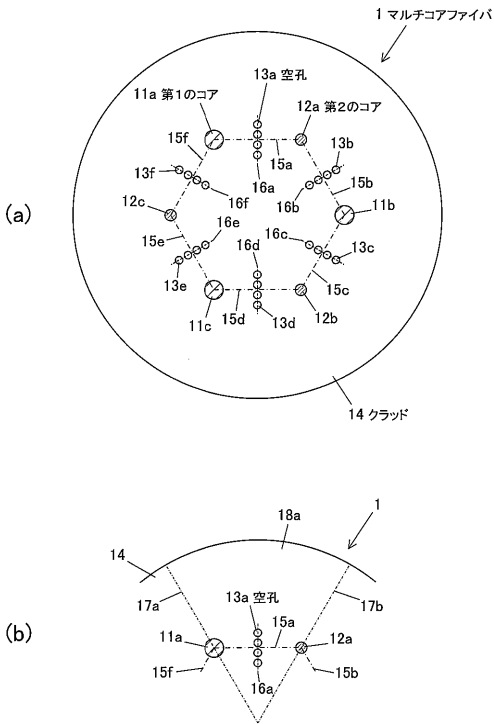
【0073】

- 1、2、3、4、5、6 マルチコアファイバ
- 1 1 a ~ 1 1 c 第 1 のコア
- 1 2 a ~ 1 2 c、2 2 a ~ 2 2 c 第 2 のコア
- 1 3 a ~ 1 3 f、3 3 a ~ 3 3 f、4 3 a ~ 4 3 f 空孔 (副媒質領域)
- 1 4 クラッド
- 1 5 a ~ 1 5 f 第 1 の線分
- 1 6 a ~ 1 6 f 第 2 の線分
- 1 7 a、1 7 b 線分
- 1 8 a 扇形領域
- 3 6 a ~ 3 6 f 第 3 の線分
- 5 1、6 1 マーカー

30

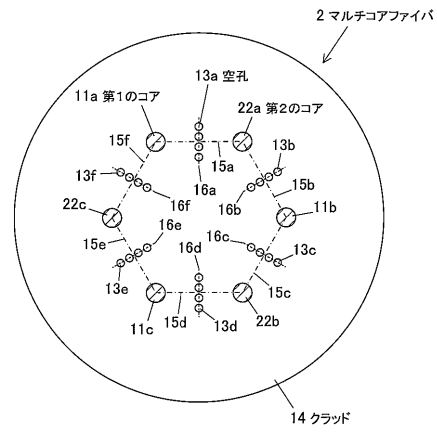
【 図 1 】

図1
(第1の実施の形態)



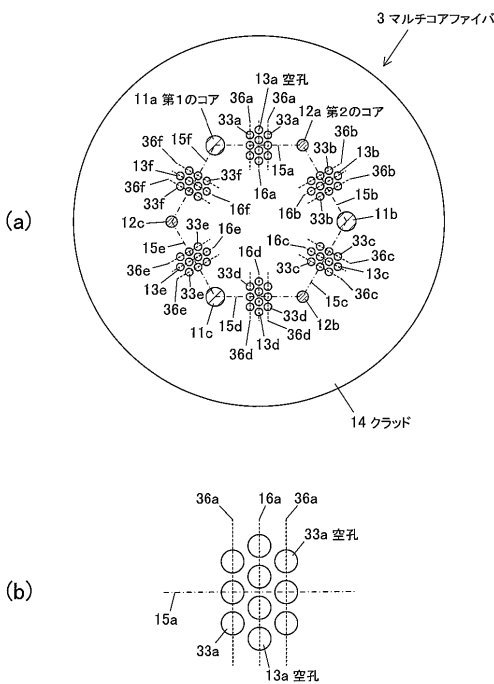
【 図 2 】

図2
(第2の実施の形態)



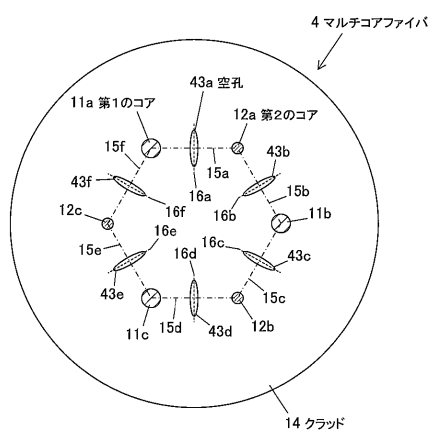
【 図 3 】

図3
(第3の実施の形態)



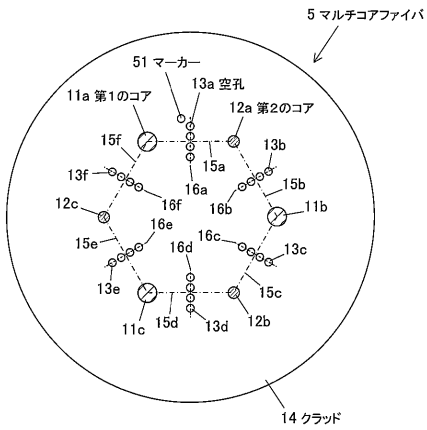
【 図 4 】

図4
(第4の実施の形態)



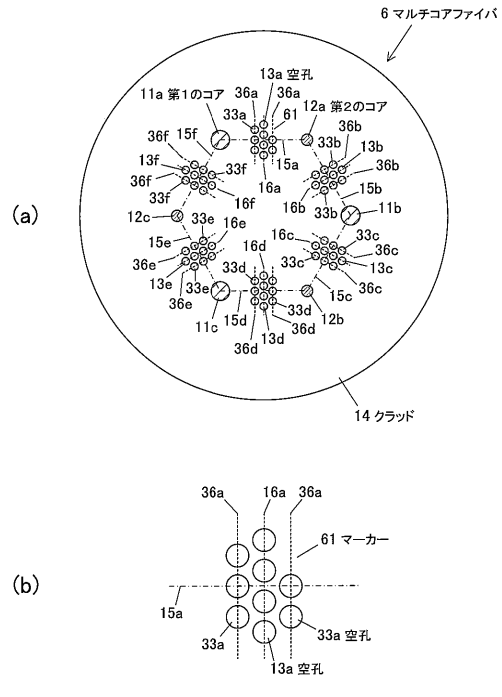
【 図 5 】

図5
(第5の実施の形態)



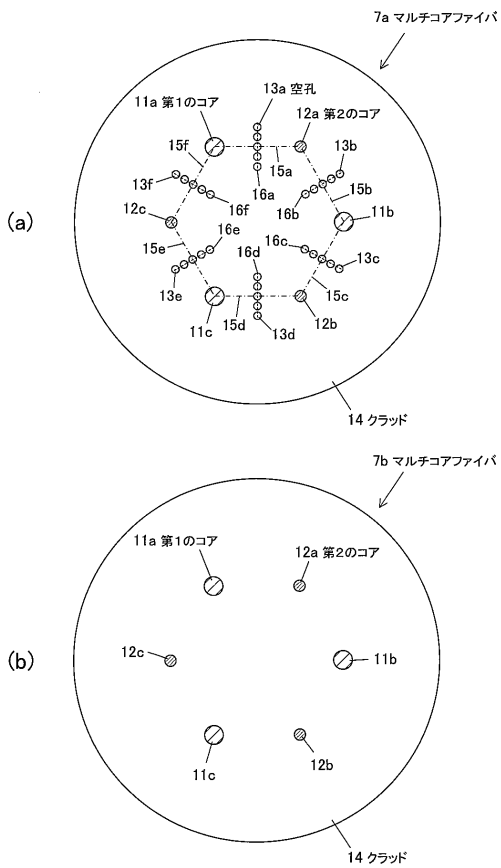
【 図 6 】

図6
(第6の実施の形態)



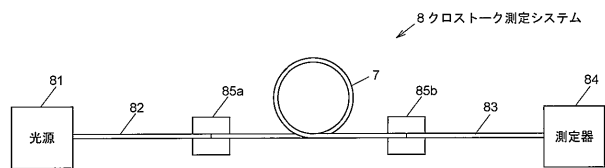
【 図 7 】

図7
(実施例)



【 図 8 】

図8
(実施例)



フロントページの続き

(74)代理人 100145171

弁理士 伊藤 浩行

(72)発明者 姚 兵

東京都千代田区外神田四丁目1 4 番 1 号 日立電線株式会社内

(72)発明者 大藪 和正

東京都千代田区外神田四丁目1 4 番 1 号 日立電線株式会社内

(72)発明者 椎名 則文

東京都千代田区外神田四丁目1 4 番 1 号 日立電線株式会社内

F ターム(参考) 2H046 AA02 AA09 AA15 AD22 AZ03 AZ09 AZ15

2H150 AB05 AB08 AB09 AB10 AC57 AD22 AD34 AF03 AF11 AF23

AF30 AF32 AF33 AF35 AF37 AG13 AH11 AH27 AH50