

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02019/078117

発行日 令和2年11月26日 (2020.11.26)

(43) 国際公開日 平成31年4月25日 (2019.4.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 6/02 (2006.01)</b>	G02B 6/02 451	2H137
<b>G02B 6/032 (2006.01)</b>	G02B 6/032 Z	2H250
<b>G02B 6/42 (2006.01)</b>	G02B 6/42	5K102
<b>H04J 14/04 (2006.01)</b>	H04J 14/04	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 20 頁)

出願番号 特願2019-549246 (P2019-549246)	(71) 出願人 519135633 公立大学法人大阪 大阪府大阪市阿倍野区旭町一丁目2番7-601号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2018/038134	
(22) 国際出願日 平成30年10月12日 (2018.10.12)	
(31) 優先権主張番号 特願2017-203869 (P2017-203869)	(74) 代理人 110000338 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
(32) 優先日 平成29年10月20日 (2017.10.20)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	(72) 発明者 久保田 寛和 大阪府堺市中区学園町1番1号 大阪府立大学内
	(72) 発明者 大橋 正治 大阪府堺市中区学園町1番1号 大阪府立大学内

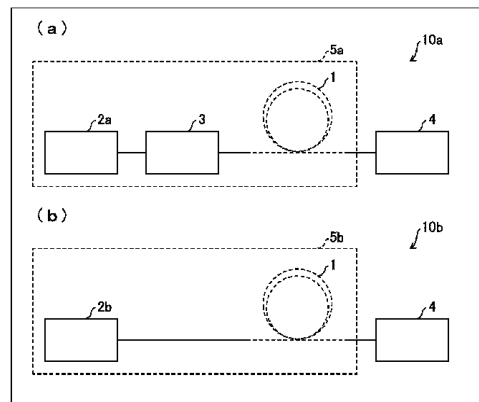
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光信号送信システム

(57) 【要約】

光ファイバを伝搬する光信号の遅延を抑制するとともに、光ファイバの生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図る。複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバ(1)と、光ファイバ(1)に光信号を入力する送信器(2a)およびモード変換器(3)と、を含み、送信器(2a)およびモード変換器(3)は、特定の高次モードの光信号を生成し、光ファイバ(1)は、コア部が中空であり、基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている。

図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバと、  
上記光ファイバに光信号を入力する送信装置と、を含み、  
上記送信装置は、特定の高次モードの光信号を生成し、  
上記光ファイバは、コア部が中空であり、基本モードの光信号の損失よりも上記特定の  
高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている光信号送信システム。

**【請求項 2】**

上記送信装置は、上記特定の高次モードの光信号として、その電界分布が、 $\cos$  または  $\cos^2$  の角度分布をなす光信号を生成する請求項 1 に記載の光信号送信システム

10

**【請求項 3】**

上記光ファイバは、フォトリックバンドギャップファイバである請求項 1 または 2 に記載の光信号送信システム。

**【請求項 4】**

上記光ファイバは、上記コア部の外縁にガラス壁を有するとともに、規則的に配列された複数の空孔部をクラッド部に有し、

上記ガラス壁の平均厚さと、上記空孔部の中心間距離との比は、 $0.03$  以上、 $0.05$  以下である請求項 3 に記載の光信号送信システム。

**【請求項 5】**

上記特定の高次モードの光信号は、 $LP_{1,1}$  モードの光信号であるか、または  $TE_{0,1}$  モードの光信号のみを含むものである請求項 1 から 4 までの何れか 1 項に記載の光信号送信システム。

20

**【請求項 6】**

特定の高次モードの光信号を送信する光信号送信システムにおいて使用される光ファイバであって、

コア部が中空であり、複数のモードの光信号を伝搬することができ、

基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている光ファイバ。

**【発明の詳細な説明】**

30

**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光信号送信システムおよび光ファイバに関する。

**【背景技術】****【0002】**

現在の通信に使う光ファイバは、LAN (Local Area Network) 等の比較的短距離の通信では、コア径が大きく、接続が容易なマルチモード光ファイバが用いられる。一方、通信距離がやや長い場合は、マルチモード光ファイバではモード分散が伝送距離・伝送容量の制限となるため、地域系、基幹系、海底など、通信距離が数 km 程度から 1 万 km にわたる多くの通信でコア径の小さい単一モード光ファイバが広く用いられる。いずれの場合も 1 本の光ファイバ中に光の通路は 1 つのみである。この 1 つの通路に波長多重通信により複数の信号を詰め込むことで通信容量を拡大しており、通信容量の大きな通信を実現している。

40

**【0003】**

更なる大容量化を目指して現在 1 本の光ファイバ中に複数の光の通路を持ち、複数の波長多重信号を同時に伝搬させる光ファイバとそれを用いた空間多重光通信方式の研究が行われている。

**【0004】**

空間多重光通信方式には複数のコアをもつマルチコア光ファイバを用いるコア多重方式と、一つのコアが 2 ないし 10 程度の伝搬モードを持つように設計した数モード光ファイ

50

バを用いるモード多重伝送方式、さらにこれらを併用した方式も研究されている。

【 0 0 0 5 】

これらとは別に、マルチモード光ファイバへの光の入射方法を工夫し、マルチモード光ファイバ中すべてのモードを使わず、伝搬特性の類似したモードを選択的に使用することで十 km 程度までの伝搬に使うための研究も行われている（特許文献 1、特許文献 2）。

【 0 0 0 6 】

これらの光ファイバ通信を高速光通信と呼称することがあるが、光ファイバ中を伝搬する光の信号の光の速度は光ファイバに使用するガラスやプラスチックの屈折率で決まり、通常の光ファイバでこれを大きく改善することはできない。物理的な限界速度である真空中の光の速度に近づけるためには光信号を空中において伝搬させれば良い。従来、空中伝搬では無線通信が使われているが、空間的な並列度を高め容量を拡大するためには M I M O (Multiple Input Multiple Output) 信号処理を使用する必要がある。大規模の M I M O 信号処理は処理時間が長くかかり、伝搬時間が短い特徴を生かすことができない。

10

【 0 0 0 7 】

そもそも、光、電気および電波などの信号は十分に早く、これまで伝搬遅延時間そのものに関してはほとんど顧みられることはなかった。これまでは複数の経路を通った光信号の相対的な遅延時間が問題になることがあったが、早く届いた信号を遅い信号に合わせて遅らせることで対応している。しかし、近年、証券取引、スーパーコンピュータのインターコネクトなど、わずかでも伝搬遅延時間を減らすことが望まれる分野が出現してきた。

【 0 0 0 8 】

中空光ファイバは、光ファイバの材質であるガラスおよびプラスチックなどに起因する様々な制約を解決する手段として研究開発が進められてきた。中空管の内側に高反射率の鏡を蒸着する方法は加工用レーザ光の導波には用いられているが、光の損失が大きいため通信用には適さない。損失の低い中空光ファイバの実現方法として提案されたのが、誘電体の周期的な構造によりあるエネルギー（波長）の電磁波がその誘電体中に侵入できなくなるフォトリソバンドギャップで中空のコア部を囲むフォトリソバンドギャップファイバである（非特許文献 1）。

20

【 0 0 0 9 】

誘電体が同心円状に多層になっているものなどいくつかの構造があるが、原理は同じである。通信システムではこの中空フォトリソバンドギャップファイバの基本モードを用いる、あるいは、複数のモードを持つように設計し、モード多重伝送に用いることが行われている。

30

【 0 0 1 0 】

中空フォトリソバンドギャップファイバの横断面は中空のコアのまわりに規則正しく多数の穴をあけた構造である。フォトリソバンドギャップファイバでは、まずクラッド部分の構造が、フォトリソバンドギャップが発生する波長を求める必要があるが同一の構造が無限に広がっている場合の計算を行うことで効率のよい計算を行うことができる（非特許文献 1）。

【 0 0 1 1 】

フォトリソバンドギャップファイバの作成方法としては特許文献 1 のように外径 0 . 1 mm ないし 1 mm の細いガラスパイプ（キャピラリー）を束ねてファイバ母材とするスタックアンドドロウ法（あるいはキャピラリー法）と呼ばれる方法が広く用いられる。

40

【 0 0 1 2 】

このため空孔は概略六方最密の配置にならんでいる。この構造では光ファイバに用いる材質の屈折率、および空孔間隔 と空孔の直径がフォトリソバンドギャップの特徴を決定し、空孔の直径が大きいほどフォトリソバンドギャップの存在範囲が広がるため、現在のフォトリソバンドギャップファイバのクラッド部断面は角のまるまった正六角形を並べた八子の巣状である。この構造が無限に広がっているとして、所望の波長にフォトリソバンドギャップが発生する波長が来るように構造を決定することが行われる。

【 0 0 1 3 】

50

実際のフォトリックバンドギャップファイバではクラッド部の大きさは有限である。フォトリックバンドギャップ領域境界付近での光の閉じ込めが弱くなり、光ファイバの伝送損失が増加する。また、構造の乱れはフォトリックバンドギャップを生じる領域の狭窄化、閉じ込め能力の低下となる。低損失なフォトリックバンドギャップファイバを実現するためにはクラッド部として構造の乱れの少ない周期構造をコア部の数倍の直径の領域にわたって作成する必要がある。

【0014】

キャピラリー法では中空コアのまわりに細いガラスパイプを並べるため、母材の中空部分の形状を保持することが難しい。また母材をファイバ化する線引き工程で空孔の配列が乱れやすい。空孔配列の乱れはフォトリックバンドギャップファイバの特性を劣化させるため、特許文献1、特許文献2のごとく母材の作成時にコアに相当する内径をもつ薄いガラス管を中心に導入することで配列の乱れを抑える方法が提案されている。

10

【0015】

しかしながら、コアを囲む円柱パイプを通る光と中空のコア部を通る光とはある波長で結合が生じる。結合が生じた波長では損失が増加するため、非特許文献1のごとく円柱パイプの厚さを精密に制御し、反共鳴状態と呼ばれる状態を作り出すことでコアを囲むガラスの表面およびそのガラス内部の光強度を減らし、低損失化を図ることが検討された。

【0016】

しかしながら、作成された母材から光ファイバを線引きする際にガラスの表面張力のためコア周囲のガラス壁の厚さはコアの周方向で均一にすることは困難であった。その後フォトリックバンドギャップファイバの損失を低減する方法としては非特許文献2のごとくコア周囲のガラス壁を持たない構造でガラス部分が内側(中心方向)に凸になっていることが有効であることが示され、現在ではこの構造のフォトリックバンドギャップファイバが用いられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】日本国公開特許公報「特開2000-284149号公報(2000年10月13日公開)」

【特許文献2】米国特許第228032号明細書(1880年05月25日登録)

30

【特許文献3】日本国公開特許公報「特開2003-277091号公報(2003年10月02日公開)」

【特許文献4】日本国公表特許公報「特表2004-533398号公報(2004年11月04日公表)」

【非特許文献】

【0018】

【非特許文献1】T. A. Birks, P. J. Roberts, P. S. J. Russell, D. M. Atkin, and T. J. Shepherd, "Full 2-D photonic-bandgaps in silica/air structures," *Electron. Lett.*, vol. 31, no. 22, pp. 1941-1943, 1995.

【非特許文献2】P. Roberts, D. Williams, B. Mangan, H. Sabert, F. Couny, W. Wadsworth, T. Birks, J. Knight, and P. Russell, "Realizing low loss air core photonic crystal fibers by exploiting an antiresonant core surround.," *Optics Express*, vol. 13, no. 20, pp. 8277-8285, Oct. 2005.

40

【非特許文献3】B. Debord, M. Alharbi, T. Bradley, C. Fourcade-Dutin, Y. Y. Wang, L. Vincetti, F. Grme, and F. Benabid, "Hypocycloid-shaped hollow-core photonic crystal fiber Part I: arc curvature effect on confinement loss.," *Optics Express*, vol. 21, no. 23, pp. 28597-28608, Nov. 2013.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

50

しかしながら、信号の遅延時間が短い中空光ファイバであるフォトリックバンドギャップファイバは、コア部を囲む円柱パイプを用いないことで低損失なフォトリックバンドギャップファイバが作成可能であるが、製造の難易度が高いという問題点がある。

【0020】

また、コアを囲む円柱パイプを用いることで製造は比較的容易となるが、低損失なフォトリックバンドギャップファイバとするためには円柱パイプの厚さを精密に制御する必要があり、またガラスの表面張力のため作成された母材から光ファイバを線引きした際にコア周囲のガラス壁の厚さをコアの周方向で均一にすることは困難であるなど、低損失化の点では円柱パイプを用いない方法に比較して不利である。このように、信号の遅延時間が短い中空光ファイバは製造の容易性と低損失化を両立させることは困難であった。

10

【0021】

本発明の一態様は、以上の問題点に鑑みて為されたものであり、その目的は、光ファイバを伝搬する光信号の遅延を抑制するとともに、光ファイバの生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図ることができる光信号送信システムなどを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0022】

上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る光信号送信システムは、複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバと、上記光ファイバに光信号を入力する送信装置と、を含み、上記送信装置は、特定の高次モードの光信号を生成し、上記光ファイバは、コア部が中空であり、基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている構成である。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明の一態様に係る光信号送信システムまたは光ファイバによれば、光ファイバの生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施の一形態に係る光通信システムの概要構成を示すブロック図である。

30

【図2】本発明の実施の一形態に係る光ファイバの断面の構造を示す断面図である。

【図3】上記光ファイバに特定モードの光信号を入力したときの電界強度分布の例を示す図である。

【図4】上記光ファイバに関し、クラッド部の構造とバンドギャップ波長との関係を示す図である。

【図5】上記光ファイバの損失波長特性の計算例を示す図である。

【図6】上記光ファイバの損失波長特性の計算例を示す図である。

【図7】上記光ファイバの損失波長特性の計算例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

本発明の実施の形態について図1～図6に基づいて説明すれば、次の通りである。以下、説明の便宜上、ある項目にて説明した構成と同一の機能を有する構成については、他の項目においても同一の符号を付記し、その説明を省略する場合がある。

40

【0026】

〔光通信システム〕

図1の(a)は、本発明の実施の一形態に係る光通信システム10aの概要構成を示すブロック図である。同図に示すように、光通信システム10aは、光信号送信システム5aおよび受信器4を含む。また、光信号送信システム5aは、光ファイバ1、送信器(送信装置)2a、およびモード変換器(送信装置)3を含む。光ファイバ1は、複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバである。光ファイバ1の構造の詳細については後述する。

50

## 【0027】

送信器2aおよびモード変換器3は、光ファイバ1に光信号を入力する装置である。送信器2aは、光を出射する光源を備えており、当該光源から基本モードの光信号を出力し、モード変換器3は、受動的な光部品で構成され、基本モードの光信号を伝送に使用する特定の高次モードの光信号に変換（特定の高次モードの光信号のみを選択的に生成）して出力する。特定の高次モードの光信号の例としては、光信号の電界分布が、 $\cos$  または  $\cos^2$  の角度分布をなす光信号である。電界分布が、 $\cos$  の角度分布をなす光信号を第1高次モードの光信号と称し、電界分布が、 $\cos^2$  の角度分布をなす光信号を第2高次モードの光信号と称する。第1高次モードは、 $LP_{1,1}$  モードに対応するモードであり、第2高次モードは、 $LP_{2,1}$  モードに対応するモードである。なお、フォトニックバンドギャップファイバでは弱導波近似からずれるため伝搬モードはLPモードからのずれが大きいが、便宜上近似が成り立つものとしてLPモードと記載する。

10

## 【0028】

なお、光ファイバ1の光軸に対して垂直な断面において、この断面と光軸との交点を中心とし、上記断面を含む平面内に円筒座標を設定した場合の角度方向をとする。

## 【0029】

光ファイバ1から出力される特定の高次モードの光信号は受信器4に伝達される。受信器4の前に高次モードを基本モードに変換するモード変換器を用いることは任意である。ただし、本実施形態の送信器2aおよび受信器4は、信号処理等による遅延が少ない方式を用いることが好ましい。

20

## 【0030】

図1の(b)は、変形例の光通信システム10bの概略構成を示すブロック図である。光通信システム10bは、光信号送信システム5bおよび受信器4を含む。光信号送信システム5bは、送信器（送信装置）2bおよび光ファイバ1を含む。

## 【0031】

本変形例では、送信器2bの出力が直接特定の高次モードを発生させるようになっている。このような送信器2bは高次モードを発生させるレーザ、または高次モードに適した特性をもつ光部品を使用することで実現することができる。また、送信器2bは、モード変換器を内蔵したものであっても見かけ上は送信器2bから、直接高次モードの光信号を発生しているように扱うことができる。この場合、モード変換器を送信器2bの外部に用意することは不要となる。

30

## 【0032】

〔光ファイバ〕

次に、図2に基づき、本発明の実施の一形態に係る光ファイバ1の構造の詳細について説明する。本実施形態の光ファイバ1は、いわゆるフォトニックバンドギャップファイバであり、中空のコア部1aに特定モードの光を閉じ込めることが可能となっている。

## 【0033】

同図に示すように、光ファイバ1の横断面は中空のコア部1aのまわりのクラッド部1bに多数の空孔（空孔部）1dが規則正しく配列された構造である。空孔1dの外周には、低屈折率ガラスからなるガラス層1eが形成されている。

40

## 【0034】

また、光ファイバ1は、コア部1aの外縁を画定するガラス製のサポートリング（コア壁（ガラス壁）1c）を備えており、これによりサポートリングのない構造に比べて製造が容易となっている。なお、本明細書でガラス製と記載している部分は、使用する波長で透明な材質であれば、たとえばP M M A（poly methyl methacrylate）などのプラスチックであってもよい。

## 【0035】

また、本実施形態の光ファイバ1は、基本モードの伝送損失が大きく、特定の高次モードの伝送損失が小さい構造となっている。その結果、光ファイバ1に特定の高次モードの光を伝搬させることにより、伝搬損失の低減が可能となっている。

50

## 【0036】

より具体的には、コア部1aは中空であり、クラッド部1bは、特定の高次モードの使用波長でフォトニックバンドギャップを生じるように、空孔間隔（空孔部の中心間距離）および空孔1dの壁の厚さ（ $t$ ）が所定の値に設定された周期構造を有している。

## 【0037】

上述したように、光ファイバ1は、基本モードの光信号の損失よりも上記高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されており、選択的に高次モードを受信器4に伝達するようになっている。また、光ファイバ1は、基本モードではなく特定の高次モードを伝搬に使用される。

## 【0038】

上述の構成によれば、光ファイバ1のコア部1aは、中空であるため、光ファイバ1を伝搬する光信号の遅延を抑制することができる。また、光ファイバ1に入射される光は、特定の高次モードのみからなる光信号であり、光ファイバ1は、基本モードの光信号の損失よりも特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている。このため、光信号の伝搬損失の低減を図ることができる。

## 【0039】

また、コア部が中空である従来の光ファイバにおいて基本モードの光信号の損失よりも特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計すればよいので、光ファイバ1の生産が容易である。

## 【0040】

以上により、光ファイバ1を伝搬する光信号の遅延を抑制するとともに、光ファイバ1の生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図ることができる。

## 【0041】

図3は、光ファイバ1に特定モードの光信号を入力したときの電界強度分布の例を示す図である。図3の(a)は、光ファイバ1に基本モードの光信号を入力したときの電界強度分布の例を示している。一方、図3の(b)は、光ファイバ1に第1高次モードの光信号を入力したときの電界強度分布の例を示している。

## 【0042】

これらの図に示すように、基本モードは中心が強い一つ山の形状の強度分布を有しており、一方、第1高次モードは中心がくぼんだドーナツ型の強度分布を有している。なお、これらの強度分布は光信号の電界強度を時間平均したものである。

## 【0043】

計算機実験では、電界分布が、 $\cos$  または  $\cos^2$  の角度分布をなす光信号は、光ファイバ1を用いることで、その伝搬損失を基本モードの光の伝搬損失よりも低減させることが可能であることが分かっている。

## 【0044】

また、光ファイバ1は、上述したように、コア部1aの外縁にコア壁1c（サポートリング；ガラス壁）を有するとともに、規則的に配列された複数の空孔1dをクラッド部1bに有し、上記ガラス壁（コア壁1c）の平均厚さ（ $w$ ）と、空孔1dの中心間距離（空孔間隔）との比は、0.03以上、0.05以下であることが好ましい。この構成によれば、基本モードの光信号の損失よりも高次モードの光信号の損失が小さくなるような光ファイバを好適に実現することができる。

## 【0045】

（実施例1）

次に、図4～図6に基づき、本発明の実施例について説明する。バンドギャップの発生する範囲はクラッド部1bにおける空孔1dの壁の厚さ（ $t$ ）と空孔間隔との比  $t/\text{空孔間隔}$  に影響を受けるため、まずフォトニックバンドギャップが存在する構造、ならびに寸法を決定する必要がある。

## 【0046】

図4は、非特許文献1に記載されている方法と同様の方法により、クラッド部1bの一

10

20

30

40

50

面に同一の構造があるとした場合のフォトニックバンドギャップの存在範囲を、電磁界解析を用いて数値的に求め、 $t/\lambda$  を変えて描いた図である。

【0047】

使用波長  $\lambda$  が異なる場合も、同一の屈折率を有する材質を使用するのであれば、空孔間隔  $\lambda$  を波長  $\lambda$  に比例して拡大・縮小すればよいため、図4の横軸はこれらの比  $t/\lambda$  で描かれている。斜線部がフォトニックバンドギャップを生じている領域である。このうち、細かい斜線部は実効屈折率  $n_{eff}$  が1以下の領域であり、光ファイバ1のクラッド部1bとして使用するために必要な領域である。

【0048】

実効屈折率  $n_{eff} = 1$  におけるバンドギャップの幅  $\Delta\lambda$ 、 $\Delta\lambda$ 、および  $\Delta\lambda$  と、中心波長  $\lambda_0$ 、 $\lambda_0$ 、および  $\lambda_0$  との比は  $t/\lambda$  が0.05のとき「幅  $\Delta\lambda$ 」/「中心波長  $\lambda_0$ 」=16%〔図4の(a)〕、 $t/\lambda$  が0.02のとき「幅  $\Delta\lambda$ 」/「中心波長  $\lambda_0$ 」=32%〔図4の(b)〕、 $t/\lambda$  が0.01のとき「幅  $\Delta\lambda$ 」/「中心波長  $\lambda_0$ 」=37%〔図4の(c)〕である。 $t/\lambda$  を0.01以下とすることの効果は少なく、0.04以下であれば十分である。また  $t/\lambda$  が0.05から0.01の範囲でフォトニックバンドギャップ生じる波長はあまり変化していない。

10

【0049】

図4のごとくバンドギャップの生じる領域が  $t/\lambda$  で求まると、使用波長  $\lambda$  が決まっている場合には、必要な空孔間隔  $\lambda$  の範囲が決まる。逆に空孔間隔  $\lambda$  が決まっている場合には使用可能な波長  $\lambda$  の範囲が決まる。

20

【0050】

次に、実際の伝送損失を求める場合には、光ファイバ1の断面構造モデルを作成し、有限要素法を用いた電磁界解析により中空のコア部1aを伝搬する伝搬モードを求め、各モードの伝搬損失を計算する。図5は、図2に示す構造において、クラッド部1bにおける空孔1dの壁の厚さ( $t$ )と空孔間隔  $\lambda$  との比  $t/\lambda$  が0.04、コア壁1cの厚さ(ガラス壁の平均厚さ) $w$ と空孔間隔  $\lambda$  との比  $w/\lambda$  が0.03、である場合に、波長を変えて計算を行った結果を示すグラフである。図5では、横軸に規格化波長  $\lambda/\lambda_0$ 、縦軸に各モードの伝搬損失を描いている。

【0051】

従来用いられている基本モードである  $LP_{0,1}$  モードの伝送損失と、本実施例で使用する高次モードの伝送損失と、を同一のグラフ上に描いている。この計算は高次モードとして第1高次モード( $LP_{1,1}$  モードに対応)を使用する例である。図4とバンドギャップが存在する範囲がわずかに異なるのは、計算アルゴリズムと計算モデルの差異による。

30

【0052】

図5の両端はフォトニックバンドギャップの範囲外となるため、損失が急激に増加している。コア壁1cをもつ構造の光ファイバ1では、ある波長で中空のコア部1aを伝搬する光とコア壁1c内を伝搬する光との結合が生じ、損失が増加する。この計算例では図5の中央付近で結合が生じている。計算上は波長に対してU字型の特性を持つものが2つ重なった特性になるが、基本モード( $LP_{0,1}$  モード)の損失曲線41および42、第1高次モード( $LP_{1,1}$  モード)の損失曲線43および44のそれぞれの組で同じ波長では損失の少ない方の損失曲線が伝搬モードとして存在し、結果としてW字型の損失波長特性となる。

40

【0053】

次に、光の結合が強いほど損失が大きくなり、また結合の生じる波長はコア壁1cの厚さ  $w$  が変化した場合に変化する。この様子を、図6を用いて、図5と比較して示す。図6の(a)は  $w/\lambda = 0.02$  の場合であり、 $LP_{0,1}$  モードの損失曲線51は結合波長が長波長側のバンドギャップの端付近に移動している。一方、図6の(b)は  $w/\lambda = 0.04$  の場合であり、 $LP_{0,1}$  モードの損失曲線53は結合波長が短波長側のバンドギャップの端付近に移動している。なお、コア部1aを伝搬する光と結合するコア壁1cを通る光は複数存在するため、ある結合がバンドギャップの外側に移動した場合に別の結合がバ

50



ンドギャップ内の波長で生じることもある。

【0054】

LP<sub>0,1</sub>モードの損失曲線41および42に比較し、LP<sub>1,1</sub>モードの損失曲線43および44は損失の増加が少ないため、結合の生じる波長が移動した際の損失の変化も少ない。LP<sub>1,1</sub>モードを使用した場合は、LP<sub>0,1</sub>モードを使用する場合に比べてコア壁1cの厚さwに対する許容範囲が広がる。

【0055】

図6の(a)に示す( $w/\lambda = 0.02$ )では、特性が平坦であるが損失が比較的大きく、長距離の伝送には適さない。一方、図5に示す( $w/\lambda = 0.03$ )では、透過帯域内の伝送損失は約5 dB/kmとまだある程度大きい、25 dBの伝送路損失が許容できる場合5 kmの伝送距離となる。

10

【0056】

次に、図6の(b)に示す( $w/\lambda = 0.04$ )では、透過帯域内の伝送損失は1 dB/kmとなり、25 dBの伝送路損失が許容できる場合25 kmの伝送距離となる。また、 $w/\lambda = 0.1$ を超えるとコア壁1cを通る光の種類が増え、結合を回避しにくくなる。本実施形態で用いるフォトニックバンドギャップファイバとしては $w/\lambda$ が0.03ないし0.05が好適である。

【0057】

次に、実際の寸法は以下のようになる。図5では $w/\lambda = 0.47$ 付近でLP<sub>1,1</sub>モードの損失が低くなっている。通信で一般的に使用される波長 $1.55 \mu\text{m}$ で使用する場合は、空孔間隔 $\lambda$ は $1.55 \mu\text{m} / 0.47 = \text{約} 3.3 \mu\text{m}$ となる。このとき、クラッド部1bにおける空孔1dの壁の厚さ(t)は $3.3 \mu\text{m} * 0.04 = \text{約} 0.13 \mu\text{m}$ 、コア壁1cの厚さwは $3.3 \mu\text{m} * 0.03 = \text{約} 0.1 \mu\text{m}$ と求められる。

20

【0058】

(実施例2)

前述のLP<sub>1,1</sub>モードは、厳密にはHE<sub>2,1</sub>モード、TM<sub>0,1</sub>モードおよびTE<sub>0,1</sub>モードに分解でき、光ファイバ1中ではこれらが重ね合わさって伝搬している。図7に示すように、それらの中で特にTE<sub>0,1</sub>モードの伝送損失が小さく、図5に見られる透過帯域内の損失増加領域もない。なお、図7は、図5に示すグラフに対応するグラフであり、 $w/\lambda = 0.03$ の場合の計算結果を示すグラフである。

30

【0059】

そのため、特定の高次モードの光信号として、LP<sub>1,1</sub>モードをそのまま利用するのではなく、LP<sub>1,1</sub>モードからTE<sub>0,1</sub>モードのみ(単一の高次モード)を抽出して利用してもよい。TE<sub>0,1</sub>モードは、モード変換器3あるいは送信器2a(または送信器2b)でLP<sub>1,1</sub>モードの生成後、TE<sub>0,1</sub>モード以外のモードを減衰させることで生成可能である。TE<sub>0,1</sub>モード以外のモードを減衰させることで光電力は半減するが、減衰した光電力は光増幅器で回復することが可能である。送信器2a(または送信器2b)における光増幅器の使用は一般的であるため、図中に示していない。

【0060】

通常的光ファイバは光を伝搬する部分がガラスないしプラスチックであるため、光の伝搬速度が屈折率分の1となり、空気中にくらべて約2/3の速度に低下してしまう。これに対して光ファイバ1は光ファイバ1中の光の伝搬速度が空気中の速度とほぼ等しいという特徴があるため、計算機を利用した証券取引、スーパーコンピュータのインターコネクなど、わずかな遅延時間の短縮が大きな経済効果を生む分野での利用が考えられる。

40

【0061】

〔まとめ〕

本発明の一態様に係る光信号送信システムは、複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバと、上記光ファイバに光信号を入力する送信装置と、を含み、上記送信装置は、特定の高次モードの光信号を生成し、上記光ファイバは、コア部が中空であり、基本モードの光信号の損失よりも上記高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計

50

されている構成である。

【0062】

上記構成によれば、光ファイバのコア部は、中空である。このため、光ファイバを伝搬する光信号の遅延を抑制することができる。また、上記構成によれば、光ファイバに入射される光は、特定の高次モードの光信号であり、光ファイバは、基本モードの光信号の損失よりも特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている。このため、光信号の伝搬損失の低減を図ることができる。また、上記構成によれば、コア部が中空である従来の光ファイバにおいて基本モードの光信号の損失よりも高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計すれば良いので、光ファイバの生産が容易である。

【0063】

以上により、光ファイバを伝搬する光信号の遅延を抑制するとともに、光ファイバの生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図ることができる。

【0064】

また、本発明の一態様に係る光信号送信システムは、上記送信装置は、上記高次モードの光信号として、その電界分布が、 $\cos$  または  $\cos^2$  の角度分布をなす光信号を生成することが好ましい。計算機実験では、電界分布が、 $\cos$  または  $\cos^2$  の角度分布をなす光信号は、特定の光ファイバを用いることで、その伝搬損失を基本モードの光の伝搬損失よりも低減させることが可能であることが分かっている。よって、上記構成によれば、光ファイバを伝搬する光信号の伝搬損失を基本モードの光の伝搬損失よりも低減させることができる。

【0065】

また、本発明の一態様に係る光信号送信システムは、上記光ファイバは、フォトニックバンドギャップファイバであることが好ましい。上記構成によれば、中空のコア部に特定モードの光を閉じ込めることが可能になる。

【0066】

また、本発明の一態様に係る光信号送信システムは、上記光ファイバは、上記コア部の外縁にガラス壁を有するとともに、規則的に配列された複数の空孔部をクラッド部に有し、上記ガラス壁の平均厚さと、上記空孔部の中心間距離との比は、 $0.03$  以上、 $0.05$  以下であることが好ましい。上記構成によれば、基本モードの光信号の損失よりも高次モードの光信号の損失が小さくなるような光ファイバを実現することができる。

【0067】

また、本発明の一態様に係る光信号送信システムは、上記高次モードの光信号は、 $LP_{11}$  モードの光信号であるか、または  $TE_{01}$  モードの光信号のみを含むものであることが好ましい。上記構成によれば、伝搬損失をより低減させることができる。

【0068】

また、本発明の一態様に係る光ファイバは、特定の高次モードの光信号を送信する光信号送信システムにおいて使用される光ファイバであって、コア部が中空であり、複数のモードの光信号を伝搬することができ、基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されている構成である。上記構成によれば、光ファイバの生産性の向上と、伝搬損失の低減との両立を図ることができる光ファイバを実現することができる。

【0069】

〔付記事項〕

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

【符号の説明】

【0070】

10

20

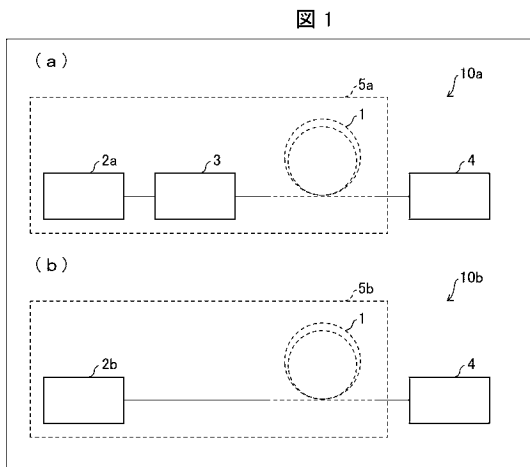
30

40

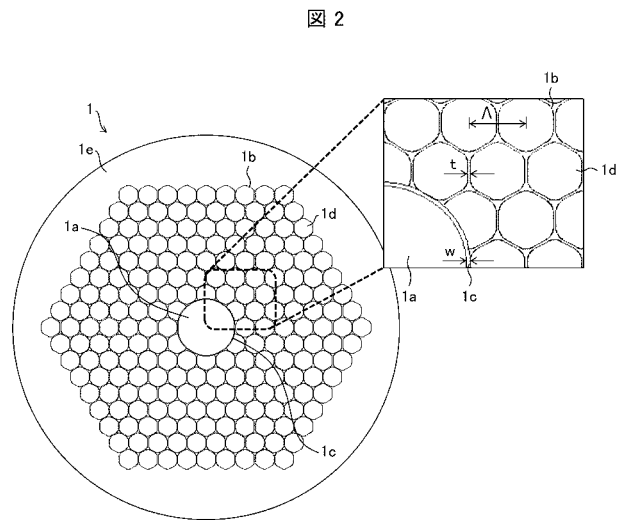
50

- 1 光ファイバ
- 1 a コア部
- 1 b クラッド部
- 1 c コア壁 (ガラス壁)
- 1 d 空孔 (空孔部)
- 2 a 送信器 (送信装置)
- 2 b 送信器 (送信装置)
- 3 モード変換器 (送信装置)
- 5 a 光信号送信システム
- 5 b 光信号送信システム
- 空孔間隔 (空孔部の中心間距離)
- w 厚さ (ガラス壁の平均厚さ)

【図1】

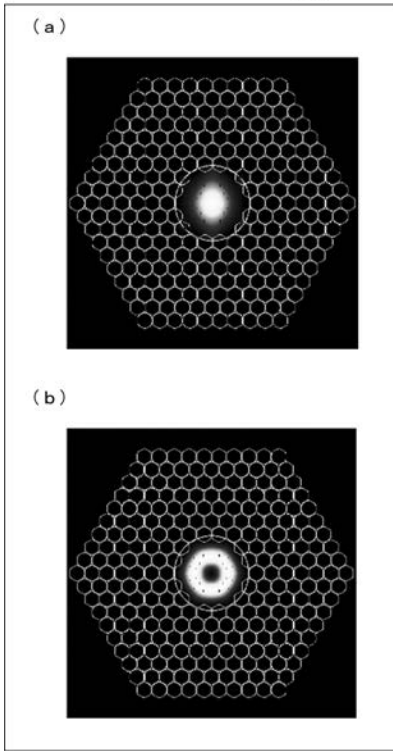


【図2】



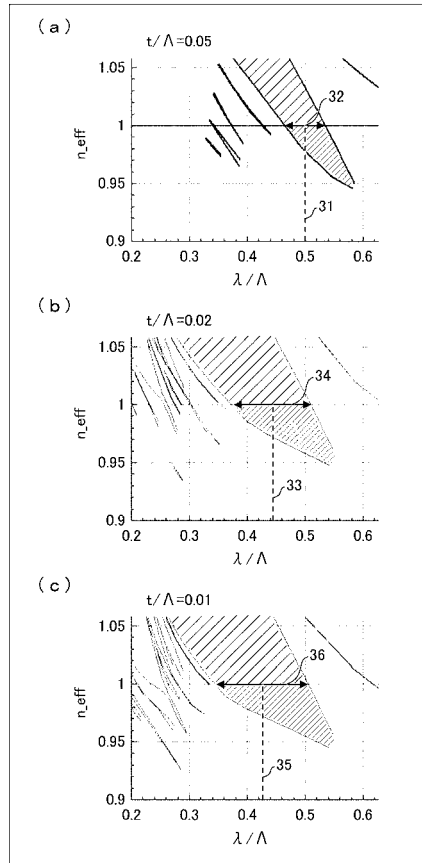
【 図 3 】

図 3



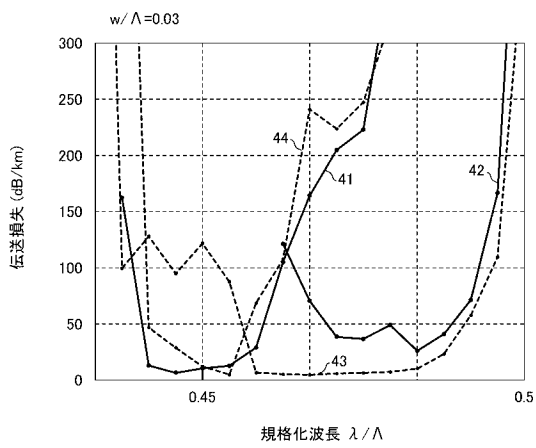
【 図 4 】

図 4



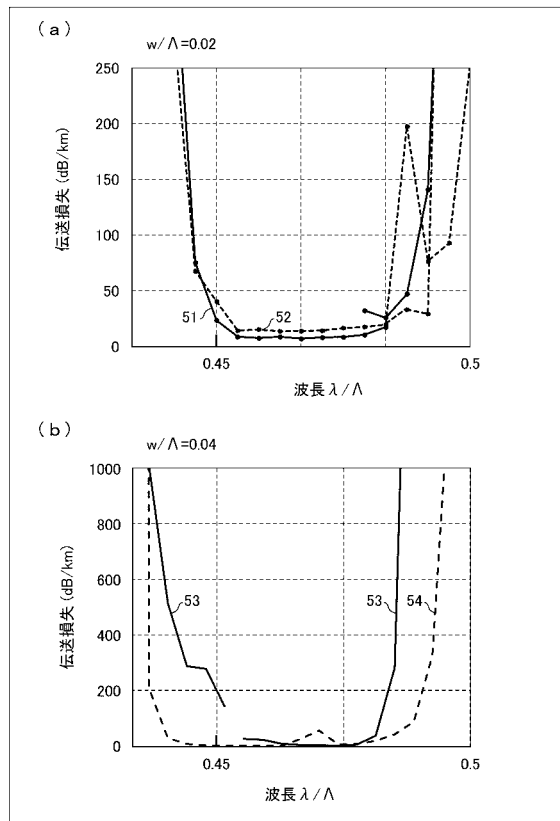
【 図 5 】

図 5



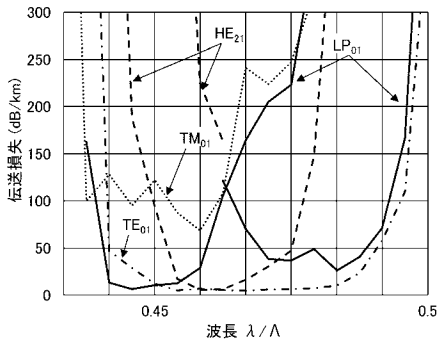
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



## 【 手続補正書 】

【 提出日 】 令和1年7月22日 (2019.7.22)

## 【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

## 【 請求項 1 】

基本モードを含む複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバと、  
 上記光ファイバに光信号を入力する送信装置と、を含み、  
 上記送信装置は、特定の高次モードの光信号を生成し、  
 上記光ファイバは、コア部が中空であり、上記基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されており、

上記送信装置が、上記特定の高次モードの光信号として、 $LP_{11}$ モードの光信号を生成し、上記 $LP_{11}$ モードの光信号に含まれる $TE_{01}$ モード以外のモードを減衰させることで、 $TE_{01}$ モードのみの光信号を生成する、光信号送信システム。

## 【 請求項 2 】

上記送信装置は、上記特定の高次モードの光信号として、その電界分布が、 $\cos$  の角度分布をなす光信号を生成する請求項 1 に記載の光信号送信システム。

## 【 請求項 3 】

上記光ファイバは、フォトリックバンドギャップファイバである請求項 1 または 2 に記載の光信号送信システム。

## 【 請求項 4 】

上記光ファイバは、上記コア部の外縁にガラス壁を有するとともに、規則的に配列され

た複数の空孔部をクラッド部に有し、

上記ガラス壁の平均厚さと、上記空孔部の中心間距離との比は、0.03以上、0.05以下である請求項3に記載の光信号送信システム。

【請求項5】

(削除)

【請求項6】

(削除)

【請求項7】

(削除)

【請求項8】

上記光ファイバの格子間隔は、実効屈折率 = 1におけるバンドギャップの幅の中心が使用波長となるように設計されていることを特徴とする請求項1に記載の光信号送信システム。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

技術分野

[0001]

本発明は、光信号送信システムおよび光ファイバに関する。

背景技術

[0002]

現在の通信に使う光ファイバは、LAN (Local Area Network) 等の比較的短距離の通信では、コア径が大きく、接続が容易なマルチモード光ファイバが用いられる。一方、通信距離がやや長い場合は、マルチモード光ファイバではモード分散が伝送距離・伝送容量の制限となるため、地域系、基幹系、海底など、通信距離が数km程度から1万kmにわたる多くの通信でコア径の小さい単一モード光ファイバが広く用いられる。いずれの場合も1本の光ファイバ中に光の通路は1つのみである。この1つの通路に波長多重通信により複数の信号を詰め込むことで通信容量を拡大しており、通信容量の大きな通信を実現している。

[0003]

更なる大容量化を目指して現在1本の光ファイバ中に複数の光の通路を持ち、複数の波長多重信号を同時に伝搬させる光ファイバとそれを用いた空間多重光通信方式の研究が行われている。

[0004]

空間多重光通信方式には複数のコアをもつマルチコア光ファイバを用いるコア多重方式と、一つのコアが2ないし10程度の伝搬モードを持つように設計した数モード光ファイバを用いるモード多重伝送方式、さらにこれらを併用した方式も研究されている。

[0005]

これらとは別に、マルチモード光ファイバへの光の入射方法を工夫し、マルチモード光ファイバ中すべてのモードを使わず、伝搬特性の類似したモードを選択的に使用することで十km程度までの伝搬に使うための研究も行われている(特許文献1、特許文献2)。

[0006]

これらの光ファイバ通信を高速光通信と呼称することがあるが、光ファイバ中を伝搬する光の信号の光の速度は光ファイバに使用するガラスやプラス

【手続補正書】

【提出日】令和2年4月7日(2020.4.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基本モードを含む複数のモードの光信号を伝搬することができる光ファイバと、上記光ファイバに光信号を入力する送信装置と、を含み、上記送信装置は、特定の高次モードの光信号を生成し、上記光ファイバは、コア部が中空であり、上記基本モードの光信号の損失よりも上記特定の高次モードの光信号の損失が小さくなるように設計されており、上記送信装置が、上記特定の高次モードの光信号として、 $LP_{11}$ モードの光信号を生成し、上記 $LP_{11}$ モードの光信号に含まれる $TE_{01}$ モード以外のモードを減衰させることで、 $TE_{01}$ モードのみの光信号を生成する、光信号送信システム。

【請求項 2】

上記送信装置は、上記特定の高次モードの光信号として、その電界分布が、 $\cos$  の角度分布をなす光信号を生成する請求項 1 に記載の光信号送信システム。

【請求項 3】

上記光ファイバは、フォトリックバンドギャップファイバである請求項 1 または 2 に記載の光信号送信システム。

【請求項 4】

上記光ファイバは、上記コア部の外縁にガラス壁を有するとともに、規則的に配列された複数の空孔部をクラッド部に有し、

上記ガラス壁の平均厚さと、上記空孔部の中心間距離との比は、 $0.03$  以上、 $0.05$  以下である請求項 3 に記載の光信号送信システム。

【請求項 5】

上記光ファイバの格子間隔は、実効屈折率 = 1 におけるバンドギャップの幅の中心が使用波長となるように設計されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号送信システム。

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/038134
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
Int.Cl. G02B6/02 (2006.01) i, G02B6/032 (2006.01) i, G02B6/43 (2006.01) i, H04B10/2581 (2013.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G02B6/02, G02B6/032, G02B6/43, H04B10/2581		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Published examined utility model applications of Japan		1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan		1971-2018
Registered utility model specifications of Japan		1996-2018
Published registered utility model applications of Japan		1994-2018
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-227255 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 10 November 2011, paragraphs [0002]-[0025], fig. 1-4 (Family: none)	6
Y		1-5
Y	CHEN, H. et al., "Mode division multiplexing over 19-cell hollow-core photonic bandgap fibre by employing integrated mode multiplexer, ELECTRONICS LETTERS", 14 August 2014, vol. 50, no. 17, 1227-1229	1-5
A	JP 2014-512722 A (CORNING INC.) 22 May 2014, entire text, all drawings & US 2012/0219301 A1 & WO 2012/115780 A1 & EP 2678724 A1 & KR 10-2014-0010963 A & RU 2013143316 A	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<b>* Special categories of cited documents:</b> "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 December 2018 (14.12.2018)		Date of mailing of the international search report 08 January 2019 (08.01.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/038134

## 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 2016/0209586 A1 (UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON) 21 July 2016, entire text, all drawings & GB 2518419 A & WO 2015/040187 A1 & EP 3047318 A1 & US 9904008 B2	1-6
A	WO 2017/032454 A1 (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E. V.) 02 March 2017, entire text, all drawings & US 2018/0267235 A1 & EP 3136143 A1 & EP 3341771 A1 & JP 2018-533042 A & CA 2995736 A1 & CN 108351465 A & TW 201712381 A	1-6

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 3 8 1 3 4	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/02(2006.01)i, G02B6/032(2006.01)i, G02B6/43(2006.01)i, H04B10/2581(2013.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/02, G02B6/032, G02B6/43, H04B10/2581			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) IBEE Xplore			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X	JP 2011-227255 A (日本電信電話株式会社) 2011.11.10, 段落 0002-0025, 図 1-4 (ファミリーなし)	6	
Y		1-5	
Y	CHEN, H. et al., Mode division multiplexing over 19-cell hollow-core photonic bandgap fibre by employing integrated mode multiplexer, ELECTRONICS LETTERS, 2014.08.14, Vol. 50, No, 17, 1227-1229	1-5	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 14.12.2018		国際調査報告の発送日 08.01.2019	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 佐藤 宙子	2 L 9316 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 3 8 1 3 4
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-512722 A (コーニング インコーポレイテッド) 2014.05.22, 全文、全図 & US 2012/0219301 A1 & WO 2012/115780 A1 & EP 2678724 A1 & KR 10-2014-0010963 A & RU 2013143316 A	1-6
A	US 2016/0209586 A1 (UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON) 2016.07.21, 全 文、全図 & GB 2518419 A & WO 2015/040187 A1 & EP 3047318 A1 & US 9904008 B2	1-6
A	WO 2017/032454 A1 (MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER WISSENSCHAFTEN E.V.) 2017.03.02, 全文、全図 & US 2018/0267235 A1 & EP 3136143 A1 & EP 3341771 A1 & JP 2018-533042 A & CA 2995736 A1 & CN 108351465 A & TW 201712381 A	1-6

## フロントページの続き

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

特許法第30条第2項適用申請有り ・刊行物名 「 Unique loss characteristics in TE modes of conventional photonic bandgap fibers Optics Letters 1 June 2018 Vol.43 No.11 2599 p-2602p」 発行日(掲載日)平成 30年 6月 1日 発行所 Optical Society of America ウェブサイトのアドレス <https://www.osapublishing.org/ol/issue.cfm?volume=43&issue=11> ・研究集会名 電子情報通信学会  
開催場所 関西大学 梅田キャンパス 開催日 平成 29年 11月 24日

(72)発明者 三好 悠司  
大阪府堺市中区学園町1番1号 大阪府立大学内

(72)発明者 小酒 信昭  
大阪府堺市中区学園町1番1号 大阪府立大学内

Fターム(参考) 2H137 AB05 AB06 BA04 BA06 BA11  
2H250 AB02 AB33 AE71 AF04 AF12 AF23 AF28 AF36 AF53 AF56  
5K102 AD00 PA00 PA11 PB01 PH31

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。