

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4543770号
(P4543770)

(45) 発行日 平成22年9月15日(2010.9.15)

(24) 登録日 平成22年7月9日(2010.7.9)

(51) Int. Cl.			F I		
GO2F	1/01	(2006.01)	GO2F	1/01	C
GO2B	6/00	(2006.01)	GO2B	6/00	376Z
GO2B	6/032	(2006.01)	GO2B	6/20	B
GO2B	6/036	(2006.01)	GO2B	6/22	

請求項の数 3 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2004-180619 (P2004-180619)
(22) 出願日	平成16年6月18日(2004.6.18)
(65) 公開番号	特開2006-3683 (P2006-3683A)
(43) 公開日	平成18年1月5日(2006.1.5)
審査請求日	平成18年8月25日(2006.8.25)

(73) 特許権者	000005120 日立電線株式会社 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(74) 代理人	100068021 弁理士 絹谷 信雄
(72) 発明者	岡 太一 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内
(72) 発明者	大園 和正 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日立電線株式会社内
審査官	山本 貴一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファイバ型光スイッチ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コアと、該コアを中心とする円周上に等間隔に空孔を形成したクラッドとからなるホーリー光ファイバに、屈折率が温度特性を有し、温度変化による屈折率の変化範囲内にクラッドの屈折率を含む屈折率整合剤を前記空孔内に充填した整合剤充填部を形成し、該整合剤充填部の外部に前記屈折率整合剤の温度を制御する温度制御手段を設けたファイバ型光スイッチであって、

前記温度制御手段は、前記ホーリー光ファイバを挿通するためのファイバ挿通路が形成された高熱伝導部材を有し、

前記ファイバ挿通路は、前記高熱伝導部材の両端に形成され前記ホーリー光ファイバを挿通するための挿通口と該挿通口よりも低い位置に形成された挿通路底部とを有し、

前記挿通路底部に位置する前記ホーリー光ファイバの前記空孔内にのみ前記屈折率整合剤を充填して前記整合剤充填部を形成し、前記ホーリー光ファイバの両端をシングルモードファイバで封止したことを特徴とするファイバ型光スイッチ。

【請求項2】

前記空孔の数が4つ以上の偶数本である請求項1に記載のファイバ型光スイッチ。

【請求項3】

温度10～40の範囲で、波長1.31μmにおける前記屈折率整合剤の屈折率の変化範囲は、1.439～1.451の範囲を含む請求項1または2に記載のファイバ型光スイッチ。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光の透過及び遮断の制御に使用する光スイッチに係り、特に、ホーリー光ファイバを用いたファイバ型光スイッチに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の光ファイバでは得られない特性を有する光ファイバであるフォトニック結晶構造を有するフォトニッククリスタルファイバ（PCF：Photonic Crystal Fiber）が注目されている。

10

【0003】

フォトニック結晶構造とは、屈折率の周期構造のことであり、例えば、蜂の巣のようなハニカム構造の空間をクラッドに形成することで光の禁制帯であるフォトニックバンドギャップ（PBG：Photonic Band Gap）が発生する。非特許文献1には、PBGを導波原理としたPCFについて記載されており、非特許文献2には、PBG構造を導波原理とする中空コアのPCFについて記載されている。

【0004】

また、PBG構造のみを導波原理とする光ファイバではないが、従来のガラス組成の違いによる比屈折率差をもたせた光ファイバのクラッドに空孔を形成し、クラッドの実効的な屈折率を下げて比屈折率差を大きくするホーリー光ファイバがある。これは、非特許文献3に記載されているように、通常のシングルモード光ファイバのクラッドに4個あるいは6個の空孔を形成し、実効的な比屈折率差を大きくしたホーリー光ファイバで、曲げ損失特性が通常のシングルモード光ファイバに比べて1/100以下になる光ファイバを実現している。

20

【0005】

また、光ファイバの光路を選択的に遮断することによりスイッチング信号を得るようにした光スイッチ装置にあたっては、対をなす電気光学素子によって投光手段及び受光手段をそれぞれ構成すると共に、各電気光学素子間を光コネクタ及び光ファイバを介して光結合する光路を形成し、上記光ファイバの途中部位に、その光路を選択的に遮断する光スイッチ部を設けることにより製造されるのが通常である（例えば、特許文献1参照）。

30

【0006】

【特許文献1】特開2000-275551号公報

【非特許文献1】ナイト（J.C.Knight）等、「フォトニックバンドギャップガイダンスインオプティカルファイバ（Photonic Band Gap Guidance in Optical Fibers）」、サイエンス（Science）、（米国）、1998年11月20日、第282号、p. 1476-1478

【非特許文献2】クレガン（R.F.Cregan）等、「シングルモードフォトニックバンドギャップガイダンスオブライトインエア（Single-Mode Photonic Band Gap Guidance of Light in Air）」、サイエンス（science）、（米国）、1999年9月3日、第285号、p. 1537-1539

40

【非特許文献3】姚兵等、「ホーリーファイバの実用化に関する一検討」、信学技法、社団法人電子情報通信学会、2003年1月16日、第102巻、第581号、p. 47-50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

光スイッチ装置の動作信頼性を高める上で最も問題になるのは、光結合部分の精度であり、特に、光ファイバの光路を選択的に遮断するための構造の組立精度を十分に高める必要がある。

【0008】

50

しかしながら、光スイッチの光結合部分の精度を高めるためには、その光結合部分の構造が複雑化してしまうという問題点があり、構造の複雑化は製造工程や歩留まりからコスト高となってしまう。

【0009】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、簡易構造かつ低コストのファイバ型光スイッチを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、請求項1の発明は、コアと、該コアを中心とする円周上に等間隔に空孔を形成したクラッドとからなるホーリー光ファイバに、屈折率が温度特性を有し、温度変化による屈折率の変化範囲内にクラッドの屈折率を含む屈折率整合剤を前記空孔内に充填した整合剤充填部を形成し、該整合剤充填部の外部に前記屈折率整合剤の温度を制御する温度制御手段を設けたファイバ型光スイッチであって、前記温度制御手段は、前記ホーリー光ファイバを挿通するためのファイバ挿通路が形成された高熱伝導部材を有し、前記ファイバ挿通路は、前記高熱伝導部材の両端に形成され前記ホーリー光ファイバを挿通するための挿通口と該挿通口よりも低い位置に形成された挿通路底部とを有し、前記挿通路底部に位置する前記ホーリー光ファイバの前記空孔内にのみ前記屈折率整合剤を充填して前記整合剤充填部を形成し、前記ホーリー光ファイバの両端をシングルモードファイバで封止したファイバ型光スイッチである。

【0014】

請求項2の発明は、前記空孔の数が4つ以上の偶数本である請求項1に記載のファイバ型光スイッチである。

【0015】

請求項3の発明は、温度10～40の範囲で、波長1.31μmにおける前記屈折率整合剤の屈折率の変化範囲は、1.439～1.451の範囲を含む請求項1または2に記載のファイバ型光スイッチである。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、光を透過、遮断する光スイッチの構造が簡易になるといった優れた効果を発揮する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0019】

図1に、ファイバ型光スイッチに用いるホーリー光ファイバ11の断面図とそのA-A線断面における屈折率分布を示す。

【0020】

ホーリー光ファイバ11は、コア31と、その周囲に形成されるクラッド32とからなる。クラッド32には、コア31を中心とした円周上に、円周方向に等間隔に6本の円柱状の空孔33がファイバ長手方向にわたって形成されている。図1では、ホーリー光ファイバ11が備える空孔33の数は6本であるが、これに限らず、3本以上備えればよく、光ファイバの対称性を考慮すると、4本以上の偶数本が好ましい。

【0021】

クラッド32は純粋石英で形成され、その屈折率を n_0 とすると、コア31にはゲルマニウムがドーブされているためその屈折率 n_1 は n_0 よりわずかに高く、空孔33は、空気または N_2 、He、Ar等の不活性ガスであるため、その屈折率 n_2 は略1であり、 n_0 より低い。

【0022】

ホーリーファイバ11の空孔33の任意の位置に、屈折率が温度特性を持ち、温度変化による屈折率の変化範囲内にクラッド32の屈折率を含む屈折率整合剤を挿入し、空孔3

10

20

30

40

50

3に屈折率整合剤の充填された部位を整合剤充填部とする。

【0023】

ファイバ型光スイッチは、ホーリー光ファイバ11内に、上記整合剤充填部を備え、整合剤充填部が、ホーリーファイバ11を伝搬する光を透過、遮断するスイッチ機能を有するものである。

【0024】

屈折率整合剤の空孔33への挿入方法は、ホーリー光ファイバ11を屈折率整合剤の入った容器に垂直に挿入し、毛細管現象を利用して、屈折率整合剤の液面より上昇しホーリーファイバ11内に挿入した屈折率整合剤をそのままホーリー光ファイバ11の空孔33に取り込む。そして、ホーリー光ファイバ11の片端面を吸引する、または空気を圧入することにより屈折率整合剤をホーリー光ファイバ11の所定の位置に配することができる。

【0025】

ここで、図2に、本実施の形態で用いた屈折率整合剤の温度と屈折率(波長 $1.31\mu\text{m}$)の関係を示す。

【0026】

図2に示すように、常温(25)では、クラッド32を形成する純粋石英と同じ屈折率となり、温度が高くなると屈折率は低下し、温度が低くなると屈折率は高くなるような温度屈折率曲線を描く。より具体的には、20で約1.447、40で約1.439である。

【0027】

本実施の形態で用いた波長 $1.31\mu\text{m}$ における屈折率整合剤の屈折率の変化範囲は、温度10~40で、1.439~1.451の範囲を含んでいる。

【0028】

クラッドよりも屈折率の低い、または同じ光学材料(屈折率整合剤等)が空孔33に充填されている場合、あたかも空孔33のない通常の光ファイバ、または若干比屈折率差の大きい通常の光ファイバと同じ構造となり、それを導波する光は減衰することなく伝搬する。

【0029】

ホーリー光ファイバ11の優れた曲げ特性は、コア31近傍に空孔33が存在するためであるが、光学材料を充填すると、空孔がない通常の光ファイバと同じ構造になり、曲げ特性がやや低下する。

【0030】

一方、クラッドよりも屈折率の高い光学材料が充填された場合、クラッドよりも屈折率の高い部分が、本来のコア以外にも生じるので、コアが複数存在する状態になる。すなわち、ホーリー光ファイバのコアと空孔、空孔同士の間隔が光の波長オーダーで接近しているとき、光のカップリング現象が生じ、本来のコアを伝搬してきた光が空孔に乗り移ってしまう。乗り移った光は、光学材料がある空孔を伝搬するが、光学材料が充填されていない空孔では、光は伝搬されないため、非常に大きな損失が生じ、光が遮断される。

【0031】

以上より、本実施の形態のファイバ型光スイッチ10は、温度により空孔に充填された屈折率整合剤の屈折率が変化し、その屈折率がクラッドの屈折率より高い場合、スイッチに導波された光を遮断し、クラッドの屈折率より低い、または同じ場合は、光を透過させる作用を持つ。

【0032】

本実施の形態のファイバ型光スイッチ10は、外部温度に反応してファイバ伝搬光を透過又は遮断できるため、温度感知システムのセンサ等に利用できる。

【0033】

また、用いる屈折率整合剤は、使用する際の環境温度と、ホーリー光ファイバ11のクラッド材により、その仕様を換えてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

次に、図 3 に、他の実施の形態として温度制御手段を用いたファイバ型光スイッチ 1 0 の斜視図を示す。

【 0 0 3 5 】

温度制御手段は、ペルチェ素子 1 4 と銅ブロック 1 5 a , 1 5 b と断熱材 1 6 及び電源 1 7 とで構成される。

【 0 0 3 6 】

ホーリーファイバ 1 1 には、空孔の形成されていない石英系シングルモード光ファイバ 1 2 をホーリーファイバ 1 1 の両接続端 1 3 にそれぞれ融着接続されている。ホーリー光ファイバ 1 1 の空孔 3 3 には、屈折率整合剤を挿入しており、空孔 3 3 がシングルモード光ファイバ 1 2 , 1 2 で封止された状態にある。ホーリーファイバ 1 1 は、後述するファイバ挿通路を形成した高熱伝導材である 2 枚の銅ブロック 1 5 a , 1 5 b で挟み込まれている。銅ブロック 1 5 a , 1 5 b は、ペルチェ素子 1 4 上に接して設けられ、銅ブロック 1 5 a , 1 5 b の上面及び全ての側面は断熱材 1 6 で覆われている。ペルチェ素子 1 4 には、電源 1 7 が接続されている。

10

【 0 0 3 7 】

図 4 に、高熱伝導部材である銅ブロック 1 5 a の断面図を示す。

【 0 0 3 8 】

図 4 に示すように、銅ブロック 1 5 a にはホーリーファイバ 1 1 を挿通させる半割ファイバ挿通路が形成される。同様に、銅ブロック 1 5 b にも半割ファイバ挿通路が形成され、銅ブロック 1 5 a 及び銅ブロック 1 5 b を接合して、各々銅ブロック 1 5 a 、 1 5 b に形成された半割ファイバ挿通路が対向して合わさり、ファイバ挿通路 2 1 が形成される。ファイバ挿通路 2 1 は、ファイバ挿通路 2 1 の端である挿通口 2 4 、 2 4 より低く形成される挿通路底部 2 2 を備えた U 字状に形成される。

20

【 0 0 3 9 】

ホーリー光ファイバ 1 1 は、ファイバ挿通路 2 1 に挿通され、ファイバ挿通路 2 1 の底部 2 2 に位置するホーリー光ファイバ 1 1 の空孔 3 3 に屈折率整合剤が充填され、整合剤充填部 2 3 が形成される。ファイバ挿通路 2 1 の形状は、ファイバ長手方向が U 字状に限らず、V 字状でもよく、空孔 3 3 内に挿入された屈折率整合剤が、空孔 3 3 内の所定の位置で留まる形状に形成されればいずれでもよい。

30

【 0 0 4 0 】

他の実施の形態では、図 3 に示したファイバ型光スイッチ 1 0 において、ホーリーファイバ 1 1 の長さは 0 . 3 m 、融着接続したシングルモード光ファイバ 1 2 の長さはそれぞれ 0 . 6 m にした。また、図 4 に示した銅ブロック 1 5 a , 1 5 b に形成されたファイバ挿通路 2 1 の大きさは径 1 3 0 μ m にした。

【 0 0 4 1 】

他の実施の形態であるファイバ型光スイッチ 1 0 の作用について説明する。

【 0 0 4 2 】

ペルチェ素子 1 4 は、異種の金属の接触面を通じて弱い電流が流れたとき、熱の発生や吸収が起こるペルチェ効果を利用した素子である。電源 1 7 でペルチェ素子 1 4 に電流を流すと、銅ブロック 1 5 a , 1 5 b が加熱され、整合剤充填部 2 3 の屈折率整合剤の温度が上昇する。一方、それとは逆方向の電流をペルチェ素子 1 4 に流すと銅ブロック 1 5 a , 1 5 b が冷却され、整合剤充填部 2 3 の屈折率整合剤の温度が低下する。また、断熱材 1 6 は、銅ブロック 1 5 、 1 5 の温度を外部と遮断するために設けられている。

40

【 0 0 4 3 】

銅ブロック 1 5 a , 1 5 b の温度変化により、整合剤充填部 2 3 に温度変化が生じると、空孔 3 3 に充填された屈折率整合剤は、図 2 に示す屈折率温度特性を持つため、シングルモード光ファイバ 1 2 より入射されてファイバ型スイッチ 1 0 を伝搬する光は、屈折率整合剤の屈折率がクラッドより低いまたは同じ場合は、整合剤充填部 2 3 を透過し、屈折率整合剤の屈折率がクラッドより、高い場合は、整合剤充填部 2 3 において遮断される。

50

【 0 0 4 4 】

図 5 はファイバ型光スイッチ 1 0 の温度と伝送損失の関係を示す図である。

【 0 0 4 5 】

図 5 に示すように、屈折率整合剤の温度が 2 0 から 4 0 の温度内にあるときの伝送損失は 0 . 5 d B であり、損失が殆どなく光を透過している。屈折率整合剤 2 3 の温度が 1 0 の時の伝送特性は 1 0 . 6 d B であり、光を遮断している。

【 0 0 4 6 】

以上、ファイバ型光スイッチ 1 0 は、ホーリー光ファイバ 1 1 の任意の位置で空孔 3 3 内に屈折率整合剤を充填したものであり、それを外部に設けた温度制御手段で屈折率整合剤の温度を制御し、整合剤充填部 2 3 を伝搬する光の透過、遮断を制御したものである。

10

【 0 0 4 7 】

ここで、温度制御手段は、ペルチェ素子 1 4、銅ブロック 1 5 a、1 5 b、断熱材 1 6、電源 1 7 を用いたが、これに限らず、他のヒータ等を用いてもよい。ただし、発熱と冷却の両方できる機能を有する素子が望ましい。また、高熱伝導部材は銅に限らず、熱伝導性を有すればいずれの金属で形成してもよい。

【 0 0 4 8 】

また、上述の実施の形態では、波長 1 . 3 1 μ m の光を透過、遮断させる光スイッチについて説明したが、これに限らず、導波させる光の波長帯により、屈折率整合剤を代替してもよい。

【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 0 4 9 】

【 図 1 】 本実施の形態に係るファイバ型光スイッチに用いるホーリー光ファイバの断面図及び屈折率分布図である。

【 図 2 】 図 1 のファイバ型光スイッチに用いる屈折率整合剤の屈折率 - 温度特性を表す図である。

【 図 3 】 温度制御手段を用いたのファイバ型光スイッチの斜視図である。

【 図 4 】 図 3 における銅ブロックの B - B 線に沿った断面図である。

【 図 5 】 図 3 のファイバ型光スイッチの整合剤充填部の伝送損失 - 温度特性を表す図である。

【 符号の説明 】

30

【 0 0 5 0 】

1 0 ファイバ型光スイッチ

1 1 ホーリー光ファイバ

1 2 シングルモード光ファイバ

1 4 ペルチェ素子

1 5 a , 1 5 b 銅ブロック

2 1 ファイバ挿通路

2 3 整合剤充填部

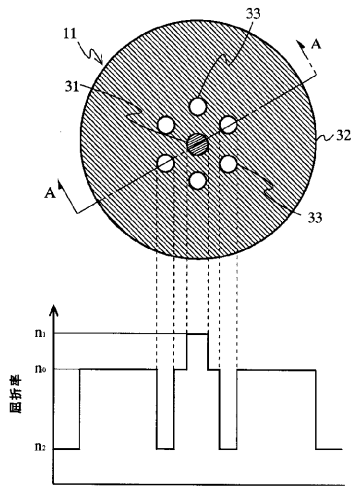
3 1 コア

3 2 クラッド

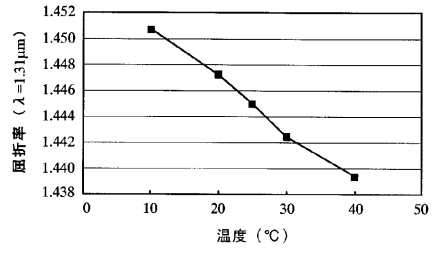
3 3 空孔

40

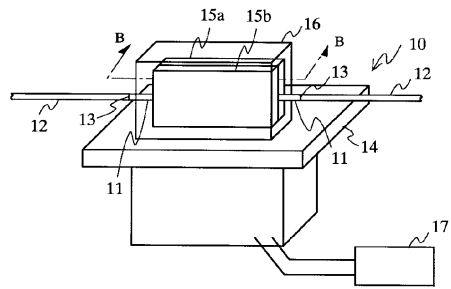
【 図 1 】



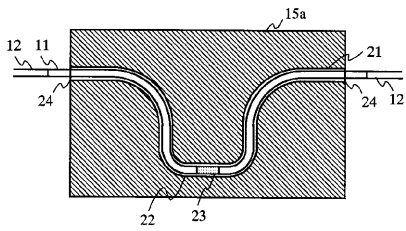
【 図 2 】



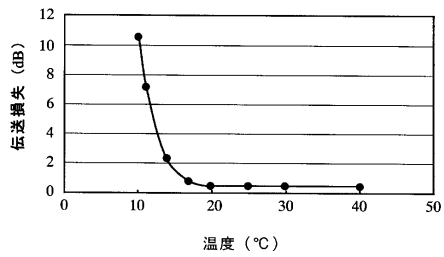
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-140097(JP,A)
特開2000-098315(JP,A)
特開昭62-100742(JP,A)
特開平08-334617(JP,A)
特開2000-098316(JP,A)
特開2003-215647(JP,A)
T.T. Larsen et al., Thermo-optic switching in liquid crystal infiltrated photonic band gap fibres, Electronics Letters, 2003年11月27日, Vol.39, No.24, pp.1719-1720

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/00 - 6/12
G02F 1/00 - 1/125, 1/29 - 1-313

IEEE Xplore
JSTPlus(JDreamII)
JST7580(JDreamII)