

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4083629号
(P4083629)

(45) 発行日 平成20年4月30日(2008.4.30)

(24) 登録日 平成20年2月22日(2008.2.22)

(51) Int. Cl.	F I	
GO2B 6/036 (2006.01)	GO2B 6/22	
GO2B 6/02 (2006.01)	GO2B 6/10	C
GO2B 6/032 (2006.01)	GO2B 6/16	
HO1S 3/06 (2006.01)	GO2B 6/20	Z
HO1S 3/10 (2006.01)	HO1S 3/06	B
請求項の数 4 (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2003-170381 (P2003-170381)
 (22) 出願日 平成15年6月16日(2003.6.16)
 (65) 公開番号 特開2005-4127 (P2005-4127A)
 (43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)
 審査請求日 平成18年5月31日(2006.5.31)

(73) 特許権者 000003263
 三菱電線工業株式会社
 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号
 (74) 代理人 100077931
 弁理士 前田 弘
 (74) 代理人 100094134
 弁理士 小山 廣毅
 (74) 代理人 100110939
 弁理士 竹内 宏
 (74) 代理人 100113262
 弁理士 竹内 祐二
 (74) 代理人 100115059
 弁理士 今江 克実
 (74) 代理人 100117710
 弁理士 原田 智雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダブルクラッドファイバの加工方法及びそれによって加工されたダブルクラッドファイバ、並びに、それを備えた光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光増幅成分がドープされたコアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられ該コアに沿って延びる複数の細孔が形成された第2クラッドと、を備え、該第1クラッドに入射された励起光が該第1クラッドと該第2クラッドとの界面で反射を繰り返しながら該第2クラッドで囲まれた領域内を伝搬し、該励起光が該コアを通過する際に該コアの光増幅成分を活性化させ、該光増幅成分が該コアを伝搬する光を増幅するように構成されたダブルクラッドファイバの加工方法であって、

ダブルクラッドファイバを部分的に外部からエッチングすることにより、第2クラッドを取り除いて第1クラッドを露出させ、

上記第1クラッドの露出部分に紫外線を照射することにより、コアに回折格子を形成することを特徴とするダブルクラッドファイバの加工方法。

【請求項2】

光増幅成分がドープされたコアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられ該コアに沿って延びる複数の細孔が形成された第2クラッドと、を備え、該第1クラッドに入射された励起光が該第1クラッドと該第2クラッドとの界面で反射を繰り返しながら該第2クラッドで囲まれた領域内を伝搬し、該励起光が該コアを通過する際に該コアの光増幅成分を活性化させ、該光増幅成分が該コアを伝搬する光を増幅するように構成されたダブルクラッドファイバであって、

部分的に上記第2クラッドが取り除かれて上記第1クラッドが露出しており、
上記第1クラッドの露出部分の上記コアに回折格子が設けられていることを特徴とする
ダブルクラッドファイバ。

【請求項3】

請求項2に記載されたダブルクラッドファイバであって、
上記第2クラッドの細孔の径の大きさが10 μm以下であることを特徴とするダブルク
ラッドファイバ。

【請求項4】

請求項2に記載されたダブルクラッドファイバを備えたことを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ダブルクラッドファイバの加工方法及びそれで加工されたダブルクラッドフ
アイバ、並びに、それを備えた光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバの1種であるダブルクラッドファイバは、光を伝搬するだけでなく、その伝
搬する光を増幅することもできるため、ファイバレーザ、光増幅器及びASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源等の光学装置に広く利用されている。

【0003】

20

図5は、ダブルクラッドファイバ10のファイバ縦断面の模式図である。

【0004】

このダブルクラッドファイバ10は、そのファイバ中心から、光増幅成分として希土類
元素がドーブされたコア1と、そのコア1を被覆するように設けられコア1より屈折率が
低い第1クラッド2と、その第1クラッド2を被覆するように設けられ第1クラッド2よ
り屈折率が低い第2クラッド3と、から構成されている。さらに、コア1、第1クラッド
2及び第2クラッド3を補強するために、第2クラッド3を被覆するようにサポート部4
が設けられている。

【0005】

このダブルクラッドファイバ10では、第1クラッド2に入射された励起光が第1クラ
ッド2と第2クラッド3との界面で反射を繰り返しながら第2クラッド3で囲まれた領域
を伝搬し、励起光がコア1を通過する際にコア1にドーブされた希土類元素を最外殻電子
が励起した反転分布状態にさせ、その誘導放出によってコア1を伝播する光を増幅する。

30

【0006】

近年、光ファイバのコアにそのファイバ長さ方向に周期的に屈折率が分布した回折格子
(Fiber Bragg Grating、以下「FBG」と称する)を形成する光ファイバグレーティン
グという技術が注目され、そのグレーティング技術を応用したグレーティングデバイスの
開発が進んでいる。このFBGを有するダブルクラッドファイバ10は、そのコア1を伝
搬している光のうち、特定波長範囲の光だけを選択的に反射、又は、透過させることが
でき、光学フィルター、光増幅器の共振器等として用いられている。

40

【0007】

ダブルクラッドファイバ10のコア1にFBGを形成する方法は、ゲルマニウムを添加
した石英ガラスに紫外光を照射するとその石英ガラスの屈折率が局所的に変化する性質
を利用し、ダブルクラッドファイバ10の側面から位相マスクを介してコア1に紫外光を照
射するものである。

【0008】

例えば、特許文献1では、ゲルマニウムの他にスズが共ドーブされたコアを用いてFB
Gを有する光ファイバを製造する方法が開示されている。

【0009】

【特許文献1】

50

特開平 11 - 109146 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

ここで、ダブルクラッドファイバ10の第2クラッド3は、第1クラッド2より屈折率が低ければよいので、低屈折率の高分子材料、又は、複数の細孔を有する石英ガラスで構成されているものが主流である。この第2クラッド3が、高分子材料で構成され、その外側からの光を透過させることができる場合には、ダブルクラッドファイバ10の第2クラッド3越しにコア1に紫外光を照射すれば、FBGを容易に形成することができる。

【0011】

しかしながら、第2クラッド3が、複数の細孔を有する石英ガラスで構成されている場合には、石英ガラス内に存在する細孔によって外側からの紫外光が散乱してしまい、コア1に外側からの紫外光が届かないことになる。このため、複数の細孔を有する第2クラッド3を備えるダブルクラッドファイバ10では、そのコア1にFBGを形成することは困難である。

10

【0012】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、複数の細孔を有する第2クラッドを備えたダブルクラッドファイバにおいて、容易にFBGを形成することができるダブルクラッドファイバの加工方法を提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

20

本発明のダブルクラッドファイバの加工方法は、光増幅成分がドープされたコアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられ該コアに沿って延びる複数の細孔が形成された第2クラッドと、を備え、該第1クラッドに入射された励起光が該第1クラッドと該第2クラッドとの界面で反射を繰り返しながら該第2クラッドで囲まれた領域内を伝搬し、該励起光が該コアを通過する際に該コアの光増幅成分を活性化させ、該光増幅成分が該コアを伝搬する光を増幅するように構成されたダブルクラッドファイバの加工方法であって、ダブルクラッドファイバを部分的に外部からエッチングすることにより、第2クラッドを取り除いて第1クラッドを露出させ、上記第1クラッドの露出部分に紫外線を照射することにより、コアに回折格子を形成することを特徴とする。

30

【0014】

上記の方法によれば、ダブルクラッドファイバにおいて部分的に、複数の細孔を有し外側から入射する光が散乱してしまう第2クラッドを取り除いて、第1クラッドを露出させることになるので、コアに光を透過させることができる。これにより、コアに紫外光を入射させることが可能になり、第1クラッドの露出部分に紫外線を照射するだけで、容易にコアに回折格子、すなわちFBGを形成することができる。

【0015】

本発明のダブルクラッドファイバは、光増幅成分がドープされたコアと、該コアを被覆するように設けられた第1クラッドと、該第1クラッドを被覆するように設けられ該コアに沿って延びる複数の細孔が形成された第2クラッドと、を備え、該第1クラッドに入射された励起光が該第1クラッドと該第2クラッドとの界面で反射を繰り返しながら該第2クラッドで囲まれた領域内を伝搬し、該励起光が該コアを通過する際に該コアの光増幅成分を活性化させ、該光増幅成分が該コアを伝搬する光を増幅するように構成されたダブルクラッドファイバであって、部分的に上記第2クラッドが取り除かれて上記第1クラッドが露出しており、上記第1クラッドの露出部分の上記コアに回折格子が設けられていることを特徴とする。

40

【0016】

上記の構成によれば、ダブルクラッドファイバの第1クラッドが、部分的に露出しているので、紫外光を第1クラッドの露出部分を介してコアに照射させることが可能になり、容易に第1クラッドの露出部分に位置するコアにFBGを形成することができる。また、

50

第1クラッドの露出部分から所望の光信号を分岐及び挿入することができ、例えば、第1クラッドの露出部分から励起光を入射することにより、コアを伝搬する光をより増幅することができる。また、第1クラッドの露出部分のコアに回折格子、すなわち、FBGが設けられているので、特定波長範囲の光を反射、又は、透過させることができ、ダブルクラッドファイバを、光学フィルター、又は、光学装置の光増幅媒体として機能させることができる。

【0017】

本発明のダブルクラッドファイバは、上記第2クラッドの細孔の径の大きさが10 μ m以下であってもよい。

【0018】

上記の構成によれば、第2クラッドの細孔の径の大きさが10 μ m以下であり、毛細管現象による細孔内へのエッチング液の浸透速度が十分に遅くなることが判明し、ダブルクラッドファイバをエッチングする際に、ほぼエッチング液に浸漬されている部分の第2クラッドのみを除去することができる。逆に、細孔の径の大きさが10 μ mより大きくなると、ダブルクラッドファイバのエッチング液に浸漬されている部分のファイバの長手方向における外側に位置する第2クラッドの細孔内にも毛細管現象によりエッチング液が浸透してしまうため、その部分の第2クラッドもエッチングされてしまうことになる。これにより、第2クラッドの細孔の径の大きさが10 μ m以下であれば、ダブルクラッドファイバを構成する第2クラッドをより精細にエッチングすることができる。

【0019】

本発明の光学装置は、本発明のダブルクラッドファイバを備えたことを特徴とする。

【0020】

上記の構成によれば、光学装置を構成するダブルクラッドファイバのコアに回折格子が設けられ、その回折格子が光増幅媒体を構成することになる。そのため、ダブルクラッドファイバ内に光増幅媒体が組み込まれることになり、光増幅媒体の接続による接続損失が発生しないことになる。これにより、本発明の光学装置は、高出力化することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係るダブルクラッドファイバ10の加工方法を図面に基づいて詳細に説明する。

【0022】

図1は、本発明のダブルクラッドファイバ10の加工方法を示す模式図である。

【0023】

以下に、本発明の実施形態に係るダブルクラッドファイバ10の加工方法を工程を追って説明する。

【0024】

<準備工程>

ダブルクラッドファイバ10と、ダブルクラッドファイバ10を浸漬するエッチング容器15と、ダブルクラッドファイバ10をエッチングするエッチング液と、を準備する。

【0025】

このダブルクラッドファイバ10は、全体が石英から構成され、ファイバ中心をなすコア1と、コア1を被覆するように設けられた第1クラッド2と、第1クラッド2を被覆するように設けられた第2クラッド3と、第2クラッド3を被覆するように設けられたサポート部4と、を備えている。

【0026】

コア1は、光増幅成分としてエルビウム(Er)、ネオジウム(Nd)及びイッテルビウム(Yb)等の希土類元素、ゲルマニウム(Ge)、クロム(Cr)及びアルミニウム(Al)等がドーブされており、第1クラッド2より屈折率が高くなっている。

【0027】

第1クラッド2は、図6に示すようにそのファイバ横断面における外郭形状がD字型に

10

20

30

40

50

なっている。ところで、第1クラッド2のファイバ横断面における外郭形状をコア1と同心の円形とした場合には、第2クラッド3で囲まれた領域内を伝播する励起光はコア1の周りを周回してコア1を通過することがないスキュー光となることが多いため、コア1にドープされた希土類元素を十分に反転分布状態にすることができず、コア1を伝搬する光を大きく増幅することができない。そこで、第1クラッド2のファイバ横断面における外郭形状を、第1クラッド2と第2クラッド3との界面での励起光の反射が不規則になるような形状、具体的には、D字型をはじめ、長方形、正方形、楕円等の円形以外の形状にすることにより、スキュー光を散乱して、コアを伝搬する光の増幅効率を向上させている。

【0028】

第2クラッド3は、図6に示すように複数の細孔3aを有しており、第1クラッド2より屈折率が低くなっている。その細孔3aの径の大きさは10 μm 以下であることが望ましく、より好ましくは2~4 μm である。これは、図6(b)に示すように細孔3aの径の大きさが大きい場合(例えば、30 μm ~50 μm)には、第2クラッド3の外側のサポート部4がエッチングされた段階で、浸漬している部分のファイバの長手方向における外側の細孔3a内にも毛細管現象によりエッチング液が浸透してしまい、その浸漬している部分の外側の第2クラッド3もエッチングされてしまうためである。一方、図6(a)に示すように、細孔3aの径の大きさを、例えば、2~4 μm と小さくすれば、細孔3a内への毛細管現象によるエッチング液の浸透速度がファイバ断面方向へ進展していくエッチングの速度と比較して十分に遅くなる。このことにより、ほぼエッチング容器15内に位置する第2クラッド3のみをエッチングすることができる。

【0029】

エッチング容器15は、ポリテトラフルオロエチレン等の耐腐食性材料から構成され、その上側には、ダブルクラッドファイバ10を出し入れすることができるように、その長さ方向に略直線状の開口部を有している。また、エッチング容器15の長さは、ダブルクラッドファイバ10のエッチングを施す範囲の長さとはほぼ同じである。

【0030】

エッチング液は、ファイバ構成材料を溶解させることができる溶液であり、例えば、フッ化水素、フッ硝酸(フッ化水素及び硝酸の混合物)及びフッ化アンモニウム等の水溶液である。

【0031】

<エッチング工程>

まず、エッチング容器15の開口部からダブルクラッドファイバ10を挿入して、エッチング容器15内にダブルクラッドファイバ10のエッチングを施す範囲が入るように、ダブルクラッドファイバ10をエッチング容器15と並行に配置する。

【0032】

次いで、エッチング容器15の開口部から、エッチング容器15内にエッチング液を注入する。このとき、エッチング液は、その表面張力によってエッチング容器15全体に行き渡りこぼれることがない。

【0033】

次いで、そのままダブルクラッドファイバ10がエッチング液に浸漬されるように、所定の時間、静置して第2クラッド3を除去する。なお、エッチング液へのダブルクラッドファイバ10の浸漬時間は、エッチング液の種類、サポート部4及び第2クラッド3の内外径の大きさ、第2クラッド3に対する細孔3aの占有率等によって決まるものである。そのため、あらかじめ第1クラッド2が露出するまでに要する浸漬時間を実験的に求めておくのが好ましい。

【0034】

このように、エッチング容器15とダブルクラッドファイバ10とを並行に配置してエッチングを行うので、エッチング容器15内でダブルクラッドファイバ10の第2クラッド3がエッチング液に均等に接触することになる。そのため、エッチング容器15内において第2クラッド3を均一に、且つ、精細にエッチングすることができる。しかも、ダブ

10

20

30

40

50

ルクラッドファイバ10のエッチングを施す所定の位置にエッチング容器15を配置しその中にエッチング液を注入して、所定の時間、ダブルクラッドファイバ10をエッチング液内に保持しておくだけで、容易にダブルクラッドファイバ10の所定の位置にある第2クラッド3及びサポート部4のみが除去され、第1クラッド2が露出されることになる。

【0035】

以上のようにして、部分的に第2クラッド3が取り除かれて第1クラッド2が露出した第1クラッド露出部5を有するダブルクラッドファイバ20が得られる。このダブルクラッドファイバ20では、第1クラッド2に入射された励起光が第1クラッド2と第2クラッド3及び第1クラッド露出部5に接する空気層との界面で反射を繰り返しながら、第2クラッド3及びその空気層で囲まれた領域内を伝搬し、励起光がコア1を通過する際にコア1にドーパされた希土類元素を最外殻電子が励起した反転分布状態にさせ、その誘導放出によってコア1を伝播する光を増幅することになる。

10

【0036】

このダブルクラッドファイバ20は、ダブルクラッドファイバ10の第1クラッド2が露出した第1クラッド露出部5が光透過性であるので、その第1クラッド露出部5に後述のように紫外光を照射してやれば、そのコア1に容易にFBGを形成させることができる。また、このダブルクラッドファイバ20は、その第1クラッド露出部5を介して所望の信号を分岐及び挿入することができ、例えば、第1クラッド露出部5から励起光を入射することにより、コア1を伝搬する光をより増幅することができる。

【0037】

20

次に、具体的に行った実験について説明する。

【0038】

本発明の実施形態の実施例として、上述の実施形態と同一の方法で、ダブルクラッドファイバを処理した。

【0039】

具体的には、ダブルクラッドファイバとして、細孔の径の大きさが約 $2\mu\text{m}$ で、第1クラッドの外径の大きさが約 $100\mu\text{m}$ で、第2クラッドの外径の大きさが約 $150\mu\text{m}$ で、サポート部の外径の大きさが約 $250\mu\text{m}$ で、コアにゲルマニウム(Ge)が添加されたファイバと、エッチング容器として、ポリテトラフルオロエチレンからなるチューブ(テフロン(登録商標)チューブ)の側壁を長さ方向に切除したものと、エッチング液として、50重量%のフッ化水素水溶液と、を準備して、ダブルクラッドファイバを約80分間浸漬した。

30

【0040】

得られたダブルクラッドファイバは、第1クラッド露出部を有しており、第1クラッドの伝搬光の第1クラッド露出部による伝送損失を測定したところ、最大で0.1dB程度であり、ほとんど損失なく伝送することができた。これは、第1クラッドの伝搬光が、第2クラッドのない第1クラッド露出部では、コアとの界面と第1クラッドの外側の空気層との界面によって、閉じこめられていることを意味している。

【0041】

<FBG形成工程>

40

上述の方法で得られたダブルクラッドファイバ20の第1クラッド露出部5に、位相マスクを介して紫外光を照射する。

【0042】

具体的には、ダブルクラッドファイバのサポート部と位相マスクとを密着させて配置して、波長 248nm の紫外レーザー光を位相マスクを介して第1クラッド露出部に照射する。ここで、位相マスクは回折格子の一種であり、位相マスクの直下では+1次及び-1次の回折光による干渉縞パターンが形成され、この干渉縞パターンが第1クラッド露出部のコアに転写されFBGとなる。

【0043】

以上のようにして、ダブルクラッドファイバ20の第1クラッド露出部5のコア1にF

50

B G 6 が形成されたダブルクラッドファイバ 3 0 が得られる。なお、この干渉縞パターン
の間隔を変えることにより、F B G 6 で反射する光の波長を選択することができる。

【 0 0 4 4 】

以上の方法によれば、ダブルクラッドファイバ 2 0 は、F B G 6 の形成するために照射
される紫外光を散乱してしまう第 2 クラッド 3 が部分的に除去され、第 1 クラッド 2 が露
出した光透過性の第 1 クラッド露出部 5 を有しているため、紫外光を側面から第 1 クラ
ッド露出部 5 に照射することにより、第 1 クラッド露出部 5 内のコア 1 に紫外光が到達して
コア 1 内で屈折率の変化が局所的に起こり、容易に F B G 6 を形成することができる。

【 0 0 4 5 】

さらに、図 4 に示すように F B G 6 が形成されたダブルクラッドファイバ 3 0 を用いて
、ファイバレーザ 5 0 を構成することもできる。ここで、入射側には高反射率の F B G 6
a を、出射側には低反射率の F B G 6 b をそれぞれ配置しており、高反射率の F B G 6 a
は、レーザ光のみを反射させ励起光をほぼ 1 0 0 % 透過させるもので、一方、低反射率の
F B G 6 b は、レーザ光の一部を反射させ残りを出力として透過させる働きをするもので
ある。これにより、励起用 L D の光がダブルクラッドファイバ 3 0 のコア 1 を通過する際
に発生する自然放光が、ダブルクラッドファイバ 3 0 を往復するうちにレーザ増幅を受け
て、最終的に高強度のレーザ光として出射されることになる。

【 0 0 4 6 】

また、F B G 6 が形成されたダブルクラッドファイバ 3 0 は、上述のファイバレーザ 5
0 だけではなく、光増幅器、A S E 光源等の光学装置の光増幅媒体に適用することができ
る。

【 0 0 4 7 】

なお、本発明は本実施形態に限定されるものではなく、他の構成のものであってもよい
。

【 0 0 4 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ダブルクラッドファイバに部分的にエッチング
することにより、第 1 クラッドを露出させているため、複数の細孔を有する第 2 クラッド
を備えたダブルクラッドファイバにおいて、容易に F B G を形成させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態に係るダブルクラッドファイバ 1 0 の処理方法を示す模式図
である。

【図 2】 本発明の実施形態に係るダブルクラッドファイバ 2 0 のファイバ縦断面の模式
図である。

【図 3】 本発明の実施形態に係るダブルクラッドファイバ 3 0 のファイバ縦断面の模式
図である。

【図 4】 本発明の実施形態に係るファイバレーザ 5 0 の構成図である。

【図 5】 従来のダブルクラッドファイバ 1 0 のファイバ縦断面の模式図である。

【図 6】 従来のダブルクラッドファイバ 1 0 のファイバ横断面の模式図である。

(a) は、細孔 3 a の径の大きさが小さい場合 (2 ~ 4 μ m) であり、(b) は、細孔
3 a の径の大きさが大きい場合 (3 0 ~ 5 0 μ m) である。

【符号の説明】

1 コア

2 第 1 クラッド

3 第 2 クラッド

3 a 細孔

4 サポート部

5 第 1 クラッド露出部

6 F B G

1 0 , 2 0 , 3 0 ダブルクラッドファイバ

10

20

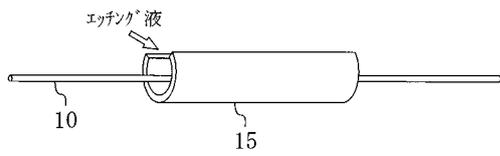
30

40

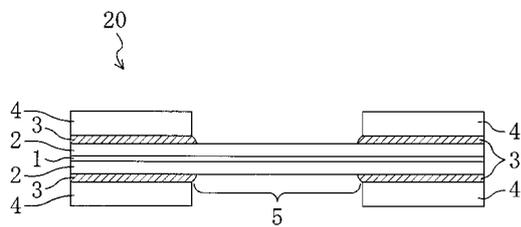
50

- 15 エッチング容器
- 50 ファイバレーザ

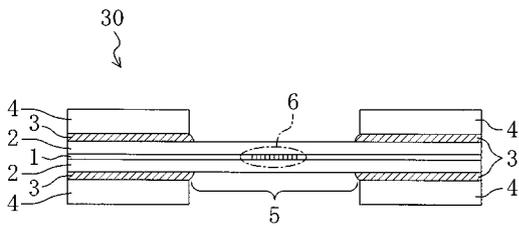
【図1】



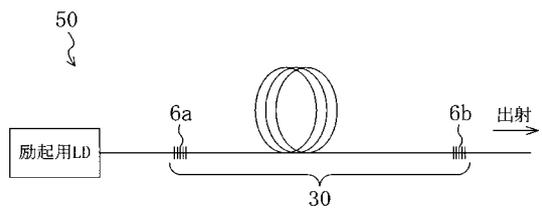
【図2】



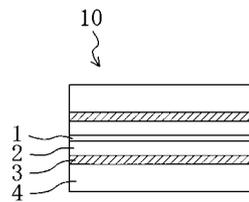
【図3】



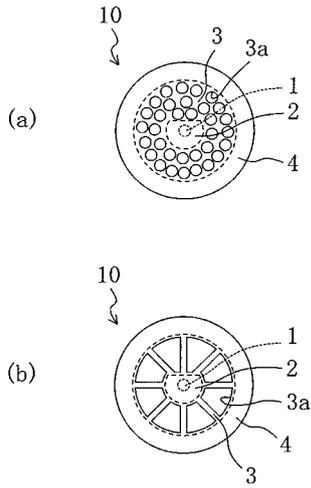
【図4】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 S 3/10 Z

(72)発明者 村山 学
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内

(72)発明者 吉田 実
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内

審査官 井口 猶二

(56)参考文献 特開2004-341448(JP,A)
特開2004-361526(JP,A)
特開2002-055240(JP,A)
特開平11-142672(JP,A)
特表平11-504123(JP,A)
特開平09-159832(JP,A)
特開平10-039149(JP,A)
特開平09-258052(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 6/00 - 6/54
H01S 3/00 - 3/30
JST7580(JDream2)
JSTPlus(JDream2)