

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3950138号

(P3950138)

(45) 発行日 平成19年7月25日(2007.7.25)

(24) 登録日 平成19年4月27日(2007.4.27)

(51) Int. Cl. F I  
**GO2B 6/02 (2006.01)** GO2B 6/10 C  
 GO2B 6/16

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-501953 (P2004-501953)	(73) 特許権者	503360115
(86) (22) 出願日	平成15年4月24日(2003.4.24)		独立行政法人科学技術振興機構
(86) 国際出願番号	PCT/JP2003/005260		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(87) 国際公開番号	W02003/091774	(73) 特許権者	306013119
(87) 国際公開日	平成15年11月6日(2003.11.6)		昭和電線デバイステクノロジー株式会社
審査請求日	平成18年1月13日(2006.1.13)		東京都港区虎ノ門1丁目1番18号
(31) 優先権主張番号	特願2002-125536 (P2002-125536)	(74) 代理人	100077584
(32) 優先日	平成14年4月26日(2002.4.26)		弁理士 守谷 一雄
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	細野 秀雄
			日本国神奈川県大和市下鶴間2786-4-212
		(72) 発明者	平野 正浩
			日本国東京都世田谷区松原5-5-6
		(72) 発明者	河村 賢一
			日本国神奈川県相模原市東林間3-8-2
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フッ素を100～1000ppmおよびOH基を4～7ppm含有し、かつゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアの外周に、フッ素を1000～7000ppmまたはホウ素を2000～10000ppm含有したシリカガラスから成るクラッドを備え、前記コアには、フェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティングが書き込まれていることを特徴とするファイバグレーティング。

【請求項2】

前記クラッドは、光軸に平行な複数の中空孔を備えることを特徴とする請求項1記載のファイバグレーティング。

【請求項3】

フッ素を100～1000ppmおよびOH基を4～7ppm含有し、かつゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアの外周に、フッ素を1000～7000ppmまたはホウ素を2000～10000ppm含有したシリカガラスから成るクラッドを備え、前記クラッドの外周に保護被覆層を備える光ファイバに対し、コヒーレントな2つのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを干渉させて生じた干渉光を前記保護被覆層の外側から照射することにより、前記コアにグレーティングを書き込むことを特徴とするファイバグレーティングの作製方法。

【請求項4】

前記クラッドの外表面に平坦部が設けられ、前記平坦部に前記干渉光が照射されること

を特徴とする請求項3記載のファイバグレーティングの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法に係わり、特にゲルマニウムなどの感光性不純物を含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ファイバグレーティングは、光の照射により光ファイバのコア内に周期的屈折率変化を起させて回折格子（以下「グレーティング」という。）を作製したものであり、特定の波長（Bragg波長）の光信号のみを反射する機能を備えていることから、光デバイス若しくは光フィルタとして多用されている。

【0003】

従来、このようなグレーティングの書き込み対象となる光ファイバとしては、所定量のゲルマニウムを含有するシリカガラスから成るコアの外周にシリカガラスから成るクラッドを設けて成るものが知られている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、ゲルマニウムを含有するシリカガラスをコアとする光ファイバにおいては、波長領域が200nm以下のいわゆる真空紫外光および波長領域が200～300nmのいわゆる深紫外光を伝播させることが困難であり、また真空紫外光および深紫外光の透過による劣化が著しく、使用に耐え得ることができないという難点があった。

【0005】

このため、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングを書き込んで成るファイバグレーティングの開発が望まれている。

【0006】

ところで、このような構成のファイバグレーティングの作製方法としては、光ファイバ上に格子状の位相マスクを配設し、この位相マスクの上から光を照射することにより、コア内に周期的屈折率変化を起させる、いわゆるフォトマスク法が知られている。

【0007】

しかしながら、このようなファイバグレーティングの作製方法においては次のような難点があった。

【0008】

第1に、ファイバグレーティングは、光ファイバの材料であるゲルマニウムを含有するシリカガラスに紫外線を照射することにより屈折率が変化するという材料特性に依存していることから、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアに紫外線を照射しても屈折率が変化せず、このため、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングを作製することができないという難点があった。

【0009】

第2に、書き込みに使用する光源として、光ファイバの保護被覆層を透過しない紫外光（波長：250nm程度）を使用しているため、光ファイバ心線から保護被覆層を除去した状態でグレーティングの書き込みを行わなければならないが、また、グレーティングの書き込み後に保護被覆層を再度被覆（リコート）しなければならないことから、手間がかかる上、リコートした部分の強度が劣化するなどの難点があった。

【0010】

第3に、グレーティングの周期は、位相マスクのマスクピッチで決定されるため、グレーティングの周期を変えることが困難であるという難点があった。

10

20

30

40

50

## 【0011】

第4に、上記の第1の理由により、紫外域に高い透過率を有する光ファイバにグレーティングを書き込むことができず、このため、紫外光用のファイバグレーティングを製造することができないという難点があった。

## 【0012】

一方、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにフェムト秒レーザを照射することによりグレーティングを書き込む方法も案出されているが、単にフェムト秒レーザを照射する方法においては、グレーティングの周期が30 μm程度のファイバグレーティングしか製造できず、このため、このままでは紫外・可視・近赤外の領域では実用に供し得ないという難点があった。

10

## 【0013】

本発明は、上述の難点を解決するためになされたもので、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアに対してグレーティングを書き込むことができ、また、光ファイバ心線の保護被覆層を除去しなくてもグレーティングを書き込むことができるファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法を提供することを目的としている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

上記の目的を達成するため、本発明のファイバグレーティングは、フッ素を100～1000 ppmおよびOH基を4～7 ppm含有し、かつゲルマニウムを含有しないシリカ 20  
ガラスから成るコアの外周に、フッ素を1000～7000 ppmまたはホウ素を2000～10000 ppm含有したシリカガラスから成るクラッドを備え、コアには、フェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティングが書き込まれているものである。

## 【0015】

さらに、本発明のファイバグレーティングにおけるクラッドは、光軸に平行な複数の中空孔を備えるものである。

## 【0016】

これらの本発明のファイバグレーティングによれば、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコア、例えば純石英ガラス、フッ素ドープシリカガラス、ホウ素ドープシリカガラス、リンドープシリカガラスをコアとする光ファイバに対してグレーティングを書き込むことが可能になり、従来、不可能とされていた、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスをコアとするファイバグレーティングを提供することができ、ひいては紫外光用のファイバグレーティングを提供することができる。また、光学系の調整によりグレーティングの周期を容易に変えることができることから、屈折率の周期が100 nm～1 μm程度のいわゆる長周期のファイバグレーティングを提供することができる。

30

## 【0017】

本発明のファイバグレーティングの作製方法は、フッ素を100～1000 ppmおよびOH基を4～7 ppm含有し、かつゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアの外周に、フッ素を1000～7000 ppmまたはホウ素を2000～10000 p 40  
pm含有したシリカガラスから成るクラッドを備えるとともに、前記クラッドの外周に保護被覆層を備える光ファイバに対し、コヒーレントな2つのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを干渉させて生じた干渉光を前記保護被覆層の外側から照射することにより、コアにグレーティングを書き込むように構成されている。

## 【0018】

また、本発明のファイバグレーティングの作製方法における光ファイバのクラッドの外表面には平坦部が設けられ、この平坦部に干渉光が照射されるように構成されている。

## 【0019】

これらの本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、1パルスのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティングの書き込みができることから、光 50

ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができ、また、書き込みに使用する光源として、保護被覆層に対して透過率の高いフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを使用していることから、光ファイバ心線の保護被覆層を除去することなくグレーティングの書き込みを行なうことができ、ひいてはリコートが不要で、強度劣化を生じないファイバグレーティングを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明のファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法の好ましい実施の形態例について、図面を参照して説明する。

【0021】

図1は、本発明のファイバグレーティングの横断面図、図2および図3は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例に係る横断面図を示している。なお、図2および図3において、図1と共通する部分には同一の符号が付されている。

【0022】

図1において、本発明のファイバグレーティングは、後述の方法によりグレーティングが書き込まれたコア1の外周にクラッド2が設けられた光ファイバ3と、光ファイバ3の外周に設けられた保護層4と、必要により保護層4の外周に設けられた外部保護層5とを備えている。

【0023】

コア1は、100～1000ppmのフッ素が含有されたシリカガラスから構成されている。かかるフッ素は、従来、屈折率を低減させるものとしてクラッドにドーブされていたものであるが、本発明においては、コア1を形成するシリカガラスに所定量のフッ素を含有させることにより、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率を高くすることができる。ここで、フッ素のシリカガラスに対する含有量を100ppm以上としたのは、100ppm未満では、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率が低減し、また、1000ppm以下としたのは、後述するクラッドに含有するフッ素の含有量を考慮したものである。また、フッ素の含有量が100～1000ppmであるシリカガラスとしては、紫外光照射に起因する光ファイバの劣化を防止する観点から、OH基を4～7ppmの範囲で含有させることが好ましい。ここで、OH基の範囲を4～7ppmとしたのは、4ppm未満であると、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率の低減を防止することができず、また、7ppmを超えると、透過率の低減が生じることになるからである。

【0024】

クラッド2は、1000～7000ppmのフッ素が含有されているシリカガラス、または2000～10000ppmのホウ素が含有されているシリカガラスから構成されている。このように所定量のフッ素またはホウ素をシリカガラスに含有させることにより、光ファイバ中を伝送する光の透過率の低下を防止することができる。ここで、フッ素のシリカガラスに対する含有量を1000ppm以上としたのは、コア1に含有するフッ素の含有量を考慮したものであり、また7000ppm以下としたのは、フッ素のシリカガラスに対する飽和量を考慮したものである。また、ホウ素のシリカガラスに対する含有量を2000～10000ppmとしたのは、2000ppm未満であると、コア1の屈折率との関係から、光ファイバ中を伝送する光の透過率の低下を防止することが困難となり、また10000ppm以下としたのは、ホウ素のシリカガラスに対する飽和量を考慮したものである。

【0025】

ここで、前述の実施例においては、コア1の外周に、所定量のフッ素またはホウ素を含有するシリカガラスから成るクラッド2を設けているが、このクラッド2に代えて、図2に示すように、コア1の外周に紫外線透過樹脂から成るクラッド2aを形成してもよい。かかる紫外線透過樹脂としては、フッ素系樹脂が好ましく、また光透過性の観点からは、非結晶性フッ素樹脂が好ましい。結晶性を有するフッ素樹脂は、光散乱により透過率が低下するため、クラッド2aとして用いる場合には、フッ素系樹脂の結晶化度は30%以下

10

20

30

40

50

であることが好ましい。なお、非結晶性フッ素樹脂の場合は、結晶化度を20%以下にすることが好ましい。このようなフッ素樹脂としては、特に主鎖に脂肪族環構造を有するフッ素ポリマー、例えば、アモルファスパーフロロ樹脂（商品名：サイトップ（旭硝子（株）社製））が好適に使用される。

#### 【0026】

また、図3に示すように、クラッド2に代えて、コア1の外周に、多数の中空孔Hを有するクラッド2bを形成してもよい。かかる中空孔Hは、光ファイバの光軸と平行に形成されており、その全断面積は光ファイバの断面積に対して10~60%程度となるように設けられている。なお、多数の中空孔Hはコア1に対して均一に配置されるように設けられている。

10

#### 【0027】

この実施例においては、中空孔H内の空気の存在により、コア1の屈折率に対して、光の伝送を最適となるように屈折率を低くすることができる。

#### 【0028】

保護層4は、コア1およびクラッド2、2a、2bを機械的に保護すると共に環境から保護するために設けられる。保護層4としては、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、ウレタン系樹脂およびアクリレート系樹脂等が使用される。なお、保護層4の外周には、必要により光ファイバの強度を高めるために、さらに外部保護層5を設けてもよい。外部保護層5は、ナイロン樹脂等を溶融し、ダイスから光ファイバの外周に押し出し、冷却して形成することができる。

20

#### 【0029】

このような構成の光ファイバとしては、その口径は、150 $\mu\text{m}$ のコア1に対して200 $\mu\text{m}$ のクラッド2、2a、2bを有し、また、800 $\mu\text{m}$ のコア1に対して1000 $\mu\text{m}$ のクラッド2、2a、2bを有している。一方、保護層4は、100~250 $\mu\text{m}$ の厚さで設けられ、外部保護層5は、400~600 $\mu\text{m}$ の厚さで設けられる。ここで、保護層4の厚さが100 $\mu\text{m}$ 未満となると、コア1およびクラッド2、2a、2bを十分に保護することができず、また、外部保護層5の厚さが400 $\mu\text{m}$ 未満となると、十分な強度が得られないからである。

#### 【実施例】

#### 【0030】

コア1としてフッ素含有量が100~200ppm、OH基含有量が4~7ppmのフッ素ドーブシリカガラス（商品名：AQX、旭硝子社製）を用い、フッ素含有量が200ppmのシリカガラスのクラッド2を形成した。コア径は600 $\mu\text{m}$ 、クラッド径は750 $\mu\text{m}$ に形成した。水素処理を行った後、ArFエキシマレーザーを用いて、紫外光を照射した前後における、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定した。

30

#### 【0031】

図4はその測定結果を示している。同図より、紫外光照射前の透過率T1と紫外光照射後の透過率T2は、殆ど同等であり、光ファイバの透過率は、紫外光を照射しても殆ど劣化していないことが理解できる。

40

#### 【0032】

また、水素処理を行わず、ArFエキシマレーザーを用いて、紫外光を照射した前後における、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定した。図5はその測定結果を示している。同図より、紫外光照射前の透過率T3が、紫外光照射後の透過率T4のように低下していることから、水素処理を施すことにより、紫外線照射による劣化を防止し得ることが理解できる。

#### 【0033】

なお、上記のArFエキシマレーザーによる照射条件は、光密度  $20\text{ mJ}/\text{cm}^2/\text{pulse}$ 、繰り返し周波数20Hz、パルス数6000pulseであり、透過率は反復照射した前後の、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定し

50

た。

【0034】

以上の結果より、本発明の光ファイバは、紫外光の透過率を高めることができ、また、紫外光照射による透過率の低減を改善することができ、劣化の影響を減少させることができる。特に、水素処理を行ったものは、紫外光照射による透過率の低減が見られず、その特性が著しく改善されていることがわかった。

【0035】

従って、このような構成のファイバグレーティングを使用すれば、深紫外光および真空紫外光を高透過率で伝播させることができ、また、深紫外光および真空紫外光の照射による劣化を防止することができ、ひいては長期にわたって安定したファイバグレーティングを提供することができる。

10

【0036】

なお、このような構成のファイバグレーティングは、深紫外光および真空紫外光を使用するエキシマレーザーを用いた露光装置、エキシマランプを用いた表面洗浄装置にも好適に適用することができる。

【0037】

次に、本発明のファイバグレーティングの作製方法について説明する。

【0038】

図6は、本発明のファイバグレーティングの作製系の構成図を示している。

【0039】

同図において、符号6はフェムト秒レーザーから成る光源を示しており、このフェムト秒レーザーの進行方向には光路に沿って、それぞれ45度に傾斜したビームスプリッタ7と第1の反射ミラー8が離間して配置され、また、ビームスプリッタ7および第1の反射ミラー8によるフェムト秒レーザーの反射方向には、それぞれ45度に傾斜した第2、第3の反射ミラー9、10が対向して配置され、さらに、第2の反射ミラー9によるフェムト秒レーザーの反射方向には、45度に傾斜した第4の反射ミラー11が対向して配置されている。また、第3、第4の反射ミラー10、11によるフェムト秒レーザーの反射方向の交点部分、すなわち干渉光の照射領域には書き込みの対象となる光ファイバ心線13が45度に傾斜して配置され、この光ファイバ心線13と第3、第4の反射ミラー10、11の光路間にはそれぞれ第1、第2のレンズ14、15が配置されている。なお、符号16は、すなわち、第1、第3の反射ミラー8、10が離間して配置される部分は、光遅延領域を示している。

20

30

【0040】

ここで、書き込み用の光源6として、波長が800nm、パルス幅が100フェムト秒のモードロックチタンサファイアフェムト秒レーザーが用いられ、また、フェムト秒レーザーの集光照射領域には、書き込みの対象となる光ファイバ心線13が保護層4(図1参照)および(または)外部保護層5(図1参照)(以下「保護被覆層9」という。)を除去せずに配置される。

【0041】

このようなファイバグレーティングの作製系においては、光源6から出力するフェムト秒レーザーは、ビームスプリッタ7により90度に反射される第1のビームと、ビームスプリッタ7により切り出されて直進する第2のビームに分けられる。そして、第1のビームは、第2の反射ミラー9により90度に反射され、さらに、第4の反射ミラー11により90度に反射され、第2のレンズ15により集光されて書き込み対象である光ファイバ心線13に照射される。また、第2のビームは、第1の反射ミラー8により90度に反射され、さらに、第2の反射ミラー10により90度に反射され、第1のレンズ14により集光されて書き込み対象である光ファイバ心線13に照射される。

40

【0042】

以上のように、光源6から出力するフェムト秒レーザーは、ビームスプリッタ7により2分割され、光ファイバ心線13のコア付近で干渉し、このときにおける干渉縞の光強度分

50

布によりガラス屈折率に変化が生じ、これにより、コア 1 ( 図 1 参照 ) にグレーティングが書き込まれる。

【 0 0 4 3 】

ここで、第 1 ~ 第 4 の反射ミラー 8 ~ 1 1 として、角度を調整することができる可動型の反射ミラーを使用することが望ましい。可動型の反射ミラーを使用した場合には、第 1 ~ 第 4 の反射ミラー 8 ~ 1 1 の角度を調整することにより、光ファイバ心線 1 3 に対する第 1、第 2 のビームの照射角度を変えることができ、ひいては、グレーティングの周期をかえることができる。

【 0 0 4 4 】

図 7 は、本発明におけるフェムト秒レーザーの集光照射により作製したファイバグレーティングの透過特性を示している。 10

【 0 0 4 5 】

同図から、1640nm 付近にもつ損失ピークを確認することができる。

【 0 0 4 6 】

図 8 は、光ファイバの他の実施例を示している。この実施例においては、コア 2 0 の外周に、その上下部に平坦部 2 2 a、2 2 b を有するクラッド 2 1 が設けられており、このクラッド 2 1 の上部の平坦部 2 2 a に第 1、第 2 のビームが照射されるように構成されている。

【 0 0 4 7 】

この実施例においては、クラッド 2 1 に平坦部 2 2 a、2 2 b を備えていることから、通常 20 の丸型の光ファイバよりもフェムト秒レーザーの干渉の効果を高めることができる。

【 0 0 4 8 】

図 9 は、それぞれグレーティングを書き込んで成る平坦部を備える光ファイバと通常の光ファイバ ( 丸型 ) の透過特性を示している。

【 0 0 4 9 】

同図より、波長が 1570nm 付近における透過率が、平坦部を備える光ファイバの方が通常 20 の光ファイバよりも 5dB 程度遮断特性が向上していることが分かる。

【 0 0 5 0 】

以上のように、本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、フェムト秒レーザーのいわゆる 2 光波干渉を利用することにより、光ファイバのコアにグレーティングを書き込むことができる。また、1パルスのフェムト秒レーザーの照射により、100フェムト秒程度でグレーティングの書き込みができることから、従来のグレーティングの書き込みに要する時間 ( 30分程度 ) を大幅に短縮することができる。また、2光波の干渉角度を変えることによりグレーティングの周期を変えることができることから、長周期のファイバグレーティングを提供することができ、さらに、書き込みに使用する光源として、保護被覆層に対して透過率の高いフェムト秒レーザーを使用していることから、光ファイバ心線の保護被覆層を除去することなくグレーティングの書き込みを行なうことができ、ひいてはリコートが不要で、強度劣化を生じないファイバグレーティングを提供することができる。また、グレーティングの書き込みに要する時間が短く、また保護被覆層の外側からフェムト秒レーザーを照射することができることから、光ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができる。 30 40

【 0 0 5 1 】

なお、前述の実施例においては、フェムト秒レーザーの照射によりコアにグレーティングを書き込む場合について説明しているが、ピコ秒レーザーの照射により、若しくはフェムト秒レーザーのチャージングによるピコ秒レーザーの照射によりコアにグレーティングを書き込んで本発明と同様の効果を奏する。また、保護被覆層を除去せずに干渉光を照射しているが、保護被覆層を除去して干渉光を照射してもよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 2 】

以上の説明から明らかなように、本発明のファイバグレーティングによれば、ゲルマニ 50

ウムを含有しないシリカガラスから成るコア、例えば純石英ガラス、フッ素ドープシリカガラス、ホウ素ドープシリカガラス、リンドープシリカガラスをコアとする光ファイバに対してグレーティングを書き込むことが可能になり、従来、不可能とされていた、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスをコアとするファイバグレーティングを提供することができ、ひいては紫外光用のファイバグレーティングを提供することができる。また、光学系の調整によりグレーティングの周期を容易に変えることができることから、屈折率の周期が100nm~1μm程度のいわゆる長周期のファイバグレーティングを提供することができる。さらに、本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、1パルスのフェムト秒レーザの照射によりグレーティングの書き込みができることから、光ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができ、また、書き込み

10

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】図1は、本発明のファイバグレーティングの横断面図である。

【図2】図2は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例を示す横断面図である。

【図3】図3は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例を示す横断面図である。

【図4】図4は、本発明におけるファイバグレーティングの特性を示す説明図である。

20

【図5】図5は、本発明におけるファイバグレーティングの特性を示す説明図である。

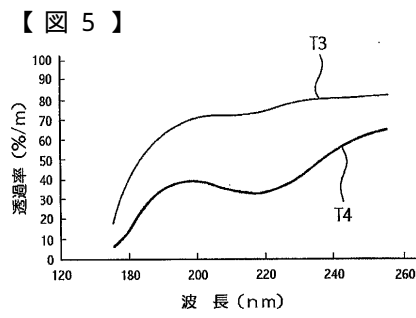
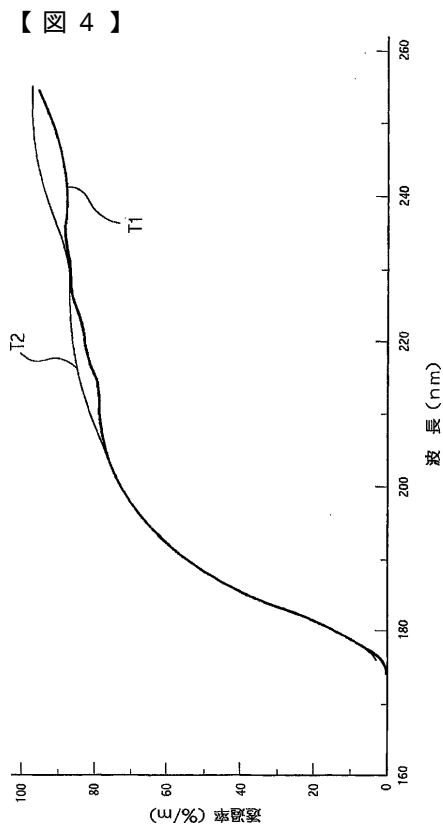
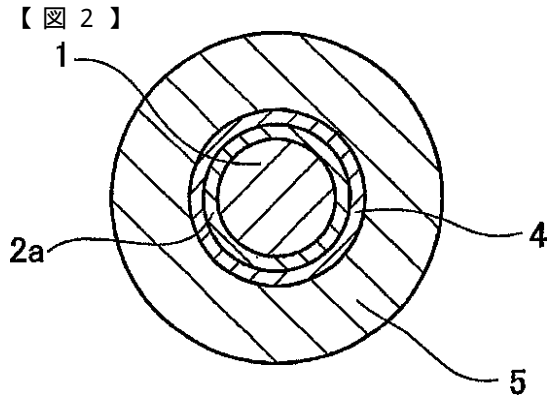
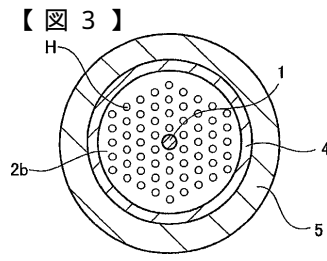
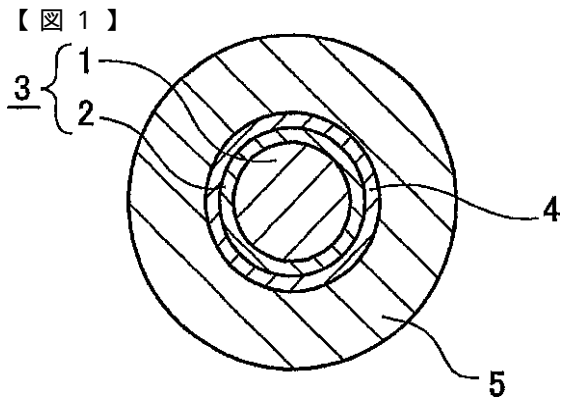
【図6】図6は、本発明のファイバグレーティングの作製系の構成図である。

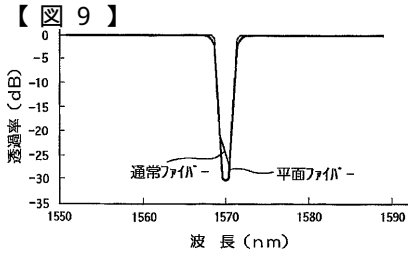
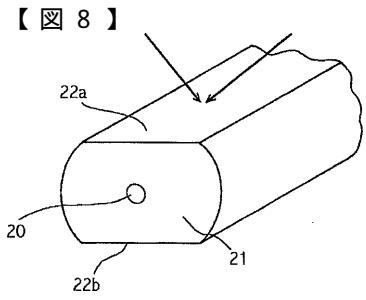
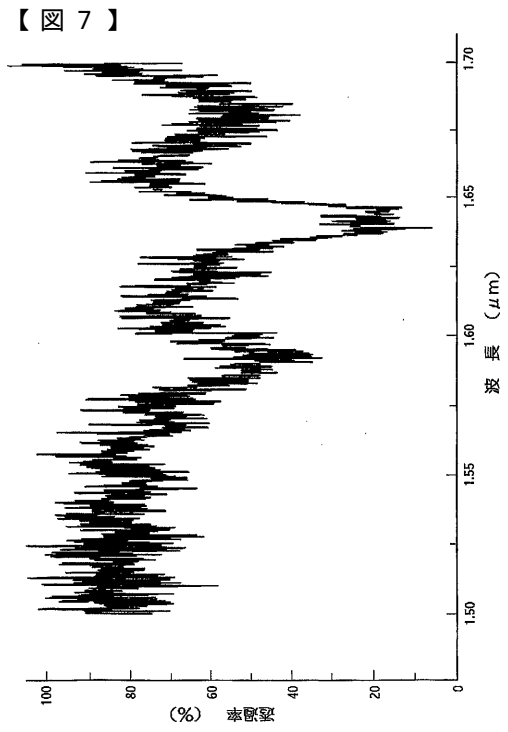
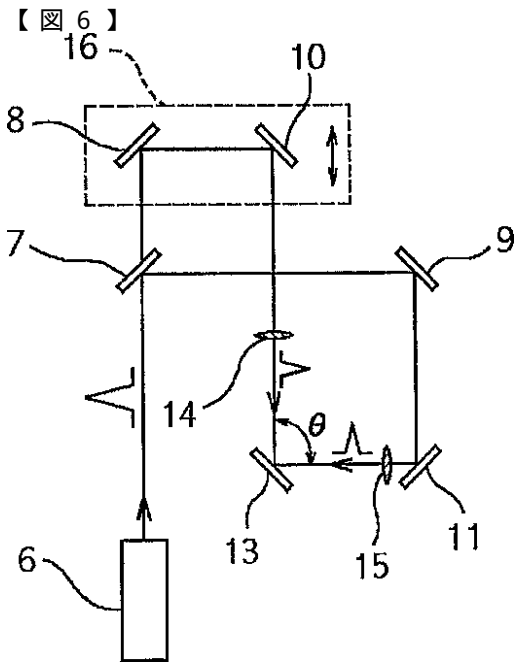
【図7】図7は、本発明のファイバグレーティングの作製方法により作製したファイバグレーティングの透過特性図である。

【図8】図8は、本発明における光ファイバの他の実施例を示す斜視図である。

【図9】図9は、平坦部を備える光ファイバと通常の光ファイバの透過特性図である。







---

フロントページの続き

(72)発明者 大登 正敬

日本国神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号  
社内

昭和電線電纜株式会

審査官 井口 猶二

(56)参考文献 特開2001-311847(JP,A)

特開2001-324634(JP,A)

特開平05-147966(JP,A)

特開平01-126602(JP,A)

特開平10-095628(JP,A)

特開2000-103629(JP,A)

特開昭62-500052(JP,A)

特開平10-082919(JP,A)

特開平08-240729(JP,A)

特開平09-113741(JP,A)

近藤裕己ほか, “フェムト秒レーザによる長周期ファイバグレーティング”, 1999年春季第46回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 日本, 1990年 3月28日, 第3分冊, p. 1238(28p-F-7)

KONDO, Yuki et al., Fabrication of long-period fiber gratings by focused irradiation of infrared femtosecond laser pulses, OPTICS LETTERS, 米国, 1999年 5月15日, Vol. 24, No.10, p.646-648

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 6/00-6/54