

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年4月11日(11.04.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/051614 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/353 (2006.01) G02B 6/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/075665
- (22) 国際出願日: 2012年10月3日(03.10.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-222902 2011年10月7日(07.10.2011) JP
特願 2011-228613 2011年10月18日(18.10.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社豊田自動織機(KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHO KKI) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 Aichi (JP). 国立大学法人香川大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION KAGAWA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7608521 香川県高松市幸町1番1号 Kagawa (JP). 独立行政法人国立高等専門学校機構(INSTITUTE OF NATIONAL COLLEGES OF TECHNOLOGY, JAPAN) [JP/JP]; 〒1930834 東京都八王子市東浅川町701番2 Tokyo (JP).
- (71) 出願人(米国についてのみ): 中川 香保里(NAKAGAWA, Kaori) (発明者(死亡)の相続人) [JP/JP]; 〒

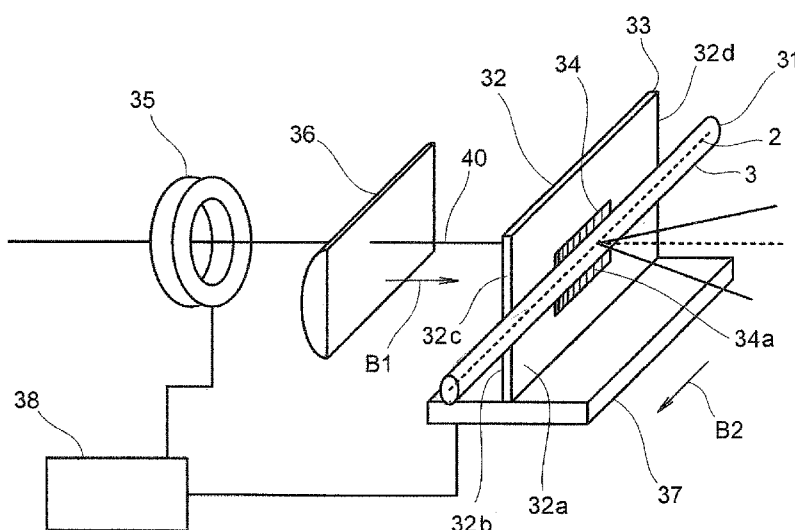
6650022 兵庫県宝塚市野上1-4-31 エルフォンテ逆瀬川503 Hyogo (JP). 中川 光(NAKAGAWA, Hikaru) (発明者(死亡)の相続人) [JP/JP]; 〒6650022 兵庫県宝塚市野上1-4-31 エルフォンテ逆瀬川503 Hyogo (JP). 中川 直(NAKAGAWA, Nao) (発明者(死亡)の相続人) [JP/JP]; 〒6650022 兵庫県宝塚市野上1-4-31 エルフォンテ逆瀬川503 Hyogo (JP).

- (72) 発明者: および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 杉本 祐樹(SUGIMOTO, Yuki) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 今岡 功(IMAOKA, Ko) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社豊田自動織機内 Aichi (JP). 須崎 嘉文(SUZAKI, Yoshifumi) [JP/JP]; 〒7610396 香川県高松市林町2217番地20 国立大学法人香川大学工学部内 Kagawa (JP). 岩田 弘(IWATA, Hiromu) [JP/JP]; 〒7618058 香川県高松市勅使町355 独立行政法人国立高等専門学校機構 香川高等専門学校内 Kagawa (JP).
- (72) 発明者: 中川 清 (NAKAGAWA, Kiyoshi) (死亡).
- (74) 代理人: 曾我 道治, 外(SOGA, Michiharu et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL FIBER FOR SENSOR, AND OPTICAL FIBER FOR SENSOR

(54) 発明の名称: センサ用光ファイバの製造方法及びセンサ用光ファイバ



(57) Abstract: In the present invention a phase mask which is located on a moving stage and in which an optical fiber is held has a diffraction grating in which the grating period gradually becomes longer from one end side of the phase mask toward the other end side; and it is possible to irradiate an optical fiber with an ultraviolet laser beam, through the diffraction grating. The moving speed of the moving stage is controlled so that the irradiation position of the ultraviolet laser beam gradually becomes slower closer from the one end side of the phase mask to the other side, and the moving stage is moved during irradiation of the ultraviolet laser beam, whereby an optical fiber having an FBG is manufactured.

(57) 要約: 移動ステージ上であり、光ファイバが保持される位相マスクは、その一端側から他端側に向かって格子周期が漸次長くなる回折格子を有しており、回折格子を介して紫外線レーザービームを光ファイバに照射可能である。移動ステージの移動速度は、紫外線

レーザービームの照射位置が位相マスクの一端側から他端側に向かうにつれて徐々に遅くなるように制御されており、紫外線レーザービームの照射中に移動ステージを移動させることにより、FBGを有する光ファイバが製造される。

WO 2013/051614 A1



号 国際ビルディング 8階 曾我特許事務
所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

センサ用光ファイバの製造方法及びセンサ用光ファイバ

技術分野

[0001] この発明は、物理量を測定するためのセンサに用いられるセンサ用光ファイバの製造方法に係り、特に、入射光に対して特定の波長の光を反射するFBGを有するセンサ用光ファイバの製造方法及びセンサ用光ファイバに関する。

背景技術

[0002] 近年、例えば物体のひずみ量や温度等の物理量を測定するためのセンサに、FBG（ファイバ・ブラッグ・グレーティング）を有する光ファイバが利用される。FBGとは、光ファイバのコアの屈折率を軸方向に沿って周期的に変化させることによって形成された回折格子であり、光ファイバへの入力光に対し、ブラッグ波長と呼ばれる特定の波長の光のみを反射し、残りの光を透過するという特性を有している。ひずみや温度変化等の物理量がFBGに印加されると、それに伴ってブラッグ波長も変化するため、FBGからの反射光の波長や反射強度に基づいて、所望する物理量を測定することが可能となる。

[0003] ここで、図7を用いて、FBGを利用した物理量の測定について概略的に説明する。図7において符号L11で示される曲線はFBGの反射帯域を示しており、この反射帯域L11の中心波長 λ_{11} から左側の領域R11が、FBGによるセンシングが可能な範囲となる。また、このFBGは、波長 λ_{12} を有する入力光に対する反射光を、反射強度S11にて反射するものとなっている。このようなFBGに測定対象となる物理量が印加されると、矢印A11で示されるように、FBGの反射帯域L11が一点鎖線で示される反射帯域L12にシフトし、それに伴って反射光の反射強度S11が反射強度S12へと変化する。したがって、FBGに印加された物理量を、反射強

度 S_{11} 、 S_{12} の差異に基づいて相対的に求めることが可能となる。

[0004] しかしながら、FBGのブラッグ波長は、物理量の測定時におけるセンサの周囲温度、いわゆる雰囲気温度に応じて変化するという特性を有しており、例えば、一般的なガラス製のFBGにおいて雰囲気温度が 50°C 変化した場合、反射帯域のシフト量は 0.6 nm となる。図7の矢印A12で示されるように、反射帯域 L_{11} が雰囲気温度の変化によって二点鎖線で示される反射帯域 L_{13} にシフトした場合、反射帯域 L_{13} においてセンシング可能な領域 R_{12} には、入力光の波長 λ_{12} が含まれなくなるため、物理量の測定が不可能になるという問題が生じる。この問題を回避するためには、矢印A13で示されるように、反射帯域のシフトに応じて入力光の波長 λ_{12} も波長 λ_{13} にシフトさせることが必要であり、例えば特許文献1には、入力光の波長をシフトさせることが可能な可変波長光源を用いることが記載されている。

[0005] また、特許文献2には、FBGの一種として、広い反射帯域を有するCFBG（チャープド・ファイバ・ブラッグ・グレーティング）が記載されている。CFBGとは、コアに対して屈折率を変化させた部位（屈折率変化部位）同士の間隔（グレーティング周期）を徐々に変化させたものであり、それにより、各屈折率変化部位におけるブラッグ波長を変化させている。特許文献2の図3に示されるように、屈折率変化部位ごとのブラッグ波長が互いに異なる場合、CFBG全体としての反射帯域は横方向（波長方向）に広がった略台形状となる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-222397号公報

特許文献2：特開2003-322736号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、特許文献 1 に記載の光ファイバセンサで用いられる可変波長光源を利用すれば、雰囲気温度に応じて F B G の反射帯域がシフトすることによって物理量の測定が不可能になるという問題は回避することが可能である。しかしながら、可変波長光源は、例えば L E D 等の単波長光源と比較すると高価な機器であるため、計測システムを低コストで構築することが困難であるという問題点を有している。

[0008] また、特許文献 2 に開示されているような C F B G を採用した場合、反射光の波長に対する反射率（反射強度）は略台形状（特許文献 2 の図 3 参照）となる。したがって、C F B G の反射帯域自体は広いので単波長光源を用いることは可能であるが、測定対象となる物理量が C F B G に印加されてブラッグ波長が変化しても、反射光の反射強度は略一定となる。すなわち、特許文献 2 に記載の光ファイバは、図 7 を用いて説明したように反射強度を相対的に対比することによって物理量を測定するというセンサ用途には利用できないという問題点を有している。

[0009] この発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、低コストで計測システムを構築可能としつつ、センシングが可能な範囲を広げることを実現したセンサ用光ファイバの製造方法を提供することを目的とする。また、この発明は、そのようなセンサ用光ファイバを提供することも目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] この発明に係るセンサ用光ファイバの製造方法は、光ファイバのコアに、前記コアとは異なる屈折率を有する複数の格子部からなる F B G を形成したセンサ用光ファイバの製造方法であって、光ファイバは、一端側から他端側に向かって格子周期が漸次長くなる回折格子を有する位相マスクに、一端側から他端側に向かう方向が光ファイバの軸方向に沿うように保持され、F B G は、位相マスクを介して光ファイバに紫外線レーザビームを照射することによって形成され、紫外線レーザビームと、光ファイバ及び位相マスクとは、光ファイバの軸方向に沿って相対的に移動され、移動の速度は、光ファイ

バにおける紫外線レーザービームの照射される位置が位相マスクの一端側から他端側に向かうにつれて遅くなるまたは位相マスクの他端側から前記一端側に向かうにつれて速くなることを特徴とするものである。

[0011] 一般に、光ファイバ及び位相マスクを低速で移動させながら紫外線レーザービームを照射した場合、それによって形成されたF B Gの格子部は高い反射率を有するものとなる。一方、光ファイバ及び位相マスクを高速で移動させた場合、それによって形成されたF B Gの格子部は低い反射率を有するものとなる。すなわち、紫外線レーザービームと光ファイバ及び位相マスクとを、移動速度を漸次変えながら相対的に移動させてF B Gを形成した場合、形成されたF B Gの反射率も一端側から他端側に向かって漸次変化する。したがって、F B Gが反射する反射光の反射強度を、一端側（短波長側）から他端側（長波長側）に向かって漸次大きくすることができる。また、位相マスクの回折格子における格子周期は一端側から他端側に向かって漸次長くなっているため、形成されるF B Gにおける格子部同士の間隔も一端側から他端側に向かって漸次広くなる。したがって、F B Gの各格子部からの反射光が互いに異なる中心波長を有するようになり、F B G全体での反射帯域が広がった状態となる。以上より、低コストで計測システムを構築可能としつつ、センシング可能な範囲を広げたセンサ用光ファイバを製造することが可能となる。

[0012] また、この発明に係るセンサ用光ファイバは、入射光が伝播するコアと、コアの屈折率とは異なる屈折率を有する複数の格子部をコアの軸方向（長手方向）に沿って形成したF B Gとを備えたセンサ用光ファイバにおいて、F B Gは、複数の格子部が入射光に対してそれぞれ反射する反射光が、互いに異なる中心波長を有するようになり、且つ複数の格子部からの各反射光の反射強度が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように形成されることを特徴とするものである。

[0013] F B Gの各格子部からの反射光は互いに異なる中心波長を有するため、F B G全体での反射帯域が広がった状態となり、入力光を発する光源として単

波長光源を用いることが可能となる。また、各反射光の反射強度が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように構成したため、F B G全体での反射強度は、短波長側から長波長側に向かって略一定の傾きで大きくなる。反射強度が略一定の傾きで大きくなると、F B Gへの物理量の印加前後における反射強度に差異が生じるため、この差異に基づいて物理量を相対的に求めることが可能となる。したがって、センサ用光ファイバにおいて、低コストで計測システムを構築可能としつつ、センシングが可能な範囲を広げることが可能となる。

発明の効果

[0014] この発明によれば、低コストで計測システムを構築可能としつつ、センシングが可能な範囲を広げることを可能としたセンサ用光ファイバの製造方法が実現される。また、この発明によれば、上記のようなセンサ用光ファイバを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]この発明の実施の形態1に係るセンサ用光ファイバの構成を示す概略図である。

[図2]実施の形態1に係るセンサ用光ファイバにおけるF B Gの反射帯域を概略的に示すグラフである。

[図3]実施の形態1に係るセンサ用光ファイバを用いた物理量の測定方法を説明するためのグラフである。

[図4]実施の形態1に係るセンサ用光ファイバを製造するための装置の構成を示す模式図である。

[図5]実施の形態1に係るセンサ用光ファイバの製造方法で用いられる位相マスクを示す模式図である。

[図6]実施の形態1に係るセンサ用光ファイバの製造方法を説明するための模式図である。

[図7]従来のF B Gの反射帯域を概略的に示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、この発明の実施の形態について添付図に基づいて説明する。

実施の形態 1.

図 1 に、この実施の形態 1 に係るセンサ用光ファイバ 1 を概略的に示す。センサ用光ファイバ 1 は、物理量を測定するためのセンサに用いられる光ファイバであって、例えば LED 等の図示しない単波長光源から入力される入力光 P 1 が伝播するコア 2 と、コア 2 の外周部を覆うクラッド 3 とから構成されている。また、センサ用光ファイバ 1 は、入力光 P 1 に対して特定の波長（ブラッグ波長）の光を反射光 P 2 として反射し、残りの光を透過光 P 3 として透過させる FBG 10 を備えている。

[0017] センサ用光ファイバ 1 のコア 2 はゲルマニウムをドープした石英ガラスから形成されており、クラッド 3 は石英ガラスから形成されている。また、FBG 10 は、コア 2 の軸方向に沿って形成された複数の格子部 G 1 ~ G n + 1 から構成されている。後に製造方法を詳述するように、格子部 G 1 ~ G n + 1 は、コア 2 に紫外線レーザビームを照射することによって、軸方向においてコア 2 の屈折率とは異なる屈折率 N 1 ~ N n をそれぞれ有するように形成された部位となっている。また、各格子部 G 1 ~ G n + 1 は、これらの間の間隔である長さ周期 Λ 1 ~ Λ n が、入力光 P 1 が伝播する方向における下流側から上流側に向かって徐々に大きくなるように形成されている。

[0018] ここで、FBG 10 のブラッグ波長は、格子部 G 1 ~ G n + 1 の屈折率 N 1 ~ N n と、長さ周期 Λ 1 ~ Λ n とによって規定されている。また、屈折率 N 1 ~ N n は、FBG 10 に印加される温度変化量に応じて変化するものとなっている。したがって、外部から加えられた応力によって FBG 10 にひずみが生じると、それに伴って長さ周期 Λ 1 ~ Λ n が変化するため、FBG 10 のブラッグ波長も印加されたひずみに応じて変化する。さらに、FBG 10 に加えられる温度が変化すると、各格子部 G 1 ~ G n + 1 の屈折率 N 1 ~ N n が変化するため、FBG 10 のブラッグ波長も印加された温度変化量に応じて変化する。すなわち、センサ用光ファイバ 1 は、FBG 10 に印加されるひずみや温度変化等の物理量を、ブラッグ波長の変化に基づいて測定

するものである。

[0019] 以上のように構成されるFBG10において、各格子部G1～Gn+1は、それらの長さ周期 $\Lambda_1 \sim \Lambda_n$ 、及び屈折率 $N_1 \sim N_n$ に応じた波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を有する光をそれぞれ反射する。すなわち、図2に示すように、FBG10が入力光P1に対して反射する反射光P2の反射帯域Lは、各格子部G1～Gn+1からの各反射光の反射帯域L1～Lnを含んだものとなる。FBG10は、格子部G1～Gn+1によって反射される反射光の反射帯域L1～Lnが、互いに異なる中心波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を有するように、且つ各反射光の反射強度、すなわち各反射帯域L1～Lnの中心波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ における反射強度 $S_1 \sim S_n$ が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように形成されている。したがって、反射光P2の反射帯域Lが、略一定の傾きで漸次大きくなった状態となっている。

[0020] 次に、この発明の実施の形態1に係るセンサ用光ファイバ1を用いて物理量を測定する際の動作について説明する。

図1に示されるように、まず、センサ用光ファイバ1に接続された図示しない単波長光源から入力光P1が入力される。FBG10は、入力光P1に対してブラッグ波長の光を反射光P2として反射し、残りの光を透過光P3として透過する。このような状態でFBG10にひずみや温度変化等の物理量が印加されると、それに伴う各格子部G1～Gn+1の長さ周期 $\Lambda_1 \sim \Lambda_n$ の変化や屈折率 $N_1 \sim N_n$ の変化によってブラッグ波長もシフトする。

[0021] 図3に示すように、FBG10のブラッグ波長がシフトすると、矢印A1で示すように、反射光P2の反射帯域Lは同じ波形のままL21へとシフトする。また、入力光P1の波長 λ_{21} は物理量の印加前後で変わらないため、入力光P1に対するFBG10からの反射強度は、 S_1 から S_2 へと変化する。このように、物理量の印加前後における反射強度 S_1 、 S_2 に相対的な差異が生じるため、この差異に基づいて、FBG10に印加された物理量が算出される。

[0022] ここで、センサ用光ファイバ1は正の熱膨張係数を有しており、雰囲気

度の上昇に伴って膨張し、逆に雰囲気温度が低下すると収縮するという特性を有している。したがって、雰囲気温度が変化してFBG10が収縮すると、それに伴って各格子部G1～Gn+1（図1参照）の間の周期 $\Lambda_1 \sim \Lambda_n$ も収縮する。また、各格子部G1～Gn+1からの反射光の波長は、周期 $\Lambda_1 \sim \Lambda_n$ 、及び格子部G1～Gn+1の屈折率 $N_1 \sim N_n$ によって規定される。したがって、入力光P1の波長 λ_{21} に対するFBG10の反射光P2の反射帯域Lは、図3の矢印A2で示されるように、雰囲気温度の変化に応じて反射帯域L22にシフトする場合がある。

[0023] しかしながら、FBG10は、各格子部G1～Gn+1によって反射される反射光の反射帯域L1～Lnが、互いに異なる中心波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を有するように形成されており、センシング可能な領域が広げられた状態となっている。また、FBG10は、各反射光の反射強度、すなわち各反射帯域L1～Lnの中心波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ における反射強度 $S_1 \sim S_n$ が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように形成されており、反射光P2の反射帯域Lが、略一定の傾きで漸次大きくなった状態となっている。したがって、FBG10は、反射帯域Lが反射帯域L22にシフトしたとしても、そのセンシング可能領域内に入力光P1の波長 λ_{21} を含むこと、及び物理量の印加前後における反射強度の差異を相対的に対比することが可能となっている。すなわち、センサ用光ファイバ1は、可変波長光源を用いることなく、温度補償を行いつつ物理量を測定することが可能となっている。

[0024] 以上のように、センサ用光ファイバ1のFBG10において、各格子部G1～Gn+1からの反射光が互いに異なる中心波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ を有するため、FBG10全体での反射帯域が広がった状態となり、入力光を発する光源として単波長光源を用いることが可能となる。また、各反射光の反射強度が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように構成したため、FBG10全体での反射帯域は、短波長側から長波長側に向かって略一定の傾きで大きくなる。反射帯域が略一定の傾きで大きくなると、FBG10への物理量の印加前後における反射強度に差異が生じるため、この差異に基づい

て物理量を相対的に求めることが可能となる。したがって、センサ用光ファイバ1において、低コストで計測システムを構築可能としつつ、センシングが可能な範囲を広げることが可能となる。

[0025] 次に、この発明の実施の形態1に係るセンサ用光ファイバ1を製造する方法について説明する。

図4に、センサ用光ファイバ1を製造するための装置の構成を模式的に示す。尚、センサ用光ファイバ1は、コア2及びクラッド3から構成される光ファイバ31にFBG10（図1参照）を形成することによって製造される。図4に示される位相マスク32は、石英等を材料とする透明基板33の中央部に、格子としての複数の溝部34aからなる回折格子34を形成したものであり、この位相マスク32の一方の面32aに当接する位置または近接する位置に光ファイバ31が保持される。一方、位相マスク32の他方の面32bには、図示しない紫外線レーザ光源から紫外線レーザビーム40が出力されるようになっており、紫外線レーザビーム40を、位相マスク32の回折格子34を介して光ファイバ31に照射可能となっている。

[0026] ここで、図5に示されるように、回折格子34の格子周期、すなわち複数の溝部34a同士の間隔は、位相マスク32の長手方向における一端32c側から他端32d側に向かって漸次大きくなっている。また、図4に示される位相マスク32と図示しない紫外線レーザ光源との間には、紫外線レーザビーム40の通過及び遮断を開閉することによって切り換えるメカニカルシャッタ35と、メカニカルシャッタ35を通過した紫外線レーザビーム40を集光するシリンドリカルレンズ36とが設けられている。尚、本発明の製造方法で紫外線レーザ光源から出力される紫外線レーザビーム40は細く、例として、図6に示される光ファイバ31のコア2の径D2及びクラッド3の径D3がそれぞれ10 μ m、125 μ mである場合、紫外線レーザビーム40の径D1は1mm程度となる。径D1で出力された紫外線レーザビーム40はシリンドリカルレンズ36によって集光され、クラッド3を透過して光ファイバ31のコア2に照射される。

[0027] 図4に戻って、移動ステージ37は、紫外線レーザービーム40に対して光ファイバ31及び位相マスク32を一体として移動させるためのものであり、紫外線レーザービーム40の照射方向（矢印B1参照）に対して垂直となる方向（矢印B2参照）に移動可能となっている。尚、光ファイバ31は、その軸方向が位相マスク32の一端側から他端側に向かう方向に沿うように保持されている。また、光ファイバ31及び位相マスク32は、光ファイバ31の軸方向及び位相マスク32の長手方向が移動ステージ37の移動方向に一致するように固定されている。したがって、紫外線レーザービーム40の照射中に移動ステージ37を移動させると、紫外線レーザービーム40が光ファイバ31の軸方向に沿って照射される。また、移動ステージ37には制御部38が電氣的に接続されており、制御部38から出力される指令信号に基づいて移動ステージ37の動作が制御される。

[0028] 制御部38は、光ファイバ31に紫外線レーザービーム40を照射してFBG10（図1参照）を形成する際、紫外線レーザービーム40が位相マスク32の一端32c側から他端32d側に向かって照射されるように移動ステージ37の移動を制御する。また、制御部38は、紫外線レーザービーム40の照射中における移動ステージ37の移動速度、すなわち光ファイバ31及び位相マスク32の移動速度を、紫外線レーザービーム40の照射位置が位相マスク32の一端32c側から他端32d側に向かうにつれて徐々に減速するように制御する。ここで、位相マスク32の回折格子34は、溝部34a同士の間隔が一端32c側から他端32d側に向かって漸次大きくなるように形成されている（図5参照）。すなわち、移動ステージ37の移動速度は、紫外線レーザービーム40の照射位置が溝部34a同士の間隔が短い部分から長い部分に向かうにつれて徐々に減速するように制御されている。尚、制御部38にはメカニカルシャッタ35も電氣的に接続されており、その開閉を制御部38によって制御されている。

[0029] 以上のような装置を用いてセンサ用光ファイバ1を製造する場合、まず、移動ステージ37上に位相マスク32が固定されるとともに、位相マスク3

2に光ファイバ31が保持される。次いで、図示しない紫外線レーザ光源からの紫外線レーザビーム40の出力と、矢印B2で示される方向への移動ステージ37の移動とが開始される。また、紫外線レーザビーム40の照射位置が位相マスク32の回折格子34において一端32c側に位置する部位になると、メカニカルシャッタ35が開かれ、紫外線レーザビーム40が位相マスク32を介して光ファイバ31に照射されるようになる。尚、紫外線レーザビーム40は、光ファイバ31のクラッド3を透過してコア2に照射される。光ファイバ31のコア2は、ゲルマニウムがドーパされた石英ガラスを材料としており、このようなコア2に紫外線レーザビーム40が照射されると、コア2におけるSi-Geの結合手が切られることによって屈折率の変化が生じ、それにより、FBG10における格子部G1~Gn+1（図1参照）が形成される。

[0030] ここで、移動ステージ37の移動速度は、紫外線レーザビーム40の照射位置が位相マスク32の一端32c側から他端32d側に向かうにつれて徐々に遅くなるように制御部38によって制御されている。よって、光ファイバ31のコア2に対する紫外線レーザビーム40の照射量は、光ファイバ31の軸方向に沿って一定とはなっておらず、移動ステージ37の移動速度に応じて変化している。具体的に説明すると、移動ステージ37が高速で移動している場合、すなわち、紫外線レーザビーム40の照射位置が位相マスク32の一端32c側である場合、光ファイバ31のコア2に対する紫外線レーザビーム40の照射量は少なくなる。したがって、コア2においてSi-Geの結合手が切られる量も少なくなるため、形成されたFBG10の格子部は低い反射率を有するものとなる。

[0031] 一方、移動ステージ37が低速で移動している場合、すなわち、紫外線レーザビーム40の照射位置が位相マスク32の他端32d側である場合、光ファイバ31のコア2に対する紫外線レーザビーム40の照射量は多くなる。したがって、コア2においてSi-Geの結合手が切られる量も多くなるため、形成されたFBG10の格子部は高い反射率を有するものとなる。す

なわち、光ファイバ31及び位相マスク32の移動速度を徐々に減速させながら光ファイバ31にFBG10を形成した場合、形成されたFBG10の反射率も一端側から他端側に向かって漸次高くなる。したがって、FBG10が反射する反射光の反射強度を、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくすることができる。

[0032] さらに、位相マスク32の回折格子34における格子周期、すなわち溝部34a同士の間隔（図5（a）参照）は、一端32c側から他端32d側に向かって漸次長くなっている。そのため、本方法によって形成されたFBG10は、図1に示すように、各格子部G1～G_n+1間の間隔である長さ周期 $\Lambda_1 \sim \Lambda_n$ が一端側から他端側に向かって徐々に広がったものとなる。したがって、各格子部G1～G_n+1からの反射光が互いに異なる中心波長を有するようになり、FBG10全体での反射帯域が広がった状態となる（図2参照）。

[0033] 以上のように、センサ用光ファイバ1を製造する方法において、一端32c側から他端32d側に向かって格子周期が漸次長くなる回折格子34を有する位相マスク32を用いる。また、紫外線レーザービーム40の照射位置が位相マスク32の一端32c側から他端32d側に向かうにつれて、移動ステージ37の移動速度が徐々に減速されるようにする。そのため、形成されたFBG10から反射する反射光の反射強度が短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるとともに、FBG10全体での反射帯域を広げた状態となる。したがって、低コストで計測システムを構築可能としつつ、反射帯域を広げたセンサ用光ファイバを製造することが可能となる。

[0034] 尚、上記のセンサ用光ファイバの製造方法において、移動ステージ37は、紫外線レーザービーム40に対して光ファイバ31及び位相マスク32を一体として移動させるように構成されたが、移動ステージ37が光ファイバ31及び位相マスク32を移動させることに限定するものではない。紫外線レーザービーム40と光ファイバ31及び位相マスク32とが相対的に移動可能であればよく、移動ステージ37の位置を固定して紫外線レーザービーム40

を移動させること、すなわち図示しない紫外線レーザ光源、メカニカルシャッタ 35 及びシリンドリカルレンズ 36 を移動させることも可能である。

[0035] また、紫外線レーザビーム 40 の照射中における移動ステージ 37 の移動速度は、紫外線レーザビーム 40 の照射位置が位相マスク 32 の一端 32c 側から他端 32d 側に向かうにつれて徐々に減速するように制御されたが、このような制御に限定するものではなく、逆に他端 32d 側から一端 32c 側に向かって徐々に早くなるように制御することも可能である。

符号の説明

[0036] 1 光ファイバ、2 コア、10 FBG、31 光ファイバ、32 位相マスク、34 (位相マスクの) 回折格子、34a 溝部(位相マスクの格子)、40 紫外線レーザビーム、 $G_1 \sim G_{n+1}$ (FBGの) 格子部、 L_2 反射光、 $S_1 \sim S_n$ 反射光の反射強度、 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ 反射光の波長。

請求の範囲

[請求項1]

光ファイバのコアに、前記コアとは異なる屈折率を有する複数の格子部からなるF B Gを形成したセンサ用光ファイバの製造方法であって、

前記光ファイバは、一端側から他端側に向かって格子周期が漸次長くなる回折格子を有する位相マスクに、前記一端側から前記他端側に向かう方向が前記光ファイバの軸方向に沿うように保持され、

前記F B Gは、前記位相マスクを介して前記光ファイバに紫外線レーザービームを照射することによって形成され、

前記紫外線レーザービームと、前記光ファイバ及び前記位相マスクとは、前記光ファイバの軸方向に沿って相対的に移動され、

前記移動の速度は、前記光ファイバにおける前記紫外線レーザービームの照射される位置が前記位相マスクの前記一端側から前記他端側に向かうにつれて遅くなるまたは前記位相マスクの前記他端側から前記一端側に向かうにつれて速くなることを特徴とするセンサ用光ファイバの製造方法。

[請求項2]

入射光が伝播するコアと、

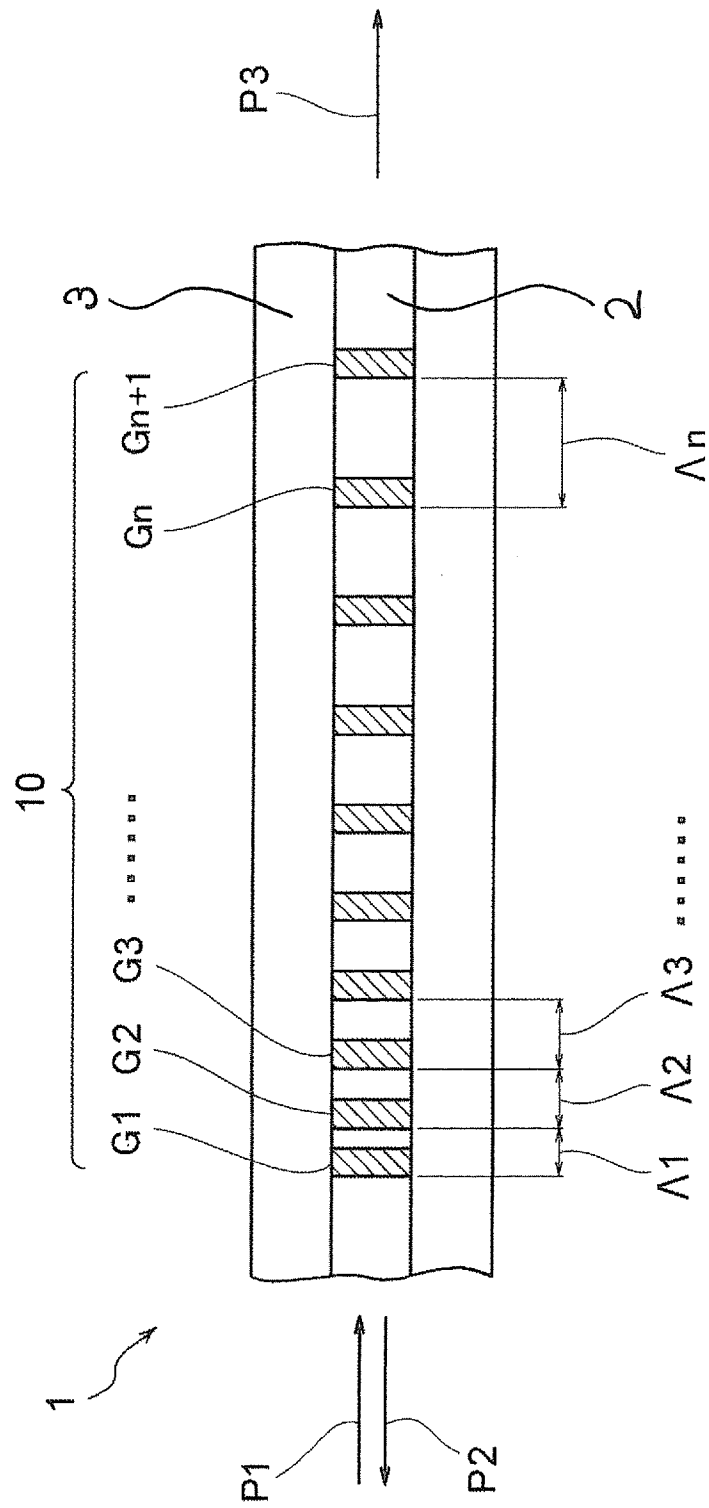
前記コアの屈折率とは異なる屈折率を有する複数の格子部を前記コアの軸方向に沿って形成したF B Gとを備えたセンサ用光ファイバにおいて、

前記F B Gは、

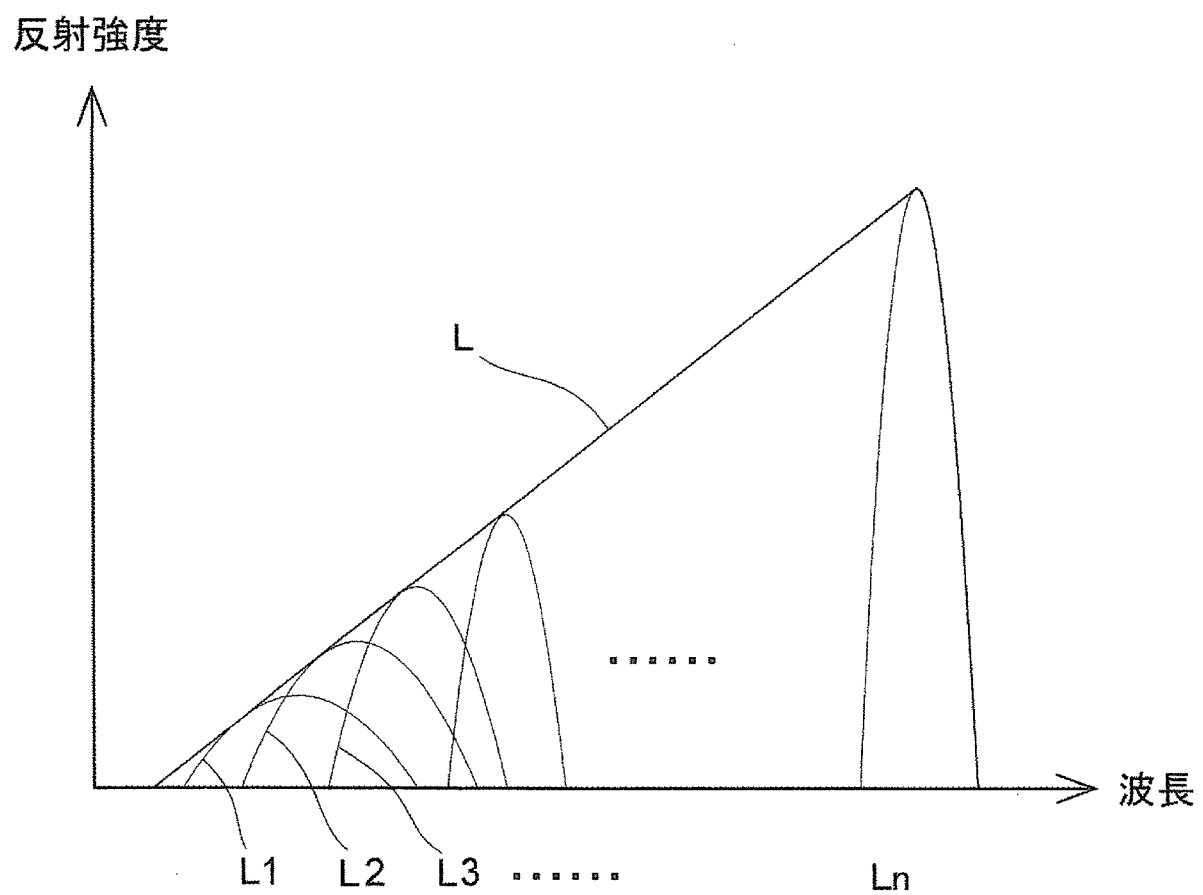
前記複数の格子部が前記入射光に対してそれぞれ反射する反射光が、互いに異なる中心波長を有するように、且つ

前記複数の格子部からの各反射光の反射強度が、短波長側から長波長側に向かって漸次大きくなるように形成されることを特徴とするセンサ用光ファイバ。

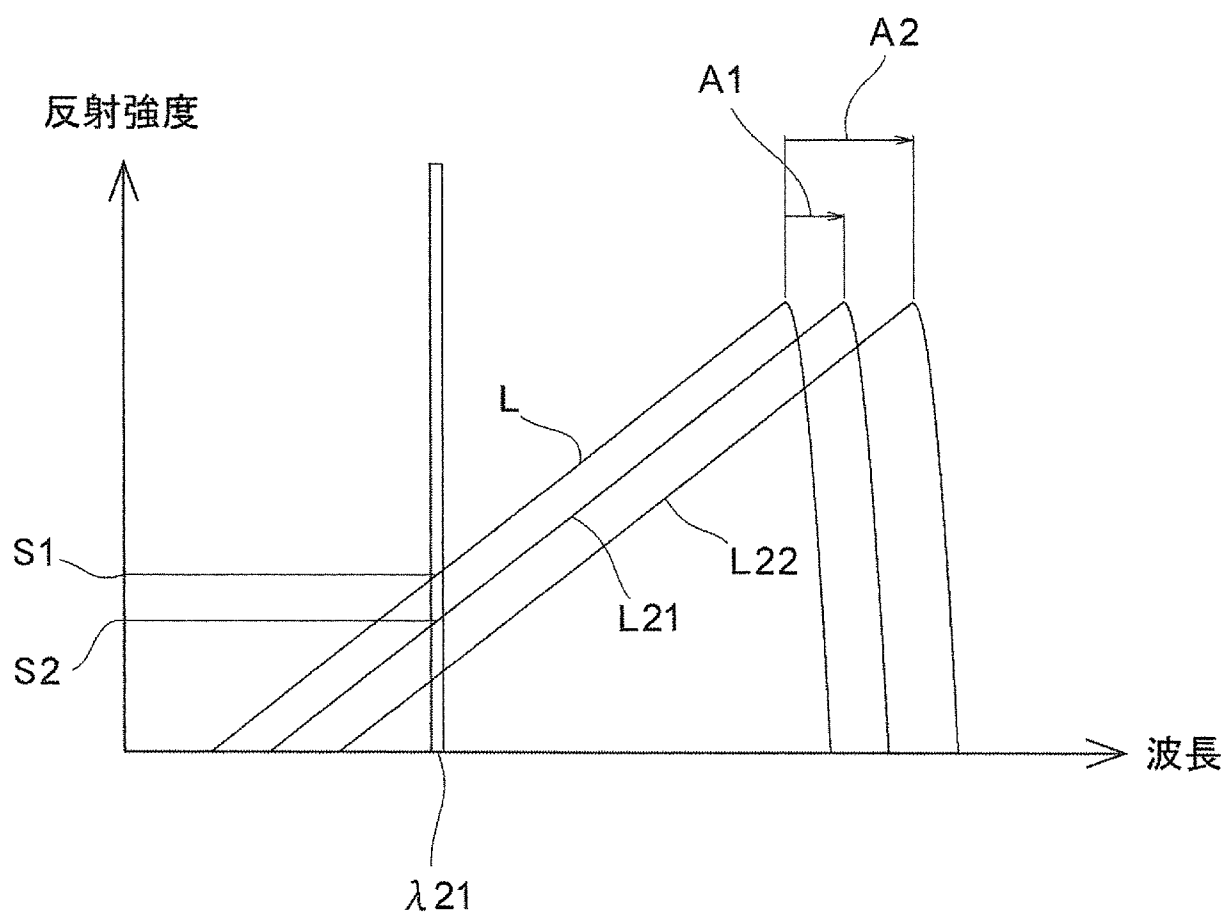
[図1]



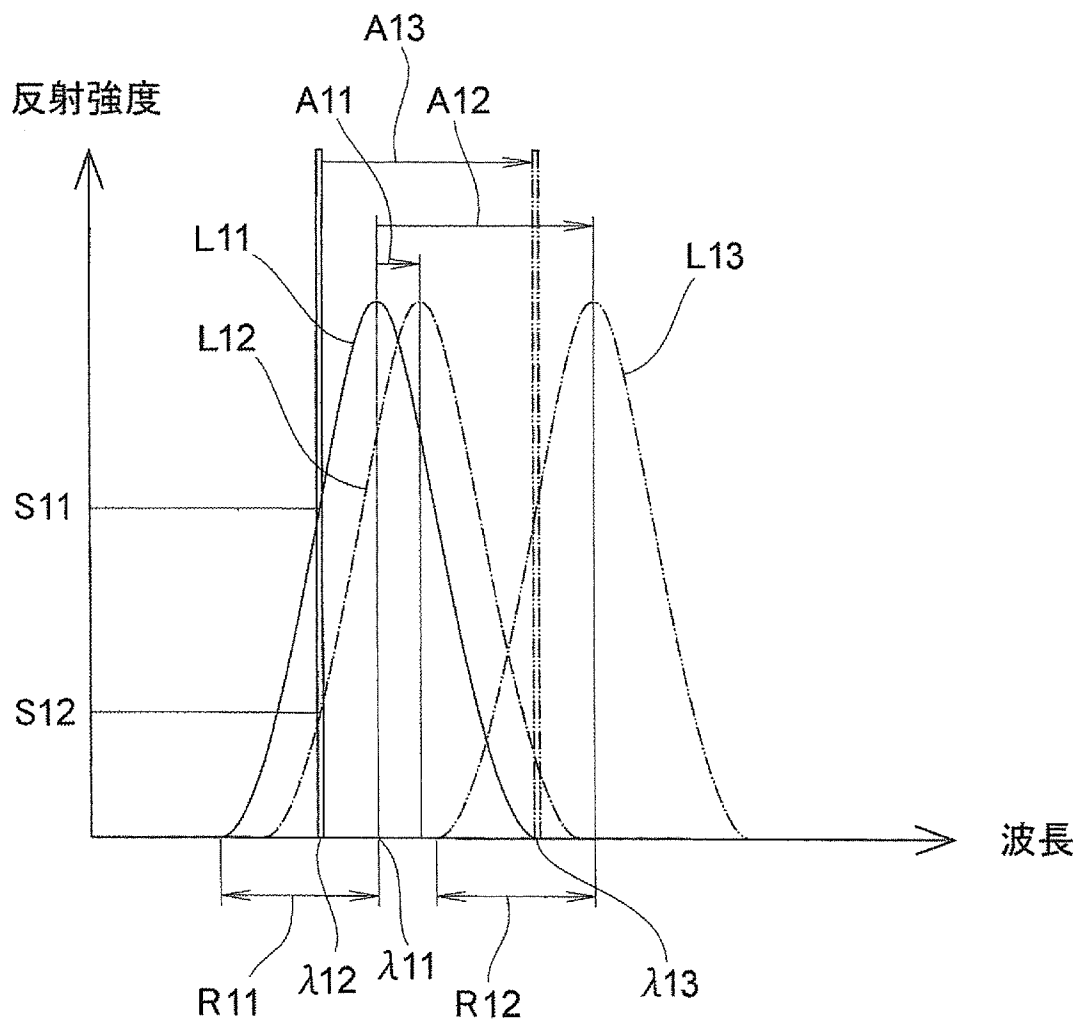
[図2]



[図3]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/075665

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D5/353(2006.01) i, G02B6/02(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D5/353, G02B6/02, G02B6/10-6/12, G02B6/13

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2000-258190 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 22 September 2000 (22.09.2000), paragraphs [0039] to [0043] (Family: none)	2 1
X Y	WO 99/53267 A1 (INTELLIGENT OPTICAL SYSTEMS, INC.), 21 October 1999 (21.10.1999), column 10, line 11 to column 13, line 6 & AU 4181499 A & BR 9909631 A & CN 1305581 A & EP 1071920 A & JP 2002-511572 A & US 6052179 A	2 1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"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

16 November, 2012 (16.11.12)

Date of mailing of the international search report

27 November, 2012 (27.11.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/075665

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-184834 A (Shinko Electric Wire Co., Ltd.), 02 July 2004 (02.07.2004), paragraphs [0007] to [0014] (Family: none)	1
Y	JP 2003-232942 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 22 August 2003 (22.08.2003), paragraphs [0006] to [0010] (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01D5/353(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)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 (I P C))

Int.Cl. G01D5/353, G02B6/02, G02B6/10-6/12, G02B6/13

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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)

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 Y	JP 2000-258190 A (三菱電線工業株式会社) 2000.09.22, [0039]-[0043] (ファミリーなし)	2 1
X Y	WO 99/53267 A1 (INTELLIGENT OPTICAL SYSTEMS, INC.) 1999.10.21, 1 O 欄 1 1 行 - 1 3 欄 6 行 & AU 4181499 A & BR 9909631 A & CN 1305581 A & EP 1071920 A & JP 2002-511572 A & US 6052179 A	2 1
Y	JP 2004-184834 A (伸興電線株式会社) 2004.07.02, [0007]-[0014] (ファミリーなし)	1

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

1 6 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

岡田 卓弥

2 F

9 2 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

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
Y	JP 2003-232942 A (住友電気工業株式会社) 2003. 08. 22, [0006]-[0010] (ファミリーなし)	1