(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
2010 年 2 月 25 日(25.02.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/021207 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/061976

(22) 国際出願日: 2009 年 6 月 30 日(30.06.2009)

(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 2008-209478 2008 年 8 月 18 日(18.08.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社(NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目３番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松井 隆 (MATSUI Takashi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 戸毛 邦弘(TOGE Kunihiro) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 倉嶋 利雄 (KURASHIMA Toshio) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 冨田 茂 (TOMITA Shigeru) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 谷 義一, 外(TANI Yoshikazu et al.); 〒1070052 東京都港区赤坂２丁目６－２０ 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, 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, JP, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

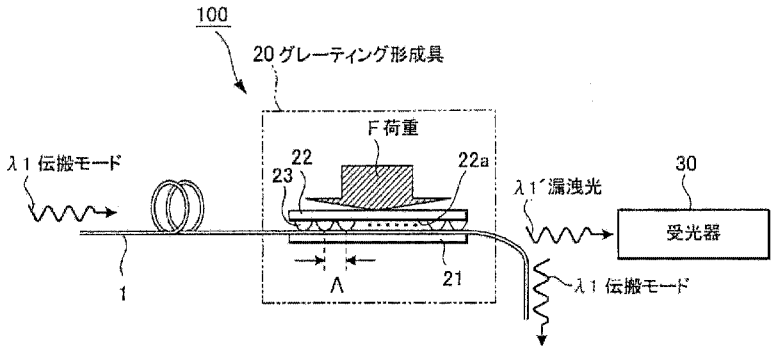
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

[続葉有]

(54) **Title**: CORE FIBER CHECK DEVICE AND CORE FIBER CHECK METHOD

(54) 発明の名称: 心線対照装置および心線対照方法

[図1A]



20 GRATING FORMING TOOL
λ1 PROPAGATION MODE
F LOAD
λ1' LEAKAGE LIGHT
30 PHOTODETECTOR

(57) **Abstract**: A core fiber check device capable of core fiber check of a holey single-mode optical fiber is disclosed. The check device includes a grating forming tool (20) for forming a grating by exerting a load F onto an optical fiber (1) by means of ridges (23) and a photodetector (30) for detecting leakage light λ1' produced in the optical fiber (1). The ridges (23) are arranged with a spacing Λ of 0.24 to 0.75 mm.

(57) 要約: 空孔付き単一モード光ファイバに対する心線対照を実現することが可能な心線対照装置を提供する。複数の突起部２３を以って光ファイバ１に荷重Ｆを与えることでグレーティングを形成するグレーティング形成具２０と、光ファイバ１で生じる漏洩光λ１′を検出する受光器３０から構成され、複数の突起部２３が、０．２４mm～０．７５mmの範囲内の周期Λで配置されている。

WO 2010/021207 A1

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 ： 心線対照装置および心線対照方法

技術分野

[0001] 本発明は、光伝送システムにおける光の導通試験の試験装置である心線対照装置および心線対照方法に関し、詳細には長周期グレーティングを用いた心線対照装置および心線対照方法に関する。

背景技術

[0002] ＦＴＴＨ（Ｆｉｂｅｒ　Ｔｏ　Ｔｈｅ　Ｈｏｍｅ）サービスの普及にともない光線路における施工や保守の稼動が増加しているが、従来の光ファイバでは許容曲げ半径が大きく取り扱い性に劣る。そこで、近年、曲げ損失特性を改善し許容曲げ半径を小さくした種々の光ファイバが開発されている。特に特許文献１に記載の空孔付き単一モード光ファイバは優れた曲げ損失特性を有すると同時に従来の単一モードファイバとの接続性にも優れるため、積極的に検討が進められている。

[0003] 光線路の工事、運用に際して任意の光ファイバ心線を確認するために、作業現場において任意の光ファイバ心線を見つけることができることが必要となる。そのため、心線対照装置（例えば、特許文献２参照）は光ファイバ中を伝搬する光の一部を取り出して、その光ファイバが所望の光ファイバであるかを確認できるため、広く用いられている。心線対照装置は光ファイバ中に曲げ部を形成し、曲げ部から漏れ出る光を受光することによって、その光ファイバに光が伝搬しているかどうかを判別する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第３８５４６２７号公報

特許文献2：特許第３４０７８１２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献１に示された空孔付き単一モード光ファイバは従来の単一モード光ファイバに比べて曲げ損失が非常に小さいため、従来の心線対照方法を適用できず、心線対照を行えないといった課題があった。

[0006] そこで、本発明は、上記課題を解決すべくなされたものであり、空孔付き単一モード光ファイバに対する心線対照を実現することが可能な心線対照装置および心線対照方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決する第１の発明に係る心線対照装置は、複数の突起部を以って光ファイバに荷重を与えることでグレーティングを形成するグレーティング形成手段と、前記光ファイバで生じる漏洩光を検出する受光手段とを備えることを特徴とする。

[0008] 上述した課題を解決する第２の発明に係る心線対照装置は、第１の発明に係る心線対照装置であって、前記複数の突起部の周期が、前記光ファイバの設置方向に沿って変化していることを特徴とする。

[0009] 上述した課題を解決する第３の発明に係る心線対照装置は、第１または第２の発明に係る心線対照装置であって、前記荷重が８Ｎ以上であることを特徴とする。

[0010] 上述した課題を解決する第４の発明に係る心線対照装置は、第１乃至第３の何れか一つの発明に係る心線対照装置であって、前記光ファイバに対して曲げを付与する光ファイバ曲げ付与手段をさらに有し、前記曲げの曲率半径が８ｍｍ～１２ｍｍの範囲内であることを特徴とする。

[0011] 上述した課題を解決する第５の発明に係る心線対照装置は、第１乃至第４の何れか一つの発明に係る心線対照装置であって、前記複数の突起部が、０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内の周期で配置されていることを特徴とする。

[0012] 上述した課題を解決する第６の発明に係る心線対照装置は、第４の発明に係る心線対照装置であって、前記複数の突起部が、前記光ファイバ曲げ付与手段に配置されることを特徴とする。

[0013] 上述した課題を解決する第７の発明に係る心線対照方法は、０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内の周期で配置された複数の突起部を以って光ファイバに荷重を与えることで長周期グレーティングを形成し、前記光ファイバで生じる漏洩光を検出することにより、前記光ファイバに光波が導通していることを確認することを特徴とする。

[0014] 上述した課題を解決する第８の発明に係る心線対照方法は、第７の発明に係る心線対照方法であって、前記複数の突起部と前記光ファイバとの角度を変えて、前記長周期グレーティングを形成することを特徴とする。

[0015] 上述した課題を解決する第９の発明に係る心線対照方法は、第７または第８の発明に係る心線対照方法であって、前記光ファイバに曲げを付与して、前記光ファイバで生じる漏洩光を検出することを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明に係る心線対照装置および心線対照方法によれば、空孔付き単一モード光ファイバに対する心線対照を実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1A]図１Ａは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置を説明するための概略図である。

[図1B]図１Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具により応力が付与された箇所と屈折率変化量との関係を示す図である。

[図1C]図１Ｃは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置を用いて心線対照を行うフローチャートである。

[図2A]図２Ａは、６個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバを模式的に示す図である。

[図2B]図２Ｂは、１０個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバを模式的に示す図である。

[図3A]図３Ａは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、波長と損失スペクトルの関係を示すグラフである。

[図3B]図３Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、突起部の周期と中心波長（損失スペクトルが最大値となる波長）の関係を示すグラフである。

[図4]図４は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦにおけるグレーティング周期の空孔構造依存性の一例を示すグラフである。

[図5A]図５Ａは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦのコア直径２ａ（μｍ）とグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図5B]図５Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦの比屈折率差Δ（％）とグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図6A]図６Ａは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦの規格化空孔直径ｄ／２ａとグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図6B]図６Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、規格化空孔直径ｄ／２ａとグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図6C]図６Ｃは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、規格化空孔直径ｄ／２ａとグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図6D]図６Ｄは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、規格化空孔直径ｄ／２ａとグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフである。

[図7]図７は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具により応力が付与された箇所と屈折率変化量との関係を示す図である。

[図8]図８は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦの規格化空孔位置ｃ／２ａとグレーティング周期との関係を示すグラフであ

る。

[図9A]図９Ａは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例を説明するための平面図である。

[図9B]図９Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例を説明するための側面図である。

[図9C]図９Ｃは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例において、光ファイバの設置角度が０度である場合の光ファイバ位置と屈折率変化量との関係を示す図である。

[図9D]図９Ｄは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例において、光ファイバの設置角度がθである場合の光ファイバ位置と屈折率変化量との関係を示す図である。

[図9E]図９Ｅは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例を用いて心線対照を行うフローチャートである。

[図10]図１０は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例による波長と損失スペクトルの関係を示すグラフである。

[図11]図１１は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置によるグレーティング形成時の荷重Ｆと漏洩光パワーとの関係を示すグラフである。

[図12A]図１２Ａは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置において、光ファイバ曲げ付与機構を一つ具備する場合を示す図である。

[図12B]図１２Ｂは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置において、光ファイバ曲げ付与機構を二つ具備する場合を示す図である。

[図12C]図１２Ｃは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置を用いて心線対照を行うフローチャートである。

[図13A]図１３Ａは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置が具備する光ファイバ曲げ付与機構における曲げ半径（ｍｍ）と曲げ損失（ｄＢ）の関係を示す図である。

[図13B]図１３Ｂは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置が具備する

光ファイバ曲げ付与機構における曲げ半径（ｍｍ）と漏洩光パワー（ｄＢｍ）との関係を示す図である。

[図14]図１４は、本発明の第三の実施形態に係る心線対照装置を模式的に示す図である。

[図15]図１５は、本発明の第三の実施形態に係る心線対照装置において、グレーティング形成時の漏洩光パワーおよび挿入損失を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、本発明に係る心線対照装置の最良の形態について、各実施形態で詳細に説明する。

[0019] ［第一の実施形態］

本発明に係る心線対照装置および方法の第一の実施形態につき図１Ａから図１Ｃ、図２Ａおよび図２Ｂを参照して説明する。本実施形態では、曲げ損失特性を改善した光ファイバに適用した場合について説明する。

[0020] 図１Ａおよび図１Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置を説明するための図であり、図１Ａは、その概略を示し、図１Ｂは、それが具備するグレーティング形成具により応力が付与された箇所と屈折率変化量との関係を示す。なお、図１Ａにおいて、λ１は光ファイバを伝搬する伝搬モードを示し、λ１´は光ファイバから漏洩した漏洩光を示す。

[0021] 本実施形態に係る心線対照装置１００は、図１Ａに示すように、グレーティング形成具２０（グレーティング形成手段）、受光器３０（受光手段）などを具備する。

[0022] 受光器３０は光ファイバ１中で生じる漏洩光を検出する機器である。

[0023] グレーティング形成具２０は、複数の突起部２３（凹凸部）を以って光ファイバ１に荷重Ｆを与えることによってグレーティングを形成する器具である。具体的には、グレーティング形成具２０は、光ファイバ固定具２１、応力付与具２２、突起部２３などを有する。

[0024] 光ファイバ固定具２１は、光ファイバ１の軸方向へ移動不能に且つ光ファイバの周方向へ移動不能に当該光ファイバ１を固定できる器具である。光フ

ァイバ固定具２１としては、例えば上面にＶ溝が形成された固定台、その溝に配置された光ファイバを固定台に押えて固定する押え板などが挙げられる。

[0025] 応力付与具２２は、棒状または板状の器具であり、この器具の下面２２ａに設けられた複数の突起部２３を有する。複数の突起部２３は、隣接する突起部２３の先端部２３ａの距離が所定の周期Λとなるように配置されている。

[0026] 光ファイバ１が空孔付き単一モード光ファイバ（ＨＡＦ）など曲げ損失特性に優れた光ファイバである場合、図１Ａに示す荷重Ｆを与えずに曲げを光ファイバ１に付与しても損失が発生しないため、受光器３０は漏洩光を検出することができない。ここでグレーティング形成具２０において荷重Ｆを与えると、図１Ｂに示すように、突起部２３の先端部２３ａと接触する光ファイバ１の所定の箇所１ａにて屈折率変化が生じる。複数の突起部２３の先端部２３ａが所定の周期Λで配置されるため、周期Λで屈折率変化が生じる長周期グレーティングが形成される。この長周期グレーティングでは周期Λと光波の波長λが、次式（１）で表される位相整合条件を満たすとき、伝搬モードが高次モードへ変換される。次式（１）にて、n_0が伝搬モードの実効屈折率を示し、n_mが高次モードの実効屈折率を示している。

[0027] [数1]

$$\Lambda = \frac{\lambda}{n_0 - n_m} \quad \cdots (1)$$

[0028] 変換によって生じた高次モードは伝搬損失、曲げ損失が伝搬モードに比べて非常に大きい。したがって、グレーティング形成具２０をもって伝搬モードの一部を高次モードに変換し、漏洩する高次モードを受光器３０で検出することで、ＨＡＦのような曲げ損失特性に優れる光ファイバにおいて心線対照を実現できる。すなわち、所定の周期Λに配置された複数の突起部２３を以って光ファイバ１に荷重Ｆを付与して、光ファイバ１に周期Λの長周期グレーティングを形成し、これにより生じた漏洩光λ１′を受光器３０で検出

することで、光ファイバ１に光波が導通していることを判別できる。

[0029] 図１Ｃに、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置を用いて心線対照を行うフローチャートを示す。まず、この心線対照装置において、心線対照装置のグレーティング形成具に荷重をかけて漏洩光を検出する（Ｓ１０１）。このとき、漏洩光が検出されると（Ｓ１０２）、この光ファイバは導通していると判定される（Ｓ１０３）。漏洩光が検出されなければ（Ｓ１０２）、この光ファイバは導通していないと判定される（Ｓ１０４）。

[0030] ここで、本発明の心線対照の対象とするＨＡＦの構造の一例を図２Ａおよび図２Ｂに示す。ＨＡＦとしては、図２Ａに示すように、コア部１０と、その周囲を覆うクラッド部１１と、コア部から所定の距離に設けられた６つの空孔１２とを有し、規格化空孔位置をｃ／２ａとし、規格化空孔直径をｄ／２ａとした空孔付き単一モード光ファイバや、図２Ｂに示すように、コア部１０と、その周囲を覆うクラッド部１１と、コア部から所定の距離に設けられた１０個の空孔１２とを有し、規格化空孔位置をｃ／２ａとし、規格化空孔直径をｄ／２ａとした空孔付き単一モード光ファイバなどが挙げられる。特許文献１に示されるように、ＨＡＦはコア、クラッドと複数の空孔を有し、空孔の閉じ込め効果によって優れた曲げ損失特性および従来の単一モードファイバ（ＳＭＦ）との優れた接続性を実現するためには、コア直径２ａが６．４μｍ～９．６μｍの範囲内であり、コアのクラッドに対する比屈折率差Δが０．３～０．５５％であり、規格化空孔位置ｃ／２ａが２．０～４．５の範囲内であり、規格化空孔直径ｄ／２ａが０．２以上である必要がある。

[0031] ［突起部の周期と損失の関係］

ここで、突起部の周期と損失の関係について、図３Ａおよび図３Ｂを参照して説明する。

[0032] 図３Ａおよび図３Ｂは、突起部の周期と損失の関係を説明するための図であり、図３Ａに荷重Ｆを１５．４Ｎとし、突起部の周期が４４０μｍおよび４４５μｍの場合における波長と損失スペクトルの関係を示し、図３Ｂに突

起部の周期と中心波長（損失スペクトルが最大となる波長）の関係を示す。ここで、光ファイバは、コア直径２ａ＝９μｍであり、比屈折率差Δ＝０．３５％であり、規格化空孔位置ｃ／２ａ＝２．０であり、規格化空孔直径ｄ／２ａ＝１．０であり、空孔数が６であるＨＡＦとした。図３Ａにて、実線は突起部の周期Λが４４０μｍである場合を示し、点線は突起部の周期Λが４４５μｍの場合を示す。

[0033] 図３Ａに示すように、損失スペクトルより、グレーティング形成により所定の波長で光損失が発生していることが分かる。また、図３Ｂに示すように、突起部の周期Λを大きくするとそれに反比例して中心波長が小さくなることが分かる。よって、中心波長の周期依存性により、周期Λを変えることによって損失が発生する波長を制御できることが分かる。これらのことから、グレーティング周期を適切に設計することにより、所望の波長において光損失を得ることができることが分かる。

[0034] ［ＨＡＦの空孔構造（コア部を中心として対向する空孔間の距離ｃ）とグレーティング周期の関係］

ここで、ＨＡＦの空孔構造とグレーティング周期の関係の一例について、図４を参照して説明する。

[0035] 図４は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦにおけるグレーティング周期の空孔構造依存性の一例を示すグラフである。ここで、心線対照を行なう波長は１５５０ｎｍとし、ＨＡＦのコア構造はコア直径２ａ＝９μｍとし、比屈折率差Δ＝０．３５％とした。図４にて、実線が、空孔直径ｄ＝４．５μｍとし、空孔を１０個有するＨＡＦの場合を示し、１点鎖線が、空孔直径ｄ＝２．７μｍとし、空孔を１０個有するＨＡＦの場合を示し、２点鎖線が、空孔直径ｄ＝９μｍとし、空孔を６個有するＨＡＦの場合を示す。

[0036] 図４に示すように、ＨＡＦでは空孔位置を遠くするほど（離間させるほど）、グレーティング周期が単調に大きくなることが分かる。これは空孔が遠くなるほど、光波に対する空孔の影響が小さくなり、ＳＭＦのグレーティン

グ周期に近づいていると理解できる。空孔が小さくなった場合、空孔数が減った場合も同様の原理で、グレーティング周期は大きくなる。またこの関係は他のコア構造でも同様であることは容易に類推できる。

[0037] ［ＨＡＦのコア構造（コア直径２ａまたは比屈折率差Δ）とグレーティング周期の関係］

図５Ａおよび図５Ｂは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置に係わる、ＨＡＦにおけるグレーティング周期のコア構造依存性を示すグラフであり、図５Ａは、コア直径２ａ（μｍ）とグレーティング周期（μｍ）の関係を示し、図５Ｂは、比屈折率差Δ（％）とグレーティング周期（μｍ）の関係を示す。ここで、ＨＡＦの空孔構造はコア部を中心として対向する空孔間の距離ｃ＝１８μｍとし、空孔直径ｄ＝２．７μｍとし、空孔数を１０とした。

[0038] 図５Ａおよび図５Ｂに示すように、コア直径２ａが大きくなった場合、比屈折率差Δが小さくなった場合にグレーティング周期が大きくなっていることが分かる。

[0039] これらの条件と特許文献１に記載のＨＡＦの要件をあわせると、空孔構造に対しては、図４から、空孔が最も近いｃ／２ａ＝２．０においてグレーティング周期が最小となり、空孔が最も遠く空孔直径が最も小さいｃ／２ａ＝４．５、ｄ／２ａ＝０．２においてグレーティング周期が最大となることが分かる。またコア構造に対しては、図５Ａおよび図５Ｂから、コアが最も小さく比屈折率差が最も大きい２ａ＝６．４μｍ、Δ＝０．５５％においてグレーティング周期は最小となり、コアが最も大きく比屈折率差が最も小さい２ａ＝９．６μｍ、Δ＝０．３％においてグレーティング周期は最大となることが分かる。また、コア構造、空孔構造は、これらの間で設計されるため、グレーティング周期もこれらの構造の値の間で連続的に変化することは容易に理解できる。

[0040] ［突起部の周期］

ここで、突起部の周期について、図６Ａから図６Ｄを参照して説明する。

[0041] 図６Ａから図６Ｄは、規格化空孔直径ｄ／２ａとグレーティング周期（μｍ）の関係を示すグラフであり、図６Ａは、コア直径２ａ＝６．４μｍ、比屈折率差Δ＝０．５５％とし、６個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバの場合を示し、図６Ｂは、コア直径２ａ＝９．６μｍ、比屈折率差Δ＝０．３０％とし、６個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバの場合を示し、図６Ｃは、コア直径２ａ＝６．４μｍ、比屈折率差Δ＝０．５５％とし、１０個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバの場合を示し、図６Ｄは、コア直径２ａ＝９．６μｍ、比屈折率差Δ＝０．３０％とし、１０個の空孔を有する空孔付き単一モード光ファイバの場合を示す。図６Ａから図６Ｄにて、規格化空孔位置ｃ／２ａが２．０および４．５の場合を示し、試験光として多く用いられる波長λを１５５０ｎｍおよび１６５０ｎｍとした。

[0042] 図６Ａから図６Ｄに示すように、コア直径２ａ＝６．４μｍとし、比屈折率差Δ＝０．５５％とし、規格化空孔位置ｃ／２ａ＝２．０で最小のグレーティング周期０．２４ｍｍとなり、コア直径２ａ＝９．６μｍとし、比屈折率差Δ＝０．３％とし、規格化空孔位置ｃ／２ａ＝４．５において最大のグレーティング周期０．７５ｍｍとなることが分かる。したがって、ＨＡＦに対して本発明の心線対照を実現するためには、突起部の周期を０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内にする必要があることがわかる。

[0043] ［グレーティング形成具の一例］

ここで、上述した本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の一例ついて図７を参照して説明する。

[0044] 図７は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の一例の概略図である。

[0045] 図７に示すように、グレーティング形成具２２０は、応力付与具２２２の下面部２２２ａに複数の突起部２２３が設けられている。複数の突起部２２３の周期（隣接する突起部２２３の先端部２２３ａの間の距離）が光ファイバ１の長手方向で変化している。具体的には、複数の突起部２２３における

図中左端で隣接する先端部２２３ａ間の周期はΛ1となっている。他方、複数の突起部２２３における図中左端に隣接する先端部２２３ａ間の周期はΛ2（＞Λ1）となっている。複数の突起部２２３にて隣接する先端部２２３ａ間の周期は図中の左側から右側へ向けて、左端のΛ1から徐々に大きくなり右端にてΛNとなっている。言い換えると、複数の突起部２２３の周期Λが、光ファイバ１の設置方向に沿って変化している。このときグレーティング周期がΛ1～ΛNに変化しているとすると、Λ1～ΛNに対して位相整合条件を満たす全ての動作波長において光損失を発生させることができる。これにより、実効的に複数の周期を同時に実現できるようになる。これまで述べたように、ＨＡＦに対して必要なグレーティング周期はファイバ構造によって変化する。実際に製造される光ファイバは所定の構造偏差を持っていることから、当該ＨＡＦに対して必要なグレーティング周期もばらつくことになる。ここで、図７の構成にすることによって、構造偏差によるばらつきを吸収することができ、好ましい。

[0046] ここで、規格化空孔位置ｃ／２ａとグレーティング周期との関係について、図８を参照して説明する。

[0047] 図８は、コア直径２ａ＝９．０μｍとし、比屈折率差Δ＝０．３５％とし、規格化空孔直径ｄ／２ａ＝０．３とした構造のＨＡＦにて、規格化空孔位置ｃ／２ａとグレーティング周期との関係を示すグラフである。

[0048] 規格化空孔位置ｃ／２ａ＝２．１を最適構造とし規格化空孔位置ｃ／２ａに対して±０．１の構造偏差を有する場合を考えると、図８に示すように、グレーティング周期は４４５μｍ～４６５μｍで変動する。よって、突起部の周期を４４５μｍから４６５μｍに徐々に変化するように突起部を配置すれば良いことが分かる。

[0049] したがって、突起部２２３の周期を０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内で変化させることにより、様々なコア構造および空孔構造を有する空孔付き単一モード光ファイバ（ＨＡＦ）の心線対照を確実に行うことができる。

[0050] ［グレーティング形成具の他例］

ここで、上述した本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例について図９Ａから図９Ｄを参照して説明する。

[0051] 図９Ａから図９Ｄは、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例を説明するための図であり、図９Ａにその平面を示し、図９Ｂにその側面を示し、図９Ｃに光ファイバの設置角度が０度である場合における光ファイバ位置と屈折率変化量との関係を示し、図９Ｄに光ファイバの設置角度がθである場合における光ファイバ位置と屈折率変化量との関係を示す。

[0052] 図９Ａおよび図９Ｂに示すように、グレーティング形成具３２０は、略直方体形状の応力付与具３２２を有する。この応力付与具３２２の下面部３２２ａには複数の突起部３２３が設けられている。複数の突起部３２３は、応力付与具３２２の長尺方向に沿って所定の周期Λで配置されている。ここで、応力付与具３２２の長尺方向（複数の突起部３２３の配列方向）に対して、光ファイバ１の設置方向を０度に設置した場合には、図９Ｃに示すように、複数の突起部３２３を以って所定の周期Λにて光ファイバ１に荷重が付与される。他方、応力付与具３２２の長尺方向（複数の突起部３２３の配列方向）に対して、光ファイバ１の設置角度をθとした場合には、図９Ｄに示すように、複数の突起部３２３を以って所定の周期Λ´（＝Λ／ｃｏｓθ）にて光ファイバ１に荷重が付与される。よって、光ファイバ１の設置角度θを変化させることで、実効的なグレーティング周期を変化させることができる。

[0053] 図９Ｅに、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具の他例を用いて心線対照を行うフローチャートを示す。まず、この心線対照装置に光ファイバの設置角度θを初期値に設定して配置する（Ｓ２０１）。次に、心線対照装置でこの光ファイバからの漏洩光を検出する（Ｓ２０２）。その後、十分な漏洩光が検出されるまで、光ファイバの設置角度を増やしながら漏洩光の検出を繰り返す（Ｓ２０３）。

[0054] ここで、波長と損失との関係について、図１０を参照して説明する。

[0055] 図１０は、グレーティング形成具による波長と損失スペクトルの関係を示すグラフである。ここで、図１０にて、光ファイバは、空孔数が１０個であり、波長１５５０ｎｍにおけるモードフィールド径および曲げ損失が１０．５μｍおよび０．１ｄＢ／ｔｕｒｎ以下（曲げ半径５ｍｍ）であるＨＡＦとした。応力付与具に付与する荷重Ｆを１５．４Ｎとし、応力付与具に設けられた複数の突起部の周期Λを５００μｍとした。図１０にて、実線が光ファイバの設置角度θ＝０度とした場合を示し、点線が光ファイバの設置角度θ＝２０度とした場合を示す。

[0056] 図１０に示すように、突起部の周期Λが５００μｍであり、複数の突起部の配列方向に対する光ファイバの設置角度θが０度である場合、波長約１３６０ｎｍにて損失スペクトルが最大となることが分かる。また、突起部の周期が５００μｍであり、複数の突起部の配列方向に対する光ファイバの設置角度θが２０度である場合には、突起部の周期Λ´が５３２μｍとなる場合と同じであり、波長約１５６０ｎｍにて損失スペクトルが最大となることが分かる。よって、所望の範囲の下限の周期（Λｍｉｎ）で配置された複数の突起部を備えたグレーティング形成具を用いることで、実効的なグレーティング周期を変化させることができる。すなわち、複数の突起部の配列方向に対して垂直方向に光ファイバを設置したときの角度を０度とすると、光ファイバの設置角度をθ傾けたときの実効的なグレーティング周期はΛｍｉｎ／ｃｏｓθとなるため、この光ファイバの設置角度θを変化させることにより、実効的なグレーティング周期を変化させることができる。よって、作業の効率化を図ることができる。

[0057] したがって、複数の突起部の配列方向に対して光ファイバの設置角度θを変更して配置し、実効的なグレーティング周期を０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内で変化させることにより、様々なコア構造および空孔構造を有する空孔付き単一モード光ファイバ（ＨＡＦ）の心線対照を確実に行うことができる。

[0058] ［荷重と漏洩光パワーとの関係］

ここで、荷重と漏洩光パワーとの関係について図１１を参照して説明する。

[0059] 図１１は、本発明の第一の実施形態に係る心線対照装置によるグレーティング形成時の荷重Ｆと漏洩光パワーとの関係を示すグラフである。ここで、グレーティングを形成した範囲は全長４ｃｍ（突起部の数を８８個）とし、光ファイバはコア直径２ａ＝９μｍとし、比屈折率差Δ＝０．３５％とし、規格化空孔位置ｃ／２ａ＝２．０とし、規格化空孔直径ｄ／２ａ＝０．３としたＨＡＦを用いた。また、入力光パワーを－３０ｄＢｍとした。受光器の最小受光感度は－８０ｄＢｍとした。

[0060] 図１１に示すように、荷重をかけない場合（本発明を適用しない）には、前記受光器にて漏洩光を検出できていないことが分かる。また、荷重を大きくすることによってグレーティングの機能を強くでき、漏洩光パワーを大きくして心線対照を実現できていることが確認できる。さらに、グレーティング形成具において、全ての突起部に対するトータルの荷重を８Ｎ以上（一つの突起部当たりの荷重を０．０９Ｎ以上）とすることで、漏洩光パワーを１０ｄＢ改善でき、好ましい。

[0061] なお、グレーティングを形成するグレーティング形成具の全長を４ｃｍより短くした場合であっても、単位長さ当りの荷重が大きくなるため同じ印加荷重で同様の漏洩光パワーが得られる。したがって、グレーティング形成具の全長によらず、当該グレーティング形成具に印加する荷重を８Ｎより大きくすることで、漏洩光パワーを大きくして心線対照を実現できる。

[0062] ［第二の実施形態］

本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置について、図１２Ａおよび図１２Ｂを参照して説明する。

[0063] 図１２ＡおよびＢは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置を説明するための図であり、図１２Ａは、光ファイバ曲げ付与機構を一つ具備する場合を示し、図１２Ｂは、光ファイバ曲げ付与機構を二つ具備する場合を示

す。

[0064] 本実施形態は、上述した第一の実施形態に係る心線対照装置に光ファイバ曲げ付与機構を追加した装置である。

[0065] 本実施形態では、上述した第一の実施形態に係る心線対照装置と同一機器には同一符号を付記しその説明を省略する。

[0066] 本実施形態に係る心線対照装置４００は、図１２Ａに示すように、光ファイバ１に対して曲げを付与する光ファイバ曲げ付与機構４５１（光ファイバ曲げ付与手段）、グレーティング形成具２０、受光器３０などを具備する。この光ファイバ曲げ付与機構４５１は、光ファイバ１を所定の曲率半径Ｒで１回曲げの状態にて保持できる機構である。光ファイバ曲げ付与機構４５１は、受光器３０の直前に配置される。すなわち、光ファイバ曲げ付与機構４５１は、受光器３０近傍に配置される。これにより、受光器３０での受光効率が高められる。具体的には、グレーティングによって生じる高次モードは伝搬モードに比べて大きな曲げ損失を有することから、受光器３０付近に光ファイバ曲げ付与機構４５１があることで高次モードを効率的に漏洩させることができる。また、光ファイバ曲げ付与機構４５１を有することで、ＳＭＦなど通常の曲げ損失を有する光ファイバに対して曲げ損失を検出でき、ＨＡＦとＳＭＦの心線対照を１台で同時に実現でき、好ましい。

[0067] また、図１２Ｂに示すように、グレーティング形成具２０、受光器３０、光ファイバ曲げ付与機構４５２，４５３などを具備する心線対照装置４１０とすることも可能である。光ファイバ曲げ付与機構４５２では、光ファイバ１を第一の曲率半径Ｒ１で１回曲げの状態にて保持できる機構である。光ファイバ曲げ付与機構４５３では、光ファイバ１を、第一の曲率半径Ｒ１と異なる第二の曲率半径Ｒ２で１回曲げの状態にて保持できる機構である。このような構成の心線対照装置４１０であっても、上述した心線対照装置４００と同様な作用効果を奏する。

[0068] なお、二つの光ファイバ曲げ付与機構を有し、これら二つの光ファイバ曲げ付与機構が、光ファイバを同一の曲率半径で保持できる機構である心線対

照装置とすることも可能である。三つ以上の光ファイバ曲げ付与機構を有する心線対照装置とすることも可能である。光ファイバ曲げ付与機構を受光器内に配置した心線対照装置とすることも可能である。これらのような心線対照装置であっても、上述した第二の実施形態に係る心線対照装置と同様な作用効果を奏する。

[0069] 図１２Ｃに、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置を用いて心線対照を行うフローチャートを示す。まず、この心線対照装置において、光ファイバに所定の曲げを付与して漏洩光を検出する（Ｓ３０１）。このとき、心線対照装置のグレーティング形成具に荷重をかけずに、漏洩光が検出されると（Ｓ３０２）、この光ファイバは導通しており、ＳＭＦであると判定される（Ｓ３０３）。次に、心線対照装置のグレーティング形成具に荷重をかけて漏洩光を検出する（Ｓ３０４）。このとき、漏洩光が検出されると（Ｓ３０５）、この光ファイバは導通しており、ＨＡＦであると判定される（Ｓ３０６）。漏洩光が検出されなければ（Ｓ３０５）、この光ファイバは導通していないと判定される（Ｓ３０７）。

[0070] ［曲げ半径と曲げ損失との関係］

ここで、上述した第二の実施形態に係る心線対照装置が具備する光ファイバ曲げ付与機構における曲げ半径と曲げ損失との関係について、図１３Ａおよび図１３Ｂを参照して説明する。

[0071] 図１３ＡおよびＢは、本発明の第二の実施形態に係る心線対照装置が具備する光ファイバ曲げ付与機構における光学特性を示すグラフであり、図１３Ａは、曲げ半径（ｍｍ）と曲げ損失（ｄＢ）の関係を示し、図１３Ｂは、曲げ半径（ｍｍ）と漏洩光パワー（ｄＢｍ）との関係を示す。すなわち、図１３ＡおよびＢは、本実施形態に係る心線対照装置に係わる、光ファイバ曲げ付与機構の曲げ半径に対する挿入損失および検出できる漏洩光パワーを示している。心線対照の光ファイバが曲げに強い光ファイバかどうかを判別できるとは限らないため、例えばＳＭＦに対して急激な曲げを加えると過剰な損失が発生し通信断を起こす可能性がある。

[0072] 図１３Ａは最も曲げに弱い条件として、ＳＭＦで通信波長帯を最長波長側の１６２５ｎｍにおける曲げ損失を示している。この図１３Ａに示すように、曲げ半径を８ｍｍ以上とすることで、曲げ損失を２ｄＢ以下とすることができ、好ましい。

[0073] また図１３ＢはＳＭＦの曲げ損失を検出した場合の漏洩光パワーと曲げ半径を示している。この図１３Ｂに示すように、曲げ半径を１２ｍｍ以下とすることでＳＭＦに対して曲げによる心線対照を実現でき、図１２Ａおよび図１２Ｂに示したようにＨＡＦとＳＭＦとを同時に心線対照できるようになり、好ましい。これらより、曲げ半径は８ｍｍ～１２ｍｍの範囲内が好ましいことが分かる。

[0074] ［第三の実施形態］

本発明の第三の実施形態に係る心線対照装置について、図１４を参照して説明する。

[0075] 図１４は、本発明の第三の実施形態に係る心線対照装置を模式的に示す図である。

[0076] 本実施形態に係る心線対照装置は、上述した第二の実施形態に係る心線対照装置が具備するグレーティング形成具と光ファイバ曲げ付与機構とを同一器具内に具備する装置である。

[0077] 本実施形態では、上述した第二の実施形態に係る心線対照装置と同一機器（受光器３０）には同一符号を付記しその説明を省略する。

[0078] 本実施形態に係る心線対照装置５００は、図１４に示すように、光ファイバ曲げ付与機構５１０、グレーティング形成具５２０（グレーティング形成手段）、受光器３０などを具備する。

[0079] 光ファイバ曲げ付与機構５１０は、凸部材５１１と凹部材５１５とから構成されている。凸部材５１１は、弧状に形成された一つの凸部と、この凸部の両側に滑らかに繋がる二つの凹部からなる湾曲部５１２を備えている。凸部材５１１は凹部材５１５に対してスライド自在に配置されている。凹部材５１５は、第一の凹部材５１３と第二の凹部材５１４で構成されている。第

一の凹部材５１３および第二の凹部材５１４は、それぞれ湾曲部５１３ａ，５１４ａを備えており、湾曲部５１２との間にて光ファイバを挟持可能な形状に形成されている。

[0080] グレーティング形成具５２０は、凸部材５１１の湾曲部５１２における、光の伝搬方向で入り側（図中左側）に位置する入側湾曲部５１２ａに設けられた複数の突起部５２１（凹凸部）で構成されている。すなわち、グレーティング形成具５２０は、光ファイバ曲げ付与機構５１０内に設置されている。複数の突起部５２１は、所定の周期（間隔）Λで配置されている。なお、凸部材５１１の湾曲部５１２における、光の伝搬方向で出側（図中右側）に位置する出側湾曲部５１２ｂには、複数の突起部は設けられていない。

[0081] よって、本実施形態に係る心線対照装置５００によれば、光ファイバ曲げ付与機構５１０およびグレーティング形成具５２０を一体化でき、小型かつ作業性の良い心線対照装置を実現でき、好ましい。

[0082] ［漏洩光パワーおよび挿入損失と荷重との関係］

ここで、漏洩光パワーおよび挿入損失と荷重との関係について、図１５を参照して説明する。

[0083] 図１５は、グレーティング形成時の漏洩光パワーおよび挿入損失を示すグラフである。ここで被測定光ファイバは空孔位置の異なる２種類のＨＡＦ（コア部を中心として対向する空孔間の距離ｃ＝２０．５μｍとしたＨＡＦ、コア部を中心として対向する空孔間の距離ｃ＝２７μｍとしたＨＡＦ）を用いた。これらのＨＡＦは曲げ半径５ｍｍにおいて曲げ損失０．０１ｄＢ／巻以下と、ＳＭＦに比べて３桁以上小さい曲げ損失を実現している。また装置系では、図７に示すように、グレーティング周期を０．４９ｍｍから０．５２ｍｍの範囲で光ファイバの設置方向（光ファイバの長手方向）に変化を与え、印加する荷重Ｆを０～２０Ｎとした。また、受光器３０において受光素子の直前で曲率半径１０ｍｍの曲げを与えた。測定波長および入力光パワーはそれぞれ１５５０ｎｍ、－１０ｄＢｍとした。

[0084] 図１５に示すように、両ＨＡＦに対して、荷重Ｆを与えることによって、

１０ｄＢ以上の漏洩光パワーの改善が得られていることが確認できる。またグレーティング周期を長手方向で変化させることによって、１つの装置で異なる空孔構造を有するＨＡＦの漏洩光パワー検出が実現できていることが確認できる。また荷重印加時の挿入損失は測定範囲において０．４ｄＢ以下と小さく、低い挿入損失で漏洩光パワーの改善ができていることが分かる。したがって、本発明の心線対照装置を用いて、曲げ損失特性に優れるＨＡＦに対する心線対照を実現できることがわかる。

[0085] ［他の実施形態］

上記では、応力付与具に複数の突起部を設けた心線対照装置を用いて説明したが、光ファイバを固定する固定台に複数の突起部を設けた心線対照装置とすることも可能である。このような心線対照装置であっても、上述した第一、第二、第三の実施形態に係る心線対照装置と同様な作用効果を奏する。

産業上の利用可能性

[0086] 本発明に係る光線対照装置および心線対照方法は、光線路の工事、保守、運用の際の、光ファイバの特定に利用することができる。

請求の範囲

[請求項1] 複数の突起部を以って光ファイバに荷重を与えることでグレーティングを形成するグレーティング形成手段と、

前記光ファイバで生じる漏洩光を検出する受光手段とを備える

ことを特徴とする心線対照装置。

[請求項2] 前記複数の突起部の周期が、前記光ファイバの設置方向に沿って変化している

ことを特徴とする請求項１に記載の心線対照装置。

[請求項3] 前記荷重が８Ｎ以上である

ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の心線対照装置。

[請求項4] 前記光ファイバに対して曲げを付与する光ファイバ曲げ付与手段をさらに有し、

前記曲げの曲率半径が８ｍｍ～１２ｍｍの範囲内である

ことを特徴とする請求項１乃至請求項３の何れか一項に記載の心線対照装置。

[請求項5] 前記複数の突起部が、０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内の周期で配置されている

ことを特徴とする請求項１乃至請求項４の何れか一項に記載の心線対照装置。

[請求項6] 前記複数の突起部が、前記光ファイバ曲げ付与手段に配置される

ことを特徴とする請求項４に記載の心線対照装置。

[請求項7] ０．２４ｍｍ～０．７５ｍｍの範囲内の周期で配置された複数の突起部を以って光ファイバに荷重を与えることで長周期グレーティングを形成し、

前記光ファイバで生じる漏洩光を検出することにより、前記光ファイバに光波が導通していることを判別する

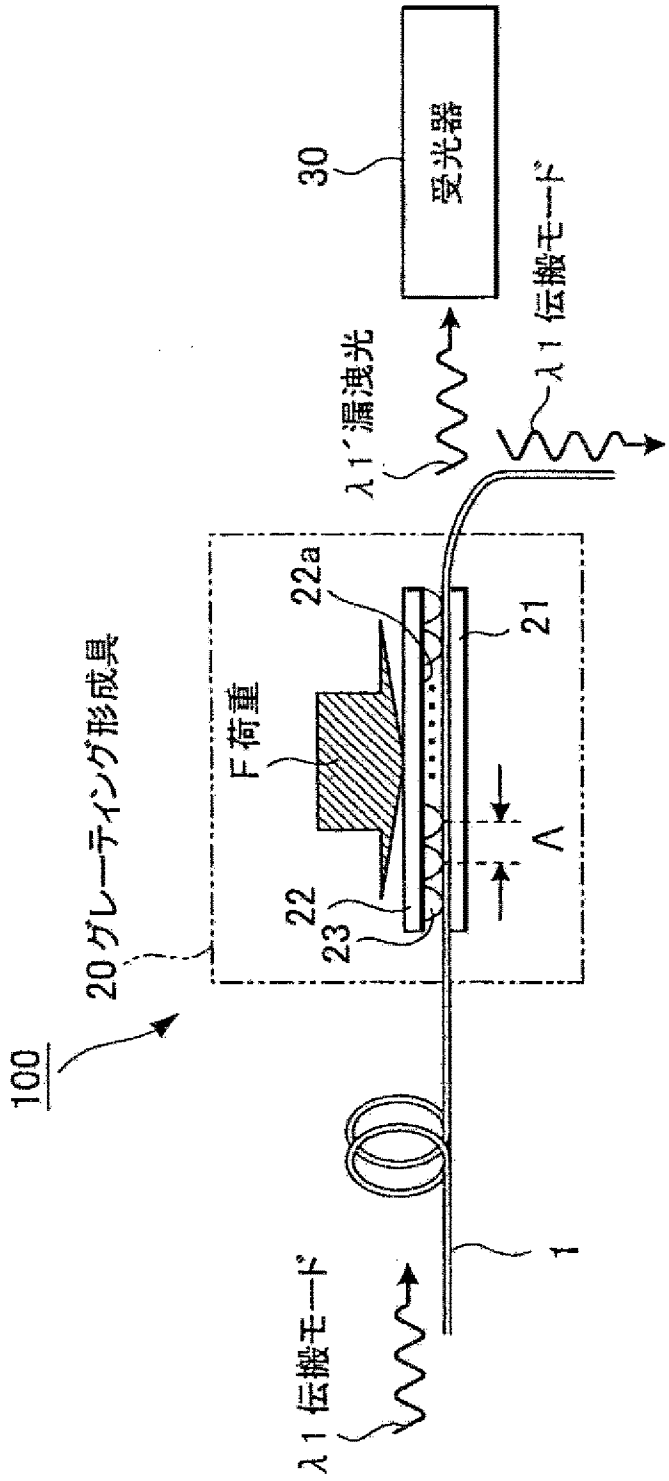
ことを特徴とする心線対照方法。

[請求項8] 前記複数の突起部と前記光ファイバとの角度を変えて、前記長周期

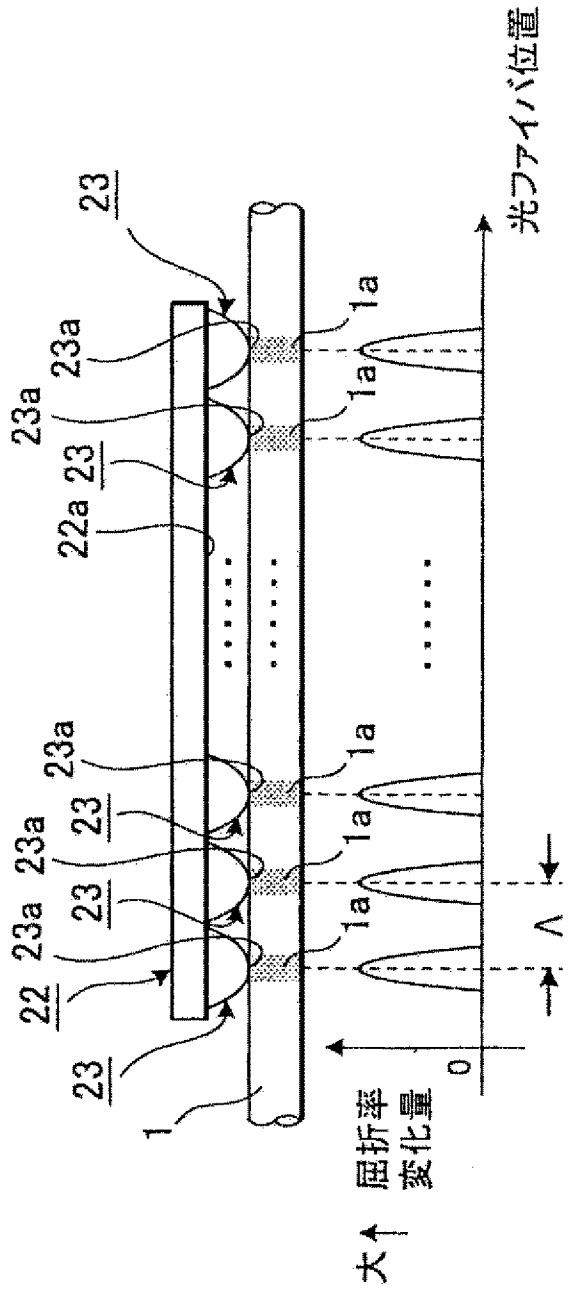
グレーティングを形成することを特徴とする請求項７に記載の心線対照方法。

[請求項9] 前記光ファイバに曲げを付与して、前記光ファイバで生じる漏洩光を検出することを特徴とする請求項７または８に記載の心線対照方法。

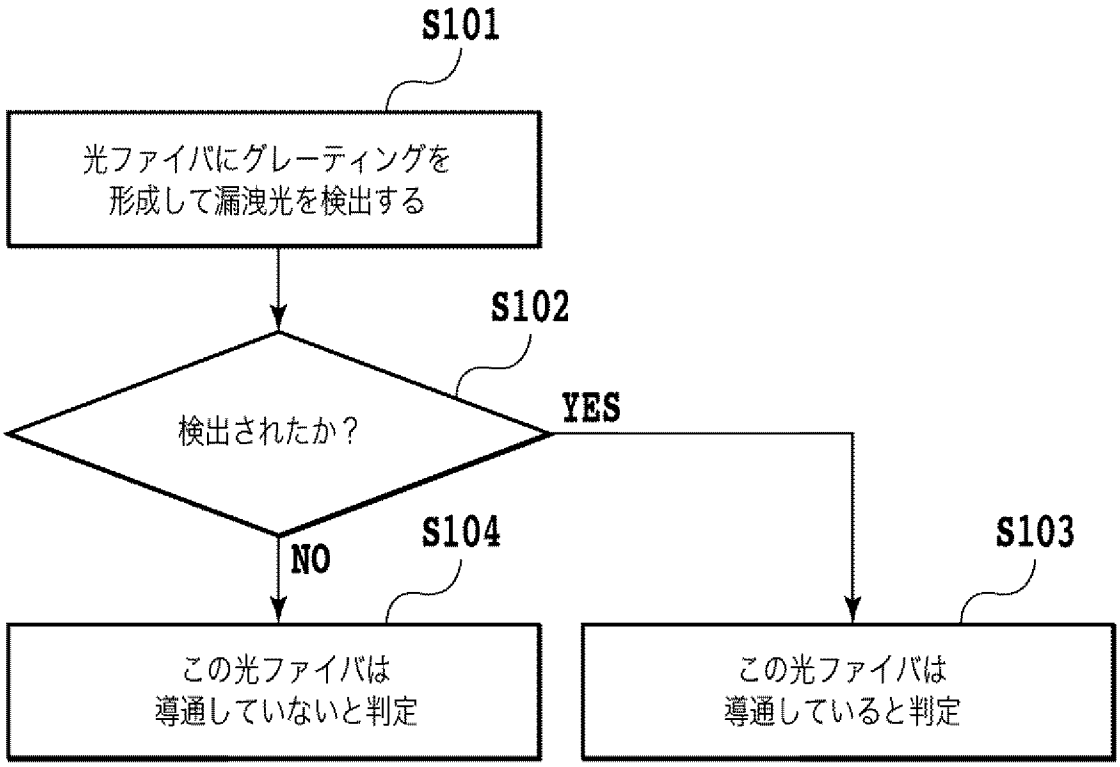
[図1A]


30
受光器
λ1伝搬モード
λ1'漏洩光
22a
21
F荷重
Λ
22
23
20グレーティング形成具
100
λ1伝搬モード
1

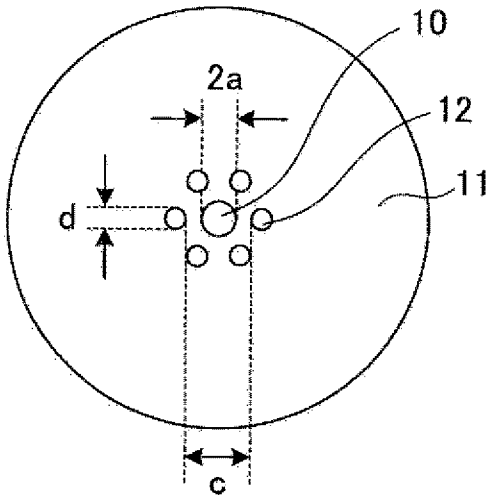
[図1B]


光ファイバ位置
23
23a
23a
22a
23
23a
23
23a
23
23a
22
23
1
1a
1a
1a
1a
1a
Λ
0
屈折率
変化量
大

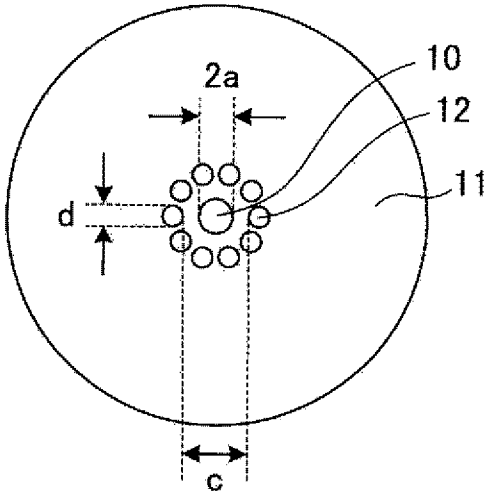
[図1C]


S101
光ファイバにグレーティングを
形成して漏洩光を検出する
S102
検出されたか？
YES
NO
S104
この光ファイバは
導通していないと判定
S103
この光ファイバは
導通していると判定

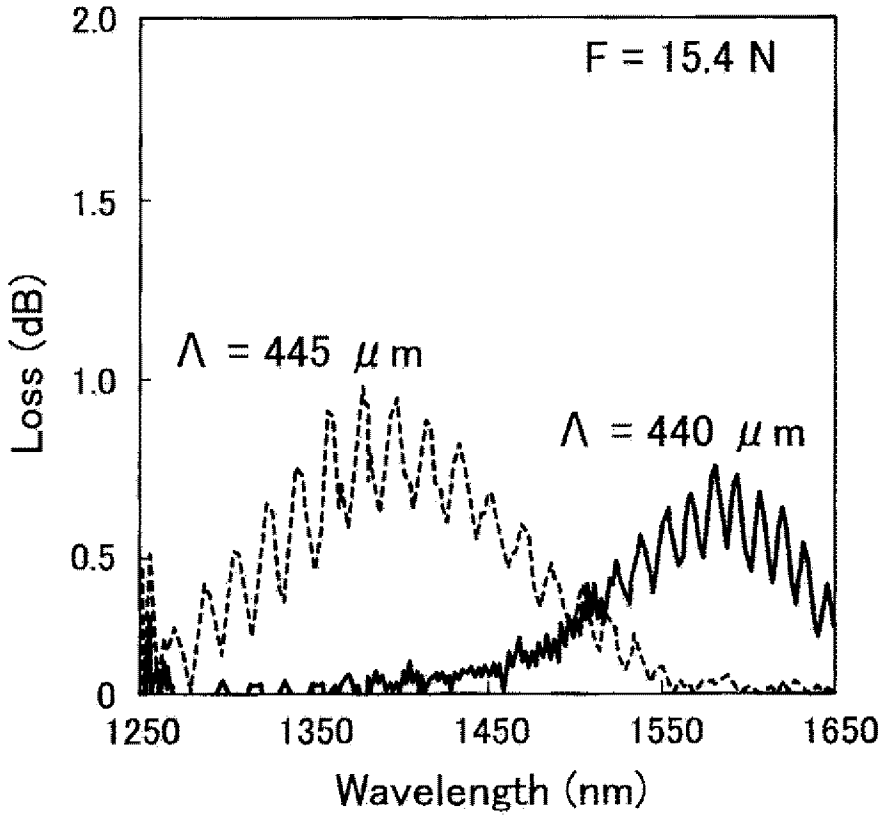
[図2A]


10
2a
12
11
d
c

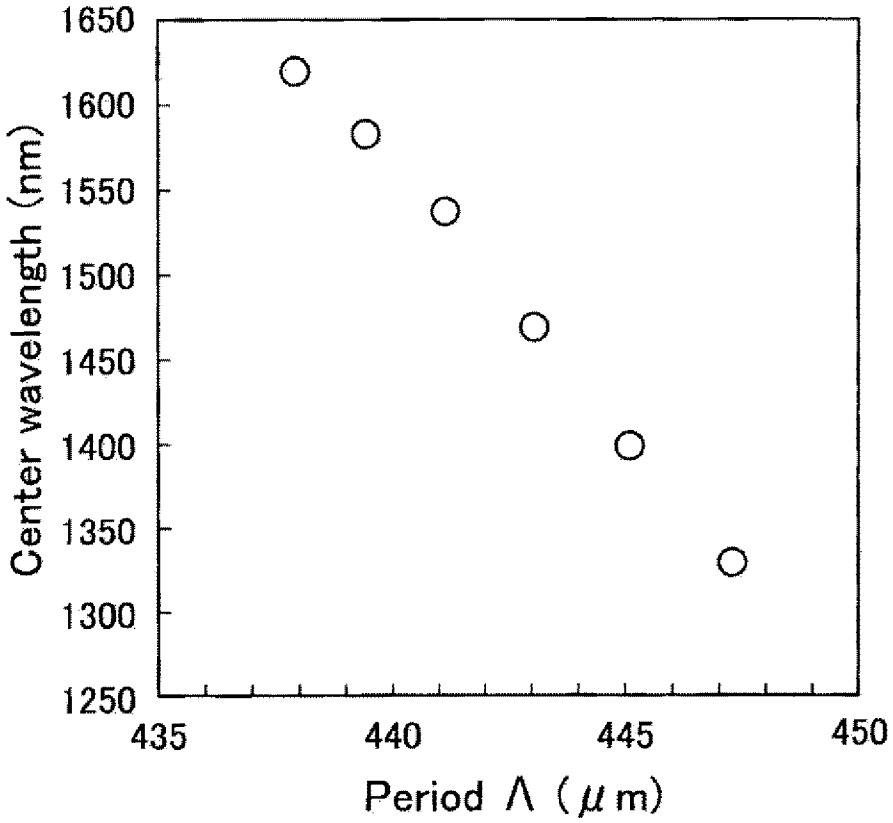
[図2B]


2a
10
12
11
d
c

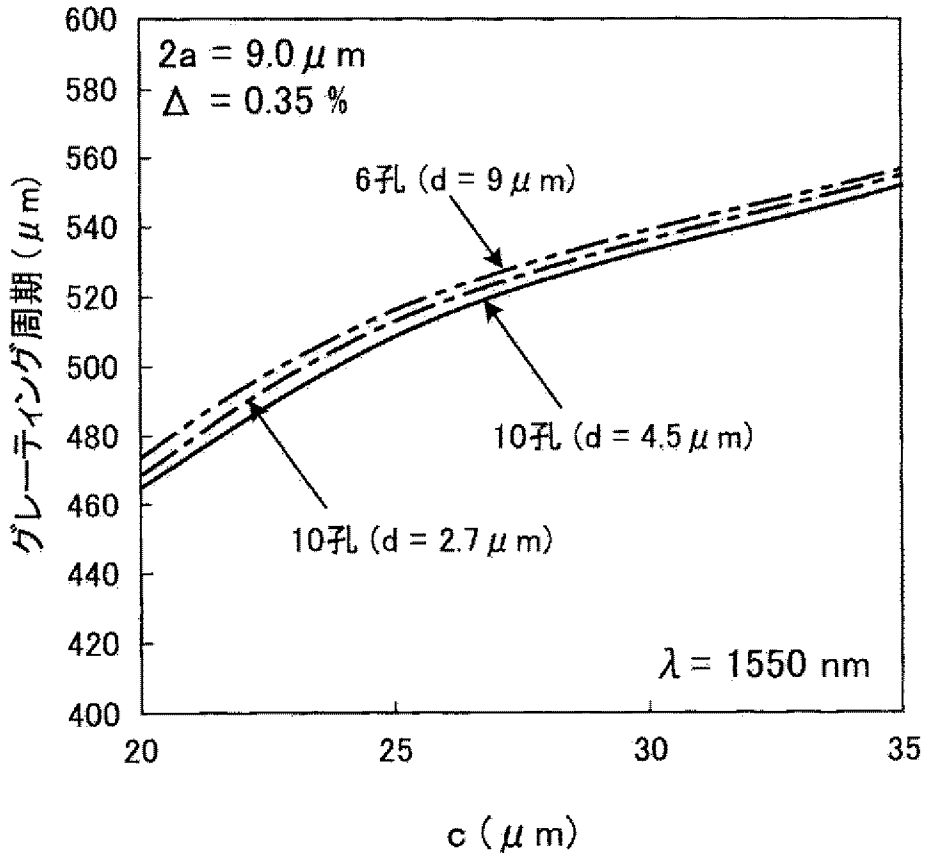
[図3A]


2.0
1.5
1.0
0.5
0
Loss (dB)
F = 15.4 N
Λ = 445 μm
Λ = 440 μm
1250
1350
1450
1550
1650
Wavelength (nm)

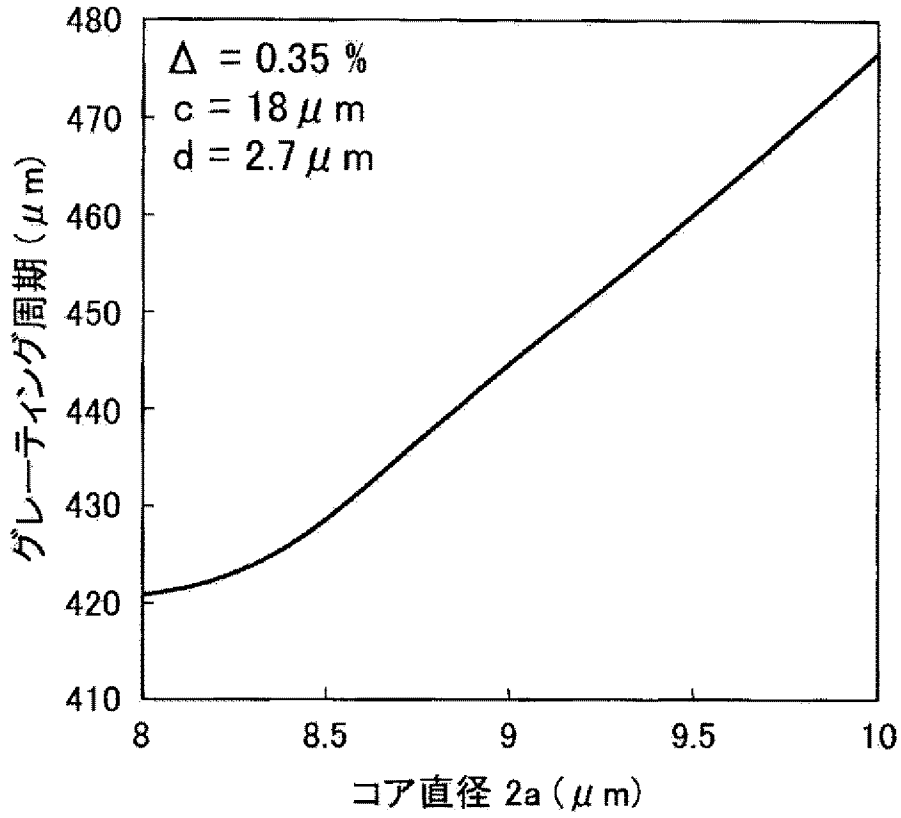
[図3B]


1650
1600
1550
1500
1450
1400
1350
1300
1250
Center wavelength (nm)
435
440
445
450
Period Λ (μm)

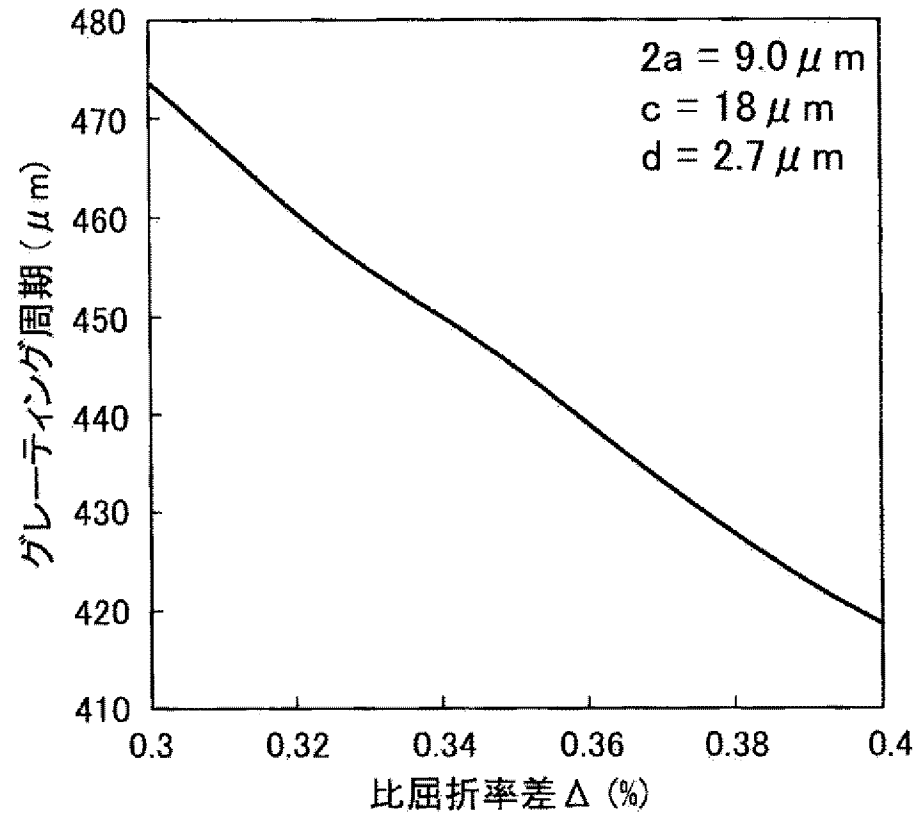
[図4]


600
580
560
540
520
500
480
460
440
420
400
グレーティング周期 (μm)
2a = 9.0 μm
Δ = 0.35 %
6孔 (d = 9 μm)
10孔 (d = 4.5 μm)
10孔 (d = 2.7 μm)
λ = 1550 nm
20
25
30
35
c (μm)

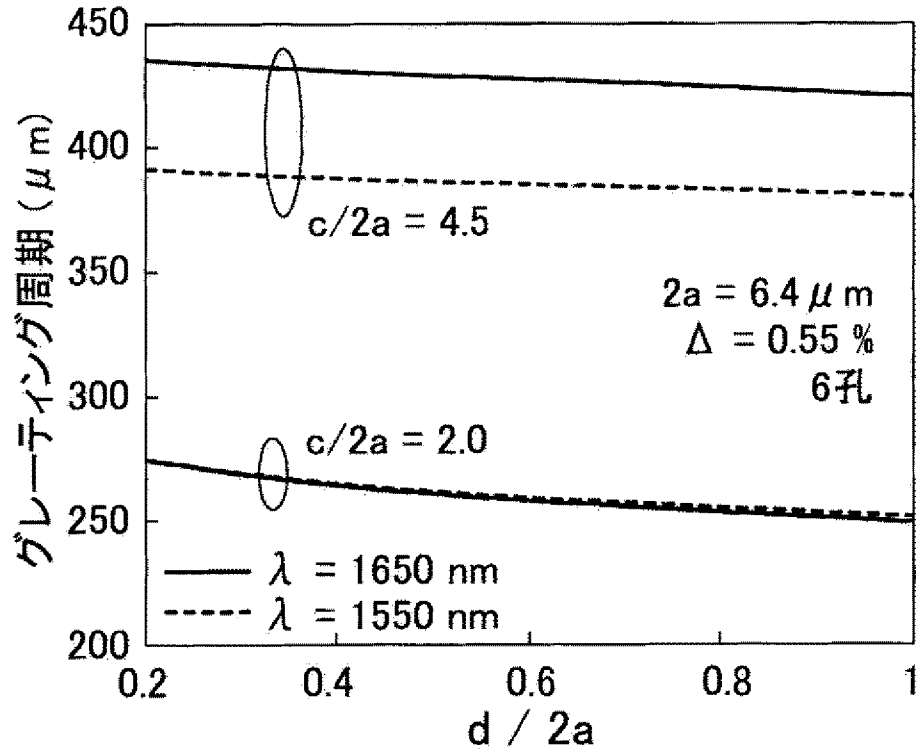
[図5A]


Δ = 0.35 %
c = 18 μm
d = 2.7 μm
480
470
460
450
440
430
420
410
8
8.5
9
9.5
10
グレーティング周期（μm）
コア直径 2a（μm）

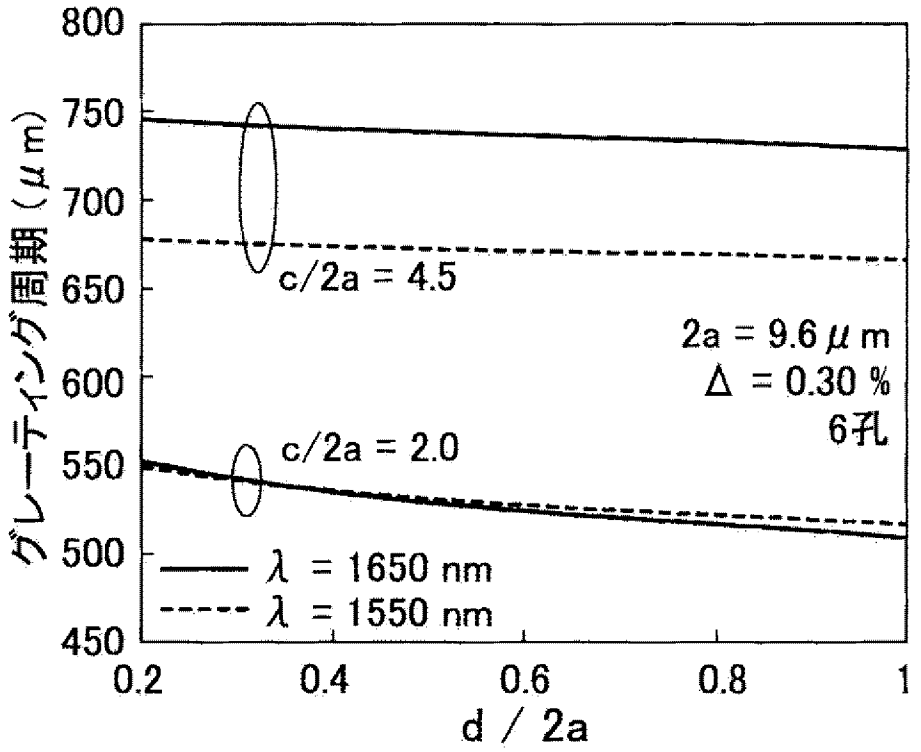
[図5B]


2a = 9.0 μm
c = 18 μm
d = 2.7 μm
480
470
460
450
440
430
420
410
0.3
0.32
0.34
0.36
0.38
0.4
グレーティング周期（μm）
比屈折率差Δ（%）

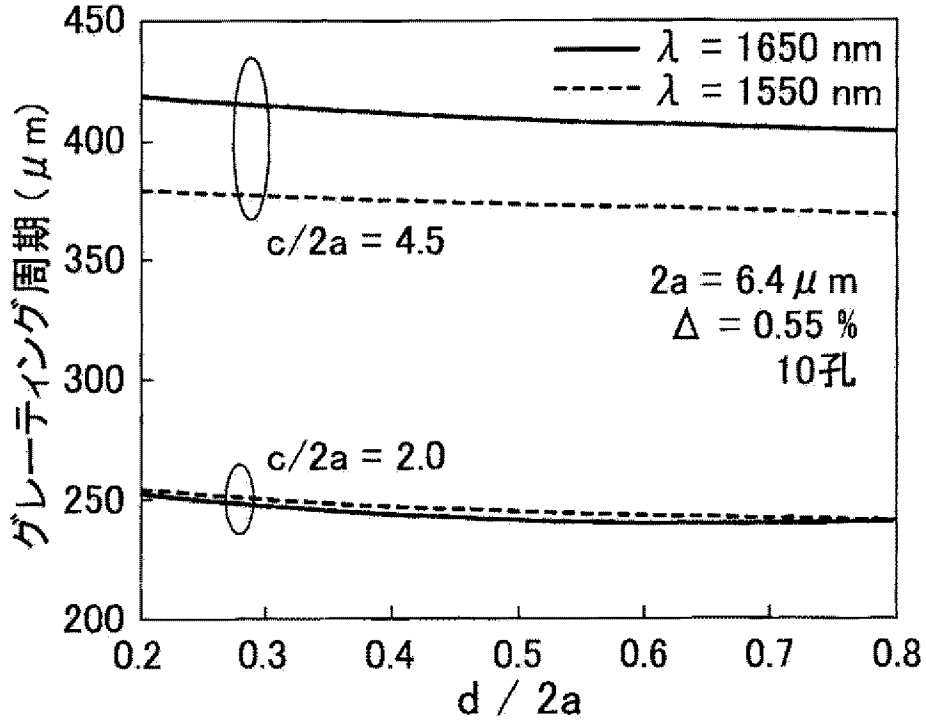
[図6A]


450
400
350
300
250
200
グレーティング周期（μm）
c/2a = 4.5
2a = 6.4 μm
Δ = 0.55 %
6孔
c/2a = 2.0
λ = 1650 nm
λ = 1550 nm
0.2
0.4
0.6
0.8
1
d / 2a

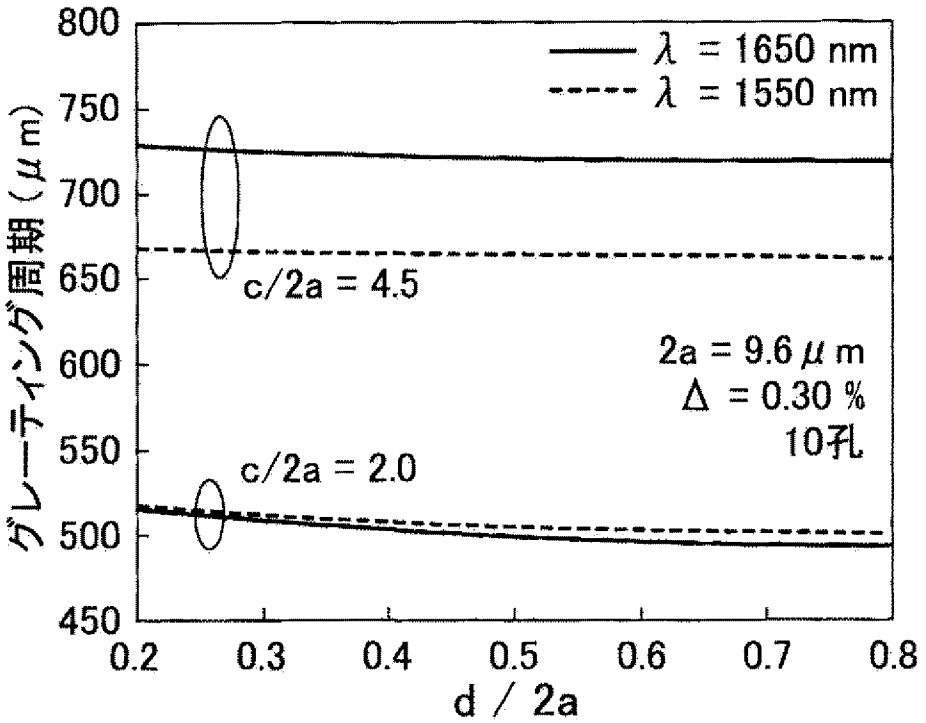
[図6B]


800
750
700
650
600
550
500
450
グレーティング周期（μm）
c/2a = 4.5
2a = 9.6 μm
Δ = 0.30 %
6孔
c/2a = 2.0
λ = 1650 nm
λ = 1550 nm
0.2
0.4
0.6
0.8
1
d / 2a

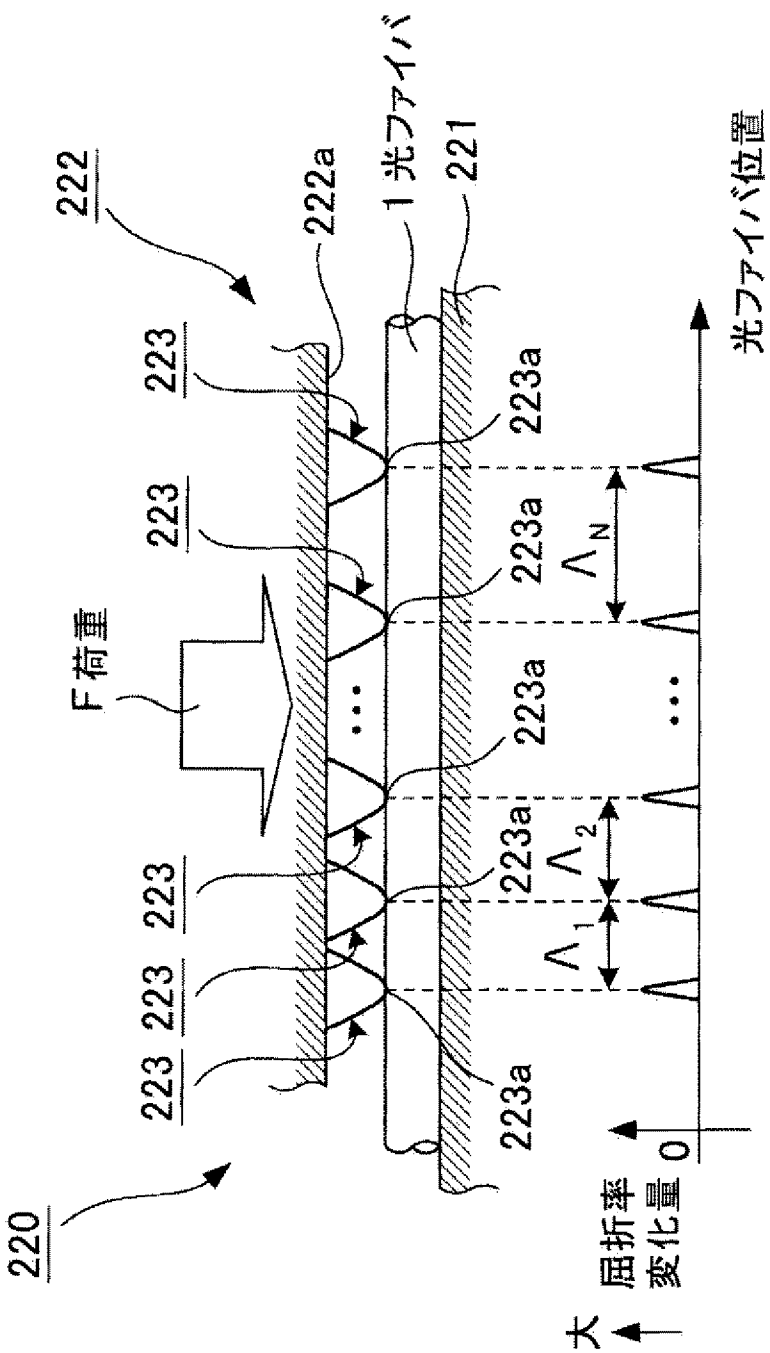
[図6C]


450
400
350
300
250
200
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
d / 2a
グレーティング周期（μm）
λ = 1650 nm
λ = 1550 nm
c/2a = 4.5
c/2a = 2.0
2a = 6.4 μm
Δ = 0.55 %
10孔

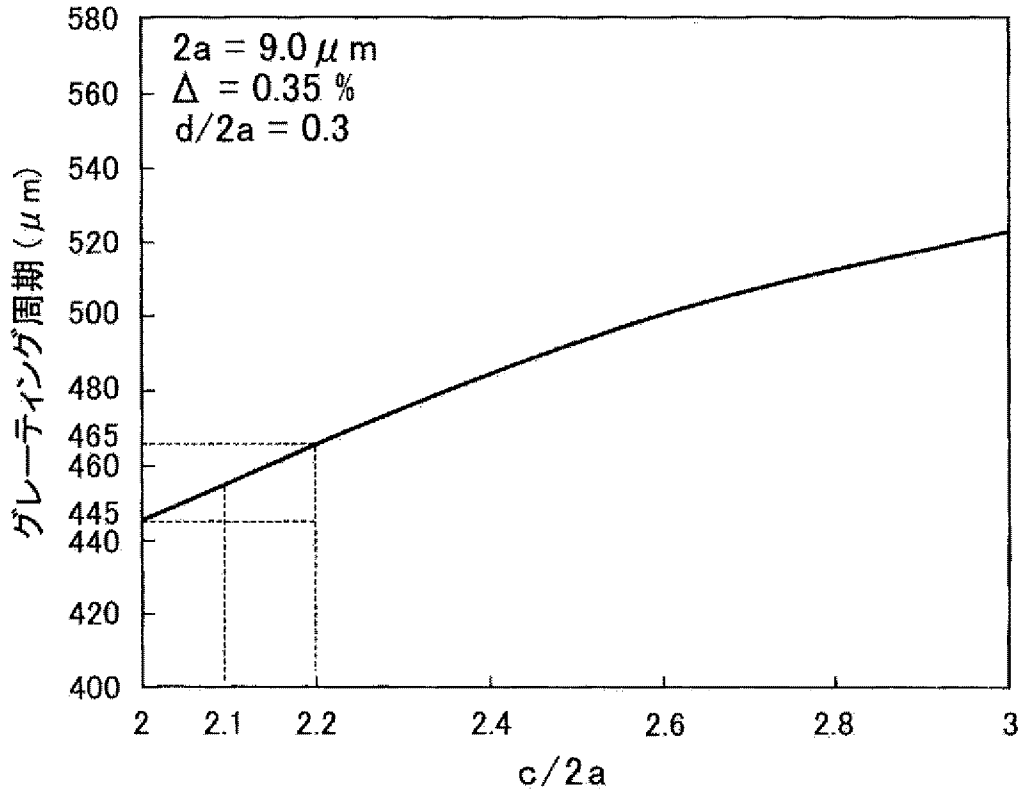
[図6D]


800
750
700
650
600
550
500
450
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
d / 2a
グレーティング周期（μm）
λ = 1650 nm
λ = 1550 nm
c/2a = 4.5
c/2a = 2.0
2a = 9.6 μm
Δ = 0.30 %
10孔

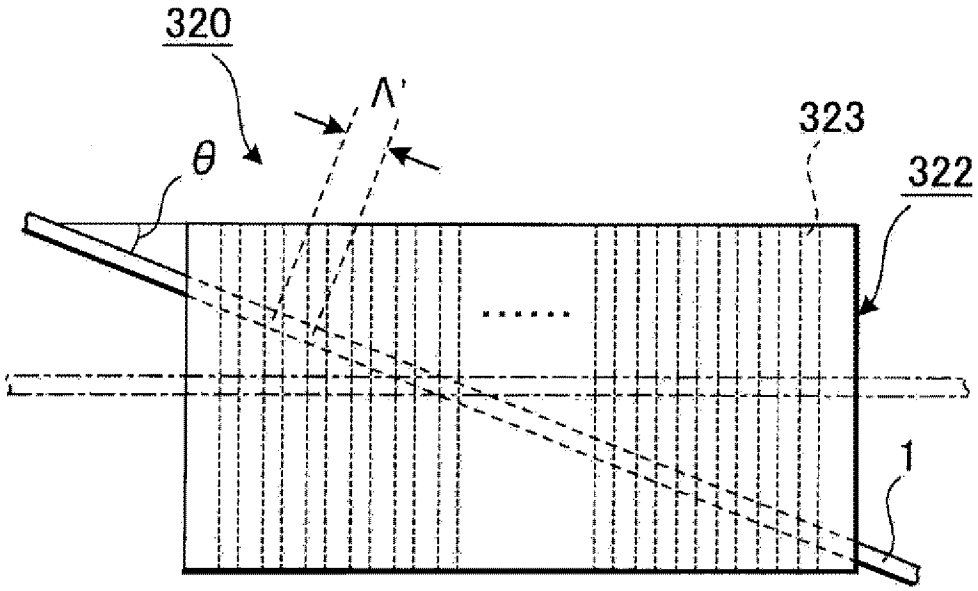
[図7]


222
222a
1光ファイバ
221
223
223a
F荷重
220
光ファイバ位置
屈折率
変化量
大
0
Λ1
Λ2
ΛN

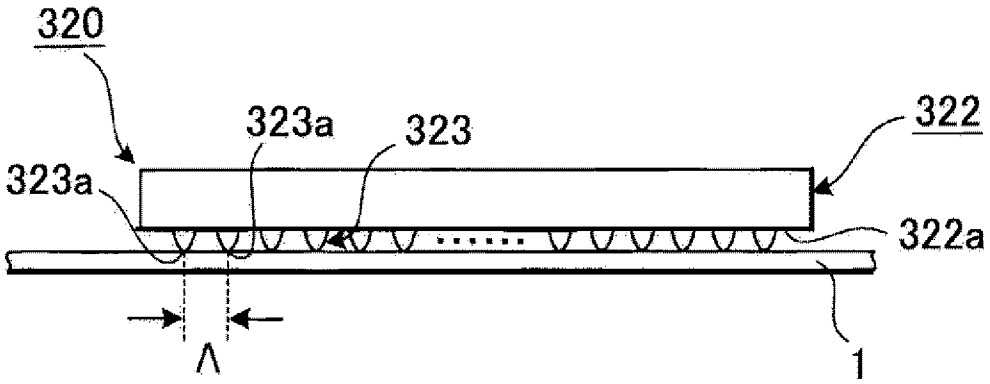
[図8]


2a = 9.0 μm
Δ = 0.35 %
d/2a = 0.3
グレーティング周期（μm）
580
560
540
520
500
480
465
460
445
440
420
400
2
2.1
2.2
2.4
2.6
2.8
3
c/2a

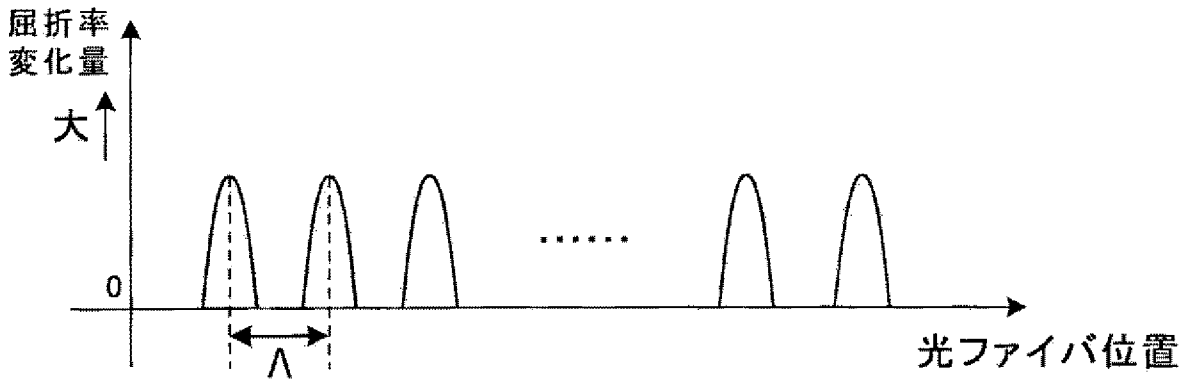
[図9A]


320
Λ
θ
323
322
1

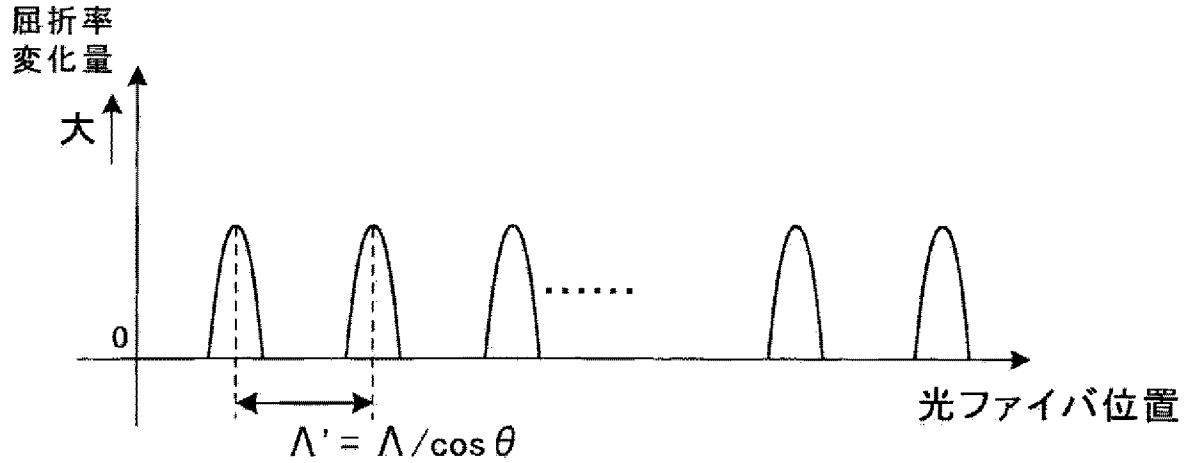
[図9B]


320
323a
323
322
323a
322a
Λ
1

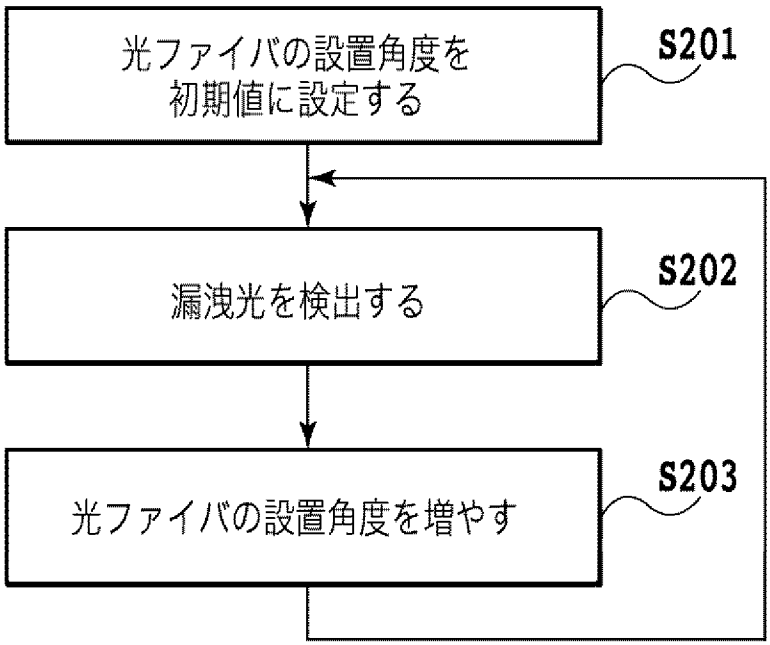
[図9C]


屈折率
変化量
大
0
Λ
光ファイバ位置

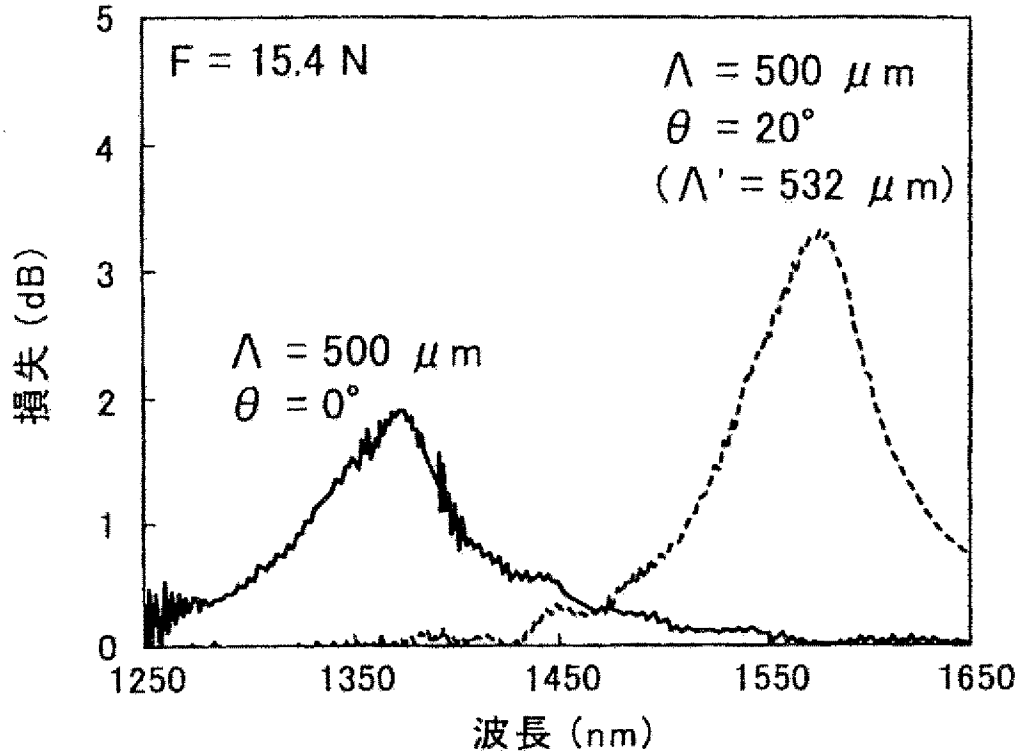
[図9D]


屈折率
変化量
大
0
Λ' = Λ/cos θ
光ファイバ位置

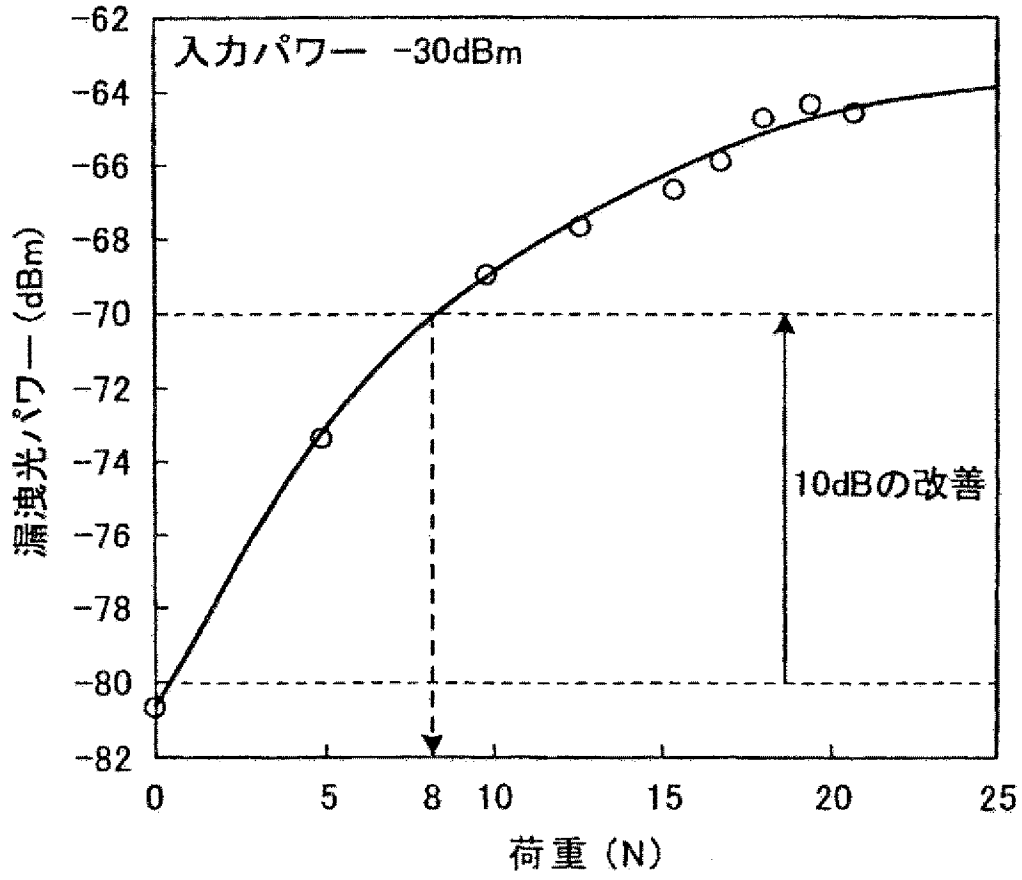
[図9E]


光ファイバの設置角度を
初期値に設定する
S201
漏洩光を検出する
S202
光ファイバの設置角度を増やす
S203

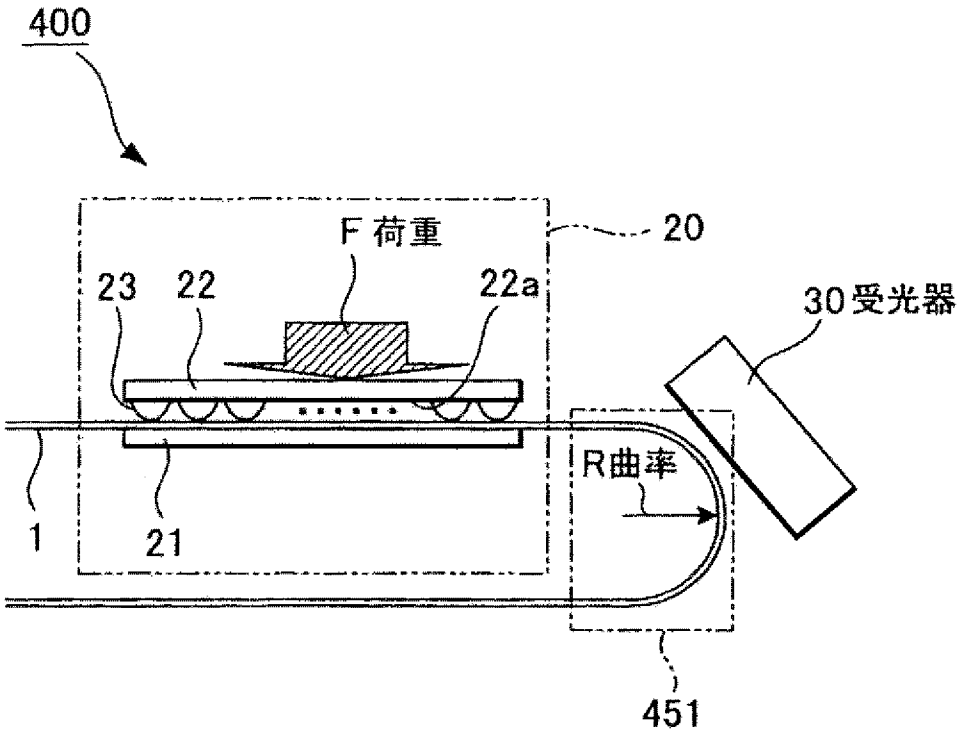
[図10]


F = 15.4 N
Λ = 500 μm
θ = 20°
(Λ' = 532 μm)
Λ = 500 μm
θ = 0°
損失 (dB)
0
1
2
3
4
5
1250
1350
1450
1550
1650
波長 (nm)

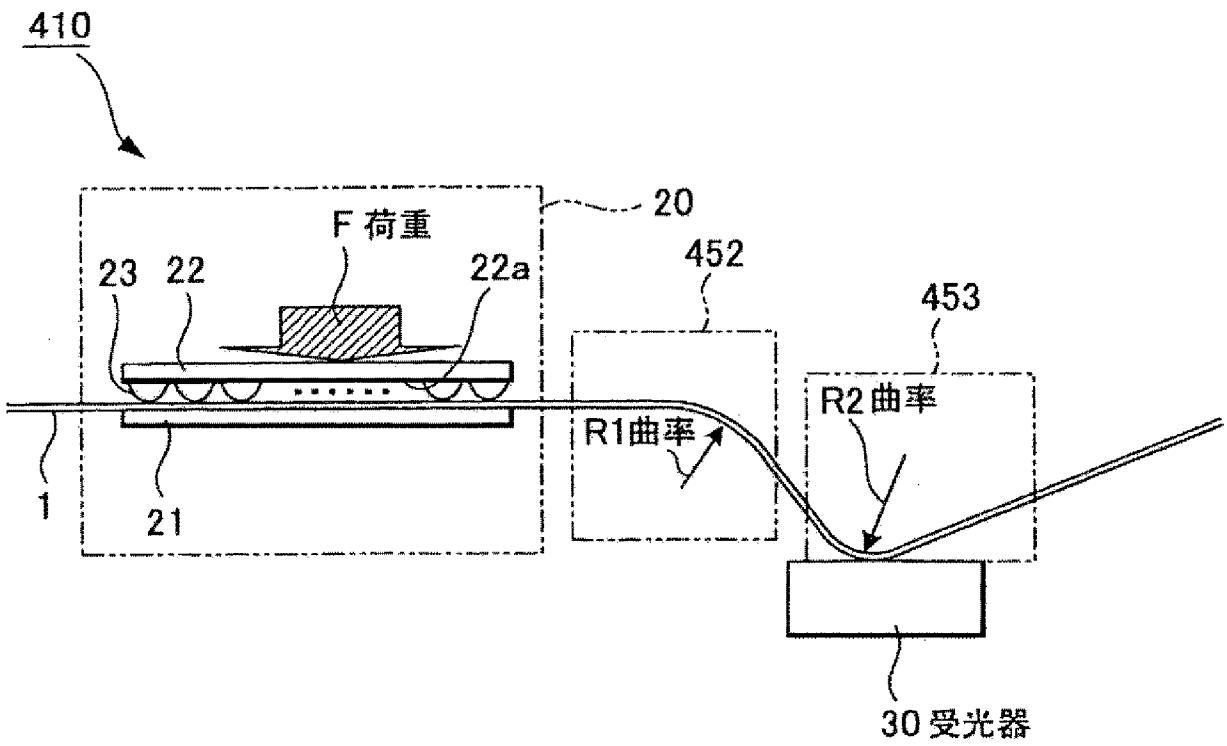
[図11]


入力パワー −30dBm
漏洩光パワー（dBm）
−62
−64
−66
−68
−70
−72
−74
−76
−78
−80
−82
0
5
8
10
15
20
25
荷重（N）
10dBの改善

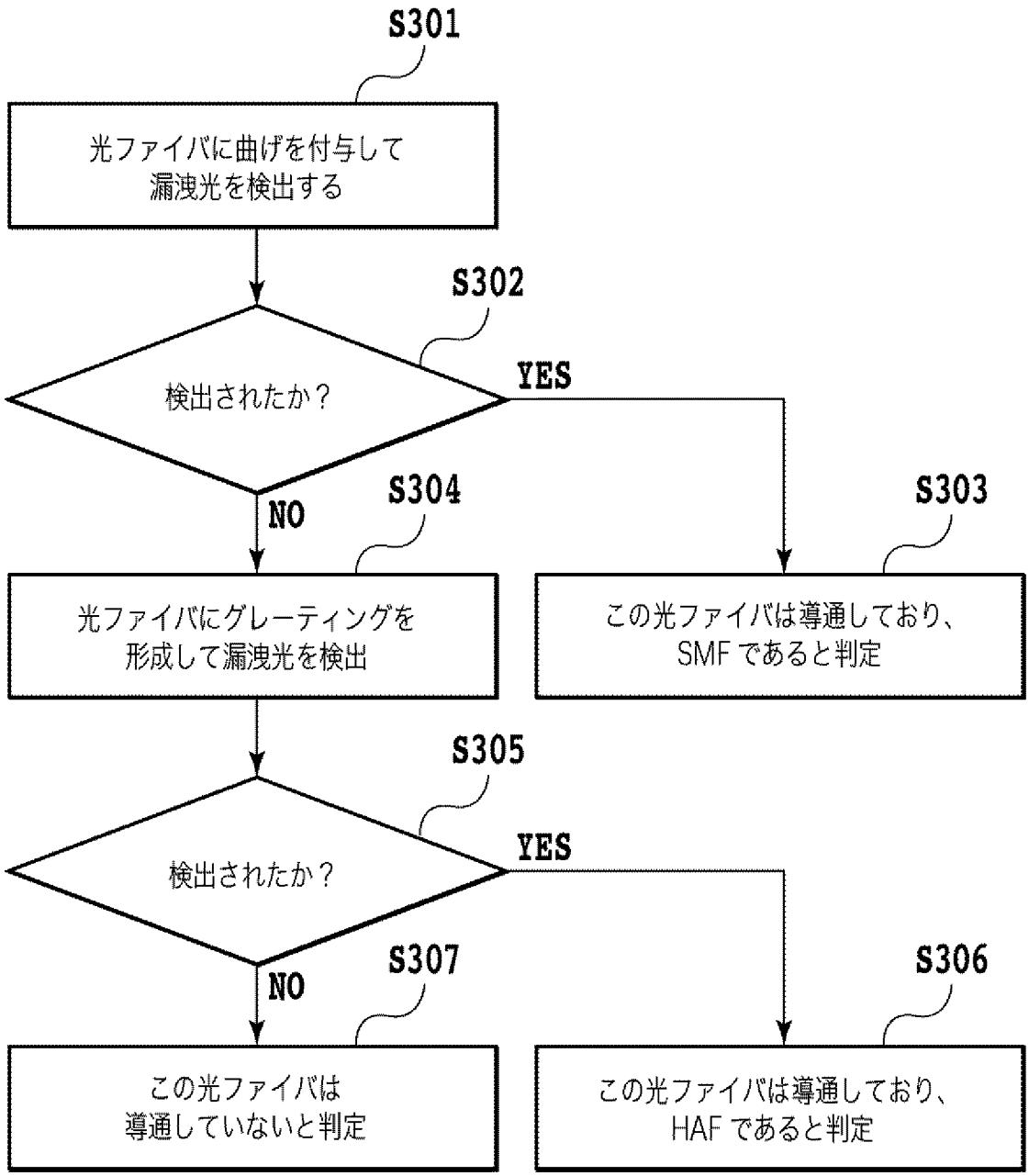
[図12A]


400
F 荷重
20
23
22
22a
30受光器
R曲率
1
21
451

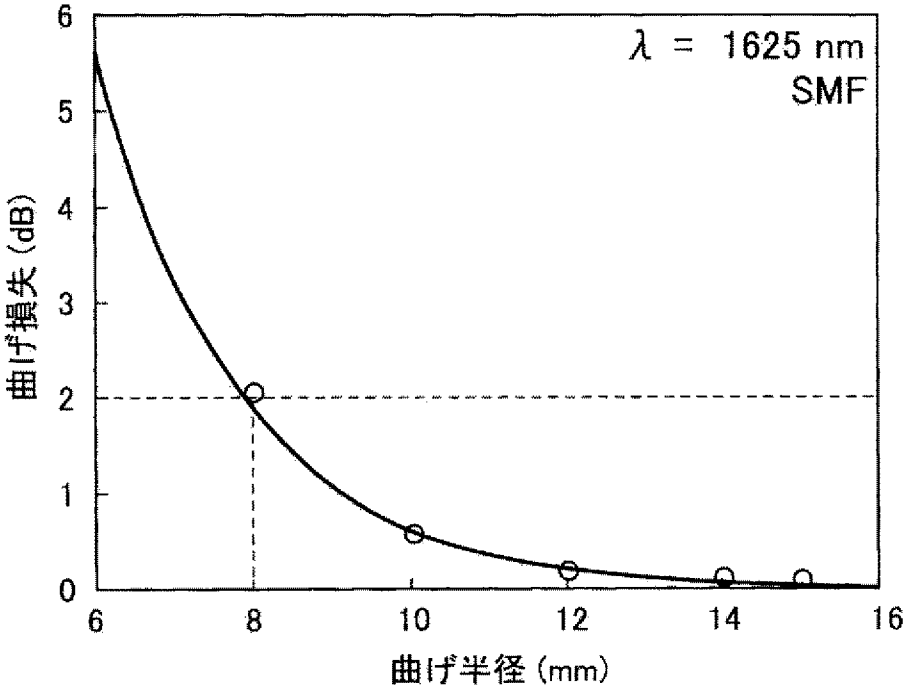
[図12B]



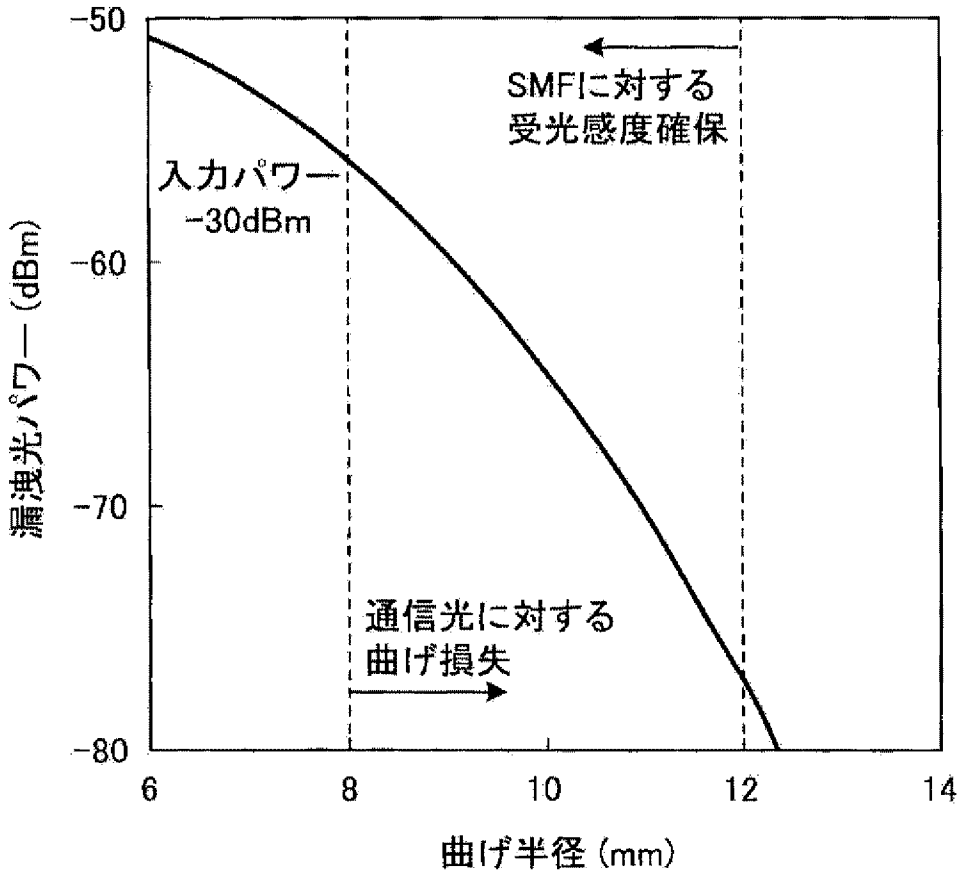
[図12C]


S301
光ファイバに曲げを付与して
漏洩光を検出する
S302
検出されたか？
YES
NO
S303
この光ファイバは導通しており、
SMF であると判定
S304
光ファイバにグレーティングを
形成して漏洩光を検出
S305
検出されたか？
YES
NO
S306
この光ファイバは導通しており、
HAF であると判定
S307
この光ファイバは
導通していないと判定

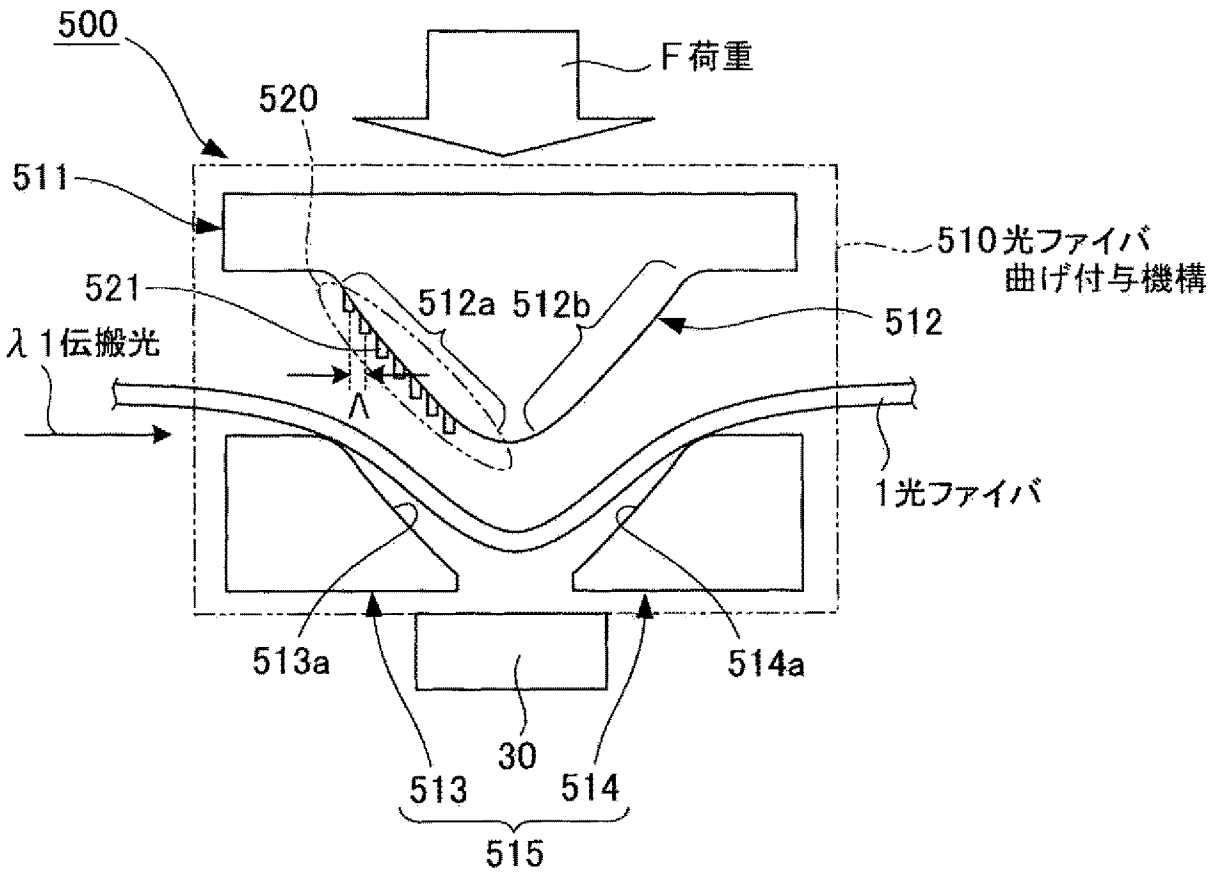
[図13A]


λ = 1625 nm
SMF
曲げ損失 (dB)
曲げ半径 (mm)
0
1
2
3
4
5
6
6
8
10
12
14
16

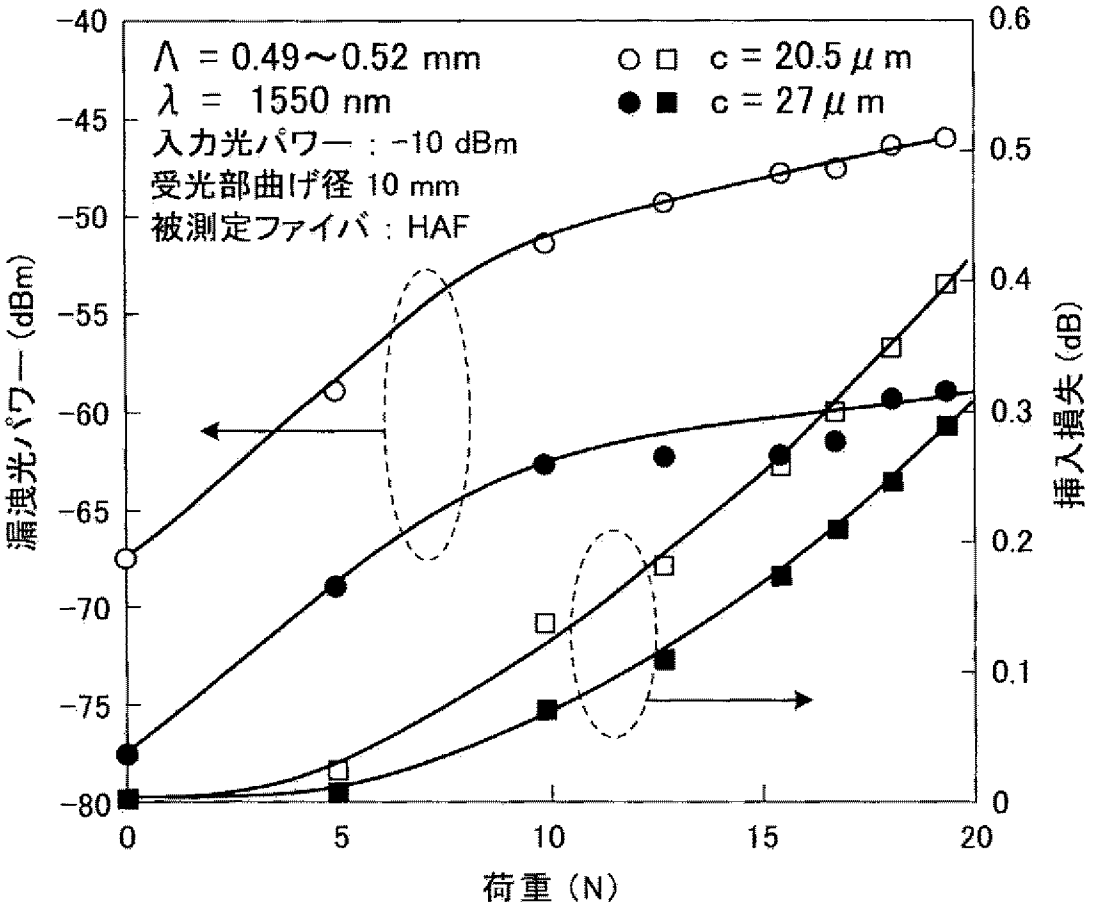
[図13B]


SMFに対する
受光感度確保
入力パワー
-30dBm
通信光に対する
曲げ損失
漏洩光パワー (dBm)
曲げ半径 (mm)
-50
-60
-70
-80
6
8
10
12
14

[図14]


500
F荷重
520
511
510光ファイバ
曲げ付与機構
521
512a 512b
512
λ1伝搬光
Λ
1光ファイバ
513a
514a
30
513
514
515

[図15]


Λ = 0.49～0.52 mm
λ = 1550 nm
入力光パワー：-10 dBm
受光部曲げ径 10 mm
被測定ファイバ：HAF
○ □ c = 20.5 μm
● ■ c = 27 μm
漏洩光パワー（dBm）
挿入損失（dB）
荷重（N）
-40
-45
-50
-55
-60
-65
-70
-75
-80
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/061976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01M11/00(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)
G01M11/00, G02B6/00

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 1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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.
Y	JP 2007-309810 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 29 November, 2007 (29.11.07), Claims; Par. Nos. [0004], [0005], [0023], [0034] to [0036], [0039]; Figs. 1, 5 (Family: none)	1-9
Y	JP 2006-053559 A (Furukawa Electric North America, Inc.), 23 February, 2006 (23.02.06), Par. No. [0038]; Figs. 8(a) to (d) & US 2006/029346 A1 & EP 1628148 A1 & CN 1734301 A & KR 2006066614 A & US 7177510 B2	1-9

☒ 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	Date of mailing of the international search report
15 July, 2009 (15.07.09)	28 July, 2009 (28.07.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/061976

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 2006-047678 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 16 February, 2006 (16.02.06), Par. Nos. [0057] to [0064]; Figs. 10 to 12 & JP 4237115 B2	1-9
P,X	JP 2009-063485 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 26 March, 2009 (26.03.09), Full text (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０６１９７６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M11/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01M11/00, G02B6/00

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	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９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
Y	JP 2007-309810 A（日本電信電話株式会社）2007.11.29, 【特許請求の範囲】,【０００４】,【０００５】,【００２３】, 【００３４】-【００３６】,【００３９】,図１,図５ (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 2006-053559 A（フルカワ エレクトリック ノース アメリカ インコーポレーテッド）2006.02.23,【００３８】,図８(a)-(d) & US 2006/029346 A1 & EP 1628148 A1 & CN 1734301 A & KR 2006066614 A & US 7177510 B2	1-9

☑　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 １５．０７．２００９	国際調査報告の発送日 ２８．０７．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｗ　９２３４ 西村　直史 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９２

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 2006-047678 A（日本電信電話株式会社）2006.02.16, 【００５７】-【００６４】,図１０-１２ & JP 4237115 B2	1-9
P,X	JP 2009-063485 A（日本電信電話株式会社）2009.03.26, 全文 (ファミリーなし)	1-9