(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
2021年9月30日(30.09.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/192116 A1

(51) 国際特許分類:
G01K 11/32 (2006.01) *G01B 11/16* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/013451

(22) 国際出願日： 2020年3月25日(25.03.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 宮下 雅大 (**MIYASHITA, Masahiro**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

内海 茂 (**UTSUMI, Shigeru**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

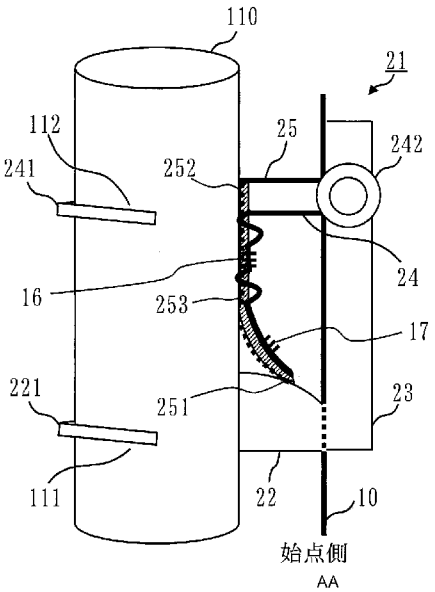
(74) 代理人: 溝井国際特許業務法人(**MIZOI INTERNATIONAL PATENT FIRM**); 〒2470056 神奈川県鎌倉市大船二丁目17番10号3階 Kanagawa (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称： 計測装置

図 6



AA Starting-point side

(57) **Abstract:** In the present invention, a cam part (22) is attached to a first location (111) on a measurement object (110). A moving part (24) is attached to a second location (112) on the measurement object (110) and is movable with respect to the cam part (22) in a direction in which the measurement object (110) extends and contracts. A strain part (25) is attached to the moving part (24) so as to fit along the measurement object (110) and is pressed against the cam part (22). The strain of the strain part (25) changes as the moving part (24) moves in conjunction with the extension and contraction of

WO 2021/192116 A1

[続葉有]

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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

the measurement object (110). An optical fiber sensor (10) is attached to the strain part (25) and includes: a temperature measurement section (16) for measuring a temperature; and a strain measurement section (17) for measuring strain.

(57) 要約：カム部（２２）は、計測対象（１１０）の第１位置（１１１）に取り付けられる。移動部（２４）は、計測対象（１１０）の第２位置（１１２）に取り付けられ、カム部（２２）に対して計測対象（１１０）の伸縮方向に移動可能となっている。ひずみ部（２５）は、計測対象（１１０）に沿うように移動部（２４）に取り付けられ、カム部（２２）に押し付けられている。ひずみ部（２５）は、計測対象（１１０）の伸縮に伴い移動部（２４）が移動することによりひずみが変化する。光ファイバセンサ（１０）は、温度を計測する温度計測部（１６）と、ひずみを計測するひずみ計測部（１７）とを有し、ひずみ部（２５）に取り付けられる。

明　細　書

発明の名称 ： 計測装置

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバセンサを用いて計測対象の温度及びひずみを計測する技術に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、ＦＢＧ（Ｆｉｂｅｒ　Ｂｒａｇｇ　Ｇｒａｔｉｎｇ）を利用した多点型の光ファイバセンサを繊維から成る保護材で覆い、樹脂で固めて一体化したのち、それを配管等の計測対象へ締結バンドを用いて固定する計測方法が記載されている。この計測方法では、光ファイバセンサが計測対象にしっかり固定されるので、計測対象の挙動に良好に追随し、温度及びひずみを正確に計測できる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１３－１０４７００号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１に記載された計測方法では、事前に光ファイバと保護材とを、センサの位置決めをしつつ計測対象の形状に成形しておく必要がある。そのため、冷凍サイクル等における配管のような複雑な形状の計測対象に対して実装することは、困難である。

この発明は、複雑な形状の計測対象についても、光ファイバセンサにより温度及びひずみを容易に検出可能にすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示に係る計測装置は、

計測対象の第１位置に取り付けられたカム部と、

前記計測対象の第２位置に取り付けられ、前記カム部に対して前記計測対

象の伸縮方向に移動可能な移動部と、

前記計測対象に沿うように前記移動部に取り付けられ前記カム部に押し付けられたひずみ部であって、前記計測対象の伸縮に伴い前記移動部が移動することによりひずみが変化するひずみ部と、

温度を計測する温度計測部を有し、前記ひずみ部に取り付けられた温度検出用の光ファイバセンサと、

ひずみを計測するひずみ計測部を有し、前記ひずみ部に取り付けられたひずみ検出用の光ファイバセンサと

を備える。

発明の効果

[0006] 本開示では、計測対象の伸縮方向に移動可能な移動部に取り付けられ、カム部に押し付けられたひずみ部に、光ファイバセンサが取り付けられる。これにより、複雑な形状の計測対象についても、光ファイバセンサにより温度及びひずみを容易に検出可能にできる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施の形態１に係る光ファイバセンサ１０の構成図。

[図2]実施の形態１に係るＦＢＧセンサ部１２の説明図。

[図3]実施の形態１に係るＦＢＧセンサ部１２において得られる反射スペクトルの特性を示すグラフ。

[図4]実施の形態１に係る温度と波長の校正曲線、及び、ひずみと波長の校正曲線の例を示す図。

[図5]実施の形態１に係る計測システム１００の構成図。

[図6]実施の形態１に係る計測装置２０の構成図。

[図7]実施の形態１に係るひずみ部２５における光ファイバセンサ１０の配置方法の説明図。

[図8]実施の形態１に係る計測装置２０の取付方法の説明図。

[図9]実施の形態１に係る取付具２２１及び取付具２４１の説明図。

[図10]実施の形態１に係る計測装置２０の動作の説明図。

発明を実施するための形態

[0008] 実施の形態１．

＊＊＊構成の説明＊＊＊

図１から図４を参照して、実施の形態１に係る光ファイバセンサ１０の構成を説明する。

光ファイバセンサには、多点型の光ファイバセンサと分布型の光ファイバセンサとがある。多点型の光ファイバセンサは、１本の光ファイバにおける設定された複数の点において、計測が可能である。分布型の光ファイバセンサは、１本の光ファイバにおいて、連続的に計測が可能である。光ファイバを用いた計測には、広帯域の周波数の光又は散乱光が用いられる。散乱光としては、例えば、レイリー散乱光と、ブリルアン散乱光と、ラマン散乱光とが挙げられる。

実施の形態１では、光ファイバセンサ１０は、ＦＢＧ（Ｆｉｂｅｒ Ｂｒａｇｇ Ｇｒａｔｉｎｇｓ）がセンサ部として用いられた光ファイバセンサであるとする。

[0009] 図１に示すように、光ファイバセンサ１０は、コア１１と、コア１１に設けられたＦＢＧセンサ部１２と、コアの外周を覆うクラッド１３と、クラッド１３の外周を覆う被覆部１４とを備える。

ＦＢＧセンサ部１２は、ブラッグ波長と温度との関係を用いて温度を計測する際、及び、ブラッグ波長とひずみとの関係を用いてひずみを計測する際に用いられる。ＦＢＧセンサ部１２は、コア１１の内部に配置されている。被覆部１４を構成する材料としては、例えば、アクリレート樹脂と、ポリイミド樹脂と等が挙げられる。

[0010] 被覆部１４には、クラッド１３の外周が露出された被覆除去部１５が形成されている。被覆除去部１５は、光ファイバセンサ１０の径方向について、ＦＢＧセンサ部１２に対応する被覆部１４の領域に形成されている。したがって、光ファイバセンサ１０におけるＦＢＧセンサ部１２が配置された部分は、光ファイバセンサ１０における他の部分と比較して、径方向の寸法が小

さくなっている。

光ファイバセンサ１０における被覆部１４がある部分の径方向と、クラッド１３の径方向と、コア１１の径方向との寸法の一例としては、それぞれ、２５０μｍ（マイクロメートル）、１２５μｍ、１０μｍである。ＦＢＧセンサ部１２は、光ファイバセンサ１０の長手方向における、コア１１の５ｍｍ（ミリメートル）程度の範囲に渡って配置されている。

[0011] 図２に示すように、ＦＢＧセンサ部１２は、コア１１に周期的な屈曲率の変調部が形成されたものである。そのため、ＦＢＧセンサ部１２において、急峻な反射スペクトル特性が得られる。ＦＢＧセンサ部１２では、コア１１の屈折率が周期Λで変化する。

[0012] 図３に示すように、ＦＢＧセンサ部１２において、急峻な反射スペクトルが得られる。得られる反射スペクトルの中心波長において、光強度が最も大きくなる。図３では、反射スペクトルの中心波長は、ブラッグ波長λ_bである。

ブラッグ波長λ_bと、周期Λと、屈折率ｎとの関係は、下記の式１で表される。

（式１）

$\lambda_b = 2n\Lambda$

[0013] 屈折率ｎは、光ファイバの温度によって変化する。周期Λは、光ファイバの温度及びひずみによって変化する。

したがって、温度を計測したい場合、計測対象のひずみが光ファイバに伝達しないような構成とし、図４に示すように、ブラッグ波長λ_bの変化と温度の変化との関係を予め計測しておくことにより、計測対象の温度を計測できる。一方、ひずみを計測したい場合、計測対象の近傍の温度を取得し、ブラッグ波長λ_bの変化から温度による波長変化分を差し引く。これにより、ひずみ変化のみのブラッグ波長λ_b変化を取得でき、計測対象のひずみを計測できる。

[0014] 図５を参照して、実施の形態１に係る計測システム１００の構成を説明す

る。

計測システム１００は、光ファイバセンサ１０を備える計測装置２０と、光サーキュレータ３０と、ＡＳＥ（Ａｍｐｌｉｆｉｅｄ　Ｓｐｏｎｔａｎｅｏｕｓ　Ｅｍｉｓｓｉｏｎ）光源４０と、スペクトラムアナライザ５０とを備える。

[0015] 計測装置２０は、光ファイバセンサ１０を備え、光ファイバセンサ１０を計測対象に取り付ける。光サーキュレータ３０は、光ファイバセンサ１０の長手方向端部に接続される。光サーキュレータ３０は、光路を変換する。ＡＳＥ光源４０は、比較的広帯域の周波数の光を発する。ＡＳＥ光源４０は、光サーキュレータ３０に接続されている。ＡＳＥ光源４０から発せられた光は、光サーキュレータ３０に入力される。スペクトラムアナライザ５０は、波長計測装置である。スペクトラムアナライザ５０は、光サーキュレータ３０に接続されている。スペクトラムアナライザ５０には、光サーキュレータ３０を介して光が入力される。

計測システム１００は、スペクトラムアナライザ５０で取得されたブラッグ波長λ_bを温度及びひずみに換算する。これにより、計測対象の温度及びひずみが特定される。

[0016] 図６から図９を参照して、実施の形態１に係る計測装置２０の構成を説明する。

計測装置２０は、光ファイバセンサ１０と、取付装置２１とを備える。取付装置２１は、光ファイバセンサ１０を計測対象１１０に取り付ける装置である。取付装置２１は、カム部２２と、軌道部２３と、移動部２４と、ひずみ部２５とを備える。

実施の形態１では、計測対象１１０は、冷凍サイクル及び人工衛星といった機器に用いられる配管であるとする。なお、計測対象１１０は、配管に限らず、温度及びひずみの計測対象となる物であればよい。実施の形態１では、計測対象１１０は、長手方向にひずみが生じる、つまり伸縮する可能性があるとする。

[0017] カム部２２は、計測対象１１０の第１位置１１１に取り付けられる。図６では、カム部２２は、取付具２２１によって第１位置１１１に取り付けられている。カム部２２は、後述するひずみ部２５が押し付けられる面が、計測対象１１０から離れるにしたがって移動部２４から遠ざかるようになっている。実施の形態１では、ひずみ部２５が押し付けられる面は曲面である。

[0018] 軌道部２３は、計測対象１１０の長手方向に平行に、カム部２２に取り付けられる。

[0019] 移動部２４は、計測対象１１０の第２位置１１２に取り付けられるとともに、軌道部２３に沿って移動可能に軌道部２３に取り付けられる。これにより、軌道部２３に沿って移動可能に取り付けられているため、移動部２４は、カム部２２に対して計測対象の伸縮方向に移動可能になっている。

図６では、移動部２４は、取付具２４１によって第２位置１１２に取り付けられている。また、図６では、移動部２４は、回転部２４２を介して、軌道部２３に取り付けられる。図６では、計測対象１１０の伸縮に応じて回転部２４２が回転することにより、移動部２４が軌道部２３に沿って移動する。なお、移動部２４は、軌道部２３をガイドとしてスライドして移動するような他の構成であってもよい。

[0020] ひずみ部２５は、計測対象１１０に沿うように移動部２４に取り付けられカム部２２に押し付けられる。ひずみ部２５は、計測対象１１０の伸縮に伴い移動部２４が移動することによりひずみが変化する。

実施の形態１では、ひずみ部２５は、板バネである。実施の形態１では、先端部２５１がカム部２２に押し付けられ、根本部２５２から中間部２５３までが計測対象１１０に接した状態になるように、板バネであるひずみ部２５が移動部２４に取り付けられる。これにより、計測対象１１０の伸縮に伴い移動部２４が移動することにより、カム部２２により板バネの先端部２５１付近のひずみが変化する。

[0021] 実施の形態１では、光ファイバセンサ１０は、１本の光ファイバによって構成されている。光ファイバセンサ１０は、ＦＢＧセンサ部１２として、温

度を計測する温度計測部１６と、ひずみを計測するひずみ計測部１７との２種類を有する。つまり、実施の形態１では、１本の光ファイバセンサ１０が、温度計測部１６を有する温度検出用の光ファイバセンサと、ひずみ計測部１７を有するひずみ検出用の光ファイバセンサとを兼ねている。

光ファイバセンサ１０は、温度計測部１６がひずみ部２５における根本部２５２から中間部２５３までの間に位置し、ひずみ計測部１７が中間部２５３から先端部２５１までの間に位置するように、ひずみ部２５に取り付けられる。この際、図７に示すように、光ファイバセンサ１０は、温度計測部１６の付近がたわんだ状態でひずみ部２５に対して取り付けられる。また、光ファイバセンサ１０は、ひずみ計測部１７の付近がたわまず、ひずみ計測部１７がひずみ部２５に接した状態でひずみ部２５に対して取り付けられる。

温度計測部１６の付近での光ファイバセンサ１０のたわませ方は、波状又は円周状にするといったことが考えられる。光ファイバセンサ１０をたわませると、温度計測部１６部分が計測対象１１０から浮いてしまい、温度を正確に計測できない恐れがある。そのため、温度計測部１６の付近にグリース等を塗って、温度計測部１６とひずみ部２５との隙間を埋めることが望ましい。この際、接着剤等を塗って温度計測部１６がひずみ部２５に完全に固定されることがないようにする必要がある。

[0022] ひずみ計測部１７で検出されたブラッグ波長λ_bの変化から温度による波長変化分を差し引いてひずみが特定される。そのため、ひずみ計測部１７の近傍の温度を特定する必用があるので、ひずみ計測部１７は温度計測部１６の近傍に配置される。

板バネであるひずみ部２５に生じたひずみがひずみ計測部１７に伝わるようにする必要がある。そのため、ひずみ計測部１７は、接着剤等でひずみ部２５に完全に固定される。しかし、ひずみ計測部１７は、ひずみ部２５に固定されるのであり、計測対象１１０に直接固定される訳ではない。そのため、計測装置２０を計測対象１１０から取り外して他の計測対象１１０に取り付けることにより、光ファイバセンサ１０を繰り返し使用することが可能で

ある。

[0023] ひずみ部２５に伝わった熱が逃げるのを防ぐため、ひずみ部２５は高熱伝導材料で構成される。一方、取付装置２１が備えるひずみ部２５以外の要素は、低熱伝導材料で構成される。実施の形態１では、ひずみ部２５は、２００Ｗ／ｍ・Ｋ（ワット／メートル・ケルビン）以上であり、取付装置２１が備えるひずみ部２５以外の要素は、２０Ｗ／ｍ・Ｋ以下である。高熱伝導材料の一例としては銅であり、低熱伝導材料の一例としては繊維強化プラスチックとセラミックと木材と等である。

[0024] ひずみ部２５は、温度計測部１６が配置される根本部２５２から中間部２５３までの剛性が高く、ひずみ計測部１７が配置される中間部２５３から先端部２５１までの剛性が低い。これにより、温度計測部１６が配置される部分が計測対象１１０から離れ難くなり、ひずみ計測部１７が配置される部分がひずみが生じ易くなる。

剛性を高くする方法としては、図７に示すように幅を広くすることが考えられる。また、厚みを厚くしてもよい。逆に、剛性を低くする方法としては、図７に示すように幅を狭くすることが考えられる。また、厚みを薄くしてもよい。

その他、予め板バネであるひずみ部２５を計測対象１１０の方に反らせておいてもよい。これにより、計測装置２０を計測対象１１０へ取り付けた場合に、自ずと板バネであるひずみ部２５が計測対象１１０へ押し当てられ、ひずみ部２５における温度計測部１６が配置される部分が計測対象１１０に接触しやすくなる。

[0025] 図６に示すように、光ファイバセンサ１０は、始点側から軌道部２３及び移動部２４に沿って配置される。続いて、図６及び図７に示すように、光ファイバセンサ１０は、移動部２４からひずみ部２５の外側に沿って配置される。この際、温度計測部１６がひずみ部２５の外側における根本部２５２から中間部２５３までの間に配置され、ひずみ計測部１７がひずみ部２５の外側における中間部２５３から先端部２５１までの間に配置される。続いて、

光ファイバセンサ１０は、ひずみ部２５の先端部２５１からひずみ部２５の計測対象１１０側に回って、ひずみ部２５の計測対象１１０側を通って移動部２４まで配置される。そして、光ファイバセンサ１０は、移動部２４及び軌道部２３に沿って配置される。その後、光ファイバセンサ１０は、次の取付装置２１の始点側から軌道部２３及び移動部２４に沿って配置される。

軌道部２３と移動部２４とひずみ部２５とに沿って光ファイバセンサ１０を配置する場合には、光ファイバセンサ１０を曲げる必要がある。この際、光ファイバセンサ１０の曲率半径が小さくなりすぎないように、丸みを持たせることが望ましい。

[0026] 図８に示すように、計測対象１１０である複雑に曲がった配管に対して、計測装置２０が取り付けられる。

図８では、計測装置２０は、複数の取付装置２１を備えている。また、光ファイバセンサ１０は、温度計測部１６とひずみ計測部１７との複数のペアを有する。温度計測部１６とひずみ計測部１７との複数のペアそれぞれが複数の取付装置２１それぞれが有するひずみ部２５に取り付けられる。そして、複数の取付装置２１それぞれが、計測対象１１０に取り付けられる。

これにより、計測対象１１０の複数の箇所について、１本の光ファイバセンサ１０によって温度及びひずみを計測可能である。

[0027] 実施の形態１では、計測装置２０を計測対象１１０に取り付けた際、光ファイバセンサ１０が傷つくのを防ぐために、計測対象１１０とは逆の面に温度計測部１６及びひずみ計測部１７は配置される。

また、実施の形態１では、ひずみ部２５の計測対象１１０側にも光ファイバセンサ１０が通される。ひずみ部２５の計測対象１１０側の面に溝１１３が形成されており、この溝１１３の中に光ファイバセンサが這わされて配置される。そのため、ひずみ部２５の計測対象１１０側においても、光ファイバセンサ１０が傷つくことが防止される。

光ファイバセンサ１０は、単体では折れ易い。そのため、光ファイバセンサ１０の周囲を被覆する、あるいは、保護管に入れる等の対策をした上で、

取付装置２１に取り付けることが望ましい。

[0028] 図９を参照して、実施の形態１に係る取付具２２１及び取付具２４１の構成を説明する。

取付具２２１及び取付具２４１は、取付装置２１を計測対象１１０に取り付けるための装置である。図９では、取付具２２１の構成が示されているが、取付具２４１も取付具２２１と同じ構成である。ここでは、取付具２２１について説明する。

取付具２２１は、先端２２２がフック状に形成されている。取付具２２１は、バネ２２３によってフック状の先端２２２を取っ手２２４側に引き付ける構成になっている。これにより、図９の左側に示すように大きな計測対象１１０に対しても取付装置２１を取り付け可能であり、図９の右側に示すように小さな計測対象１１０に対しても取付装置２１を取り付け可能である。取り付けする場合には、レバー２２５を計測対象１１０側に引いて、フック状の先端２２２を広げ、フック状の先端２２２と取っ手２２４との間に計測対象１１０を挟み込めばよい。

なお、計測対象１１０の大きさがほぼ一定の場合には、取付具２２１は、洗濯バサミのような形状であってもよい。

[0029] ＊＊＊動作の説明＊＊＊

図１０を参照して、実施の形態１に係る計測装置２０の動作を説明する。

計測装置２０を計測対象１１０に取り付けた時点では、図１０の左側の状態であったとする。その後、計測対象１１０の第１位置１１１と第２位置１１２との間が伸びたとする。

すると、図１０の右側の状態になる。つまり、第２位置１１２に取り付けられた移動部２４が計測対象１１０が伸びたのに合わせてカム部２２から離れる方向に移動する。これにより、板バネであるひずみ部２５のひずみが変化する。その結果、ひずみ計測部１７によって検出されるブラッグ波長λ_bが変化する。計測システム１００は、このブラッグ波長λ_bの変化から、温度計測部１６によって検出される温度による波長変化分を差し引いて、計測対象

１１０のひずみを特定する。

[0030] なお、温度計測部１６は、計測対象１１０の温度の変化によるブラッグ波長λ_bの変化を検出する。

ここで、光ファイバセンサ１０は温度計測部１６の付近でたわんで配置されている。そのため、計測対象１１０の第１位置１１１と第２位置１１２との間が伸び、図１０の右側の状態になった場合には、計測対象１１０の伸びに応じて光ファイバセンサ１０のたわみが伸びることにより、温度計測部１６がひずみ部２５から離れることが防止される。つまり、温度計測部１６の付近では、たわみにより、ひずみの変化に追従することが防止される。これにより、図１０の右側の状態になった場合であっても、適切な温度を計測可能である。

[0031] 図１０では、計測対象１１０が伸びた場合が示されていた。しかし、計測対象１１０が縮んだ場合にも、温度及びひずみを計測可能である。

具体的には、計測対象１１０が縮んだ場合には、第２位置１１２に取り付けられた移動部２４が計測対象１１０が縮んだのに合わせてカム部２２に近づく方向に移動する。これにより、板バネであるひずみ部２５のひずみが変化する。その結果、ひずみ計測部１７によって検出されるブラッグ波長λ_bが変化する。計測システム１００は、このブラッグ波長λ_bの変化から、温度計測部１６によって検出される温度による波長変化分を差し引いて、計測対象１１０のひずみを特定する。

[0032] ＊＊＊実施の形態１の効果＊＊＊

以上のように、実施の形態１に係る計測装置２０は、計測対象１１０の伸縮方向に移動可能な移動部２４に取り付けられ、カム部２２に押し付けられたひずみ部２５に、光ファイバセンサ１０が取り付けられる。これにより、複雑な形状の計測対象１１０についても、光ファイバセンサ１０により複数の箇所で温度及びひずみを容易に計測可能にできる。

[0033] また、実施の形態１に係る計測装置２０は、温度計測部１６及びひずみ計測部１７を近傍に配置することにより、温度とひずみとを切り分けて計測す

ることが可能である。

特に、実施の形態１に係る計測装置２０は、温度計測部１６の付近で光ファイバセンサ１０がたわむように配置される。これにより、温度計測部１６にひずみの影響が出ることが防止され、適切に温度を計測可能である。その結果、適切にひずみを計測可能である。

[0034] 例えば、配管は、人工衛星からエアコンのような民生品まで様々な製品に搭載されている。そして、製品の熱及び構造の設計をするためには、配管の温度及びひずみを高密度に計測する必要がある。しかし、従来の熱電対及びひずみゲージは、単点でしか計測ができない。そのため、計測点数が多くなると配線が乱雑になり、脱着による作業工数も増えてしまう。これに対して、実施の形態１に係る計測装置２０は、配管のような複雑な形状の計測対象１１０についても、複数の箇所で温度及びひずみを容易に、かつ、高精度に計測可能にできる。

[0035] ＊＊＊他の構成＊＊＊

＜変形例１＞

実施の形態１では、計測対象１１０として配管を用いた。しかし、計測対象１１０は配管に限られるものではなく、温度及びひずみの計測が必要なものであれば、他の物であってもよい。

[0036] ＜変形例２＞

実施の形態１では、ＦＢＧセンサ部１２を備えた光ファイバセンサ１０を用いた。しかし、光ファイバセンサ１０は、ＦＢＧセンサ部１２を備えたものに限らず、他の多点型の光ファイバセンサ、又は、分布型の光ファイバセンサであってもよい。

[0037] ＜変形例３＞

実施の形態１では、１本の光ファイバセンサ１０が、温度計測部１６を有する温度検出用の光ファイバセンサと、ひずみ計測部１７を有するひずみ検出用の光ファイバセンサとを兼ねた。しかし、温度計測部１６を有する温度検出用の光ファイバセンサと、ひずみ計測部１７を有するひずみ検出用の光

ファイバセンサとを別々の光ファイバセンサとしてもよい。

[0038] ＜変形例４＞

図８では、１つの計測対象１１０に対して、１本の光ファイバセンサ１０を用いて、複数の箇所の温度及びひずみを計測する場合を説明した。しかし、１つの計測対象１１０に対して、複数の光ファイバセンサ１０を用いて、複数の箇所の温度及びひずみを計測してもよい。例えば、変形例３で説明したように、温度計測用の光ファイバセンサ１０と、ひずみ計測用の光ファイバセンサ１０とを別々に用意してもよい。また、計測対象１１０における一部の区間にある光ファイバセンサ１０を配置し、残りの区間に別の光ファイバセンサ１０を配置してもよい。

符号の説明

[0039] １０　光ファイバセンサ、１１　コア、１２　ＦＢＧセンサ部、１３　クラッド、１４　被覆部、１５　被覆除去部、１６　温度計測部、１７　ひずみ計測部、２０　計測装置、２１　取付装置、２２　カム部、２２１　取付具、２２２　先端、２２３　バネ、２２４　取っ手、２２５　レバー、２３　軌道部、２４　移動部、２４１　取付具、２５　ひずみ部、２５１　先端部、２５２　根本部、２５３　中間部、３０　光サーキュレータ、４０　ＡＳＥ光源、５０　スペクトラムアナライザ、１００　計測システム、１１０　計測対象、１１１　第１位置、１１２　第２位置、１１３　溝。

請求の範囲

[請求項1] 計測対象の第１位置に取り付けられたカム部と、

前記計測対象の第２位置に取り付けられ、前記カム部に対して前記計測対象の伸縮方向に移動可能な移動部と、

前記計測対象に沿うように前記移動部に取り付けられ前記カム部に押し付けられたひずみ部であって、前記計測対象の伸縮に伴い前記移動部が移動することによりひずみが変化するひずみ部と、

温度を計測する温度計測部を有し、前記ひずみ部に取り付けられた温度検出用の光ファイバセンサと、

ひずみを計測するひずみ計測部を有し、前記ひずみ部に取り付けられたひずみ検出用の光ファイバセンサと

を備える計測装置。

[請求項2] 前記温度検出用の光ファイバセンサは、前記温度計測部の付近がたわんだ状態で前記ひずみ部に対して取り付けられた

請求項１に記載の計測装置。

[請求項3] 前記ひずみ検出用の光ファイバセンサは、前記ひずみ計測部が前記ひずみ部に接した状態で前記ひずみ部に対して取り付けられた

請求項１又は２に記載の計測装置。

[請求項4] 前記ひずみ部は、先端部が前記カム部に押し付けられ、根本部から中間部までが前記計測対象に接した板バネであり、

前記温度検出用の光ファイバセンサは、前記温度計測部が前記根本部から前記中間部までの間に位置するように取り付けられ、

前記ひずみ検出用の光ファイバセンサは、前記ひずみ計測部が前記中間部から前記先端部までの間に位置するように取り付けられた

請求項１から３までのいずれか１項に記載の計測装置。

[請求項5] 前記板バネは、前記根本部から前記中間部までの剛性に比べ、前記中間部から前記先端部までの剛性が低い

請求項４に記載の計測装置。

[請求項6] 前記ひずみ部は、前記カム部及び前記移動部と比べて熱伝導率が高い

請求項１から５までのいずれか１項に記載の計測装置。

[請求項7] 前記計測装置は、さらに、

前記計測対象に平行に、前記カム部に取り付けられた軌道部

を備え、

前記移動部は、前記計測対象の第２位置に取り付けられるとともに、前記軌道部に沿って移動可能に前記軌道部に取り付けられた

請求項１から６までのいずれか１項に記載の計測装置。

[請求項8] 前記計測装置は、前記カム部と前記移動部と前記ひずみ部とを有する複数の取付装置を備え、

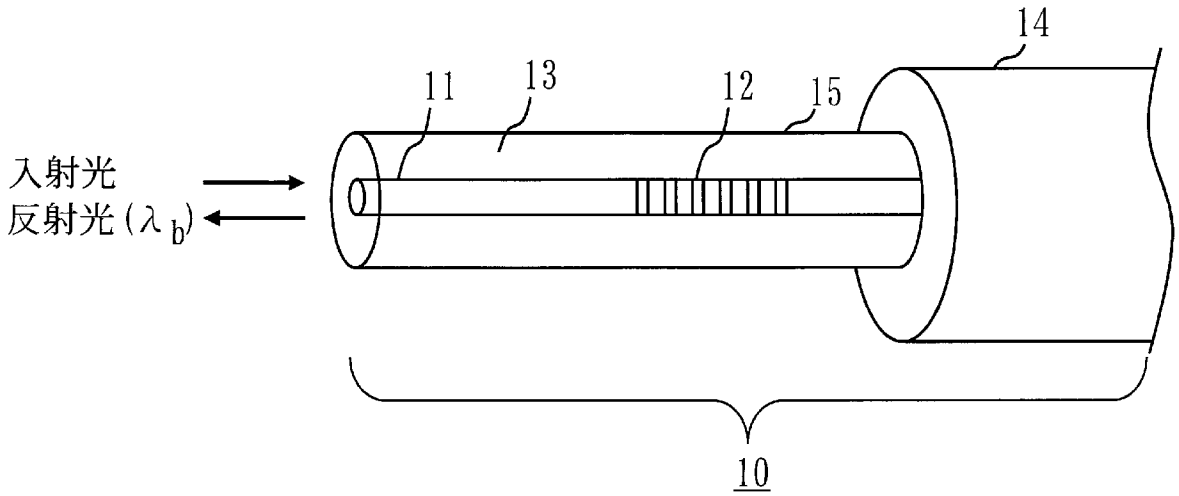
前記温度検出用の光ファイバセンサと、前記ひずみ検出用の光ファイバセンサとは、１本の光ファイバセンサによって構成され、

前記１本の光ファイバセンサは、前記温度計測部と前記ひずみ計測部との複数のペアを有し、前記複数のペアそれぞれが前記複数の取付装置それぞれが有する前記ひずみ部に取り付けられた

請求項１から７までのいずれか１項に記載の計測装置。

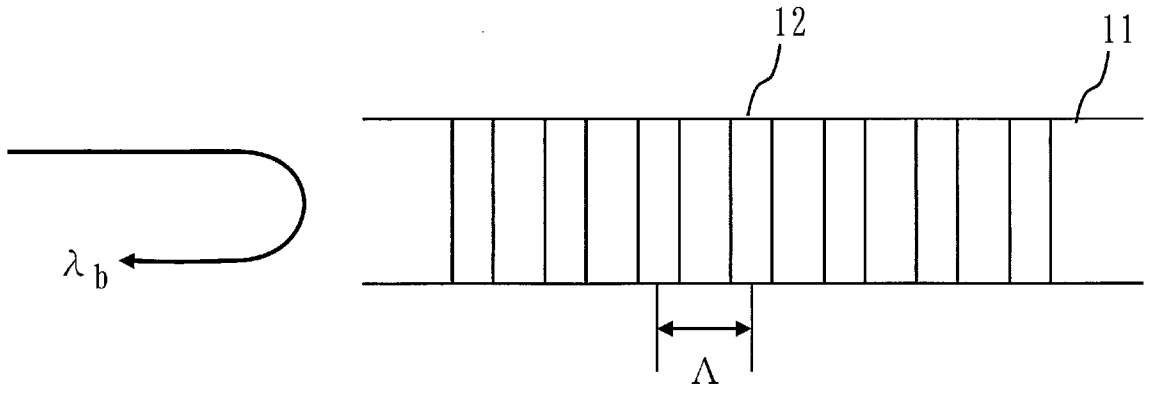
[図1]

図 1



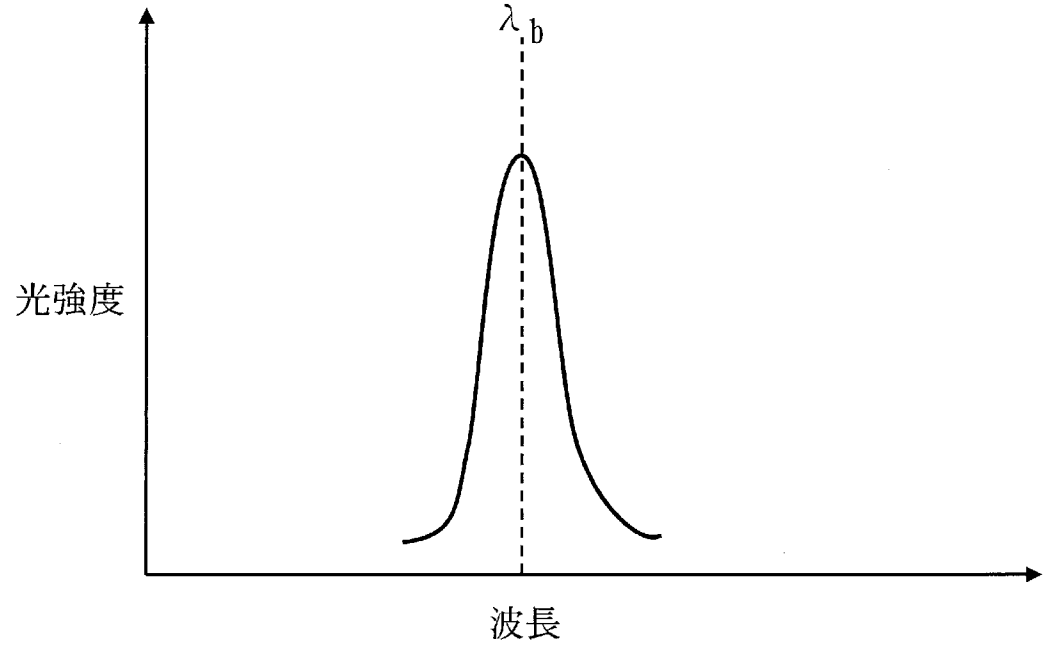
[図2]

図 2



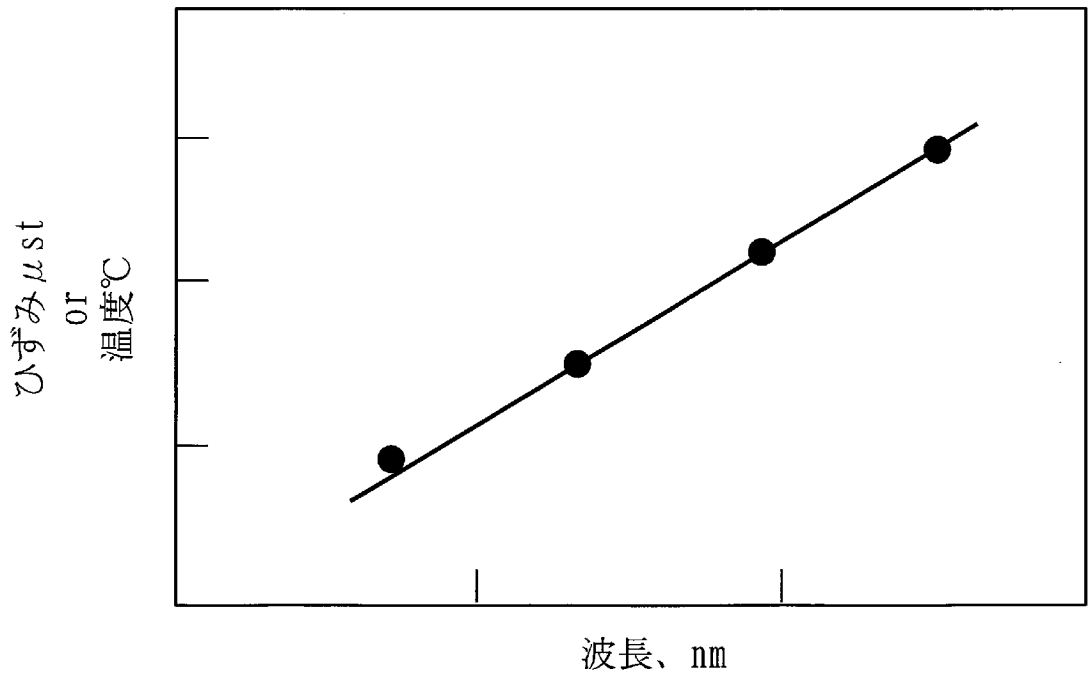
[図3]

図 3



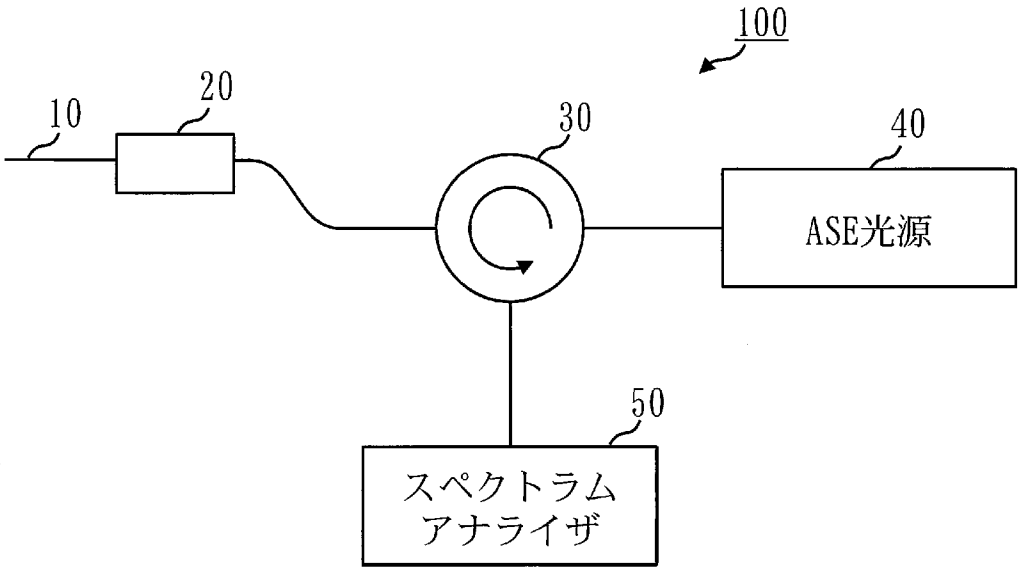
[図4]

図 4



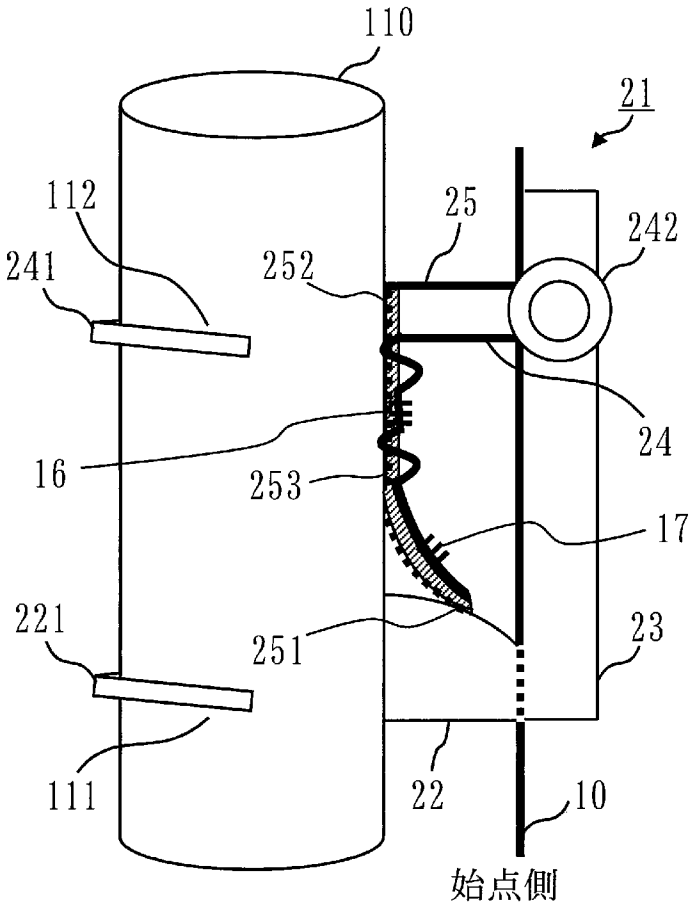
[図5]

図 5


100
10
20
30
40
ASE光源
50
スペクトラム
アナライザ

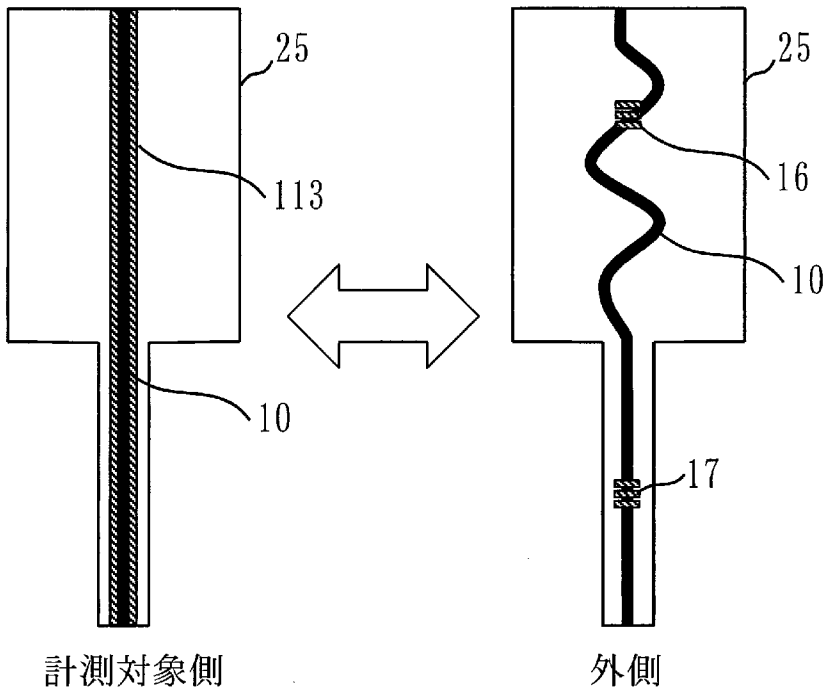
[図6]

図 6


110
21
112
25
242
241
252
24
16
253
17
221
251
23
111
22
10
始点側

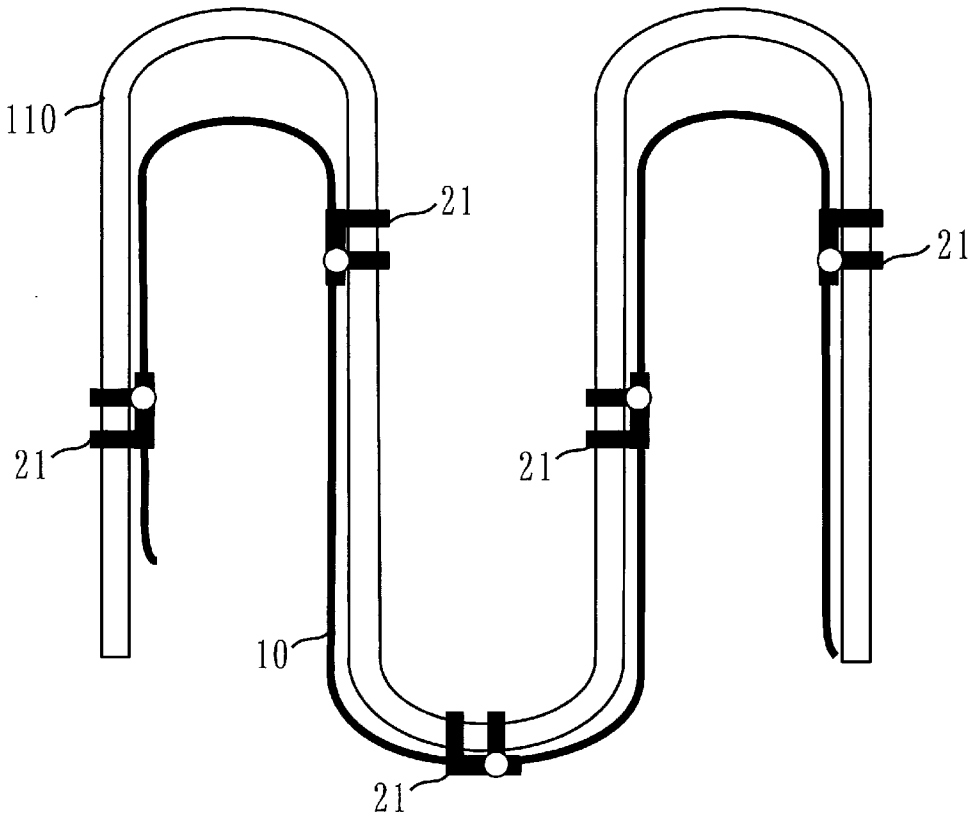
[図7]

図 7



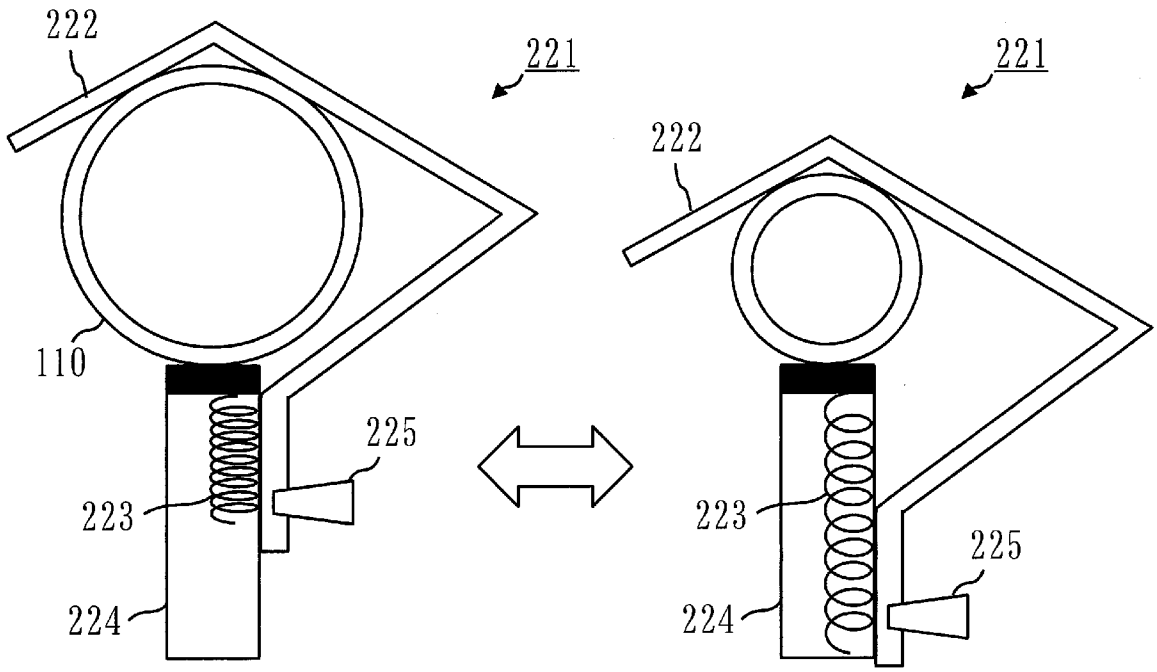
[図8]

図 8



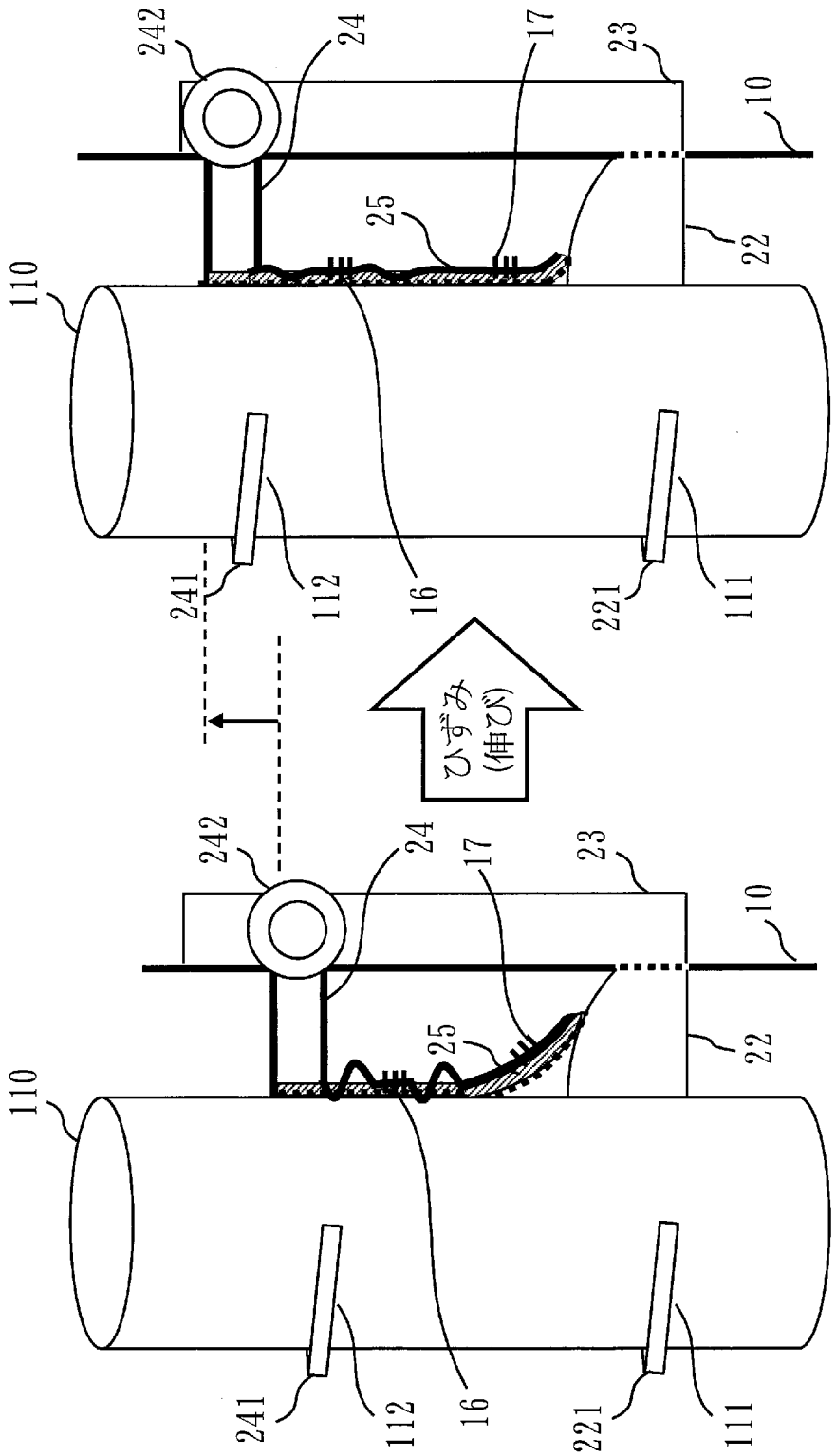
[図9]

図 9



[図10]

図10


242
24
17
23
10
25
22
110
241
112
16
221
111
ひずみ
(伸び)
242
24
17
23
10
25
22
110
241
112
16
221
111

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/013451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01K 11/32(2006.01)i; G01B 11/16(2006.01)i
FI: G01K11/32 D; G01B11/16 G

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)
G01K11/32; G01B11/16; G01D5/353; G01L1/24

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
A	WO 2007/043716 A1 (PARK, Hyun-Soo) 19 April 2007 (2007-04-19) paragraphs [0025]-[0043], [0064]-[0068], fig. 1, 8	1-8
A	JP 2012-88155 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2012 (2012-05-10) paragraphs [0010]-[0018], fig. 1-3	1-8
A	JP 2002-162211 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 07 June 2002 (2002-06-07)	1-8
A	JP 2003-65730 A (HITACHI CABLE, LTD.) 05 March 2003 (2003-03-05)	1-8

☐ 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
22 June 2020 (22.06.2020)	07 July 2020 (07.07.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/013451

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2007/043716 A1	19 Apr. 2007	(Family: none)	
JP 2012-88155 A	10 May 2012	(Family: none)	
JP 2002-162211 A	07 Jun. 2002	(Family: none)	
JP 2003-65730 A	05 Mar. 2003	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/013451

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01K 11/32(2006.01)i; G01B 11/16(2006.01)i
FI: G01K11/32 D; G01B11/16 G

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））

G01K11/32; G01B11/16; G01D5/353; G01L1/24

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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
A	WO 2007/043716 A1 (PARK, Hyun Soo) 19.04.2007 (2007-04-19) 段落[0025]-[0043],[0064]-[0068], 図1,8	1-8
A	JP 2012-88155 A (株式会社日立製作所) 10.05.2012 (2012-05-10) 段落[0010]-[0018], 図1-3	1-8
A	JP 2002-162211 A (三菱重工業株式会社) 07.06.2002 (2002-06-07)	1-8
A	JP 2003-65730 A (日立電線株式会社) 05.03.2003 (2003-03-05)	1-8

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
22.06.2020	07.07.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
平野　真樹 2F 4631
電話番号 03-3581-1101 内線 3216

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/013451

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2007/043716 A1	19.04.2007	（ファミリーなし）	
JP 2012-88155 A	10.05.2012	（ファミリーなし）	
JP 2002-162211 A	07.06.2002	（ファミリーなし）	
JP 2003-65730 A	05.03.2003	（ファミリーなし）	