(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4403674号
(P4403674)

(45)発行日　平成22年1月27日(2010.1.27)　(24)登録日　平成21年11月13日(2009.11.13)

(51)Int.Cl.			F I		
G01D	3/028	(2006.01)	G01D	3/04	D
G01D	5/353	(2006.01)	G01D	5/26	D
G01L	1/24	(2006.01)	G01L	1/24	A
G01B	11/16	(2006.01)	G01B	11/16	Z
G01K	11/12	(2006.01)	G01K	11/12	F

請求項の数 3　(全 8 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2001-196948(P2001-196948)
(22)出願日　平成13年6月28日(2001.6.28)
(65)公開番号　特開2003-14491(P2003-14491A)
(43)公開日　平成15年1月15日(2003.1.15)
審査請求日　平成18年7月14日(2006.7.14)

(73)特許権者　000005120
日立電線株式会社
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
(74)代理人　100068021
弁理士　絹谷　信雄
(72)発明者　小島　正嗣
茨城県日立市日高町５丁目１番１号　日立電線株式会社　オプトロシステム研究所内

審査官　榮永　雅夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光ファイバセンサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

温度変化により屈折率が変化すると共に膨張収縮するグレーティング部が光ファイバに形成されたファイバブラッググレーティングと、該ファイバグラッググレーティングを金属材で覆い補償対象物内に配置され該補償対象物の圧力や歪みを計測する圧力歪み受感部と、上記ファイバブラッググレーティングの温度変化分を補償するため上記ファイバブラッググレーティングに温度補償用ファイバブラッググレーティングを直列接続した光ファイバセンサにおいて、上記温度補償用ファイバブラッググレーティングのグレーティング部を低熱膨張材で覆うと共に該低熱膨張材の両側の光ファイバを所定の長さの高熱膨張材で覆ったことを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項２】

上記高熱膨張材としてステンレスやアルミニウムを用い、上記低熱膨張材としてインバーやパイレックス（登録商標）を用いた請求項１に記載の光ファイバセンサ。

【請求項３】

上記低熱膨張材及び上記高熱膨張材からなる連結体の温度係数が上記補償対象物の温度係数に等しくなるように上記高熱膨張材の長さが調節されている請求項１または２に記載の光ファイバセンサ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、温度変化、圧力、歪み等の物理量を計測する光ファイバセンサに関する。

【０００２】

【従来の技術】

図６はファイバブラッググレーティングの説明図であり、図７は図６に示したファイバブラッググレーティングを用いた光ファイバセンサの従来例を示す概念図であり、図８は図６に示したファイバブラッググレーティングを用いた光ファイバセンサの他の従来例を示す概念図である。

【０００３】

図６に示すようにファイバブラッググレーティング（以下「ＦＢＧ」という。）１は、光ファイバ２のコア３の屈折率を一定の周期Ｐで変化させたものであり、光ファイバ２に入射した入射光がこの屈折率の変化した部分（グレーティング部）４で反射して反射光として出射するようになっている。その反射光の波長は、周期Ｐとコア３の屈折率とで決定するため、ＦＢＧ１は、歪みによる周期Ｐの変化や温度変化による屈折率の変化で反射光の波長が変化する。そのため、ＦＢＧ１は歪みと温度に対しては敏感であり、圧力、歪み、温度の測定をする様々なセンサの研究がなされている。尚、５はコア３を覆い、コア３より屈折率の低いクラッドである。

【０００４】

このようなＦＢＧ１を用いて温度を計測する方法としては、ＦＢＧ１の温度による屈折率変化と光ファイバの熱膨張による周期変化を利用したものや図７に示すように光ファイバより熱膨張係数の大きいステンレス、アルミニウム、高分子材料等の高熱膨張材にＦＢＧを固定し、ＦＢＧ単体の温度の屈折率変化と熱膨張による反射光の波長変化と高熱膨張材の熱膨張による歪みを利用したものがある。

【０００５】

図７に示す光ファイバセンサ６は、高熱膨張材からなるベース７と、ベース７上の両側に設けられた一対の固定部材８、９と、固定部材８、９にグレーティング部４の両側の光ファイバが固定されたＦＢＧ１とで構成されたものである。

【０００６】

この光ファイバセンサ６の光ファイバ２は図示しない測定器本体（例えばＯＴＤＲ：Optical Time Domain Reflectometer、光パルス試験器）に接続され、ベース７の熱膨張（矢印１０）に伴うグレーティング部４の屈折率変化と膨張収縮（矢印１１）とを検出し、温度を測定するようになっている。

【０００７】

ここで、この種のＦＢＧの利用目的としては、単に温度センサだけでなく、圧力、歪み等の物理量を測定するセンサとしても用いられる。また、圧力歪み検出用ＦＢＧの温度補償用ＦＢＧとして用いられる。すなわち、圧力、歪み、温度による反射波長変化から温度変化分を取り除き補償するためにも用いられる。

【０００８】

図８に示す光ファイバセンサ１２は、ＦＢＧ１を金属材１３で覆った圧力歪み受感部１４で補償対象物（測定対象物）１５の圧力や歪みを計測するためのものである。ＦＢＧ１は温度変化による影響を受けるので、ＦＢＧ１の温度変化分の誤差を補償するため、ＦＢＧ１に温度補償用ＦＢＧ１６が光ファイバ１７で直列接続されている。

【０００９】

温度補償用ＦＢＧ１６、特にグレーティング部１８は圧力歪み受感部１４の周辺に配置したり補償対象物１５に固定されたりして使用される。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一般に、ＦＢＧ単体での温度変化による波長変化量（以下「温度係数」という。）は、約１０ｐｍ／℃（ピコメータ／℃）である。高熱膨張材に固定した場合、材料によって異なるが温度係数は、ステンレスで約３０ｐｍ／℃となる。

【００１１】

単にＦＢＧ周辺の温度計測を行う場合、温度係数が大きいと温度精度が良くなるが、その分波長変化量が大きくなり、使用波長帯域の決まった反射波長測定装置を用いて反射波長を測定することが困難となる。

【００１２】

また、ＦＢＧが歪み測定を行うＦＢＧの温度補償用として用いられる場合、温度係数は補償対象の歪み検出用ＦＢＧと同程度でよい。補償対象の歪み検出用ＦＢＧは圧力、歪み等その測定目的により様々な物質に固定されて使用されるため、温度係数も各センサにより異なり歪み測定用ＦＢＧと同じ温度係数になる熱膨張材を選定することが非常に困難である。

【００１３】

このように、従来の光ファイバセンサでは、多種類の材料の中から適当な温度係数の材質を選択しなければならず、かつ、温度係数の調整が不可能であるという問題があった。

【００１４】

そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、温度係数の調整が可能な光ファイバセンサを提供することにある。

【００１５】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明の光ファイバセンサは、温度変化により屈折率が変化すると共に膨張収縮するグレーティング部が光ファイバに形成されたファイバブラッググレーティングと、ファイバブラッググレーティングを金属材で覆い補償対象物内に配置され該補償対象物の圧力や歪みを計測する圧力歪み受感部と、ファイバブラッググレーティングの温度変化分を補償するためファイバブラッググレーティングに温度補償用ファイバブラッググレーティングを直列接続した光ファイバセンサにおいて、温度補償用ファイバブラッググレーティングのグレーティング部を低熱膨張材で覆うと共に低熱膨張材の両側の光ファイバを所定長さの高熱膨張材で覆ったものである。

【００１９】

上記構成に加え本発明の光ファイバセンサは、高熱膨張材としてステンレスやアルミニウムを用い、低熱膨張材としてインバーやパイレックス（登録商標）を用いるのが好ましい。

【００２０】

上記構成に加え本発明の光ファイバセンサは、低熱膨張材及び高熱膨張材からなる連結体の温度係数が補償対象物の温度係数に等しくなるように高熱膨張材の長さが調節されていてもよい。

【００２１】

本発明によれば、圧力や歪みを計測する光ファイバセンサの温度補償用ファイバブラッググレーティングのグレーティング部を低熱膨張材で覆い、両側を高熱膨張材で覆うと共に高熱膨張材の長さを変えることにより、温度補償用ファイバブラッググレーティングを覆う膨張材の温度係数が補償対象物の温度係数に等しくなるように調整できる。

【００２２】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【００２３】

図１は本発明の光ファイバセンサの一実施の形態を示す概念図である。尚、従来例と同様の部材には共通の符号を用いた。

【００２４】

熱膨張係数の低い低熱膨張材からなる第１基板２０の上に、熱膨張係数の高い高熱膨張材からなる第２基板２１が第１基板２０と平行になるように第１基板２０の一方の側（図では左側）に配置され、第２基板２１の一端（図では右端）が基板用固定部材２２を介して第１基板２０上に固定されている。第２基板２１の他端（図では左端）に設けられた固定部材２３と第１基板２０の他方の側（図では右側）に設けられた固定部材２４とでＦＢＧ

１のグレーティング部４の両側の光ファイバ２が固定されている。各固定部材２２、２３、２４はＦＢＧ１に沿って同一線上になるように配置されている。

【００２５】

これらＦＢＧ１、第１基板２０、第２基板２１及び各固定部材２２～２４で光ファイバセンサ２５が構成されている。

【００２６】

本光ファイバセンサ２５は、例えば図示しない測定器本体（ＯＴＤＲ）に接続される。測定器本体からの光パルスは光ファイバ２内を伝搬し、グレーティング部４で温度変化による屈折率に対応した反射パルス光が反射してＯＴＤＲに戻るようになっている。

【００２７】

ＦＢＧ１へはＦＢＧ単体の温度変化による屈折率変化と熱膨張収縮（矢印２６）による波長変化に加え、第２基板２１の長さ分だけ第２基板２１の熱膨張（矢印２７）による歪みが加わる。この第２基板２１の長さを変化させることにより、ベース全体の温度係数を様々な値に変化させることができる。

【００２８】

第２基板２１には、光ファイバ２より温度係数の高いステンレス、アルミニウム、高分子材料等が用いられ、低熱膨張材からなる第１基板２０には、温度係数が光ファイバ２と等しいか、あるいは低いインバー材や石英等が用いられる。

【００２９】

尚、第１基板２０は図では略Ｌ字断面形状を有しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、平坦な板状であってもよく、その場合には固定部材２４の高さを高くする必要がある。また、第１基板２０の上側に第２基板２１が配置された場合で説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、同一平面上で第１基板２０と第２基板２１とを接続したものをベースとして用いてもよい。

【００３０】

次に図２を参照して具体的な数値を挙げて説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【００３１】

図２は本発明の光ファイバセンサの一実施例を示す概念図である。

【００３２】

同図に示す光ファイバセンサ２５は、図１に示した光ファイバセンサ２５と同様の構成であるので、構成についての説明は省略する。

【００３３】

第２基板２１としてステンレスが用いられ、第１基板２０としてインバーが用いられている。ここで、ファイバ固定長Ｌ１を４５ｍｍとし、ステンレス長Ｌ２を５ｍｍ、７ｍｍとして温度を０℃から４０℃へと変化させた。

【００３４】

図３は図２に示した光ファイバセンサのステンレス長を変化させたときの波長変化を示す図であり、横軸は温度軸であり、縦軸は波長変化軸である。

【００３５】

参考のため、ＦＢＧ単体の場合とＦＢＧを高熱膨張材としてのステンレス（長さ４５ｍｍ、インバー使用せず）に固定した場合とについても図示する。

【００３６】

温度係数は、ＦＢＧ単体（特性曲線Ｌａ）で９．５ｐｍ／℃、高熱膨張材（ステンレス）のみ（特性曲線Ｌｄ）で２７ｐｍ／℃、ステンレス長５ｍｍ（特性曲線Ｌｂ）で約１０ｐｍ／℃、ステンレス長７ｍｍ（特性曲線Ｌｃ）で約１２ｐｍ／℃となった。

【００３７】

このように、高熱膨張材と低熱膨張材とを組み合わせてベースを構成することにより温度係数を調整することができる。

【００３８】

図４は本発明の光ファイバセンサの他の実施の形態を示す概念図である。

【００３９】

図１に示した光ファイバセンサとの相違点は、ベースが低熱膨張材からなる下側基板３０と、下側基板３０に基板用固定部材３１、３２で固定された高熱膨張材からなる一対の上側基板２８、２９からなる点である。

【００４０】

同図に示す光ファイバセンサ３５は、低熱膨張材からなる下側基板３０と、下側基板３０の上に設けられた一対の基板用固定部材３１、３２と、一端が基板用固定部材３１、３２にそれぞれ固定され下側基板３０上に平行かつに外側に向かって配置された高熱膨張材からなる一対の上側基板２８、２９と、上側基板２８、２９の外側に設けられた固定部材３３、３４と、グレーティング部４の両側の光ファイバ２が固定部材３３、３４に固定されたＦＢＧ１とで構成されたものである。各固定部材３１～３４は同一線上に配置されている。

【００４１】

このような光ファイバセンサ３５においても図１に示した光ファイバセンサ２５と同様の効果が得られる。尚、図では下側基板３０と上側基板２８、２９とが段違いの平行状態になるように配置されているが、これに限定されるものではなく、同一平面上になるように構成してもよい。

【００４２】

図５は本発明の光ファイバセンサの他の実施の形態を示す概念図である。

【００４３】

図８に示した光ファイバセンサ１２との相違点は、温度補償用ＦＢＧ１６のグレーティング部１８を低熱膨張材３６で覆うと共に低熱膨張材３６の両側の光ファイバを高熱膨張材３７、３８で覆った点である。

【００４４】

この光ファイバセンサ３９は、ＦＢＧ１が金属材で覆われ補償対象物１５の圧力や歪みを受ける圧力歪み受感部１４と、ＦＢＧ１に光ファイバ１７を介して接続され補償対象物１５の温度補償をするための温度補償用ＦＢＧ１６と、温度補償用ＦＢＧ１６のグレーティング部１８を覆う低熱膨張材３６と、低熱膨張材３６の両側の光ファイバを覆う所定長さの高熱膨張材３７、３８とで構成されたものである（図では高熱膨張材３７、３８の長手方向の長さが異なっているが、本発明はこれに限定されるものではない。）。

【００４５】

圧力歪み受感部１４が圧力を受けるとＦＢＧ１のグレーティング部４が収縮し屈折率が変化する。温度補償用ＦＢＧ１６に接続された図示しない測定器本体（ＯＴＤＲ）からの光パルスが温度補償用ＦＢＧ１６、光ファイバ１７及びＦＢＧ１内を伝搬し、圧力歪み受感部１４内のグレーティング部４で反射し、光ファイバ１７、温度補償用ＦＢＧ１６のグレーティング部１８を通過してＯＴＤＲに戻る。このとき圧力歪み受感部１４の周囲の補償対象物１５の温度変化により、圧力歪み受感部１４のグレーティング部４が膨張収縮すると共に温度補償用ＦＢＧ１６のグレーティング部１８も同様に膨張収縮する。しかし、温度補償用ＦＢＧ１６のグレーティング部１８は低熱膨張材３６と高熱膨張材３７、３８とで覆われているので、高熱膨張材３７、３８の長さを変えることにより、低熱膨張材３６及び高熱膨張材３７、３８からなる連結体の温度係数を調整することができる。

【００４６】

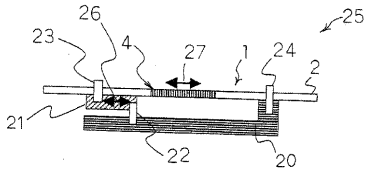
ここで、本光ファイバセンサの使用方法や応用システム等について説明する。

【００４７】

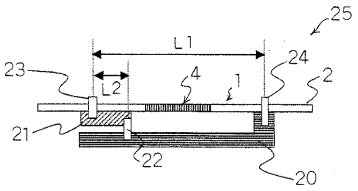
目的の温度精度でＦＢＧ温度センサを製作する場合、ＦＢＧの反射波長測定装置の精度に合わせた温度係数が必要になる。ＦＢＧの反射波長計測装置精度が±２０ｐｍの場合で±１℃のＦＢＧ温度センサが必要な場合、必要なＦＢＧ温度センサの温度係数は２０ｐｍ／℃以上となる。本発明を用いれば高熱膨張材の長さを調節することにより目的の温度係数を有するＦＢＧ温度センサを製作することができる。

【００４８】
以上において、ＦＢＧ温度センサの温度係数を変化させることにより自由な温度精度の光ファイバセンサを製作することができる。また、他のセンサの温度補償用ＦＢＧとして用いる場合にも補償対象のセンサの温度係数に合わせて最適な温度補償を行うことができる。
【００４９】
【発明の効果】
以上要するに本発明によれば、次のような優れた効果を発揮する。
【００５０】
温度係数の調整が可能な光ファイバセンサの提供を実現できる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の光ファイバセンサの一実施の形態を示す概念図である。
【図２】本発明の光ファイバセンサの一実施例を示す概念図である。
【図３】図２に示した光ファイバセンサのステンレス長を変化させたときの波長変化を示す図である。
【図４】本発明の光ファイバセンサの他の実施の形態を示す概念図である。
【図５】本発明の光ファイバセンサの他の実施の形態を示す概念図である。
【図６】ファイバブラッググレーティングの説明図である。
【図７】図６に示したファイバブラッググレーティングを用いた光ファイバセンサの従来例を示す概念図である。
【図８】図６に示したファイバブラッググレーティングを用いた光ファイバセンサの他の従来例を示す概念図である。
【符号の説明】
１　ファイバブラッググレーティング（ＦＢＧ）
２　光ファイバ
４　グレーティング部
２０　第１基板
２１　第２基板
２２　基板用固定部材
２３、２４　固定部材
２５　光ファイバセンサ

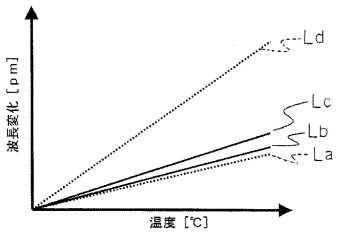
【図１】



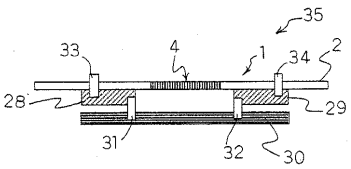
【図２】



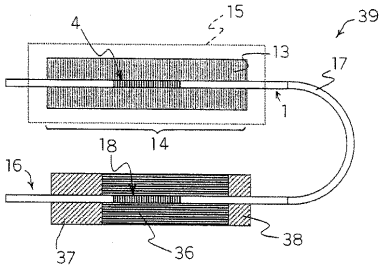
【図３】



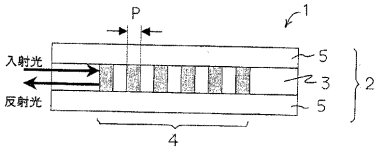
【図４】



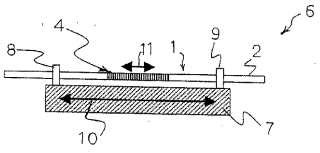
【図５】



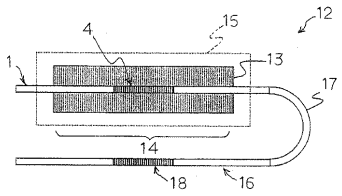
【図６】



【図７】



【図８】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
G02B	*6/00*	*(2006.01)*	G02B	6/00	346
G02B	*6/02*	*(2006.01)*	G02B	6/10	C

(56)参考文献 特開２０００－１１１３１９（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２２１０８５（ＪＰ，Ａ）
特表平０５－５０３１７０（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０３３６２８（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０４２１４３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第０１／０２０３７７（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

G01D 3/028
G01B 11/16
G01D 5/353
G01L 1/24
G01K 11/12
G02B 6/00