

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-351663

(P2005-351663A)

(43) 公開日 平成17年12月22日(2005.12.22)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 N 19/10

F I

G 0 1 N 19/10

B

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-170074 (P2004-170074)
(22) 出願日 平成16年6月8日(2004.6.8)

(71) 出願人 000005120
日立電線株式会社
東京都千代田区大手町一丁目6番1号
(74) 代理人 100068021
弁理士 絹谷 信雄
(72) 発明者 小島 正嗣
東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日
立電線株式会社内

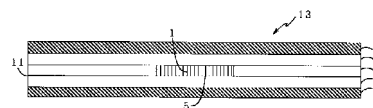
(54) 【発明の名称】 F B G湿度センサ及びF B G湿度センサを用いた湿度測定方法

(57) 【要約】

【課題】 容易に多点の湿度を計測するためのF B G湿度センサ及びF B G湿度センサを用いた湿度測定方法を提供する。

【解決手段】 F B G 5 を備えた光ファイバ 1 1 の表面に、湿度変化に応じて膨張、収縮する湿度検出材料 7 を塗布した F B G湿度センサ 1 3 及びF B G湿度センサ 1 3 を用いた湿度測定方法である。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

F B Gを備えた光ファイバの表面に、湿度変化に応じて膨張、収縮する湿度検出材料を塗布したことを特徴とする F B G 湿度センサ。

【請求項 2】

湿度によって膨張、収縮する上記湿度検出材料が、上記光ファイバとの接着力が強いポリイミドである請求項 1 記載の F B G 湿度センサ。

【請求項 3】

上記光ファイバの外径が $40\ \mu\text{m} \sim 130\ \mu\text{m}$ であり、上記光ファイバに塗布された上記湿度検出材料の膜厚が $2\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ である請求項 1 または 2 記載の F B G 湿度センサ。 10

【請求項 4】

F B Gを備えた光ファイバの表面に、湿度変化に応じて膨張、収縮する湿度検出材料を塗布し、該湿度検出材料が湿度変化に応じて膨張、収縮することにより、上記光ファイバに歪を生じさせ、この上記光ファイバの歪に応じて上記 F B G の反射波長を変化させ、その反射波長の変化を計測して、湿度を検出することを特徴とする F B G 湿度センサを用いた湿度測定方法。

【請求項 5】

上記 F B G の湿度による波長変化を計測して、湿度変化と波長変化の検量線を予め作成し、湿度計測時に検出した波長変化から上記検量線を基に湿度を求める請求項 4 記載の F B G 湿度センサを用いた湿度測定方法。 20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、F B G (Fiber Bragg Grating) を用いて湿度を計測する F B G 湿度センサ及び F B G 湿度センサを用いた湿度測定方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、湿度は電気的湿度計などによって計測している。しかし、電気式湿度計は、電磁ノイズに弱く、多点計測が困難であり、センサ部の設置場所に電源が必要であるなどの問題がある。 30

【0003】

これに対して、F B G を用いた光式センサの場合には、電磁ノイズの影響を受けず、多点計測が可能であり、センサ部の設置場所に電源が不要であるなどの利点がある。

【0004】

F B G は、図 4 に示すように光ファイバのファイバコア 2 の屈折率を一定の間隔周期 L で変化させたもので、光ファイバへの入射光がこの屈折率変化部 1 で反射する。その反射光の反射波長は、F B G の間隔周期 L とファイバコア 2 の屈折率で決まるため、F B G は光ファイバの歪による間隔周期の変化や温度によるファイバコア 2 の屈折率の変化に応じて反射波長が変化する。 40

【0005】

そのため F B G を有した光ファイバは、ファイバコア 2 の歪と温度に対してセンサとしての感度を持ち、圧力、歪、温度の測定をするための様々な光式センサとしての研究がなされている。

【0006】

一般的に F B G にて圧力、歪の計測をする光式センサの場合、測定対象物の圧力、歪を F B G へ印加するために測定対象物に固定する必要がある。

【0007】

湿度を計測する光式センサの場合も同様で、図 5 に示すように、F B G 5 が設けられた光ファイバ 11 を湿度によって膨張、収縮する湿度検出材料 7 へ接着剤等を用いて固定点 50

8、9に固定する。例えば膨張の場合、主に図中矢印10で示す方向に湿度によって湿度検出材料7が膨張し、これに応じて光ファイバ11のFBG5の部分が矢印6で示す方向に伸長することにより、湿度変化によるFBG5の屈折率周期が変化しFBG5で反射する反射光の波長が変化することで、湿度を測定することができる。

【0008】

なお、この出願の発明に関連する先行技術文献情報としては、次のものがある。

【0009】

【特許文献1】特開2003-295009号公報

【特許文献2】特開2003-294662号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、この光ファイバ11を湿度検出材料7に固定する方法によると、接着剤とFBG5が形成されている光ファイバ11との間の接着力の低下や、湿度による接着剤そのものの膨張、収縮等の影響があり、計測の信頼性及び計測精度が悪くなる傾向があるという問題がある。

【0011】

また、接着作業を行う工程のコストも見込まなければならなくなるため、製造コストも高くなるという問題がある。

【0012】

20

そこで、本発明の目的は、FBGを用いて簡単かつ安価な構成にて、容易に多点の湿度を計測するためのFBG湿度センサ及びFBG湿度センサを用いた湿度測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は上記目的を達成するために創案されたものであり、第1の発明は、FBGを備えた光ファイバの表面に、湿度変化に応じて膨張、収縮する湿度検出材料を塗布したFBG湿度センサである。

【0014】

第2の発明は、湿度によって膨張、収縮する上記湿度検出材料が、上記光ファイバとの接着力が強いポリイミドである。

30

【0015】

第3の発明は、上記光ファイバの外径が $40\mu\text{m} \sim 130\mu\text{m}$ であり、上記光ファイバに塗布された上記湿度検出材料の膜厚が $2\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ である。

【0016】

第4の発明は、FBGを備えた光ファイバの表面に、湿度変化に応じて膨張、収縮する湿度検出材料を塗布し、該湿度検出材料が湿度変化に応じて膨張、収縮することにより、上記光ファイバに歪を生じさせ、この上記光ファイバの歪に応じて上記FBGの反射波長を変化させ、その反射波長の変化を計測して、湿度を検出するFBG湿度センサを用いた湿度測定方法である。

40

【0017】

第5の発明は、上記FBGの湿度による波長変化を計測して、湿度変化と波長変化の検量線を予め作成し、湿度計測時に検出した波長変化から上記検量線を基に湿度を求める方法である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、容易に多点の湿度を計測するためのFBG湿度センサ及びFBG湿度センサを用いた湿度測定方法を得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

50

以下、本発明の好適な一実施形態を添付図面にしたがって説明する。

【0020】

図1は、本発明の好適実施の形態を示すFBG湿度センサを示す断面図である。

【0021】

図示したように、FBG湿度センサ13は、架橋アクリル樹脂（熱硬化アクリル樹脂）、シリコン樹脂等で形成した屈折率の高いファイバコア2と、水分を透過しないフッ素樹脂等でファイバコア2の周囲に設けられた屈折率の低いファイバクラッド3とからなる光ファイバ11のファイバクラッド3の外周部に、更に湿度によって膨張、収縮する湿度検出材料7を薄く膜状に塗布した構造になっている。

【0022】

本実施の形態では例えばFBG湿度センサ13の寸法は、FBG湿度センサ13のファイバコア2のコア径が $9.5\mu\text{m}$ であり、光ファイバ11の外径（すなわち、ファイバクラッド3のクラッド径）が $125\mu\text{m}$ であり、そのファイバクラッド3の周囲に湿度によって膨張、収縮する湿度検出材料7としてポリイミドからなる膜厚 $10\mu\text{m}$ のコーティングがなされている。

【0023】

本発明では、FBG湿度センサ13の使用される環境、適用条件などにより、ファイバコア2のコア径を $9\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ の範囲で、光ファイバ11の外径を $40\mu\text{m} \sim 130\mu\text{m}$ の範囲で、光ファイバ11に塗布する湿度検出材料7の膜厚を厚さ $2\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ の範囲で各々適宜設定して、FBG湿度センサ13の感度、精度が最適になるようにするとよい。

【0024】

なお、このファイバクラッド3に外周に設けられる湿度検出材料7による薄い膜は、塗布、コーティングに限らず、ファイバクラッド3上に強い接着力を保持して設けられればよい。

【0025】

ファイバコア2には、ファイバコア2の長手方向にファイバコア2とは異なる屈折率の屈折率変化部1を一定の間隔周期で形成した回折格子であるFBG5が設けられている。このファイバコア2に設けられたFBG5のため、光ファイバ11を伝搬する光信号の内、このFBG5において特定波長の光信号を反射して、他の波長の光信号を通過させる。

【0026】

このFBG湿度センサ13の湿度の検出方法は次の通りである。

【0027】

或る湿度雰囲気内に設置されたFBG湿度センサ13は、FBG湿度センサ13に入射した光信号の内、FBG湿度センサ13のFBG5を形成している一定の間隔周期で設けられた屈折率変化部1の間隔周期に応じた波長のみをFBG5において反射する。

【0028】

次に、FBG湿度センサ13の設置された雰囲気内の湿度が仮に高くなったとする。この雰囲気内の湿度が高くなったことにより、ポリイミドなどからなる湿度検出材料7は雰囲気内の湿気を吸収し、この湿気を吸収した湿度検出材料7は、その吸収した湿気による湿度変化に応じて光ファイバ11長手方向に膨張、伸長する。この湿気を吸収し伸長した湿度検出材料7は、光ファイバ11との接着力が強く光ファイバ11のファイバクラッド3の表面に密着して塗布（コーティング）されているため、湿度検出材料7の伸長に従って、光ファイバ11に歪を生じさせ光ファイバ11にも伸長の応力が生じて、湿度検出材料7の伸長と同時に光ファイバ11も光ファイバ11長手方向に伸長する。

【0029】

このように、FBG湿度センサ13が設置された雰囲気内の湿度が高くなることで、湿度検出材料7及び光ファイバ11が伸長するため、光ファイバ11のファイバコア2に設けられているFBG5も光ファイバ11長手方向に伸長する。

【0030】

10

20

30

40

50

この F B G 5 の伸長は、F B G 5 に回折格子を形成している屈折率変化部 1 の間隔周期を伸長させることを意味し、この屈折率変化部 1 の間隔周期（すなわち、屈折率変化部 1 の屈折率分布）が、光ファイバの歪に応じて伸長することにより、F B G 5 で反射する光信号の波長が長波長側に変化する。

【 0 0 3 1 】

この F B G 湿度センサ 1 3 を用いて、F B G 湿度センサ 1 3 が設置された雰囲気内の相対湿度の変化と、相対湿度が変化したときの F B G 湿度センサ 1 3 の反射する光信号の波長変化の関係を観測したところ、図 2 に示すような検量線が得られることが分かった。

【 0 0 3 2 】

図 2 に F B G 湿度センサ 1 3 が設置された雰囲気内の相対湿度と、この相対湿度に対応して変化する反射波の波長変化との関係を示す。図中横軸は、F B G 湿度センサ 1 3 が設置された雰囲気中の相対湿度（単位：% R H）を示し、縦軸は F B G 湿度センサ 1 3 の反射光の波長変化（単位：p m）を示す。

【 0 0 3 3 】

図から分かるように、F B G 湿度センサ 1 3 が設置された雰囲気中の相対湿度が高くなるに従って波長変化が大きくなり、相対湿度に対して波長変化がほぼ比例関係にあることが分かる。

【 0 0 3 4 】

実測値の一例として、上記のような F B G 湿度センサ 1 3 に中心波長 1 5 5 0 n m の光を入射したときに、雰囲気内の相対湿度が 5 0 % R H から 9 0 % R H に上昇することによって、F B G 湿度センサ 1 3 において反射する光の中心波長変化（波長シフト）が長波長側に約 2 0 p m であることが観測された。

【 0 0 3 5 】

なお、ここでは F B G 湿度センサ 1 3 が設置された雰囲気内の湿度が上昇するときに湿度検出材料 7 が膨張する場合を説明したが、湿度が低下するときに湿度検出材料 7 が収縮する場合も同様である。

【 0 0 3 6 】

また、湿度が上昇するときに膨張し、湿度が低下するときに収縮する材質の場合について説明したが、湿度が上昇するときに収縮し、湿度が低下するときに膨張する材質の湿度検出材料 7 を用いてもよい。

【 0 0 3 7 】

次に、このようにして形成された F B G 湿度センサ 1 3 を用いた湿度計測システムの一例を説明する。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、F B G 湿度センサを用いた湿度計測システムを示す構成図である。

【 0 0 3 9 】

図示したように湿度計測システムは、広帯域の光信号を発する広帯域光源 1 6 と、広帯域光源 1 6 から入射された光信号を通過、反射させる F B G 湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c と、F B G 湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c で反射した光信号の波長を測定するための波長計測装置 1 5 と、入射した信号光、反射した信号光を一方向に伝送するための光サーキュレータ 1 2 と、計測システムのこれら各部材間を接続するための光ファイバケーブル 1 4 とを備えて構成される。

【 0 0 4 0 】

広帯域光源 1 6 は、光ファイバケーブル 1 4 により、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 a に接続され、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 b には光ファイバケーブル 1 4 を介して F B G 湿度センサ 1 3 a が接続されている。F B G 湿度センサ 1 3 a の他端には、光ファイバケーブル 1 4 を介して F B G 湿度センサ 1 3 b が接続され、F B G 湿度センサ 1 3 a の他端には光ファイバケーブル 1 4 を介して F B G 湿度センサ 1 3 c が接続されている。光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 c には光ファイバケーブル 1 4 を介して波長計測装置 1 5 が接続されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

広帯域光源 1 6 は、異なる波長の光信号を発することのできる広帯域の光源である。

【 0 0 4 2 】

波長計測装置 1 5 は、F B G 湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c からの反射光の波長を測定し、その波長変化を検知して、図 2 に示す検量線に照合して波長変化に応じた相対湿度値を示す計測機器である。

【 0 0 4 3 】

光サーキュレータ 1 2 は、光サーキュレータ 1 2 の特定の端子に入射された光信号を特定の端子に出力する入出力方向性を有した光回路部品であり、端子 1 2 a に入射した光信号を端子 1 2 b に出力し、端子 1 2 b に入射した光信号を端子 1 2 c に出力し、端子 1 2 c に入射した光信号を端子 1 2 a に出力する。

10

【 0 0 4 4 】

F B G 湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c は、図 1 に示した F B G 湿度センサ 1 3 と同様に構成された湿度センサであり、F B G 湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c の各々に設けられた F B G 5 は、F B G 5 を形成する屈折率変化部 1 の間隔周期を異ならせ、それぞれ特定の波長の光信号を反射するように形成するとよい。

【 0 0 4 5 】

次に、波長計測システムによる湿度計測方法について図 1 ~ 3 により説明する。

【 0 0 4 6 】

広帯域光源 1 6 から発せられた光信号は、光ファイバケーブル 1 4 を介して光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 a に入射され、この入射された光信号は端子 1 2 b から光ファイバケーブル 1 4 を介して、F B G 湿度センサ 1 3 a に入射される。

20

【 0 0 4 7 】

この入射された光信号の内、F B G 湿度センサ 1 3 a に設けられた F B G 5 に対応した特定の波長の光信号が F B G 湿度センサ 1 3 a で反射され、光ファイバケーブル 1 4、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 b、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 c、光ファイバケーブル 1 4 を順に介して、波長計測装置 1 5 に入射される。

【 0 0 4 8 】

波長計測装置 1 5 に入射された光信号（反射光）は、波長変化が計測され図 2 に示す検量線を基にこの光信号の波長変化に応じた F B G 湿度センサ 1 3 a の設置された雰囲気中の相対湿度が得られる。

30

【 0 0 4 9 】

F B G 湿度センサ 1 3 a を通過した他の波長の光信号は、F B G 湿度センサ 1 3 b に入射され、この入射された光信号の内、F B G 湿度センサ 1 3 b に設けられた F B G 5 に対応した特定の波長の光信号が F B G 湿度センサ 1 3 b で反射され、光ファイバケーブル 1 4、F B G 湿度センサ 1 3 a、光ファイバケーブル 1 4、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 b、光サーキュレータ 1 2 の端子 1 2 c、光ファイバケーブル 1 4 を順に介して、波長計測装置 1 5 に入射され、波長計測装置 1 5 に入射された光信号（反射光）すなわち F B G 湿度センサ 1 3 b から反射した光信号の波長変化が計測され、図 2 に示す検量線と照合してこの光信号の波長変化に応じた F B G 湿度センサ 1 3 b の設置された雰囲気中の相対湿度が波長計測装置 1 5 により得られる。

40

【 0 0 5 0 】

F B G 湿度センサ 1 3 a、1 3 b を通過した他の波長の光信号は、F B G 湿度センサ 1 3 c に入射され、F B G 湿度センサ 1 3 c にて上記と同様の光の反射、透過が生じ、F B G 湿度センサ 1 3 c からの反射光により F B G 湿度センサ 1 3 c の設置された雰囲気中の相対湿度が得られる。

【 0 0 5 1 】

なお、本実施の形態では、この湿度計測システムには F B G 湿度センサ 1 3（1 3 a ~ 1 3 c）を三個接続した例を示したが、測定点の箇所数など湿度計測システムのアプリケーションに応じて、F B G 湿度センサ 1 3 の個数を増減させるとよい。

50

【 0 0 5 2 】

一般的に、F B G湿度センサ 1 3 を多数用いて、多点の計測を行う場合、その測定可能な測定点の数（即ち、F B G湿度センサ 1 3 の数）は、広帯域光源 1 6 の波長帯域と、波長計測装置 1 5 の計測可能な波長帯域と、各 F B G湿度センサ 1 3 の波長変化量によって定まるが、湿度により変化する F B G 5 での反射波長の中心波長変化量を必要とする湿度計測精度に調整することによって、可能な限り多くの F B G湿度センサ 1 3 を設けて、多点の湿度を計測する湿度計測システムを構築することが可能である。

【 0 0 5 3 】

また図 1、図 3 において、湿度に応じて膨張、収縮する湿度検出材料 7 の塗布膜厚（コーティング膜厚）を調整したり、ポリイミド樹脂以外の様々な膨張、収縮率を有する湿度検出材料を F B G湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c に用いることにより、一定の湿度変化による F B G 5 の反射する中心波長の変化量を任意に定めたり、図 2 の検量線の傾きを任意に定めることが可能である。

【 0 0 5 4 】

以上説明したように F B G湿度センサ 1 3 は、ファイバクラッド 3 の周囲に、湿度によって膨張、収縮しかつ接着力の強い湿度検出材料 7 を塗布（コーティング）した構造になっていることにより、従来技術（図 5 参照）のように固定点 8、9 における光ファイバ 1 1 の固定を必要とせず、固定のために接着材等も使用しないため、計測の信頼性及び計測精度を確保することができる優れた光式センサとなっている。

【 0 0 5 5 】

また、F B G湿度センサ 1 3 は、ファイバクラッド 3 の周囲に湿度によって膨張、収縮する湿度検出材料 7 よりコーティングされた簡単な構造になっており、かつ従来のような接着作業も不要となり製造コストも抑えられた安価な光式センサとなっている。

【 0 0 5 6 】

またこのような F B G湿度センサ 1 3 は、センサ自体に電源を必要とせず、異なる反射波長を有した F B G湿度センサ 1 3（F B G湿度センサ 1 3 a ~ 1 3 c）を多点に容易に敷設することができる。このため、図 3 に示すような湿度計測システムに用いて、各 F B G湿度センサ 1 3 からの反射光の波長を常時 1 つの波長計測装置 1 5 にて計測して、得られた中心波長の波長変化を図 2 に示した検量線に照合することで、容易に湿度を計測することが可能になった。

【 0 0 5 7 】

従来技術においても述べたが、F B G 5 は外部から印加される圧力等の歪だけによってだけでなく、その F B G 5 周辺の温度変化によっても F B G 5 の反射中心波長は変化する。

【 0 0 5 8 】

従って、F B G湿度センサ 1 3 において、湿度と温度による波長変化分から温度による波長変化分を取り除くことにより、更に高精度な湿度計測が可能である。

【 0 0 5 9 】

この場合、湿度によって膨張、収縮しない材料を光ファイバ 1 1 の表面にコーティングした温度計測用の F B G温度センサまたは、湿度によって膨張、収縮するが光ファイバとの接着力が弱くその膨張、収縮による変化が F B Gに応力を生じさせない材料をコーティングした F B G温度センサを F B G湿度センサ 1 3 近傍に配置することにより、F B G湿度センサ 1 3 の温度による中心波長変化分を補正することが可能である。

【 0 0 6 0 】

このように本発明によれば、F B Gを用いて簡単かつ安価な構成にて、容易に多点の湿度を計測するための F B G湿度センサ及び F B G湿度センサを用いた湿度測定方法を得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 1 】

【 図 1 】 本実施の形態である F B G湿度センサの構造を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 2】湿度と湿度に対する波長変化を示す相対湿度 - 波長変化検量線である。

【図 3】F B G 湿度センサを用いた湿度計測システムを示す構成図である。

【図 4】F B G の構造を示す断面図である。

【図 5】従来の F B G 湿度センサを示す構成図である。

【符号の説明】

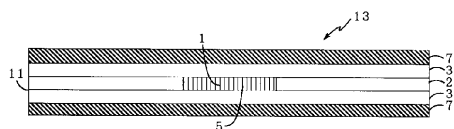
【 0 0 6 2 】

- 1 屈折率変化部
- 2 ファイバコア
- 3 ファイバクラッド
- 5 F B G
- 6 矢印
- 7 湿度検出材料 (ポリイミド)
- 1 0 矢印
- 1 1 光ファイバ
- 1 2 光サーキュレータ
- 1 2 a ~ 1 2 c 端子
- 1 3 F B G 湿度センサ
- 1 3 a ~ 1 3 c F B G 湿度センサ
- 1 4 光ファイバケーブル
- 1 5 波長計測装置
- 1 6 広帯域光源
- L 間隔周期

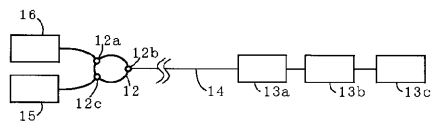
10

20

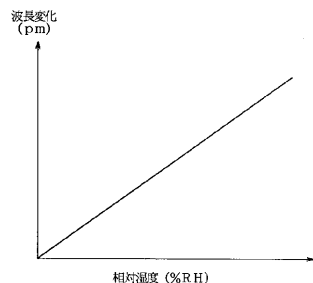
【図 1】



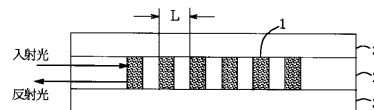
【図 3】



【図 2】



【図 4】



【 図 5 】

