

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6139026号
(P6139026)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 D 5/353 (2006.01)	GO 1 D 5/353 C
GO 2 B 6/02 (2006.01)	GO 2 B 6/02 A
GO 1 B 11/16 (2006.01)	GO 2 B 6/02 4 1 6
	GO 1 B 11/16 Z

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-519340 (P2016-519340)	(73) 特許権者	515111060
(86) (22) 出願日	平成26年9月30日 (2014.9.30)		韓国標準科学研究院
(65) 公表番号	特表2016-540188 (P2016-540188A)		大韓民国 大田市儒城区柯亭路267
(43) 公表日	平成28年12月22日 (2016.12.22)	(74) 代理人	100082072
(86) 国際出願番号	PCT/KR2014/009159		弁理士 清原 義博
(87) 国際公開番号	W02015/050355	(72) 発明者	クォン イル ボン
(87) 国際公開日	平成27年4月9日 (2015.4.9)		大韓民国 305-340 デゾンシ ユ
審査請求日	平成28年4月20日 (2016.4.20)		ソング ムンジロ 22 102ドン 2
(31) 優先権主張番号	10-2013-0117106		04ホ
(32) 優先日	平成25年10月1日 (2013.10.1)	(72) 発明者	イム ジュ ウン
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		大韓民国 305-340 デゾンシ ユ
			ソング カジョンロ 267 ハングク
			ピョジュン グアハク ヨングウォン

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 最大歪率測定のためのF B Gセンサ、その製造方法及び使用方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部にF B Gセンサが設けられた光ファイバと、
一面に前記光ファイバが接する第1の金属箔と、
前記一面に接する第2の金属箔と、
前記第1、2の金属箔の間に設けられる接着層と、
前記F B Gセンサにより、前記第1、2の金属箔の残留歪率を測定する手段と、
前記測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とに基づいて、最大歪率を
算出する手段と、を含むことを特徴とする最大歪率測定のためのF B Gセンサ。

【請求項2】

前記第1、2の金属箔の少なくとも1つは、アルミニウムホイルであることを特徴とする
請求項1に記載の最大歪率測定のためのF B Gセンサ。

【請求項3】

前記第1、2の金属箔の少なくとも1つの厚みは、10 μ m ~ 30 μ mであることを特徴
とする請求項1に記載の最大歪率測定のためのF B Gセンサ。

【請求項4】

前記第1、2の金属箔の少なくとも1つは、前記光ファイバの長さ方向に沿って、方形で
あることを特徴とする請求項1に記載の最大歪率測定のためのF B Gセンサ。

【請求項5】

前記光ファイバは、前記第1、2の金属箔の少なくとも1つの中心線上に位置することを

10

20

特徴とする請求項 1 に記載の最大歪率測定のための F B G センサ。

【請求項 6】

前記第 1、2 の金属箔のいずれかの一面と測定対象とを連結するためのブラケットを、更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の最大歪率測定のための F B G センサ。

【請求項 7】

前記ブラケットは、前記 F B G センサを中心に対称的に位置する一対のブラケットであることを特徴とする請求項 6 に記載の最大歪率測定のための F B G センサ。

【請求項 8】

第 1 の金属箔の一面に接着剤を塗布して、接着層を成膜するステップと、
前記接着剤の上に F B G センサが設けられた光ファイバを接着させるステップと、
前記第 1 の金属箔の一面に第 2 の金属箔を接着させるステップと、を含むことを特徴とする最大歪率測定のための F B G センサの製造方法。

10

【請求項 9】

前記第 1、2 の金属箔を所望する形状に切り出すステップを、更に含むことを特徴とする請求項 8 に記載の最大歪率測定のための F B G センサの製造方法。

【請求項 10】

第 1 の金属箔の一面に接着剤を塗布して接着層を成膜するステップと、前記接着剤上に F B G センサが設けられた光ファイバを接着させるステップと、前記第 1 の金属箔の一面に第 2 の金属箔を接着させるステップと、前記第 1、2 の金属箔を所望する形状に切り出すステップとにより製造された F B G センサを、測定対象に取り付けるステップと、
前記測定対象が変形する間、又は変形後、前記光ファイバに所定の入力信号を入力させるステップと、

20

前記入力信号に基づく前記 F B G センサの出力信号を測定するステップと、
前記出力信号に基づき、前記測定対象の残留歪率を測定するステップと、
測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とを用いて、最大歪率を算出するステップと、を含むことを特徴とする最大歪率測定のための F B G センサの使用方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、F B G センサに関し、より詳しくは、測定対象の最大歪率を測定可能な F B G センサ、センサの製造方法、及びセンサの使用方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

一般に、F B G (Fiber Bragg Grating) センサとは、光ファイバに光を透過して、光の反射、屈折、回折、透過現象を用いるものである。このような F B G センサは、ガラス光ファイバに紫外線を選択的に照射して、屈折率が周期的に微細に変化するパターンを、光ファイバの長さ方向に与えたものである。

【0003】

このような F B G センサは、光ファイバ内にフィルタとして設けることができるので、挿入損失が小さいという特徴がある。また、大量生産の場合、製造コストが低く、フィルタの帯域幅を極めて小さくすることができる。

40

【0004】

その他の F B G センサの特徴としては、腐食による劣化可能性が少なく、埋設型計測に適しており(耐久性)、光信号を用いるので、水分による異常値の発生がない(信頼性)。光信号によって計測器に送信されるので、計測場所の電界などの影響がない(特に、高電圧環境に容易(耐ノイズ))。電気信号と電気を使わないので、引火物の付近でも使用が自由である(防爆性)。光信号は、伝送損失が極めて少なく、数 K m 範囲の計測が可能であるので、長尺のトンネル及び大規模の構造物への活用が自由である(適用性)。極低温(-270)から極高温(数百)まで使用可能であり、高温多湿、極低温、及び高温での使用が可能である(温度性)。特に、F B G 光ファイバセンサは、従来の電気式計測器と同様に

50

、コンクリート内の応力を計測することができ、過酷な環境でも、１年以上の計測機能を維持することができるので、経済性が非常に高い。

【０００５】

このようなＦＢＧセンサは、時間差を用いたＴＤＭ(Time Division Multiplexing:時分割多重化方式)と、波形の差を用いたＷＤＭ(Wave Division Multiplexing:波長分割多重化方式)とがある。時分割多重化方式は、１つの光ファイバに最大１００個のＦＢＧセンサを直列配置することができ、シンプルな計測システムを構築することができる。一方、波長分割多重化方式は、個々のＦＢＧ固有の反射波長の相違からＦＢＧを識別する方式であって、長距離計測が可能である。

【０００６】

近年、ＦＢＧセンサは、歪率計測、亀裂診断、熱計測、圧力モニタリングのような構造物健全度計測維持管理技術(Structural Health Monitoring、ＳＨＭ)分野で開発されてきた。これは、前述したように、耐電磁気性、小サイズ、耐腐食性、単一ファイバに対するセンサ多重性などのような優れたメリットのためである。更に、ＦＢＧセンサは、歪率や温度変化に対して明らかに現れるパラメータの計測に用いられる。

【０００７】

従来の遠隔通信光ファイバは、２～３層のポリマー層でコートされたシリカガラス繊維で構成されている。コートされない光ファイバは、割れやすいためである。ポリマーでコートされたシリカ繊維は、短期間の間、高い剛性を供する。しかし、これらの繊維が湿った環境で応力を受ける場合、非常に遅い亀裂の成長のため、長時間にわたって強度低下が生じる。水分浸透からシリカガラス繊維を保護するために、アルミニウム、インジウム、錫、アンチモン、亜鉛、鉛、銅、ニッケル、金のような金属コートが光ファイバに用いられている。これらのファイバの一部は、水分浸透に対してより高い抵抗性を示す。そして、高分子コート繊維と比較して、画期的に高い剛性を示す。これらの繊維の一部は、相対的に高い温度に耐えられる。一方、光ファイバは、ヤング率(Young's Modulus)、熱膨脹係数、ポアソン比などのような機械的特性を高めるために、また、信頼性を高めるために、そして、荒い環境から保護されるためにコーティングされる。たとえ、このような光ファイバのコート技術が、光ファイバの特性を改善させてはいるが、コート材料の残留歪率を用いて、測定対象の最大歪率を検出する技術は、未だ行われていない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

本発明の目的は、前記のような問題点を解決するためになされたものであって、残留歪率により、測定対象構造物の最大歪率(歪)が測定できる、最大歪率測定のためのＦＢＧセンサ、製造方法、及び使用方法を提供することである。

【０００９】

本発明で達成しようとする技術的課題は、以上で言及した技術的課題に限定されず、言及していない他の技術的課題は、以下の記載から本発明が属する技術の分野における通常の知識を有する者にとって、明確に理解されるだろう。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

前記のような本発明の目的は、内部にＦＢＧセンサ１５０が設けられた光ファイバ１３０と、一面に前記光ファイバ１３０が接する第１の金属箔１００と、前記一面に接する第２の金属箔１２０と、前記第１、２の金属箔１００、１２０の間に設けられる接着層１４０と、前記ＦＢＧセンサ１５０により、前記第１、２の金属箔１００、１２０の残留歪率を測定する手段と、前記測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とに基づいて、最大歪率を算出する手段とを含むことを特徴とする最大歪率測定のためのＦＢＧセンサにより、達成される。

【００１１】

前記第１、２の金属箔１００、１２０の少なくとも１つは、アルミニウムホイルである。

10

20

30

40

50

また、前記第 1、2 の金属箔の少なくとも 1 つの厚みは、 $10\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$ である。前記第 1、2 の金属箔の少なくとも 1 つは、前記光ファイバの長さ方向に沿って、方形であるのが望ましい。前記光ファイバ 130 は、前記第 1、2 の金属箔 100、120 の少なくとも 1 つの中心線上に位置する。

【0012】

また、前記第 1、2 の金属箔のいずれかの一面と測定対象とを連結するためのブラケットを、更に含むのが望ましい。更に、前記ブラケットは、前記 F B G センサ 150 を中心に対称的に位置する一対のブラケット 160 a、160 b であることがより望ましい。

【0013】

上記のような本発明の目的は、他の態様として、第 1 の金属箔 100 の一面に接着剤を塗布して、接着層 140 を成膜するステップ(S 100)と、前記接着剤の上に F B G センサ 150 が設けられた光ファイバ 130 を接着させるステップ(S 200)と、前記第 1 の金属箔 100 の一面に第 2 の金属箔 120 を接着させるステップ(S 300)とを含むことを特徴とする最大歪率測定のための F B G センサの製造方法により、達成される。

【0014】

また、前記第 1、2 の金属箔 100、120 を所望する形状に切り出すステップ(S 400)を、更に含むことが望ましい。

【0015】

その他の態様として、第 1 の金属箔 100 の一面に接着剤を塗布して接着層 140 を成膜するステップ(S 100)と、前記接着剤上に F B G センサ 150 が設けられた光ファイバ 130 を接着させるステップ(S 200)と、前記第 1 の金属箔 100 の一面に第 2 の金属箔 120 を接着させるステップ(S 300)と、前記第 1、2 の金属箔 100、120 を所望する形状に切り出すステップ(S 400)とにより製造された F B G センサを、測定対象に取り付けるステップと、前記測定対象が変形する間、又は変形後、前記光ファイバ 130 に所定の入力信号を入力させるステップと、前記入力信号に基づく前記 F B G センサ 150 の出力信号を測定するステップと、前記出力信号に基づき、前記測定対象の残留歪率を測定するステップと、測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とを用いて、最大歪率を算出するステップとを含むことを特徴とする最大歪率測定のための F B G センサの使用方法によっても、本発明の目的が達成される。

【0016】

内部に F B G センサ 150 が設けられた光ファイバ 130 と、一面に光ファイバ 130 が接触する第 1 の金属箔 100 と、一面に接触する第 2 の金属箔 120 と、第 1、2 の金属箔 100、120 の間に設けられる接着層 140 と、F B G センサ 150 で第 1、2 の金属箔 100、120 の残留歪率を測定する手段と、測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とに基づいて、最大歪率を算出する手段とを含むことを特徴とする最大歪率測定のための F B G センサによっても、本発明の目的が達成される。

【0017】

また、第 1、2 の金属箔 100、120 の少なくとも 1 つは、アルミニウムホイル、銅箔、銅泊の 1 つである。また、第 1、2 の金属箔 100、120 の少なくとも 1 つの厚みは、 $10\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$ 範囲である。第 1、2 の金属箔 100、120 の少なくとも 1 つは、光ファイバ 130 の長さ方向に沿って四角形状であることが望ましい。更に、光ファイバ 130 は、第 1、2 の金属箔 100、120 の少なくとも 1 つの中心線上に位置する。

【0018】

また、第 1、2 の金属箔 100、120 のいずれか 1 つの一面と測定対象を連結するためのブラケットを更に含むのが望ましい。そして、ブラケットは、F B G センサ 150 を中心に対称的に位置する一対のブラケット 160 a、160 b であるのが望ましい。

【0019】

前記のような本発明の目的は、他の態様として、第 1 の金属箔 100 の一面に接着剤を塗布して接着層 140 を成膜するステップ(S 100)と、接着剤上に F B G センサ 150 が

10

20

30

40

50

設けられた光ファイバ 130 を接着させるステップ(S200)と、第1の金属箔100の一面に第2の金属箔120を接着するステップ(S300)とを含むことを特徴とする最大歪率測定のためのFBGセンサの製造方法によっても達成される。

【0020】

また、第1、2の金属箔100、120を所望する形状に切り出すステップ(S400)を更に含むのが望ましい。

【0021】

その他の態様として、第1の金属箔100の一面に接着剤を塗布して、接着層140を成膜するステップ(S100)と、接着剤上にFBGセンサ150が設けられた光ファイバ130を接着させるステップ(S200)と、第1の金属箔100の一面に第2の金属箔120を接着させるステップ(S300)と、第1、2の金属箔100、120を所望する形状に切り出すステップ(S400)により製造されたFBGセンサを測定対象に付着するステップと、測定対象が変形される間または変形された後、光ファイバ130に所定の入力信号を入力させるステップと、入力信号に基づくFBGセンサ150の出力信号を測定するステップと、出力信号に基づき、前記測定対象の残留歪率を測定するステップと、測定された残留歪率値と実験で求めた感度係数(Csen)を用いて、最大歪率を算出するステップとを含むことを特徴とする最大歪率測定のためのFBGセンサの使用方法によっても、本発明の目的が達成される。

【発明の効果】

【0022】

本発明によると、FBGセンサの特性(耐電磁気性、小サイズ、耐腐食性など)を維持し、且つ、測定対象の最大歪率の計測が可能である。これにより、歪率計測、亀裂診断、熱計測、圧力モニタリングのような構造物健全度計測維持管理技術(Structural Health Monitoring、SHM)分野への積極的な活用が可能となる。

【0023】

たとえば、本発明が前記で言及した好適な実施例に関連して説明されているが、本発明の要旨と範囲から逸脱することなく、他の様々な修正及び変形が可能であることが、当業者が容易に認識できるものであれば、このような変更及び修正が添付の請求範囲に属することは、自明である。

【図面の簡単な説明】

【0024】

本明細書に添付される下記の図面は、本発明の好適な実施例を例示するものであり、発明の詳細な説明と共に本発明の技術思想を更に理解させるものであるので、本発明は、そのような図面に記載された事項に限って解析してはいけない。

【0025】

【図1】図1は、本発明の第1の実施例によるFBGセンサの斜視図である。

【図2】図2は、図1におけるA-Aに沿った断面図である。

【図3】図3は、本発明の第2の実施例によるFBGセンサの斜視図である。

【図4】図4は、図1における第1の実施例を試片であるCFRP200に取り付けて、最大歪率と残留歪率を測定する状態を簡略に示す使用状態図である。

【図5】図5は、図4の側面図である。

【図6】図6は、図3における第2の実施例を試片であるCFRP200に取り付けて、最大歪率と残留歪率を測定する状態を簡略に示す使用状態図である。

【図7】図7は、本発明の一実施例によるFBGセンサの製造方法を示すフローチャートである。

【図8】図8は、本発明の第1の実施例を用いた最大歪率の測定グラフである。

【図9】図9は、本発明の第1の実施例を用いた歪率及び残留歪率の測定グラフである。

【図10】図10は、本発明の第2の実施例を用いた最大歪率の測定グラフである。

【図11】図11は、本発明の第2の実施例を用いた歪率及び残留歪率の測定グラフである。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0026】**

本発明の最大歪率の測定のためのF B Gセンサは、内部にF B Gセンサ150が設けられた光ファイバ130と、一面に前記光ファイバ130が接する第1の金属箔100と、前記一面に接する第2の金属箔120と、前記第1、2の金属箔100、120の間に設けられる接着層140と、前記F B Gセンサ150から、前記第1、2の金属箔100、120の残留歪率を測定する手段と、前記測定された残留歪率の値と、実験で求めた感度係数(Csen)とに基づいて、最大歪率を算出する手段とを含む。

【0027】

ここで、F B Gセンサ150は、光ファイバ130の中間部分に位置する。このようなF B Gセンサ150を中心に、上下に第1、2の金属箔100、120が接する。第1、2の金属箔100、120と光ファイバ130とは、接着層140によって緻密に接合される。第1、2の金属箔100、120は、長方形に切り出されると、中央位置にF B Gセンサ150が位置するようになる。

10

【0028】

以下、添付の図面を参照して、本発明が属する技術の分野における通常の知識を有する者が、本発明を容易に実施できる実施例を詳述する。但し、本発明の好適な実施例に関する動作原理を詳述することに当り、関連する公知機能又は構成に関する具体的な説明が、本発明の要旨を不要に濁していると判断される場合は、その詳細な説明を省略する。

【0029】

20

また、全図面において、類似した機能及び作用をする部分に対しては、同一の図面符号を付することにする。明細書全体において、ある部分が他の部分と連結されているとすると、これは、直接的に連結される場合だけでなく、その中間に他の素子を介して、間接的に連結されている場合も含む。また、ある構成要素を含むということは、特別に反対の記載がない限り、他の構成要素を除くことではなく、他の構成要素をも含むことを意味する。

【0030】**< 構成 >**

図1は、本発明の第1の実施例によるF B Gセンサ10の斜視図であり、図2は、図1におけるA-Aに沿った断面図である。図1及び図2に示しているように、光ファイバ130の中間部分にF B Gセンサ150が位置する。このようなF B Gセンサ150を中心に、上下に第1、2の金属箔100、120が接する。第1、2の金属箔100、120と光ファイバ130とは、接着層140によって緻密に接合される。

30

【0031】

第1、2の金属箔100、120のそれぞれは、厚み10 μ m～30 μ mのアルミニウムホイルからなる。より望ましくは、15 μ m～20 μ mの範囲である。10 μ m未満であると、取り扱いに際して、破れるか、製造しにくいという不都合があり、30 μ mより厚いと、パネ復元力が大きくなって、残留歪率を正確に測定しにくいことがある。本実施例では、厚み約18 μ mのアルミニウムホイルを、第1、2の金属箔100、120にそれぞれ使用した。そこで、第1、2の金属箔100、120と接着層140とを合わせた総厚みは、約36 μ mである。本実施例において、アルミニウムホイルの代わりに、銅箔又は銅箔などを使用することもできる。

40

【0032】

第1、2の金属箔100、120は長方形に切り出されると、中央位置にF B Gセンサ150が位置するようになる。

【0033】

接着層140への接着剤としては、KYOWA社のcyano-acrylateベースCC-33Aの製品を使用している。

【0034】

図3は、本発明の第2の実施例によるF B Gセンサ20の斜視図である。図3に示しているように、第1、2の金属箔100、120、接着層140、光ファイバ130、F B G

50

センサ１５０などは、第１の実施例の構成と同一であるので、構成の説明は省略することにする。

【００３５】

ブラケット１６０ａ、１６０ｂは、第１の金属箔１００と測定対象２００とを接合する機能を働かせる。ブラケット１６０ａ、１６０ｂは、ＦＢＧセンサ１５０を中心に、左右に約２．５ｃｍ離隔した位置に対称に配置される。実際に、ブラケット１６０ａ、１６０ｂは、厚く塗布して硬化されるエポキシ樹脂（ＫＦＲ－７３０Ｆ樹脂：ＫＦＲ－７３０Ｆ硬化剤＝１００：３７）自体となり得る。従って、測定対象２００の応力と歪率は、ブラケット１６０ａ、１６０ｂを介して、センサに伝達される。

【００３６】

<製造方法>

以下では、前記のような構成を有する第１、２の実施例の製造方法について、添付の図面を参照して具体的に説明する。

図７は、本発明の一実施例によるＦＢＧセンサの製造方法を示すフローチャートである。図７に示しているように、周辺で容易に求められる厚み約１８μｍのアルミニウムホイル（第１の金属箔１００）と、長さ約１ｃｍのＦＢＧセンサ１５０が内蔵した光ファイバ１３０とを用意する。その後、アルミニウムホイル（第１の金属箔１００）の一面に接着剤を塗布して、接着層１４０を形成する（Ｓ１００）。

【００３７】

ついで、接着層１４０上にＦＢＧセンサ１５０が中央に位置するように、光ファイバ１３０を接着させる（Ｓ２００）。

【００３８】

ついで、アルミニウムホイル（第１の金属箔１００）上に、同一のアルミニウムホイル（第２の金属箔１２０）を覆って接着させる（Ｓ３００）。変形の製作方法として、一枚の大きなアルミニウムホイルを半分に折って、ステップＳ３００を完成することもできる。

【００３９】

ついで、アルミニウムホイル（第１、２の金属箔１００、１２０）の周辺を所望する大きさと形状（例：長方形）に切り出して完成する（Ｓ４００）。この時、光ファイバ１３０が左右対称となる中心線上に置かれるようにするのが望ましい。

【００４０】

その他に、必要に応じて、図３に示した第２の実施例のように、ブラケット１６０ａ、１６０ｂを取り付けるステップを追加することができる。一对のブラケット１６０ａ、１６０ｂは、中心から左右に約２．５ｃｍずつ離隔した位置に、エポキシ樹脂を用いて取り付けられる。このようなステップを介して、本発明によるＦＢＧセンサ１０、２０の製造方法が終了する。

【００４１】

<使用方法>

以下では、前記のような第１、２の実施例を用いて最大歪率を測定する使用方法について、添付の図面を参照して詳述する。まず、最大歪率と残留歪率の間の感度係数（ C_{sen} ）を、以下のように定義する。

【００４２】

【数１】

（数式１）

$$C_{sen} = \frac{e_{max}}{e_{res}}$$

ここで、 e_{max} は最大歪率であり、 e_{res} は残留歪率である。その後、所定の試片に、本発明によるＦＢＧセンサと歪ゲージを取り付けた後、引張試験機で引張試験を行う。ここで、測定される歪ゲージの最大歪率（ e_{max} ）と、引張試験後に測定されるＦＢＧセンサの残留歪

10

20

30

40

50

率(e_{res})とを用いて、数式 1 から感度係数(C_{sen})を算出する。その後、測定対象構造物に F B G センサを取り付けて、残留歪率(e_{res})を測定すると、予め算出された感度係数(C_{sen})を用いて、数式 1 から最大歪率(e_{max})が得られる。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、図 1 における第 1 の実施例を試片である C F R P 2 0 0 に取り付けて、最大歪率と残留歪率を測定する状態を簡略に示す使用状態図であり、図 5 は、図 4 の側面図である。図 4 及び図 5 に示しているように、感度係数(C_{sen})を算出するための所定の試片 2 0 0 として、炭素繊維強化ポリマー(C F R P)を用意する。炭素繊維強化ポリマー(C F R P)は、商用化したほぼ全ての現代の航空機において主な構造材料として用いられる。C F R P のような複合材料の健全度状態をモニタリングするために、最大歪率の検出が非常に重要である。その理由は、このような情報から、構造の安全基準を決めることができるからである。炭素繊維強化ポリマー(C F R P)複合試片 2 0 0 の大きさは、厚み 2 mm、幅 2 5 mm、長さ 1 5 0 mm である。C F R P 試片 2 0 0 の上面には、エポキシ樹脂を用いて、アルミニウムホイールが接合された F B G センサ 1 0 が取り付けられ、下面には、長さ 5 mm の電気歪ゲージ 2 5 0 が取り付けられる。歪ゲージ 2 5 0 の信号は、別の配線 2 6 0 を介して出力される。

10

【 0 0 4 4 】

図 4 及び図 5 のように準備された試片 2 0 0 を、最大 5 トンの荷重と変形を加えるように制御可能なユニバーサルテストマシン(U T M)に装着し、図 4 の矢印のような引張力を加える。引張テストの間、本発明による F B G センサ 1 0 のデータは、F B G インテロゲータ(interrogator、CyTroniQ)によって得られ、歪ゲージ 2 5 0 のデータは、A / D トランス(図示せず)による信号制御器(図示せず)によって得られる。具体的な実験方法として、歪率は、各付加ステップ別に 1 0 回繰り返して測定された。各付加ステップは、1 0 0 K b f であり、試片 2 0 0 上の F B G センサ 1 0 に各負荷を増大し、歪率を除去することを繰り返した。

20

【 0 0 4 5 】

図 6 は、図 3 における第 2 の実施例を試片である C F R P 2 0 0 に取り付けて、最大歪率と残留歪率を測定する状態を簡略に示す使用状態図である。

【 0 0 4 6 】

このような方法で、第 1、2 の実施例に関するそれぞれの最大歪率と残留歪率のグラフが、図 8 ~ 図 1 1 に示される。すなわち、図 8 は、本発明の第 1 の実施例を用いた最大歪率の測定グラフであり、図 9 は、本発明の第 1 の実施例を用いた歪率及び残留歪率の測定グラフであり、図 1 0 は、本発明の第 2 の実施例を用いた最大歪率の測定グラフであり、図 1 1 は、本発明の第 2 の実施例を用いた歪率及び残留歪率の測定グラフである。参照として、金属箔のない状態の F B G センサには、何らの残留歪率が得られていない。

30

【 0 0 4 7 】

図 8 及び図 9 から分かるように、与えられる引張力の第 2 ステップから、残留歪率が残っている。引張力が増加する度に、残留歪率は、線形的に増加する結果を得た。すなわち、最大歪率(e_{max})と残留歪率(e_{res})の傾きがそれぞれ、5 . 6 4 及び 0 . 8 7 であり、数式 1 によると、感度係数(C_{sen})は、約 6 . 4 8 に算出された。このような過程により、感度係数(C_{sen})を算出することができる。

40

【 0 0 4 8 】

以後、実際に測定しようとする対象に、本発明による F B G センサ 1 0 を取り付けて、残留歪率(e_{res})を求めると、前記過程で算出された感度係数(C_{sen})を共に用いて、数式 1 から、最大歪率(e_{max})を算出することができる。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 及び図 1 1 から分かるように、各ステップ別に 5 回繰り返して歪率が測定された。引張力が試片 2 0 0 に与えられると、残留歪率は、第 4 回のステップから測定された。歪率は、図 8 及び図 9 でのような線形性を示している。前記図 8 及び図 9 の実験でのような方法で、最大歪率(e_{max})と残留歪率(e_{res})の傾きを測定した結果、それぞれ、2 . 6 9 及

50

び0.319であった。そこで、数式1によると、感度係数(Csen)は、約8.43に算出される。

【0050】

図8及び図9の第1の実施例と、図10及び図11の第2の実施例との実験結果の差は、歪率と引張力ステップの間の比率である。予想したように、第1の実施例(図8及び図9)の感度係数(Csen、6.48)は、第2の実施例(図10及び図11)の感度係数(Csen、8.43)よりも小さい。これは、F B Gセンサと試片200の間の距離に関するものと認められる。すなわち、第1の実施例(図8及び図9)の場合、F B Gセンサと試片200の間の距離が近くて、感度係数(Csen)が小さく示され、第2の実施例(図10及び図11)の場合、F B Gセンサと試片200の間の距離が遠くて、感度係数(Csen)が大きく示される。

10

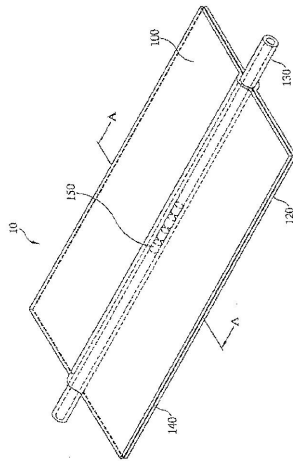
【0051】

そして、第1の実施例(図8及び図9)の残留歪率(e_{res})は、0.87であり、第2の実施例(図10及び図11)の残留歪率(e_{res})は、0.319であって、2倍以上の差があることが分かる。そこで、分散感知分野あるいは残留歪率の大小、感度係数の大小によって、第1、2の実施例のF B Gセンサを適切に適用して使用することができる。

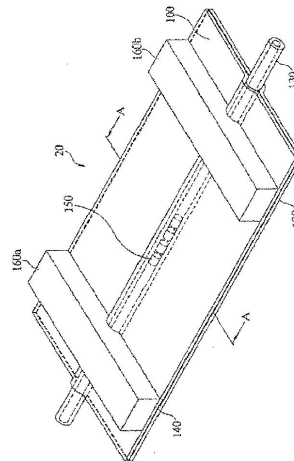
【0052】

以上で説明されたF B Gセンサは、前記実施例の構成・方法に限定して適用されるものではなく、前記実施例は、様々な変形がなされるように、各実施例の全部又は一部を選択的に組み合わせて構成することができる。

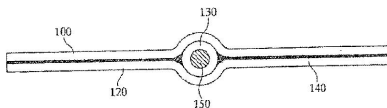
【図1】



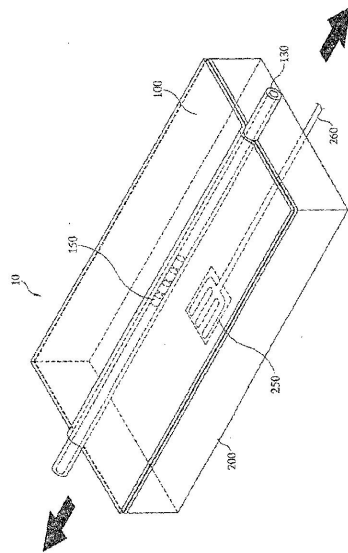
【図3】



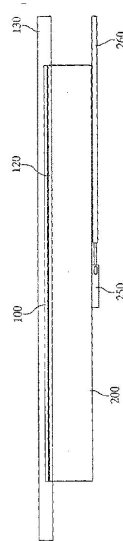
【図2】



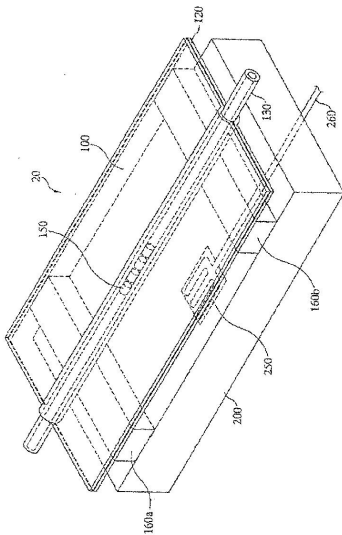
【図 4】



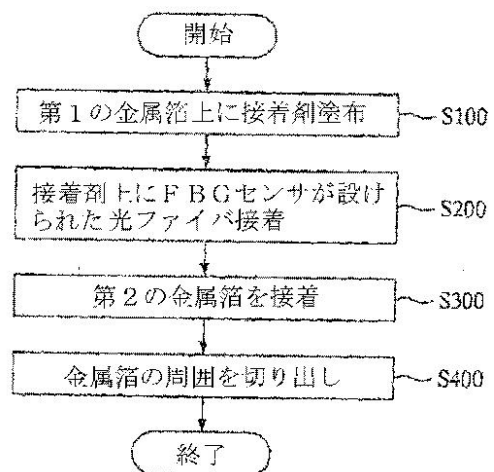
【図 5】



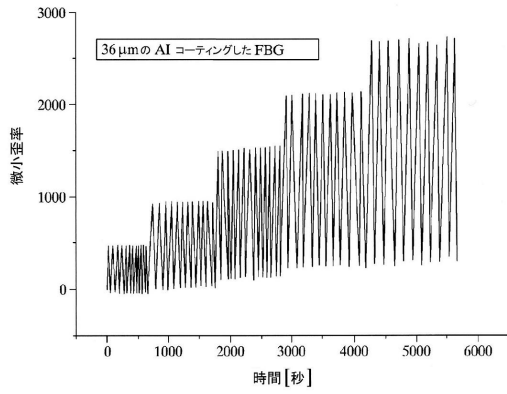
【図 6】



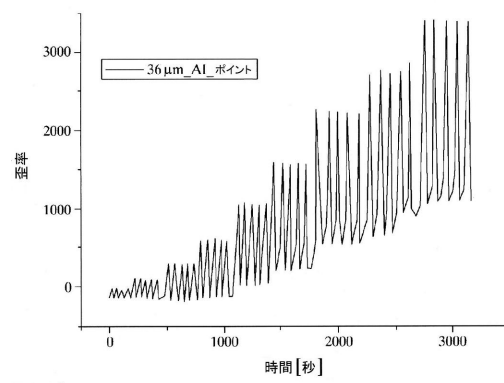
【図 7】



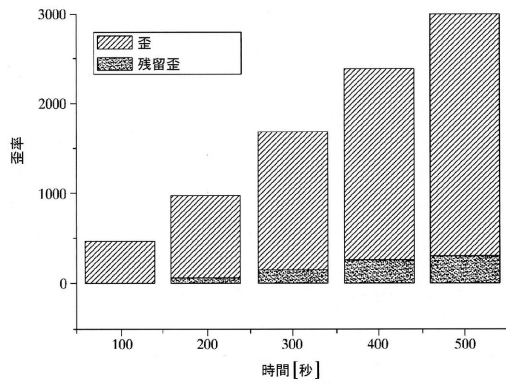
【図 8】



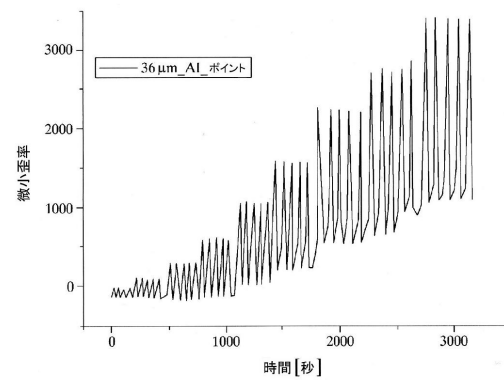
【図 10】



【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 キム ミ ヒョン

大韓民国 305-340 デゾンシ ユソング カジョンロ 267 ハングク ピョジュン
グァハク ヨングウォン

(72)発明者 チェ キ ソン

大韓民国 500-847 クァンジュシ ブックグ ヨンジュロ 30番キル 60 105ド
ン 1304ホ

審査官 深田 高義

(56)参考文献 特開2005-147900(JP,A)

特開2003-279760(JP,A)

特開2001-296110(JP,A)

特開2011-7689(JP,A)

特開2012-122751(JP,A)

特開2012-225744(JP,A)

特開2003-254838(JP,A)

特開2007-225894(JP,A)

特開2003-130934(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/353

G01B 11/16

G02B 6/02