

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6541659号
(P6541659)

(45) 発行日 令和1年7月10日 (2019.7.10)

(24) 登録日 令和1年6月21日 (2019.6.21)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 L 11/02 (2006.01)
 GO 2 F 1/035 (2006.01)
 GO 1 D 5/353 (2006.01)
 GO 1 L 1/24 (2006.01)

GO 1 L 11/02
 GO 2 F 1/035
 GO 1 D 5/353 C
 GO 1 L 1/24 A

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-536510 (P2016-536510)
 (86) (22) 出願日 平成26年8月25日 (2014.8.25)
 (65) 公表番号 特表2017-501398 (P2017-501398A)
 (43) 公表日 平成29年1月12日 (2017.1.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/052578
 (87) 国際公開番号 W02015/027247
 (87) 国際公開日 平成27年2月26日 (2015.2.26)
 審査請求日 平成29年8月22日 (2017.8.22)
 (31) 優先権主張番号 61/869, 639
 (32) 優先日 平成25年8月23日 (2013.8.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 516053855
 フォセ テクノロジー インテルナシオナ
 ル ベー ヴェ
 オランダ国 6105 マリアホープ, ワ
 ルドゥーフテルバーン 94
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介
 (72) 発明者 シェンマン, マルセル
 オランダ国 6105 マリアホープ, ワ
 ルドゥーフテルバーン 94

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シングル・モード・ファイバ・ブラッグ・グレーティング圧力センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シングルモード光ファイバと、
 前記シングルモード光ファイバに結合されたファイバブラッググレーティングと、
 異なる偏光状態において前記シングルモード光ファイバに入力された光信号についての
 、前記ブラッググレーティングの反射スペクトル間の波長シフトを検出する検出器と、
 前記ブラッググレーティングの反射スペクトル間の波長シフトが最大である前記の入力
 された光についての少なくとも一組の相互に直交する偏光状態を決定することによって、
 前記ブラッググレーティングにおける圧力の測定を得るロジックであり、前記反射スペク
 トルのうち1つの偏光状態が直線偏光状態であり、前記圧力の圧力軸に沿う、ロジックと

10

を含む圧力センサ。

【請求項 2】

前記ブラッググレーティングの反射スペクトルをマシンデータとして監視及び記憶し、
 前記ブラッググレーティングの反射スペクトル間の波長シフトが最大である前記の入力さ
 れた光についての前記一組の相互に直交する偏光状態を識別するように前記の記憶された
 スペクトルデータを処理するロジック、

をさらに含む請求項 1 に記載の圧力センサ。

【請求項 3】

前記シングルモード光ファイバに入力光信号を提供する、各々が異なる周波数において

20

変調された少なくとも2つの光源と、

各々の光周波数における前記ブラッググレーティングの反射スペクトルのための検出器と、

をさらに含む請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項4】

少なくとも1GHzの変調レートにおいて、少なくとも2つの直交する偏光状態において、前記シングルモード光ファイバに光信号を入力する変調器、

をさらに含む請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項5】

前記変調器は、偏光コンバイナが後に続くマッハツェンダー変調器である、

請求項4に記載の圧力センサ。

10

【請求項6】

前記ブラッググレーティングの反射スペクトルの平均パワーを測定するパワー検出器、

をさらに含む請求項4に記載の圧力センサ。

【請求項7】

前記シングルモード光ファイバの中の光の偏光状態をスキャンする偏光コントローラ、

をさらに含む請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項8】

前記の入力された光信号の偏光状態のうち1つの損失を制御する光制限器、

をさらに含む請求項1に記載の圧力センサ。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

ファイバブラッググレーティングは、材料内のひずみがブラッグ反射の波長シフトに変換されるところの圧力センサに使用される。偏光保持ファイバもまた、ある偏光におけるブラッグ反射の波長シフトが第2の直交する偏光における波長シフトとは異なるところの一軸圧力センサを含む圧力センサに使用される。シングルファイバには、種々の波長において反射するブラッググレーティングを用いて実現される複数のセンサを組み込むことができる。場合により、同一波長において反射する複数のブラッググレーティングがファイバ内に組み込まれ、上記複数のブラッググレーティングは、ファイバへの入力において光学的光パルスにより照射されるときにこれら格子により誘起される反射の「飛行時間」によって区別される。

30

【0002】

一軸圧力センサは、一軸性の圧力下のガラス光ファイバの複屈折に依存する。このことは、適用される圧力に起因して、上記のファイバに組み込まれるブラッグ反射器の波長シフトが、圧縮軸に整合され又は圧縮軸に直交する偏光について、異なることを意味する。通常のシングルモードファイバは、偏光保存ではない。このことは、特定の偏光状態においてファイバに放たれた光は、それがほぼ同じ伝搬定数を有する他の偏光状態におけるモードに容易に結合するので、上記特定の偏光状態にとどまらないことを意味する。ファイバの指数変動及び機械的変形は、入力偏光状態が数メートル又はそれ以下などの短い距離内で典型的には失われるような、効果的な結合メカニズムを提供する。偏光保持ファイバは、光が上記の2つの偏光状態のモード間で容易に結合しないように伝搬定数においてかなりの差を有する2つの直交する偏光状態（典型的には、線形）が存在するような、作りつけの応力をファイバ内に有する。ゆえに、複数の状態のうちの1つにおいて放たれる光がその状態にとどまり、それから、ファイバブラッググレーティングが特定の偏光状態において調べられることができる。ファイバの軸を、感知されるべき圧力軸に整合することが、一軸圧力の測定を可能にする。しかしながら、圧力が印加されないときでさえ、ファイバの2つの伝搬定数は異なる。ゆえに、2つの異なるブラッグ反射器波長（各々の直交する偏光の1つ）が発生することになり、正確な波長差は、ファイバに築かれた複屈折の量に依存する。ブラッグ反射の作りつけのシフトを有さず、一軸圧力が印加されたときに

40

50

だけシフトを示すセンサを有することが好ましいであろう。

【0003】

関連出願の相互参照

本出願は、2013年8月23日に申請されその全体を本明細書において参照により援用される「PRESSURE SENSOR UTILIZING BRAGG GRATING WITH SINGLE MODE FIBER」と題された米国出願番号第61/869,639号の優先及び利益を主張する。

【発明の概要】

【0004】

圧力センサが、シングルモード光ファイバと、該シングルモード光ファイバに結合されたファイバブラッググレーティングとを含む。検出器が、異なる偏光状態においてシングルモードファイバに入力される光信号について、ブラッググレーティングの反射スペクトルの波長シフトを検出する。ブラッググレーティングの反射スペクトルの波長シフトが最大である上記入力光についての少なくとも一組の相互に直交する偏光状態を決定することによって、ブラッググレーティングにおける圧力の測定が得られる。センサは、ブラッググレーティングの反射スペクトルをマシンデータとして監視及び記憶し、この記憶されたデータを処理して、ブラッググレーティングの反射スペクトルの波長シフトが最大である上記入力光についての一組の相互に直交する偏光状態を識別することができる。少なくとも2つの光源がシングルモード光ファイバに入力光信号を提供することができ、各々は異なる周波数において変調され、さらに、各光周波数におけるブラッググレーティングの反射スペクトルのための検出器がある。変調器が、少なくとも1GHzの変調レートにおいて、少なくとも2つの直交する偏光状態において、シングルモードファイバに光信号を入力することができる。変調器は、偏光コンバイナが後に続くマッハツェンダー変調器であってもよい。システムは、ブラッググレーティングの反射スペクトルの平均パワーを測定するためのパワー検出器を含んでもよい。偏光コントローラが、シングルモードファイバの中の光の偏光状態をスキャンしてもよい。光制限器(limiter)が、上記入力光信号の複数の偏光状態のうち1つについての損失を制御するように使用されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0005】

特定の要素又は動作の議論を容易に識別するために、参照番号における1つ又は複数の最上位桁が、要素が最初に紹介された図番号を示す。

【図1】FBGセンサを採用するシステムの一実施形態である。

【図2】圧力下のFBGに結合された光ファイバの一実施形態の例示である。

【図3】異なる周波数において各々変調された2つの調整可能レーザを含むセンサシステムの一実施形態である。

【図4】調整可能レーザの後にデュアル出力マッハツェンダー(MZ)変調器が続くセンサシステムの一実施形態である。

【図5】波長スキャンの間に検出された反射の一例を示す。

【図6】図5における例示と同じ測定であるが、フィットを構築するのに十分な迅速さで2つの曲線の極値に達することを保証するのに十分なほど、偏光変調が高速でない。

【図7】MZ変調器を用いて周波数“mod”において変調された信号の平均的なパワー及び大きさの一例を示し、これにおいて、あるローレンツ曲線と別のローレンツ曲線(“デルタ”)とがフィットしている。

【図8】曲線のフィットが、ある可変の偏光状態を放ち、かつ2つの反射曲線を再構築するのに十分なほどゆっくり波長をスキャンするシステムの、一例をもたらす。

【発明を実施するための形態】

【0006】

「1つの実施形態」又は「一実施形態」との表現は、必ずしも同一の実施形態を示さず、ただしそうである場合もある。文脈が明らかに必要としない限り、本説明及び請求項全体にわたって、単語「含む」「含んでいる」及び同様の語は、排他的又は網羅的な意味と

10

20

30

40

50

は対照的に、包含的な意味において、すなわち、「含めるが、これらに限定されない」の意味において解釈されるべきである。単数又は複数の数を用いた単語は、単一のもの又は複数のものに明示的に限定されない限り、それぞれ、その複数又は単数の数をさらに含む。さらに、単語「本明細書において」「上記」「下記」及び同様の趣旨の語は、本出願において使用される場合、本出願を全体として指し、本出願のいずれか特定部分を指すものではない。請求項が2以上のアイテムのリストを参照して単語「又は」を使用する場合、この単語は、どれか1つに明示的に限定されない限り、該単語についての下記解釈のすべて、すなわち、リスト内のアイテムのうち任意のものと、リスト内のアイテムのすべてと、リスト内のアイテムのうち任意の組み合わせとをカバーする。本明細書に説明されるのは、単一の光ファイバに複数の一軸 (uni-axial) 圧力センサを組み込むシステム及び方法である。シングルモードファイバは偏光保持ファイバよりも好まれ、より低いコストで長距離にわたって読み出されることができるセンサシステムがもたらされる。

10

【0007】

シングルモードファイバを使用するとき、ブラッググレーティングに向かって放たれる (launched) 光についての入力偏光状態 (polarization state) を所与として、ブラッググレーティングにおける偏光状態は分からない。しかしながら、偏光コントローラを使用することによって、すべてのとり得る偏光状態が、入力偏光状態 P_{in} を所与として、作成されることができる。ある直線の偏光状態 P_{br} が圧力軸に沿って (in line with) ブラッググレーティングにおいて見つけられる場合、直交する入力偏光状態 P_{in_o} が、 P_{br} に対して直交し、ゆえに圧力軸に対して直交する偏光状態 P_{br_o} を、ブラッググレーティングにおいて作り出すことになる。ファイバに印加される一軸圧力は、偏光状態 P_{br_o} のブラッグ反射波長に相対して、偏光状態 P_{br} のブラッグ反射波長を (ブラッググレーティングにおいて) シフトさせることになる。シングルモードファイバにおいてでさえもブラッグ反射器の長さ全体にわたって特定の偏光状態 P_{br} 又は P_{br_o} を保存するのに十分な長さのブラッグ反射器が、利用される。例えば上記の2つのモード間で切り換えることによって、偏光状態 P_{in} と直交する偏光状態 P_{in_o} とにおける光を放つ読み出しシステムが、利用される。 P_{in} 自体が定義されない一方、 P_{in} と P_{in_o} との間の直交性は、入力光が偏光コントローラ及びファイバを通して渡される場合でさえ、維持される。偏光コントローラは、ブラッググレーティングにおいて、感知されるべき一軸圧力に沿った偏光状態 P_{br} がスキャンに含まれるように、すべてのとり得る偏光状態を通して (through) スキャンされる。スキャンが上記偏光状態 P_{br} に達したとき、偏光状態 P_{in} と P_{in_o} とにおける光の反射の波長は、最大の相互的シフトを提示する。偏光状態がスキャンされるので、 P_{in} は P_{br_o} に整合されることができ、ゆえに暗黙的に、 P_{in_o} は P_{br_in} に整合される。反射波長の相互的シフトは同様に大きい、この場合には反転される。

20

30

【0008】

システムは、ファイバブラッググレーティングの波長依存性の決定に基づく一軸圧力センシングを利用してもよく、これにおいて、反射スペクトルは、適用される圧力の量に依存して波長シフトを提示する。このシフトは、入力偏光状態が圧力の軸に整合されるときに、最大であり、好ましくは、圧力センサは、圧力軸との回転アライメントを必要としない標準的なシングルモードファイバを用いて実施される。圧力測定は、相互に直交する第1及び第2の偏光状態におけるブラッググレーティング反射スペクトルのシフトを決定することと、第1及び第2の偏光状態の反射スペクトル間の相互的シフトが最大である (あるいは最大に近い) ところの第1及び第2の偏光状態を識別することとによって、実行することができる。第1の偏光状態は、偏光コントローラで修正されてもよい。

40

【0009】

偏光スキャンは、すべてのとり得る状態 P_{br} が実際に取得されるように、 P_{in} を変更してもよい。しかしながら所与の P_{in} について、 P_{br} は安定的でない。いくつかの場合、振動及び温度が偏光状態をドリフトさせる。上記の影響に起因する変化のレートは、入力偏光スキャンより一般に速い、超音波のレンジにおいて発生し得る。(高価な) 高

50

速の偏光スキャナが利用される場合でさえ、ファイバの中のいくつかの距離（例えば、数 km）におけるブラッググレーティングの反射の遅延は、フィードバックループが非常に遅いため、 P_{in} を制御することにより P_{br} を安定的に保つ能力を妨げる。このことは多数の方法において設計されることができ、例えば、ブラッググレーティングの反射スペクトルは、 P_{br} 及び P_{br_o} が「達せられた（hit）」ときに反射スペクトルの瞬間的なスナップショットが記憶されるように、連続的に監視されてもよい。収集されたすべての反射スペクトル間における最大シフトを決定するように後処理が適用され、印加された一軸圧力の測定値がもたらされてもよい。別の手法は、両方の直交する反射スペクトルを同時に監視することであり、このことは、信号経路において偏光コントローラの前に来る偏光コンバイナ（combiner）と組み合わせられた2つの光源を使用することによって達成することができる。各光源は、その独自の周波数において変調されてもよく、これら周波数は、別個に検出されてもよい。別のアプローチは、高い周波数において2つの直交する偏光状態を二者択一的に送出することである。

10

【0010】

P_{in} と P_{in_o} とが立て続けに交互して放たれる場合、交互のレートは、反射スペクトル測定の間、偏光状態が本質的に安定的であるように、例えばMHz乃至GHzのレンジ内であり得る。それから、瞬間的に信号が反射スペクトルの相互的シフトにおいて取得されるように、復調を含め、反射のスペクトル解析が実行される。

【0011】

一実施形態において、ファイバに放たれる光の総量は、場合により、光の量を監視することと、偏光軸 P_{in} 又は P_{in_o} のうち1つの損失を制御することとによって、一定に保たれる。ブラッググレーティングを調べるために使用されるレーザ源の波長は、反射スペクトルの波長依存性を決定するようにスキャンされる。一軸圧力が印加されない場合、 P_{in} と P_{in_o} との反射された光はほぼ同一であり、 P_{in} と P_{in_o} との交互の変調に起因した、反射された光における変調は、検出されないことがある。一軸圧力により、偏光状態が P_{br} 又は P_{br_o} と整合するときに最大である変調が存在する。変調の符号は、 P_{br} が達せられるか又は P_{br_o} が達せられるかを交換し（swaps）、ゆえに、検出された変調の位相を追跡することは価値があり得る。システムがいくつかの偏光依存損失を有する場合、ファイバに放たれた光が一定のパワー（power）を有したという事実は、 P_{in} が放たれたか又は P_{in_o} が放たれたかに関わりなく、上記の2つの偏光状態の反射が等しいであろうことを保証せず、 P_{br} と P_{br_o} とについて（印加された圧力がなく）等しい反射性を有する場合でさえ、反射の中に検出される変調があるであろう。しかしながら、この変調は、ブラッググレーティングの反射性が一定である場合でさえ、任意の波長において存在することになり、このことは、何らかの波長において常に発生する。ゆえに、偏光依存損失の量は、この特性によって検出され、補正されることができる。

20

30

【0012】

いくつかの実施形態において、可変利得増幅器（例えば、電圧制御増幅器とも呼ばれる、VCA）が、変調器（例えば、図4の実施形態に例示されるMZ変調器406）の出力を受信してもよい。可変利得増幅器の出力は、MZ変調器406の出力と共に、コンバイナ（例えば、図4のコンバイナ408）に提供されてもよい。プロセッサ/コントローラが、偏光状態の損失を制御するように、例えば前の段落において説明されたとおり、可変利得増幅器の出力を制御するように採用されてもよい。順方向（forward）変調検出器が、カプラ（例えば、図4の要素412）の出力を提供されてもよい。このように、変調の順方向検出と少なくとも1つの偏光状態の損失の制御とを有して順方向パワーの変調を除去するシステムが、可能にされ得る。

40

【0013】

無線周波数（RF）変調が P_{in} と P_{in_o} とについて使用されて、 P_{in} と P_{in_o} とを異なる周波数において変調することによって、単一の検出器上での P_{in} と P_{in_o} との独立した検出を容易にしてもよい。各周波数は別個に復調されてもよく、ゆえ

50

に、 P_{in} と P_{in_o} とについての反射を独立してもたすことができる。

【0014】

ソースレーザの変調が、波長を掃引する (sweep) ために使用されてもよく、あるいは、位相変調器が、検出を容易にするように混変調プロダクトの追加的な変調及び生成に適用されてもよい。白色光源又は広帯域源を用いて、反射が複数の波長において同時に生成されてもよい。上記反射の混合が、検出すべき直接RF信号周波数をもたらしてもよい。これらの適用のいずれかにおいて、偏光コントローラが、ファイバへの複数の偏光状態を通してスキャンすることに適用されてもよく、相互に直交する偏光状態におけるブラッググレーティング反射性が、決定される。反射性の波長依存性が決定され、偏光状態がスキャンされる間、上記反射スペクトルの最大の相互的シフトがどれほどであるかが決定される。

10

【0015】

偏光状態がスキャンされる間、反射スペクトルの相互的シフトは最大化されない。しかしながら、スキャンは十分に迅速で、波長スキャンの間、相互的シフトは、最小及び最大の反射スペクトルを再構築するほど十分に最大化される。このことの一例が図5に示されている。

【0016】

センサシステムの一実施形態が、波長調整可能 (wavelength tunable) レーザ102と、偏光コントローラ104と、カブラ (又はサーキュレータ) 106と、ファイバ (矢印) と、ファイバブラッググレーティング (FBG) センサ110とを含み、反射解析システムに少なくとも部分的に提供される偏光及び波長依存反射で光を反射する。反射解析システム108が、フォトダイオード及びデータ処理を含み、あるいはスペクトルフィルタリング又は光学スペクトル解析をさらに含んでもよい。レーザ102は広帯域発光ダイオードであってもよく、この場合、反射解析は、例えばスペクトルアナライザを用いたいくらかのスペクトル解析を含むことになる。レーザ102は調整可能レーザであってもよく、この場合、反射解析は、調整可能レーザの波長が反射解析におけるパラメータであるように行われる。いずれの場合も、反射は、ブラッググレーティング110の反射スペクトルが様々な偏光状態について決定され得るように、波長の関数として決定される。

20

【0017】

圧力は、ファイバブラッググレーティング110における偏光状態 P_{br} に沿い、 P_{br_o} に対して直交する。ファイバ入力偏光状態 P_{in} 及び P_{in_o} は、ファイバブラッググレーティング110における偏光状態 P_{br} 及び P_{br_o} における光を生成する。

30

【0018】

2つの調整可能レーザ306、308が各々、変調器302、304それぞれによって、周波数F1及びF2それぞれにおいて変調される。レーザ306、308の出力は、偏光コンバイナ310に提供される。コンバイナ310は、相互に直交する偏光状態における光を、偏光状態についてスキャンする偏光コントローラ312に対して出力する。偏光コントローラ312の出力はカブラ316に提供され、カブラ316は、上記光出力をFBG314に送る (及び、FBG314から光出力を受け取る)。

40

【0019】

検出器318が、カブラ316の光出力を受信する。検出器318の出力は、特定周波数検出器322及び320に提供され、特定周波数検出器322及び320は、周波数F1及びF2をそれぞれ検出する。このシステムは、レーザ306、308の反射スペクトルを同時に監視する。レーザ306、308の出力は、直交する偏光状態において放たれ、ゆえに、相互に直交する偏光状態においてFBG314に到達する。

【0020】

レーザ402、422が光を入力し、その後、例えば、周波数変調器404によって周波数 f_{mod} において変調されたニオブ酸リチウム ($LiNbO_3$) を用いて製作された、デュアル出力マッハツェンダー (MZ) 変調器406が続き、その後、レートf

50

__modにおいて2つの相互に直交する偏光状態からの光を交互に出力する偏光コンバイナ408が続き、その後、偏光状態をスキャンする偏光コントローラ410が続く。カプラ412が、コントローラ410とFBG414とからの信号を組み合わせる(combin es)。検出器416が、カプラ412の出力に、並びに、周波数(f__mod)についての検出器418及び平均パワーについての検出器420それぞれに、結合される(couple d)。このシステムは、相互に直交する偏光状態においてFBG414に到達した2つの直交する偏光状態の反射差を監視する。さらに、平均反射がパワー検出器420において測定され、したがって、個々の反射曲線が、FBG414における2つの直交する偏光状態から再構築されることができる。

【0021】

10

波長がスキャンされる間、偏光状態は、より迅速にスキャンされる。このことは、周波数Freq1及びFreq2(例えば、2つの変調周波数)において検出される信号のプロットの中で高速の変調によって例示される。各変調周波数において、同様の結果が見出されるが、ただし反対の位相(counter-phase)においてである。2つの曲線が、(この例示的なローレンツ曲線において)変調の極値(extremes)に対して(例えば、マシンプロセッサ回路に適用されるロジックを用いて)フィットされる(fit)。上記2つの曲線の相互的シフトは、一軸性の圧力により誘起されるファイバブラッググレーティングの波長シフトである。

【0022】

各偏光状態の曲線が反対の位相にあるとの知識は、例示的なローレンツ曲線に対するフィットを容易にする。

20

【0023】

「ロジック」は、メモリ回路、マシン可読媒体、及び/又は回路を指し、その材料及び/又は材料エネルギー構成の方法により、制御及び/又は手続的信号、及び/又は設定及び値(例えば、抵抗、インピーダンス、キャパシタンス、インダクタンス、定格電流/電圧等)を含み、これらが、装置の動作に影響を与えるように適用されることができる。磁気媒体、電子回路、電氣的及び光学的メモリ(揮発性及び不揮発性の双方)、及びファームウェアは、ロジックの例である。ロジックが1つ以上の装置にわたって分散されてもよく、かつ/あるいはメモリ、媒体、処理回路及びコントローラ、他の回路、並びに同様のものの組み合わせを含んでもよいことを、当業者は十分理解するであろう。ゆえに、明りょうさ及び正しさのために、ロジックは、装置及びシステムに本質的に存在するにもかかわらず、その図面に常にはっきりと例示されてはいないことがある。本明細書に説明される手法及び手順は、1つ以上のコンピューティング装置において分散されるロジックを介して実装されてもよい。ロジックの具体的な分散及び選択は、実装に従って変化することになる。本明細書に説明される手法及び手順は、1つ以上のコンピューティング装置において分散されるロジックを介して実装されてもよい。ロジックの具体的な分散及び選択は、実装に従って変わってもよい。様々なロジック実装が存在し、これにより本明細書に説明される処理及び/又はシステムがもたらされ得る(例えば、ハードウェア、ソフトウェア、及び/又はファームウェア)ことと、好適な達成手段(vehicle)は、処理がデプロイされる前後関係で変化することとを、当業者は十分理解するであろう。「ソフトウェア」は、種々の目的(例えば、揮発性又は不揮発性のメモリ又は媒体の読み出し/書き込み)に対して容易に再適応され得るロジックを指す。「ファームウェア」は、読取専用メモリ及び/又は媒体として具現化されるロジックを指す。ハードウェアは、アナログ及び/又はデジタル回路として具現化されるロジックを指す。実施者が、スピード及び正確さが最重要であると決定する場合、この実施者は、ハードウェア及び/又はファームウェアの達成手段を選んでよい。代わって、柔軟性が最重要である場合、実施者は、専らソフトウェア実装を選んでよい。あるいは、さらに再び代わって、実施者は、ハードウェア、ソフトウェア、及び/又はファームウェアの何らかの組み合わせを選んでよい。したがって、いくつかのあり得る達成手段が存在し、これにより、本明細書に説明される処理がもたらされることができる。利用されるいずれの達成手段も、達成手段がデプロイされる

30

40

50

ことになる前後関係と実施者の特定の関心（例えば、スピード、柔軟性、又は予測可能性）とに依存した選択であり、これらのいずれもが変化し得るという点において、達成手段のどれかが他に対して本質的に優れることはない。実装の光学的態様には、光学指向のハードウェア、ソフトウェア、及び／又はファームウェアが含まれ得ることを、当業者は認識するであろう。上述の詳細な説明は、ブロック図、フローチャート、及び／又は例の使用を介して装置及び／又は処理の様々な実施形態を明記している。こうしたブロック図、フローチャート、及び／又は例が、1つ以上の機能及び／又は動作を含む限りにおいて、上記ブロック図、フローチャート、又は例の中の各機能及び／又は動作が、個々に及び／又は集合的に、広範囲のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又は實際上これらの任意の組み合わせによって実施されてもよいことは、周知のこととして当業者に理解されるであろう。本明細書に説明される対象事項のいくつかの部分は、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）、又は他の集積フォーマットを介して実施されてもよい。しかしながら、本明細書に開示される実施形態のいくつかの態様が、全体として又は部分的に、標準的な集積回路において、1つ以上のコンピュータ上で動作する1つ以上のコンピュータプログラムとして（例えば、1つ以上のコンピュータシステム上で動作する1つ以上のプログラムとして）、1つ以上のプロセッサ上で動作する1つ以上のプログラムとして（例えば、1つ以上のマイクロプロセッサ上で動作する1つ以上のプログラムとして）、ファームウェアとして、あるいは、實際上これらの任意の組み合わせとして、同等に実施されてもよいことと、回路を設計すること並びに／又はソフトウェア及び／若しくはファームウェアのコードを書くことが本開示を踏まえて十分当業者のスキルの範囲内であることを、当業者は認識するであろう。さらに、本明細書に説明される対象事項のメカニズムが、プログラムプロダクトとして様々な形態において分散されることが可能であることと、本明細書に説明される対象事項の例示的な実施形態が、上記分散を実際に行うために使用される信号担持（bearing）媒体の具体的タイプに関わりなく等しく適用されることを、当業者は十分理解するであろう。信号担持媒体の例には、これらに限定されないが、下記が含まれる：フロッピーディスクなどの記録可能タイプ媒体、ハードディスクドライブ、CD ROM、デジタルテープ、及びコンピュータメモリ。一般的な意味において、個々に及び／又は集合的に、広範囲のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの任意の組み合わせによって実施され得る本明細書に説明された様々な態様が、様々なタイプの「回路」を含むものとみられ得ることを、当業者は認識するであろう。結果として、本明細書において、「回路」は、これらに限定されないが、少なくとも1つのディスクリット電気回路を有する電気回路、少なくとも1つの集積回路を有する電気回路、少なくとも1つの特定用途向け集積回路を有する電気回路、コンピュータプログラムにより構成される汎用目的コンピューティング装置を形成する回路（例えば、本明細書に説明された処理及び／又は装置を少なくとも部分的に実行するコンピュータプログラムにより構成された汎用目的コンピュータ、又は、本明細書に説明された処理及び／又は装置を少なくとも部分的に実行するコンピュータプログラムにより構成されたマイクロプロセッサ）、メモリ装置を形成する回路（例えば、ランダムアクセスメモリの形態）、及び／又は通信装置を形成する回路（例えば、モデム、通信スイッチ、又は光学的 - 電氣的機器）を含む。本明細書に明記された方法で装置及び／又は処理を説明し、その後、標準的なエンジニアリングの実務を用いて上記の説明された装置及び／又は処理を統合してより大きいシステムにすることは当分野において一般的であることを、当業者は認識するであろう。すなわち、本明細書に説明された装置及び／又は処理の少なくとも一部分が、合理的な量の実験作業を介して、ネットワーク処理システムに統合されてもよい。前述の説明された態様は、種々のコンポーネントが種々の他のコンポーネント内に包含され、又は種々の他のコンポーネントに接続されることを表している。こうした表されたアーキテクチャは単に例示であり、実際は、同じ機能性を達成する多くの他のアーキテクチャが実施され得ることが理解されるべきである。概念的な意味において、同じ機能性を達成するためのコンポーネントの任意の配置が、所望の機能性が達成されるように効果的に「関連付

10

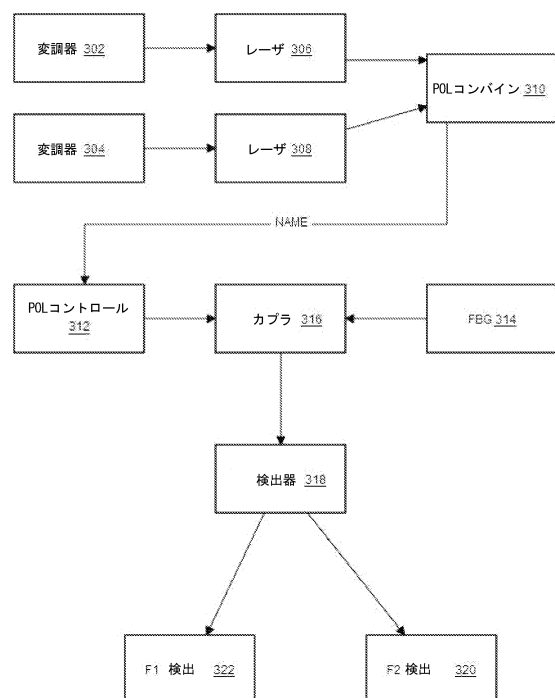
20

30

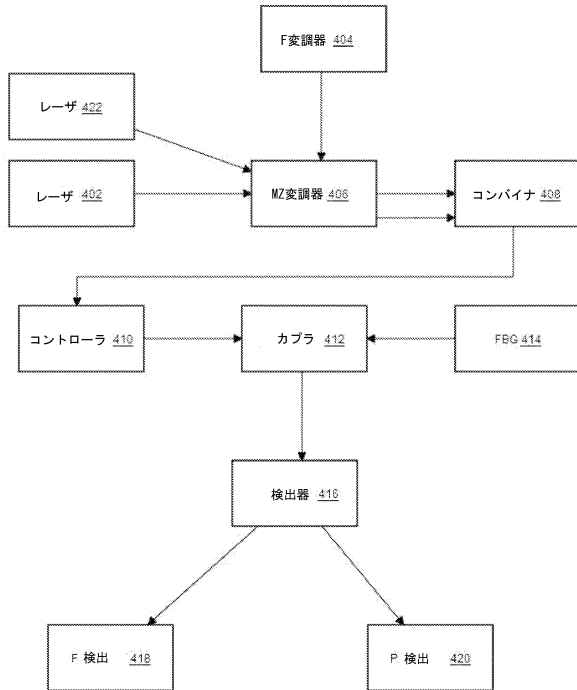
40

50

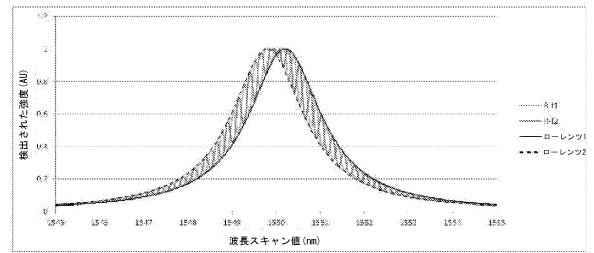
【圖 3】



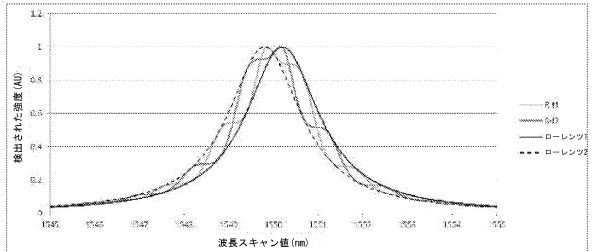
【図 4】



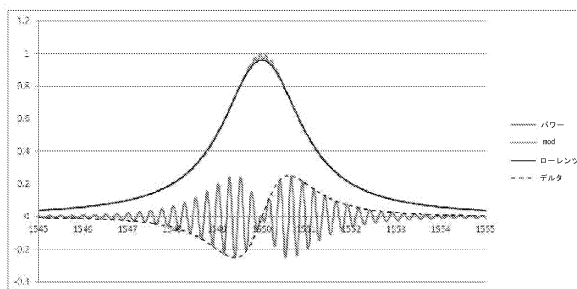
【図 5】



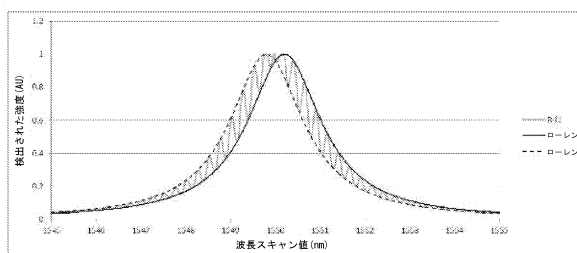
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

審査官 細見 斉子

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 4 1 1 9 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 1 3 5 3 4 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 0 9 5 2 6 3 (U S , A 1)

Huizu Lin, et al. , Visibility properties of the interferometric optical fiber sensors using polarization scrambling , APPLIED OPTICS , 米国 , Optical Society of America , 2 0 1 2 年 1 1 月 1 9 日 , Vol. 51, No. 33 , 7982-7986

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 L 1 1 / 0 2

G 0 1 D 5 / 3 5 3

G 0 1 L 1 / 2 4

G 0 2 F 1 / 0 3 5