

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4410323号  
(P4410323)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 C 19/72 (2006.01)** GO 1 C 19/72 L  
 GO 1 C 19/72 C

請求項の数 7 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-237898                  (22) 出願日 平成10年7月22日(1998.7.22)                  (65) 公開番号 特開平11-118494                  (43) 公開日 平成11年4月30日(1999.4.30)                      審査請求日 平成15年3月12日(2003.3.12)                      審判番号 不服2007-19069(P2007-19069/J1)                      審判請求日 平成19年7月6日(2007.7.6)                  (31) 優先権主張番号 08/899,223                  (32) 優先日 平成9年7月23日(1997.7.23)                  (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 598056009                  ノースロップ グラマン ガイダンス ア                  ンド エレクトロニクス カンパニー, イ                  ンコーポレーテッド                  NORTHROP GRUMMAN GU                  IDANCE AND ELECTRON                  ICS COMPANY, INC.                  アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91                  367-6675. ウッドランド ヒルズ                  , バーバンク ブーラバード 21240                  (74) 代理人 100081259                  弁理士 高山 道夫</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ回転センサシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

利得光ファイバ(18)と、前記利得光ファイバ(18)から光信号を入力する第1光カプラ(14)と、光ファイバの検出コイル(48)およびその検出コイル(48)に接続された一体化光学チップ(37)を含む回転センサ(53)と、前記第1光カプラ(14)からの光信号を前記回転センサ(53)内の前記一体化光学チップ(37)へ光路に沿って案内する光ファイバ(24, 28, 35)とを備え、

前記利得光ファイバ(18)は前記一体化光学チップ(37)に光信号を与えるように光励起され、前記利得光ファイバ(18)からの光信号が前記検出コイル(48)へ入力されて前記検出コイル(48)内に互いに逆方向に伝搬する光波を形成し、前記互いに逆方向に伝搬する光波が前記検出コイル(48)を通過して前記一体化光学チップ(37)内で合成されてジャイロ出力信号を発生させるように構成された光ファイバ回転センサシステムにおいて、

前記利得光ファイバ(18)と前記一体化光学チップ(37)との間を伝搬する光信号を減偏光してこの偏光状態のランダムな変化を防止するリオ減偏光子(25)と、

前記第1光カプラ(14)からの光信号を前記一体化光学チップ(37)へ案内する前記光ファイバ(24, 28, 35)の前記第1光カプラ(14)と前記回転センサ(53)間に配置され、前記利得光ファイバ(18)から前記一体化光学チップ(37)への光伝搬は許すが前記一体化光学チップ(37)から前記利得光ファイバ(18)への光伝搬を防止するように形成されたアイソレータ(27)と

10

20

を更に備えることを特徴とする光ファイバ回転センサシステム。

【請求項 2】

前記アイソレータ(27)は前記リオ減偏光子(25)と前記第1光カプラ(14)との間に位置することを特徴とする請求項1の光ファイバ回転センサシステム。

【請求項 3】

前記リオ減偏光子(25)は前記アイソレータ(27)と前記第1光カプラ(14)との間に位置することを特徴とする請求項1の光ファイバ回転センサシステム。

【請求項 4】

前記第1光カプラ(14)からの光信号を前記一体化光学チップ(37)へ案内する前記光ファイバ(24, 28, 35)内に接続され光信号が入力される第2光カプラ(26)と、前記第2光カプラ(26)からの光信号が入力される複数の前記回転センサ(53, 54, 56)を有し、前記複数の回転センサ(53, 54, 56)のそれぞれが、前記第2光カプラ(26)に接続される光ファイバ(28, 29, 30)と、その光ファイバから光信号を入力する第3光カプラ(34)と、前記第3光カプラ(34)から前記一体化光学チップ(37)へ光信号を案内する光ファイバ(35)とを備えることを特徴とする請求項1の光ファイバ回転センサシステム。

10

【請求項 5】

前記リオ減偏光子(25)が前記第2光カプラ(26)と前記一体化光学チップ(37)との間に配置されることを特徴とする請求項4の光ファイバ回転センサシステム。

【請求項 6】

前記リオ減偏光子(25)が前記第2光カプラ(26)と前記第3光カプラ(34)との間に配置されることを特徴とする請求項5の光ファイバ回転センサシステム。

20

【請求項 7】

前記第3光カプラ(34)が多重光カプラ(MUX)であることを特徴とする請求項6の光ファイバ回転センサシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は反対方向に伝搬する波を光ファイバの検出コイルへ与える光源を有する光ファイバ回転センサの倍率を安定化する構成に関する。本発明は特に、光源から干渉計への光信号の偏光および干渉計から再び光源へ送られる光信号の偏光の両方を安定化することにより、光ファイバ回転センサの倍率を安定化する構成に関する。

30

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ回転センサには光信号源が包有され、この光信号源は光ファイバの検出コイルを含む干渉計に対し反対方向に伝搬する波を与える。通常の光信号源にはポンプ光波を利得ファイバに与えるレーザダイオードが含まれる。利得ファイバには、ポンプ光波を吸収し次に干渉計の供給に適した光信号を出力するドーパントが含まれる。干渉計内では、一体化光学チップが光ファイバの検出コイルと接続されている。光ファイバ回転センサ内の通常の一体化光学チップには光ファイバの検出コイルに対し入出力される光信号を処理し制御するために使用される、偏光子、位相変調器およびYカプラ等の部品が包有されている。干渉計の出力は反対方向に伝搬する2個の波間の位相差である。検出軸を中心とするコイルの回転速度はこの位相差を倍率で除算することにより得られる。光ファイバジャイロスコープの倍率(あるいはサニヤック倍率SSF)は次の周知の式により与えられる。

40

$$SSF = \frac{2\pi LD}{c\lambda}$$

ここに、Lは(コイル長を含む)検出ループの長さおよびYカプラあるいはY接続点後の一体導波管の長さの和であり、Dは有効コイル直径、cは真空中での光の速度、λは“平均

50

”あるいは“干渉”平均波長である。光ファイバ回転センサを用いて正確に測定するには、正確で安定した倍率が要求される。

【0003】

光ファイバジャイロスコープの倍率安定性は光源と一体化光学チップとの間の光ファイバの光の偏光状態の変化により影響される。光ファイバ内の応力変化により、光ファイバを介し案内される光の偏光状態が変化される。この応力とは源起的には機械的あるいは熱により生じる。偏光状態の変化により、初期には光源と一体化光学チップ（一部単一モードファイバおよび一部は偏光維持ファイバで作られる）との間を移動し次に偏光する一体化光学チップ自体を移動する光のフィルタ作用を介し、偏光状態の変化により光ファイバ回転センサの倍率が変化する。

10

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上述の構成では、上記のフィルタ作用により倍率不安定期間が短くなり倍率反復性の低下期間が長くなる、の如き問題があった。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、倍率安定性が向上された光ファイバ回転センサシステムが提供される。本発明によれば光源と光ファイバ回転センサ内の干渉計との間の光の偏光状態の変化を低減する装置に関する。本発明はレーザダイオード励起光源および高いコヒレンシを有する励起光を広いスペクトル出力光に変換するドープされた利得光ファイバを含む光源を備える。波長分割マルチプレクサ(WDM)を用いて、励起光をレーザダイオードからドープされた光ファイバへ効果的に結合し、またドープされた光ファイバから光カプラへ広いバンドの光を効果的に結合する。

20

【0006】

光カプラは光信号を入力しこの光信号を光ファイバに与える。光ファイバは、光カプラから一体化光学チップへと光信号を光路に沿って案内するように配置され、利得光ファイバからの光信号が光ファイバの検出コイルに入力されて内部で互いに反対方向に伝搬する光波を形成する。互いに反対方向に伝搬する光波は検出コイルを透過し、次に一体化光学チップ内で合成されてジャイロ出力信号を形成する。減偏光子(デポーライザー)は光カプラと一体化光学チップとの間の光路内に配置され光信号を減偏光(デポーライズ)し干渉計へ伝搬する際の偏光状態の変化を防止する。減偏光子が存在しない場合、ランダムな環境攪乱により、(光源から干渉計への)前進光あるいは(干渉計から光源への)後退光をフィルタ処理する偏光波長機構を経ての倍率安定性が低下される。

30

【0007】

本発明の一実施態様によれば、減偏光子は光ファイバ内に配置されるリオ減偏光子で構成される。

【0008】

【作用】

光ファイバ回転センサシステムにはリオ減偏光子と光カプラとの間に配置される光ファイバ内のアイソレータが含まれ、アイソレータは第1の光カプラから一体化光学チップへの光ファイバ内の光の伝搬を可能にし、また一体化光学チップから利得光ファイバへの光の伝搬を防止するように有効に作用する。

40

【0009】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の原理を具現化する光ファイバ回転センサシステムの略図を示す。励起光源10からの出力励起光は光ファイバ12を経て、光カプラ14へ送られる。励起光源10は好ましくはレーザダイオードであり、波長1475nmないしは980nmの光を発する。光カプラ14は好ましくは波長分割多重(WDM)カプラである。光カプラ14として好適に使用されるカプラ装置については、シャウ等による米国特許第4,556,279号に開示されている。

50

## 【0010】

励起光は光カプラ14から光ファイバ16を経て利得光ファイバ18へ送られる。光カプラ14は好ましくは励起光の約99%を光ファイバ16に送るよう形成される。利得光ファイバ18は好ましくはエルビウムをドープした光ファイバである。利得光ファイバ自体については米国特許第5,231,465号(フアング等による)および米国特許第5,108,183号(フリグ等による)に開示される。

## 【0011】

利得光ファイバ18はエルビウムドープメントを励起する励起光を吸収するために約1560nmの波長の光を発光する。発光した光のバンドは十分に広いので、光ファイバ回転センサの検出コイルに好適に入力される。1560nm波長の光は利得光ファイバ18内で2方向に出光する。2方向矢印20は利得光ファイバ18を介し案内される1560nmの光を示す。入射した励起光と反対方向に出光する光は図1の右側から波長分割多重カプラ14に入射される。吸収されなかつた励起光および励起光と同じ方向に伝搬する1560nmの光は光ファイバ22を経て光学部品23へ送られる。励起光源10、光ファイバ12、光カプラ14、光ファイバ16、利得光ファイバ18、光ファイバ22および光学部品23全体は光ファイバ回転センサの光信号源を構成している。

## 【0012】

本発明の1実施態様において、光学部品23は入射した光を最小反射で光ファイバ22に出力するように構成される。このような光学部品は角度研磨された毛管、つぶされた光ファイバの端部、あるいは波長1560nmの光および吸収されなかつたポンプ光が反射されて再び光ファイバ22へ戻ることを防止する他の好適な手段である。本発明の他の実施態様によれば、反射器としての光学部品23は波長1560nmの入射光を反射し一旦増幅された光を再び利得光ファイバ18へ送る。これにより波長分割多重カプラ14に入力される波長1560nmの光の強度が増加される。光学部品は通常ダイクロイックミラーを備え吸収されなかつた励起光が再び反射されることを防止する反射器にできる。本発明の第1の実施態様では“単一パスでエルビウムドープされた光ファイバ源”に、一方本発明の第2の実施態様では“ダブルパスでエルビウムドープされた光ファイバ源”を提供する。

## 【0013】

両方の実施例態様において、波長1560nmの光信号は次に波長分割多重カプラ14を経てそこで波長1560nmの光の約99%が光ファイバ24へ送られる。光ファイバ回転センサには、利得光ファイバ18と一体化光学チップ37との間を伝搬する光信号を減偏光する手段が含まれる。利得光ファイバ18と一体化光学チップ37との間を伝搬する光信号を減偏光する手段として、光ファイバ24に設けられるリオ減偏光子25を使用できる。リオ減偏光子25の好適な構造は当業者には周知である。リオ減偏光子25は好ましくは図1に示されるように配置される。一方各実施態様においては、リオ減偏光子25は位置32あるいは36に配置される。

## 【0014】

光アイソレータ27はリオ減偏光子25の前、後のいずれかの光ファイバ24内に配置される。アイソレータ27は、光カプラ14から光カプラ26へ光ファイバ24内の光の伝搬を可能にし、一方光カプラ26から光カプラ14へ光ファイバ24内の反対方向への光の伝搬を阻止するように構成される。本発明の第3の実施態様では上述した単一パス、エルビウムドープされた光ファイバ源を有するアイソレータ27を用いることにより実現される。本発明の第4の実施態様ではダブルパスでエルビウムドープされた光ファイバ源を有するアイソレータ27を用いることにより実現される。

## 【0015】

光ファイバ24を伝搬する光は光カプラ26に入力される。光カプラ26は単一軸回転センサには不要であり省略できる。一方光カプラ26は単一の光源を有する2軸あるいは3軸光ファイバ回転センサシステムを作動可能である。図1に示されるように、光カプラ26は出力信号を複数の光ファイバ28~30に与え、本発明は1軸装置、2軸装置ある

いは3軸装置として具現化できる。説明を簡単にするため、単一軸光ファイバ回転センサ53の構造が詳示される。

【0016】

センサ53は光ファイバ28～30内の位置32に配置されるリオ減偏光子を包有している。光ファイバ28は光信号を多重光カプラ(MUX)34に案内し、MUX34は最簡潔な形態では当業者には周知の種類のエバネツセント場4-ポート光カプラにできる。MUX34の結合比は通常約50%である。このようなカプラはシャウ等による上述した米国特許に開示されている。

【0017】

MUX34は光出力を光ファイバ35に与える。光ファイバ回転センサには光ファイバ35内にリオ減偏光子36が包有されている。光ファイバ35は光出力をリオ減偏光子36から多機能の一体化光学チップ37へ案内する。多機能の一体化光学チップ37には交差してYカプラ42を形成する3個の導波管38～40が含まれる。導波管38～40およびYカプラ42を含む一体化光学チップ37の好適な構造については、(パプラスによる)米国特許第5,037,205号および(チヤン等による)米国特許第5,046,808号に開示されている。導波管38～40は光ファイバ35から光を入力しそれをYカプラ42へ案内し、Yカプラ42はその入力光を導波管39、40に分割する。

【0018】

導波管39、40は光信号を光ファイバのピグテール44、46を介し光ファイバの検出コイル48に与える。検出コイル48は好ましくは(パプラスによる)米国特許第4,997,282号に開示されるように、単一モード光ファイバで作られる。このコイルもまた(コードバ等による)米国特許第5,260,768号に開示されるように偏光維持ファイバで作られる。

【0019】

ピグテール44を介し検出コイル48に入力される光は、検出コイル48内で時計方向の光波をなしている。同様にピグテール46から検出コイル48に入力される光は検出コイル48内で反時計方向の光波をなしている。時計方向および反時計方向の光波は検出コイル48内で干渉パターンを形成する。検出コイル48を通過した後、時計方向および反時計方向の光波はYカプラ42で合成されて検出コイル48の光出力信号となる。合成された光波は時計方向および反時計方向の光波間の位相シフト量を示す干渉パターンを形成する。位相シフト量は回転速度を示している。

【0020】

導波管38およびリオ減偏光子36を通過した後、合成された光波は光ファイバ35を経てMUX34へ伝搬する。次にMUX34は一体化光学チップ37からの光出力信号の半分を光ファイバ50に送る。次に光信号を光ファイバ50を介し検出器52へ送り、検出器52自体は検出コイル48の光出力信号を処理させて回転速度の決定に使用される電気信号に変換する。

【0021】

従来の光ファイバジャイロスコープ、即ちリオ減偏光子25を有していないジャイロスコープでは、倍率不安定性は共に偏光波長フィルタ作用を伴う2工程により引き起こされる。第1の前工程では、光カプラ14から一体化光学チップ37へ進む光の偏光状態は単一モード光ファイバ部材16、24、26、28、34ないしは35のいずれかの内の応力(ねじれ、曲げ、温度変化等)により変化される。この光の偏光状態の変化それに続く一体化光学チップ37でのフィルタ作用による偏光により、平均波長誤差(あるいは倍率誤差)が生じる。これは、偏光状態の変化が温度または他の環境パラメータと共に変化し、環境的に敏感になるためである。リオ減偏光子25を挿入することにより、光の偏光状態が安定化されこれにより倍率誤差が除去される。

【0022】

第2の後工程は以下になる。一体化光学チップ37から利得光ファイバ18へ戻る光が利得光ファイバ18で増幅され散乱される。次に散光の一部はWDMカプラ14に

10

20

30

40

50

入射され、ここから検出コイル 48 をすでに通過した光を再び検出コイル 48 へ向けるフィードバック工程が開始される。フィードバック光は任意の偏光状態で干渉パターンへ戻される。偏光状態は検出コイル 48 への光路内の単一モードファイバに加えられる（ねじれ、曲げ、温度変化等による）応力と共に変化する。この信号は再び入射一体化光学チップ 37 内の位相変調器により作用される。倍率の不安定性はこのフィードバック光および主光信号によるデュアルジャイ効果から生じる。

【0023】

本発明の原理は光カプラ 26 の出力 29、30 にそれぞれ接続されるセンサ 54、56 を含んだ多軸光ファイバ回転センサシステムに適用できる。センサ 54、56 は光ファイバ 28 と接続される装置 53 と同じように形成される。多軸光ファイバ回転センサシステムの場合、リオ減偏光子 32、36 の 1 に相当する減偏光子（図示せず）が各軸のセンサ内に含まれる。

10

【0024】

上述したように、単一軸ジャイロスコープ内にリオ減偏光子 25 を設けると減偏光子は 2 目的を行う。即ち第 1 の目的は（光源から干渉計への）前進光の偏光を安定化すること、および第 2 の目的は（干渉計から光源への）後退光の偏光をまた安定化することにある。リオ減偏光子 25 のため、偏光はジャイロスコープの単一モードファイバ部に作用する環境攪乱に対しそれほど敏感ではない。

【0025】

更に 2 軸あるいは 3 軸システムの場合、リオ減偏光子 25 は（上述した散乱工程を経て）（単一あるいは複数の）他のコイルへフィードバックされる光源へ戻る 1 検出コイルの出力の偏光を安定化する。

20

【0026】

図 2 は本発明による単一軸光ファイバ回転センサシステムを示す。図 1 および図 2 は、図 2 は光カプラ 26、ファイバ 29、30 およびセンサ 54、56 が省略されている点を除き実質的に同一である。また図 2 はアイソレータ 27 とリオ減偏光子 25 の位置が反対であるという点で、図 1 と異なる。アイソレータ 27 およびリオ減偏光子 25 を逆にすることは単一軸光ファイバ回転センサには必要ではない。図 1 および図 2 でのリオ減偏光子 25 とアイソレータ 27 の交互する二位置はこれら 2 装置の位置を交換可能であることを示すために図示されている。

30

【0027】

単一軸光ファイバ回転センサの場合、光カプラ 26 と MUX 34 との間のリオ減偏光子 32 および MUX 34 と一体化光学チップ 37 との間のリオ減偏光子 36 はリオ減偏光子 25 の代わりに使用できる。2 軸あるいは 3 軸システムには好ましくはリオ減偏光子 25 が包有される。

【0028】

アイソレータ 27 を含む実施態様では、減偏光子は前進光の偏光を安定化するのに必要である。この場合後退光はアイソレータ 27 により抑制されるので、この光の偏光を安定化する必要はない。

【0029】

【発明の効果】

上述のように、本発明の干渉式光ファイバ回転センサに対する倍率安定化構成においては倍率不安定期間を短くして倍率反復性の低下を有効に防ぎ得る。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は本発明により形成される光ファイバ回転センサシステムの多軸型実施態様の簡略図である。

【図 2】 図 2 は本発明により形成された光ファイバ回転センサシステムの単一軸型実施態様の簡略図である。

【符号の説明】

10 励起光源

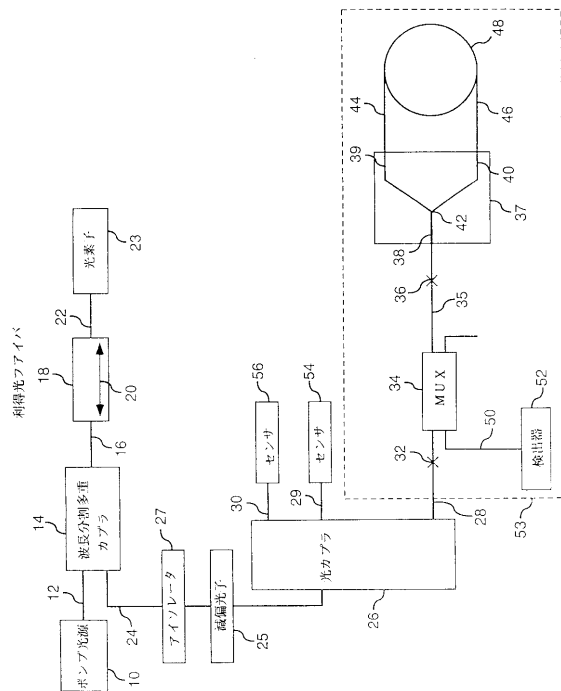
50

- 1 2 光ファイバ
- 1 4 波長分割多重カプラ
- 1 6 光ファイバ
- 1 8 利得光ファイバ
- 2 2 光ファイバ
- 2 3 反射器
- 2 4 光ファイバ
- 2 5 リオ減偏光子
- 2 6 光カプラ
- 2 7 アイソレータ
- 2 8 ~ 3 0 光ファイバ
- 3 2 リオ減偏光子
- 3 4 多重光カプラ ( M U X )
- 3 5 光ファイバ
- 3 6 リオ減偏光子
- 3 7 一体化光学チップ
- 3 8 ~ 4 0 導波管
- 4 2 Yカプラ
- 4 4、4 6 ピグテール
- 5 0 光ファイバ
- 5 2 検出器
- 5 4、5 6 センサ

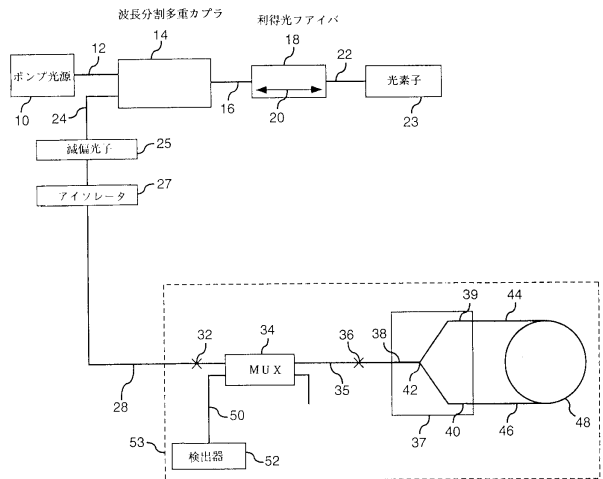
10

20

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 ジエイムズ アール・ステイール  
アメリカ合衆国 ワイオミング州 83002, ジヤクソン, ピー・オー・ボックス 10520
- (72)発明者 アマド コードバ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91307, ウエスト ヒルズ, ウツドレイク アベニュー  
6704
- (72)発明者 エリック リー ゴールドナー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 91354, ヴアレンシア, ノース カニンハム ドライブ  
27521

合議体

審判長 飯野 茂  
審判官 松下 公一  
審判官 下中 義之

- (56)参考文献 米国特許第(US, A)5393371  
米国特許第(US, A)5377283

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01C19/64-19/72