

(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2019-184599

(P2019-184599A)

(43) 公開日 令和1年10月24日(2019.10.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
GO1C	19/72	(2006.01)	GO1C	19/72	M	2F105
HO1S	3/067	(2006.01)	HO1S	3/067		2H137
HO1S	3/00	(2006.01)	HO1S	3/00	A	5F172
GO2B	6/27	(2006.01)	GO2B	6/27	301	

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2019-65868 (P2019-65868)
 (22) 出願日 平成31年3月29日 (2019. 3. 29)
 (31) 優先権主張番号 15/952, 355
 (32) 優先日 平成30年4月13日 (2018. 4. 13)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(71) 出願人 503178185
 ノースロップ グラマン システムズ コ
 ーポレーション
 NORTHROP GRUMMAN SY
 STEMS CORPORATION
 アメリカ合衆国 22042-4511
 バージニア州 フォールズ チャーチ フ
 ェアビュー パーク ドライブ 2980
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (74) 代理人 100142907
 弁理士 本田 淳

最終頁に続く

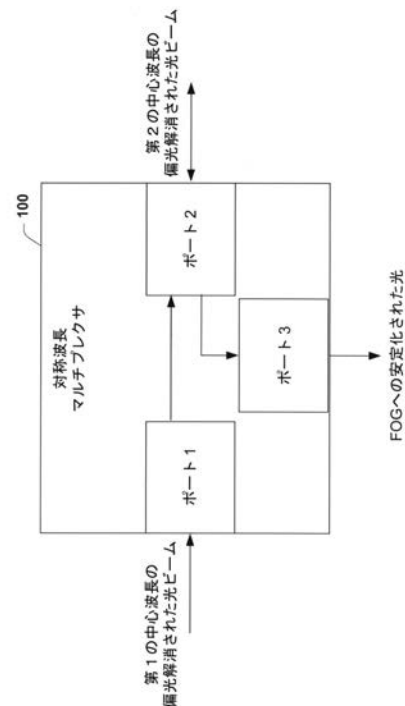
(54) 【発明の名称】 光ファイバジャイロ光源のための対称波長マルチプレクサ

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバジャイロスコープを駆動するための安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサを提供する。

【解決手段】 装置は、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光する第1のポートを含む対称波長マルチプレクサ (SWM) 100を含む。SWMの第2のポートは、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光する。SWMの第3のポートは、第2の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供する。第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、SWMの第1のポートから第2のポートへ伝播し、第2の中心波長の光は、SWMの第2のポートから第3のポートへ伝播する。SWMは、第2の波長の直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光する第 1 のポートを含む対称波長マルチプレクサ (S W M) を備える装置であって、

前記 S W M の第 2 のポートは、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光し、

前記 S W M の第 3 のポートは、前記第 2 の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供し、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 S W M の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 S W M の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播し、前記 S W M は、第 2 の波長の直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する、装置。

10

【請求項 2】

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する光サーキュレータであり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド (W D I H) であり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 W D I H の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 W D I H の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、請求項 1 に記載の装置。

20

【請求項 4】

前記第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の光ビームを生成するための光源をさらに備え、前記光源は、レーザダイオードモジュール (L D M) である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、前記偏光解消された光ビームを、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器をさらに備え、前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、請求項 1 に記載の装置。

30

【請求項 6】

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を含む、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記 S W M の第 3 のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記 F O G を駆動するためのセンサ信号を調整する別個の L y o t デポラライザをさらに備える、請求項 1 に記載の装置。

40

【請求項 9】

第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを生成する光源と、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、前記偏光解消された光ビームを、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器と、

前記光源に結合された第 1 のポート、前記光変換器に結合された第 2 のポート、および前記第 2 の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供する第 3 のポートを有する対称波長マルチプレクサ (S W M

50

)と

を備えるシステムであって、前記第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記SWMの第1のポートから第2のポートへ伝播し、前記第2の中心波長の光は、前記SWMの第2のポートから第3のポートへ伝播し、前記SWMは、前記第2の波長範囲にわたって直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する、システム。

【請求項10】

前記SWMは、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する光サーキュレータであり、前記第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第1のポートから第2のポートへ伝播し、前記第2の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第2のポートから第3のポートへ伝播する、請求項9に記載のシステム。

10

【請求項11】

前記SWMは、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド(WDIH)であり、前記第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記WDIHの第1のポートから第2のポートへ伝播し、前記第2の中心波長の光は、前記WDIHの第2のポートから第3のポートへ伝播する、請求項9に記載のシステム。

【請求項12】

前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、請求項9に記載のシステム。

【請求項13】

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ(EDF)またはイットリウム添加ファイバ(YDF)を含む、請求項9に記載のシステム。

20

【請求項14】

前記SWMの第3のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ(FOG)を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、請求項9に記載のシステム。

【請求項15】

対称波長マルチプレクサ(SWM)の第1のポートにおいて、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光すること、

30

前記SWMの第2のポートにおいて、前記第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光すること、

前記SWMの第2のポートから前記第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光することに応答して、前記SWMの第3のポートにおいて、実質的に対称的な波長出力(SWO)を生成すること、

前記SWOを用いて光ファイバジャイロスコープ(FOG)の供給を行うこと

を含む方法であって、前記SWMは、前記第2の波長範囲にわたって直交軸間の前記SWOのスペクトルの非対称性を軽減する、方法。

【請求項16】

前記SWMは、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する光サーキュレータであり、前記第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第1のポートから第2のポートへ伝播し、前記第2の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第2のポートから第3のポートへ伝播する、請求項15に記載の方法。

40

【請求項17】

前記SWMは、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド(WDIH)であり、前記第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記WDIHの第1のポートから第2のポートへ伝播し、前記第2の中心波長の光は、前記WDIHの第2のポートから第3のポートへ伝播する、請求項15に記載の方法。

【請求項18】

50

前記 S W M の第 2 のポートにおいて、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光するためのシングルモードファイバを用いることをさらに含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を用いることをさらに含む、請求項 1 8 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記 S W M の第 3 のポートからセンサ信号を生成して、前記 F O G を駆動することをさらに含む、請求項 1 6 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は光源に関し、より具体的には光ファイバジャイロスコープを駆動するための安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

干渉計型光ファイバジャイロスコープは、光ファイバセンシングコイルに光信号を提供する光源を含む。典型的な光源は、利得ファイバにポンプ光を提供するレーザダイオードを含む。利得ファイバは、ポンプ光を吸収し、次いで送出に適した光信号を放射するドーパントを含む。F O G (光ファイバジャイロスコープ) 内において、多機能集積光学チップ (multifunction integrated optic chip : M I O C) は、光ファイバセンシングコイルに接続されている。M I O C は、光ファイバセンシングコイルに入力される光信号および光ファイバセンシングコイルからの光信号を処理し、制御する際に用いられる偏光子、位相変調器、および Y カプラ (スプリッタ / 結合器) などの部品を含む。F O G の出力は、2 つの逆方向に伝播する波の間の位相差を判定するために用いることができる強度である。出力の一部分は、スプリッタを通じて光源に戻され、出力の第 2 の部分は、位相差を測定するためにスプリッタを通じて光検出器へ提供される。その検出軸の周りのコイルの回転レートは、この位相差をサニックスケールファクタと呼ばれる F O G のスケールファクタで割ることにより得ることができる。

20

30

【0 0 0 3】

光ファイバジャイロスコープ (fiber optic gyroscope : F O G) のスケールファクタの安定性は、光源と M I O C との間のファイバ内の光の偏光状態の変化によって影響を受ける。光学部品における偏光依存損失、一種の望ましくない光学フィルタリングは、非対称な偏光をもたらす。偏光状態の対称性の劣化は、光源と M I O C との間のセクションを最初に通過し、次に偏光 M I O C 自体を通過する際の光の光学フィルタリングを介して F O G のスケールファクタを変化させる。この光学フィルタリングは、短期的なスケールファクタの不安定性およびスケールファクタの再現性の長期的な劣化をもたらす可能性がある。

【0 0 0 4】

40

ジャイロスコープのエラーが発生し得る別の領域は、M I O C を駆動するために用いられる光源内である。例えば、いくつかの光源は、安定化光源を提供して M I O C を駆動するという試みにおいて、波長分割マルチプレクサ (wavelength division multiplexor : W D M) を用いる。W D M は、融着延伸型カプラ (fused taper coupler) として構成されるが、そのような構造は、大きな偏光依存損失を生じやすく、結果として、光学偏光子を通して評価される際に波長非対称性をもたらされる。また、そのような構造では、時間および温度に応じて波長が不安定になりやすく、結果として、F O G を駆動するために用いられる際に最終的にジャイロスケールファクタエラーが生じる。光路に沿った交差結合ポイントは、温度変化正弦波ジャイロスケールファクタエラーをもたらす。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第7746476号明細書

【特許文献2】米国特許第6310994号明細書

【特許文献3】米国特許第6023359号明細書

【発明の概要】

【0006】

本開示は、光ファイバジャイロスコープを駆動するための安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサに関する。一例において、装置は、対称波長マルチプレクサ (symmetrical wavelength multiplexor: SWM) を含み、SWMは、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の偏光解消された光ビーム (depolarized beam of light) を受光する第1のポートを含む。SWMの第2のポートは、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光する。SWMの第3のポートは、第2の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供する。第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、SWMの第1のポートから第2のポートへ伝播し、第2の中心波長の光は、SWMの第2のポートから第3のポートへ伝播する。SWMは、第2の波長の直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する。

10

【0007】

他の例において、システムは、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の光ビームを生成する光源を含む。システムは、第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、偏光解消された光ビームを、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長へ変換する光変換器を含む。システムは、光源に結合された第1のポート、光変換器に結合された第2のポート、および第2の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供する第3のポートを有する対称波長マルチプレクサ (SWM) を含む。第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、SWMの第1のポートから第2のポートへ伝播し、第2の中心波長の光は、SWMの第2のポートから第3のポートへ伝播する。SWMは、第2の波長範囲にわたって直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する。

20

【0008】

さらに別の例において、方法は、対称波長マルチプレクサ (SWM) の第1のポートにおいて、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光することを含む。方法は、SWMの第2のポートにおいて、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光することを含む。方法は、SWMの第2のポートから第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光することに応答して、SWMの第3のポートにおいて、実質的に対称的な波長出力 (symmetrical wavelength output: SWO) を生成することを含む。方法は、SWOを用いて光ファイバジャイロスコープ (FOG) の供給を行うこと (sourcing) を含む。SWMは、第2の波長範囲にわたって直交軸間のSWOのスペクトルの非対称性を軽減する。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供する装置の例を示す図である。

【図2】光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供するシステムの例を示す図である。

【図3】対称波長マルチプレクサとして光サーキュレータを利用して安定化光源を提供するシステムの例を示す図である。

【図4】対称波長マルチプレクサとして波長分割アイソレータハイブリッド (WDIH) を利用して安定化光源を提供するシステムの例を示す図である。

【図5】波長分割マルチプレクサの波長非対称性能を表す性能ダイアグラムを示す図である。

【図6】対称波長マルチプレクサとして用いられる光サーキュレータの波長対称性能を表

40

50

す性能ダイアグラムを示す図である。

【図7】光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供する方法の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本開示は、光ファイバジャイロスコープ（FOG）を駆動するための安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサに関する。一態様では、SWMにおいてファラデー回転子および/またはフィルタを利用して、エルビウム添加ファイバ（または他の希土類ドーピング）により増幅された自然放出（amplified spontaneous emission：ASE）光源における光多重化のための光ステアリングを達成する光ファイバジャイロ光源装置およびシステムが提供される。光ファイバジャイロ光源は、FOGのセンサ部分に調整および安定化された光源を提供する。現在のシステムは、波長に基づいて光を導く融着延伸型カブラを備える波長分割マルチプレクサ（WDM）を用いる。しかしながら、現在のシステムは、システムのエラーの原因となる波長の非対称性を生み出す。融着延伸型のアプローチに起因して、WDMは、大きな偏光依存損失（polarization dependent loss：PDL）と、時間および温度による波長不安定性とを生じやすく、これにより、波長非対称性および最終的なジャイロファクタエラーが引き起こされる。

10

【0011】

本開示は、SWMがWDMおよびアイソレータユニットを代替の波長分割構造（例えば、光サーキュレータ）と置き換えて改善されたPDLおよび波長対称性を提供する、光ファイバジャイロセンサのための調整された光源を提供する。代替の波長分割構造は、WDMと比較して、より高いレベルの波長対称性を提供する。第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、次に光源からマルチプレクサとして動作するSWM（例えば、ファラデー回転子）を通して伝播することになる。SWMは、光源に第1のポートを通じて接続され、一例においてはエルビウム添加ファイバ（erbium doped fiber：EDF）に第2のポートを通じて接続され、光ファイバジャイロ光源の出力に第3のポートを通じて接続されている。第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、第1のポートを通過して、第2のポートを出てEDFの中へ伝播することになる。EDFは、光を変換して、第2の中心波長（例えば、1550nm）において広いスペクトルの光を生成する。

20

【0012】

第2の中心波長の光ビームは、SWMの方へ向けられるか、またはSWMから離れる方へ向けられることになる。第1の波長の光ビームからの残りの光を含む、SWMから離れる方へ向けられる光は、終端されることができる。SWMの方へ向けられた第2の中心波長の光ビームは、SWMの第2のポートから入射し、光ファイバジャイロ光源の出力としてのSWMの第3のポートへ通過する。光ファイバジャイロ光源の出力は、FOGのセンサ部分のための調整された光源を提供する。SWMを利用することにより、WDMに起因して発生するスペクトル非対称性の問題およびそれに関連するエラーが低減され、それによりFOGの正確性が向上する。

30

【0013】

図1は、光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサ100を含む装置の例を示す。対称波長マルチプレクサ（SWM）100は、第1の波長範囲に対する第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光する第1のポート（ポート1）を含む。例えば、第1の中心波長は、約2または3nmの非常に狭い波長範囲にわたる光の1480ナノメートル（nm）（または他の波長）の中心波長として生成されることができる。SWM100の第2のポート（ポート2）は、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長の光を受光する。第2の波長は、一例においては1550nmにおいて、例えば、さらに約20nmから50nmのより広い波長範囲で生成されることができる。

40

【0014】

SWM100の第3のポート（ポート3）は、実質的に対称な波長出力を提供して、第2の中心波長を用いて光ファイバジャイロスコープ（FOG）を駆動する。SWM100

50

は、第2の波長範囲にわたる波長間のスペクトルの非対称性を軽減する。ポート3の出力からスペクトルの非対称性を低減することにより、F O Gを駆動するために用いられる際、時間および温度によるジャイロスコープのエラーが低減され得る。本明細書で用いられるように、スペクトルの非対称性という用語は、本明細書で説明される第2の波長範囲にわたり生成される光の波長間で発生するエラーを指す。これは、第2の範囲内における異なる波長間の振幅および/または位相エラーを含み得る。波長の非対称性は、融着延伸型ファイバ構造を用いる波長分割マルチプレクサ(WDM)に固有の特徴である。WDMの融着延伸型ファイバ構造とは全く対照的に、SWM100は、ファラデー回転子、一連のバルク光学系、複屈折ウェッジ、磁石、および/または薄膜ミラーのような技術を使用して、SWM100のポート2から実質的に対称な波長出力を生成する。図5の先行技術の性能ダイアグラムは、WDMの波形の非対称性の態様を示しており、これは図6におけるSWM100の波形の対称性の例と対照的である。

10

20

30

40

50

【0015】

一例において、SWM100は、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する光サーキュレータであってよく、第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、光サーキュレータの第1のポートから第2のポートへ伝播し、第2の中心波長の光は、光サーキュレータの第2のポートから第3のポートへ伝播する。別の例において、SWM100は、第1のポート、第2のポート、および第3のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド(wavelength divisions isolator hybrid:WDIH)であってよく、第1の中心波長の偏光解消された光ビームは、WDIHの第1のポートから第2のポートへ伝播し、第2の中心波長の光は、WDIHの第2のポートから第3のポートへ伝播する。光サーキュレータおよびWDIHの例は、図3および図4にそれぞれ示されている。

【0016】

図2は、光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供するシステム200の例を示す。本明細書で前に説明したように、1、2、および3とラベル付けされたポートを有するSWM210が提供される。光源214は、第1の波長範囲(例えば、 $+/-2\text{nm}$)に対する第1の中心波長(例えば、 1480nm)の光ビームを生成するために提供され得る。一例において、光源214は、レーザダイオードモジュール(LDM)216を含み得る。光ファイバ回折格子220(例えば、ブラッググレーティング)が、波長安定化のために第1の中心波長の光ビームの経路に配置されて、第1の中心波長の安定化された光ビームを生成することができる。ファイバカブラの例は、224に示されており、一例において45度の位相シフトを生じさせる。また、波長板230(例えば、ファイバのセクション)が、偏光解消のために第1の中心波長の安定化された光ビームの経路に挿入されて、SWM210のポート1に入射する第1の中心波長の偏光解消された光ビームを生成することができる。波長板230は、 $1/4$ 波長板であってよく、例えば偏波保持光ファイバとして実装されてもよい。

【0017】

光変換器240は、SWM210のポート2を介して第1の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、偏光解消された光ビームを、第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長へ変換する。光変換器240は、ファイバクリーブ250を介して終端されることができる。一例において、光変換器240は、シングルモードファイバとして実装され得る。光変換器は、偏光解消された光ビームを第1の波長範囲よりも広い第2の波長範囲に対する第2の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ(EDF)またはイットリウム添加ファイバ(yttrium doped fiber:YDF)を含み得る。SWM210の第3のポートにより駆動される光カブラ260(例えば、 1×3 カブラ)が提供され、光ファイバジャイロスコープ(FOG)を駆動するための、X、Y、およびZジャイロ信号として示されるセンサ信号を生成することができる。一例において、別個のLyotデポラライザ1、2、および3がそれぞれ提供され、センサ信号を調整してFOGを駆動することができ、FOGは、一例において光ファイバセンシングコイルへ接続される多機能集積光学チップ(MIOC)として実装され得る。別の例において、Lyotデポ

ライザ 1、2、および 3 は、FOG がカブラ 260 を介して直接駆動されることにより取り除くことが可能である。

【0018】

図 3 は、安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサとしての光サーキュレータを利用するシステム 300 の例を示す。簡潔にするために、システム 300 の各構成要素は、図 2 に関してその説明が提供されているためここでは説明されない。この例において、SWM は、第 1 のポート (1)、第 2 のポート (2)、および第 3 のポート (3) を有する光サーキュレータ 310 である。本明細書で説明される第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、光サーキュレータ 310 の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、第 2 の中心波長の光は、光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する。

10

【0019】

図 4 は、安定化光源を提供する対称波長マルチプレクサとしての波長分割アイソレータハイブリッド (WDIH) を利用するシステム 400 の例を示す。簡潔にするために、システム 400 の各構成要素は、図 2 に関してその説明が提供されているためここでは説明されない。この例において、SWM は、第 1 のポート (1)、第 2 のポート (2)、および第 3 のポート (3) を有する波長分割アイソレータハイブリッド (WDIH) 410 である。本明細書で説明される第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、WDIH 410 の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、第 2 の中心波長の光は、WDIH の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する。

20

【0020】

図 5 は、波長分割マルチプレクサ (WDM) の波長の非対称性能を表す性能ダイアグラム 500 を示す。X 軸は偏光ルーブコントローラのパドル角を度数で示し、Y 軸は波長偏差をナノメートルで示す。WDM からの出力は偏光子を通じて供給され、スペクトラムアナライザにより分析されてダイアグラム 500 が生成された。本明細書で前述したように、WDM の融着延伸型ファイバ構造によりスペクトル非対称性が生じるため、図示のように波形出力には約 0.32 ナノメートルの偏差がある。前述のように、スペクトルの非対称性は、本明細書に記載の第 2 の波長範囲にわたり生成される光の波長間で発生するエラーを指す。これは、第 2 の範囲内の異なる波長間の振幅および / または位相エラーを含み得る。波長の非対称性は、融着延伸型ファイバ構造を用いる波長分割マルチプレクサ (WDM) に固有の特徴であり、これは、ダイアグラム 500 に示される 0.32 ナノメートルの偏差を生み出す。

30

【0021】

図 6 は、対称波長マルチプレクサ (SWM) として用いられる光サーキュレータの波長対称性能を表す性能ダイアグラム 600 を示す。図 5 と同様に、X 軸はパドル角を度数で示し、Y 軸は波長偏差をナノメートルで示す。この例においては、SWM からの出力は偏光子を通じて供給され、スペクトラムアナライザにより分析されてダイアグラム 600 が生成された。SWM (例えば、光サーキュレータ) のファラデー回転子構造により SWM の出力においてスペクトル対称性が提供されるため、図示のように波形出力には約 0.03 ナノメートルの偏差があり、これは、図 5 に示される WDM の融着延伸型の性能と全く対照的である。ファラデー回転子に加えて、本明細書に記載の SWM は、一連のバルク光学系、複屈折ウェッジ、磁石、および / または薄膜ミラーを含むことができ、SWM から実質的に対称な波長出力を生成する。

40

【0022】

上記の構造的および機能的特徴を考慮して、方法の例が図 7 を参照してよりよく理解されるであろう。説明を簡単にするために、方法は順次実行されるものとして示され説明されているが、方法の一部は、本明細書に示し説明したものと異なる順序で、および / または同時に行うことができるので、方法が示された順序によって限定されないことを理解および認識されたい。

【0023】

図 7 は、光ファイバジャイロスコープへ安定化光源を提供するための方法 700 を示す

50

。方法 700 は、710 において、対称波長マルチプレクサ (SWM) の第 1 のポートにおいて (例えば、図 1 の SWM 100 のポート 1 を介して) 第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光することを含む。方法 700 は、720 において、SWM の第 2 のポートにおいて (例えば、図 1 の SWM 100 のポート 2 を介して) 第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光することを含む。方法 700 は、730 において、SWM の第 2 のポートから第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光することに応答して、SWM の第 3 のポートにおいて (例えば、図 1 の SWM 100 のポート 3 を介して) 実質的に対称な波長出力 (SWO) を生成することを含む。方法 700 は、740 において、SWO を用いて (例えば、図 1 の SWM 100 のポート 3 を介して) 光ファイバジャイロスコープ (FOG) の供給を行うことを含む。前述のように、SWM は、第 2 の波長範囲にわたって直交軸間の SWO のスペクトルの非対称性を軽減する。

10

【0024】

一例において、SWM は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する光サーキュレータであってよく、第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、光サーキュレータの第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、第 2 の中心波長の光は、光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する。別の例において、SWM は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド (WDIH) であってよく、第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、WDIH の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、第 2 の中心波長の光は、WDIH の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する。

20

【0025】

上記の説明は例示である。もちろん、構成要素または方法の考えられるあらゆる組み合わせを説明することは不可能であるが、当業者は多くのさらなる組み合わせおよび置換が可能であることを認識するであろう。したがって、本開示は、添付の特許請求の範囲を含む本出願の範囲内に含まれるすべてのそのような代替形態、修正形態、および変形形態を包含することを意図している。本明細書で使用されているように、用語「含む」は、含むことを意味するが、それに限られない。用語「基づく」は、少なくとも部分的に基づいていることを意味する。加えて、本開示または請求項が、「1つの」、「第1の」、または「別の」要素、またはその均等物を記載する場合、そのような要素が1つまたは複数含まれており、2つ以上のそのような要素を必要ともしないし、除外もしないと解釈されるべきである。

30

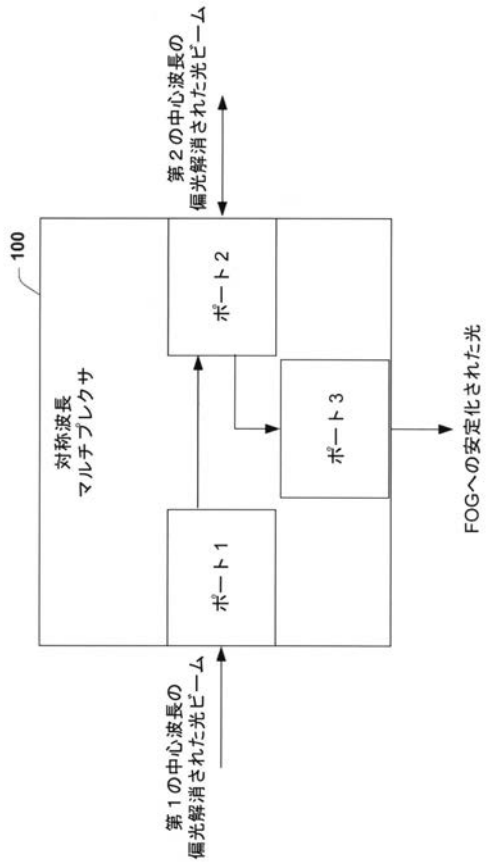
【符号の説明】

【0026】

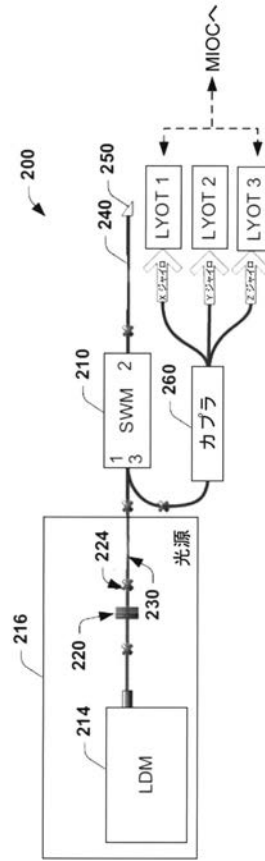
- 100、210 対称波長マルチプレクサ
- 214 光源
- 216 レーザダイオードモジュール
- 240 光変換器
- 260 光カプラ
- 300 システム
- 310 光サーキュレータ
- 410 波長分割アイソレータハイブリッド

40

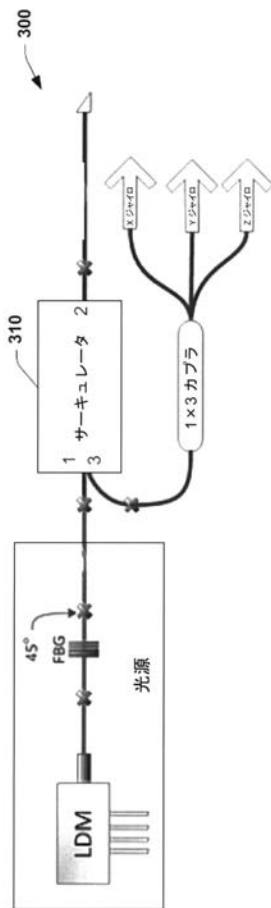
【 図 1 】



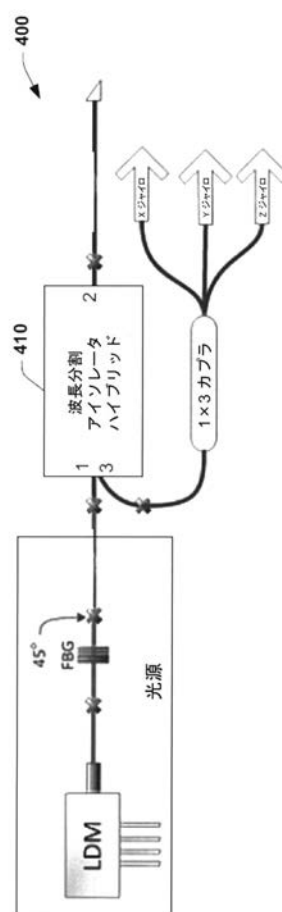
【 図 2 】



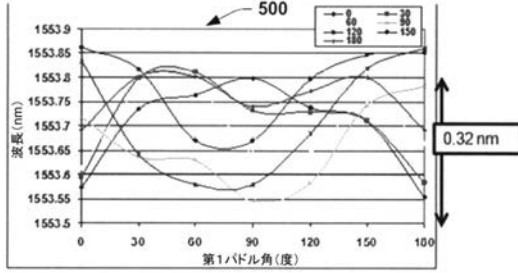
【 図 3 】



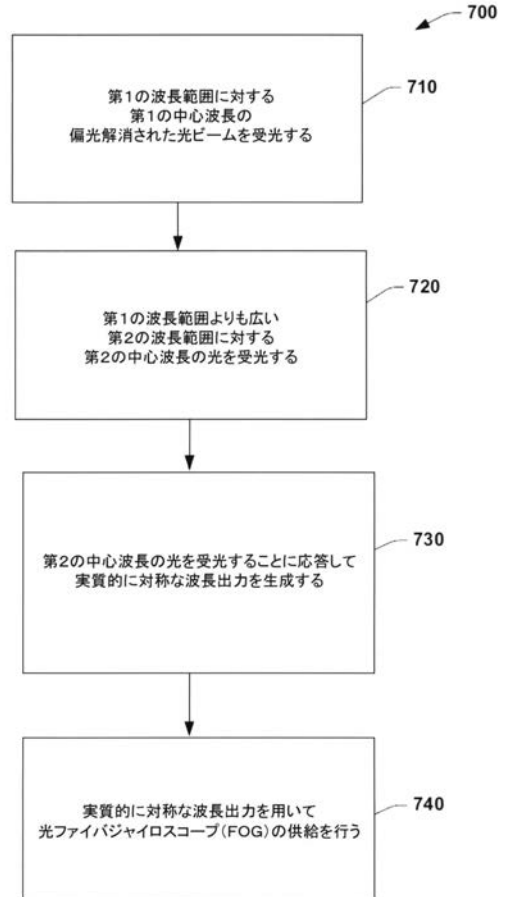
【 図 4 】



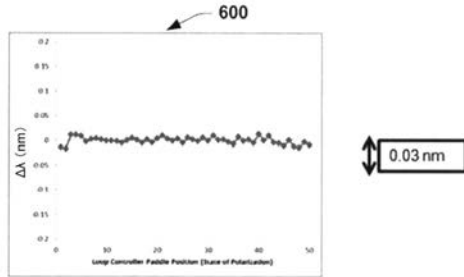
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 6 】



【 手続 補正 書 】

【 提出 日 】 平成31年3月29日 (2019.3.29)

【 手続 補正 1 】

【 補正 対象 書類 名 】 特許 請求 の 範囲

【 補正 対象 項目 名 】 全文

【 補正 方法 】 変更

【 補正 の 内容 】

【 特許 請求 の 範囲 】

【 請求 項 1 】

第 1 の 波 長 範 囲 に 対 す る 第 1 の 中 心 波 長 の 偏 光 解 消 さ れ た 光 ビ ー ム を 受 光 す る 第 1 の ポ ー ト を 含 む 対 称 波 長 マ ル チ プ レ ク サ (S W M) を 備 え る 装 置 で あ っ て 、

前記 S W M は、光サーキュレータであり、

前記 S W M の 第 2 の ポ ー ト は 、 前 記 第 1 の 波 長 範 囲 よ り も 広 い 第 2 の 波 長 範 囲 に 対 す る 第 2 の 中 心 波 長 の 光 を 受 光 し 、

前記 S W M の 第 3 の ポ ー ト は 、 前 記 第 2 の 中 心 波 長 に 従 っ て 光 フ ァ イ バ ジ ャ イ ロ ス コ ー プ (F O G) を 駆 動 す る た め に 実 質 的 に 対 称 な 波 長 出 力 を 有 す る 光 を 提 供 し 、 前 記 第 1 の 中 心 波 長 の 偏 光 解 消 さ れ た 光 ビ ー ム は 、 前 記 S W M の 第 1 の ポ ー ト か ら 第 2 の ポ ー ト へ 伝 播 し 、 前 記 第 2 の 中 心 波 長 の 光 は 、 前 記 S W M の 第 2 の ポ ー ト か ら 第 3 の ポ ー ト へ 伝 播 し 、 前 記 S W M は 、 第 2 の 波 長 の 直 交 軸 間 の ス ペ ク ト ル の 非 対 称 性 を 軽 減 す る 、 装 置 。

【 請求 項 2 】

前記 第 1 の 波 長 範 囲 に 対 す る 第 1 の 中 心 波 長 の 光 ビ ー ム を 生 成 す る た め の 光 源 を さ ら に 備 え 、 前 記 光 源 は 、 レ ー ザ ダ イ オ ー ド モ ジ ュ ー ル (L D M) で あ る 、 請 求 項 1 に 記 載 の 装 置 。

【 請求 項 3 】

前記 第 1 の 中 心 波 長 の 偏 光 解 消 さ れ た 光 ビ ー ム を 受 光 し 、 前 記 偏 光 解 消 さ れ た 光 ビ ー ム

を、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器をさらに備え、前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (EDF) またはイットリウム添加ファイバ (YDF) を含む、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記 SWM の第 3 のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記 FOG を駆動するためのセンサ信号を調整する別個の Lyot デポラライザをさらに備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを生成する光源と、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、前記偏光解消された光ビームを、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器と、

前記光源に結合された第 1 のポート、前記光変換器に結合された第 2 のポート、および前記第 2 の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するために実質的に対称な波長出力を有する光を提供する第 3 のポートを有し、波長分割アイソレータハイブリッド (WDIH) に対応する対称波長マルチプレクサ (SWM) と

を備えるシステムであって、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 SWM の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 SWM の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播し、前記 SWM は、前記第 2 の波長範囲にわたって直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する、システム。

【請求項 8】

前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (EDF) またはイットリウム添加ファイバ (YDF) を含む、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記 SWM の第 3 のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ (FOG) を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 11】

対称波長マルチプレクサ (SWM) の第 1 のポートにおいて、第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光することであって、前記 SWM は、光サーキュレータである、前記受光すること、

前記 SWM の第 2 のポートにおいて、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光すること、

前記 SWM の第 2 のポートから前記第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光することに応答して、前記 SWM の第 3 のポートにおいて、実質的に対称的な波長を有する光を生成すること、

前記光を用いて光ファイバジャイロスコープ (FOG) の供給を行うこと

を含む方法であって、前記 SWM は、前記第 2 の波長範囲にわたって直交軸間の前記光のスペクトルの非対称性を軽減する、方法。

【請求項 1 2】

前記 S W M の第 2 のポートにおいて、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光するためのシングルモードファイバを用いることをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を用いることをさらに含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記 S W M の第 3 のポートからセンサ信号を生成して、前記 F O G を駆動することをさらに含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 5】

上記の説明は例示である。もちろん、構成要素または方法の考えられるあらゆる組み合わせを説明することは不可能であるが、当業者は多くのさらなる組み合わせおよび置換が可能であることを認識するであろう。したがって、本開示は、添付の特許請求の範囲を含む本出願の範囲内に含まれるすべてのそのような代替形態、修正形態、および変形形態を包含することを意図している。本明細書で使用されているように、用語「含む」は、含むことを意味するが、それに限られない。用語「基づく」は、少なくとも部分的に基づいていることを意味する。加えて、本開示または請求項が、「1つの」、「第1の」、または「別の」要素、またはその均等物を記載する場合、そのような要素が1つまたは複数含まれており、2つ以上のそのような要素を必要ともしないし、除外もしないと解釈されるべきである。本開示の技術思想を以下に付記する。

[付記 1]

第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光する第 1 のポートを含む対称波長マルチプレクサ (S W M) を備える装置であって、

前記 S W M の第 2 のポートは、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光し、

前記 S W M の第 3 のポートは、前記第 2 の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供し、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 S W M の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 S W M の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播し、前記 S W M は、第 2 の波長の直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する、装置。

[付記 2]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する光サーキュレータであり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 1 に記載の装置。

[付記 3]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド (W D I H) であり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 W D I H の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 W D I H の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 1 に記載の装置。

[付記 4]

前記第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の光ビームを生成するための光源をさらに備え、前記光源は、レーザダイオードモジュール (L D M) である、付記 1 に記載の装置

。

[付記 5]

前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、前記偏光解消された光ビームを、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器をさらに備え、前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、付記 1 に記載の装置。

[付記 6]

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を含む、付記 5 に記載の装置。

[付記 7]

前記 S W M の第 3 のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、付記 1 に記載の装置。

[付記 8]

前記 F O G を駆動するためのセンサ信号を調整する別個の L y o t デポラライザをさらに備える、付記 1 に記載の装置。

[付記 9]

第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを生成する光源と、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光し、前記偏光解消された光ビームを、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換する光変換器と、

前記光源に結合された第 1 のポート、前記光変換器に結合された第 2 のポート、および前記第 2 の中心波長に従って光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するために実質的に対称な波長出力を提供する第 3 のポートを有する対称波長マルチプレクサ (S W M) と

を備えるシステムであって、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 S W M の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 S W M の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播し、前記 S W M は、前記第 2 の波長範囲にわたって直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減する、システム。

[付記 10]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する光サーキュレータであり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 9 に記載のシステム。

[付記 11]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド (W D I H) であり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 W D I H の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 W D I H の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 9 に記載のシステム。

[付記 12]

前記光変換器は、シングルモードファイバとして実装されている、付記 9 に記載のシステム。

[付記 13]

前記光変換器は、前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を含む、付記 9 に記載のシステム。

[付記 14]

前記 S W M の第 3 のポートにより駆動されて、光ファイバジャイロスコープ (F O G) を駆動するためのセンサ信号を生成する光カプラをさらに備える、付記 9 に記載のシステ

△。

[付記 1 5]

対称波長マルチプレクサ (S W M) の第 1 のポートにおいて、第 1 の波長範囲に対する第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームを受光すること、

前記 S W M の第 2 のポートにおいて、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光すること、

前記 S W M の第 2 のポートから前記第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光することに応答して、前記 S W M の第 3 のポートにおいて、実質的に対称的な波長出力 (S W O) を生成すること、

前記 S W O を用いて光ファイバジャイロスコープ (F O G) の供給を行うこと
を含む方法であって、前記 S W M は、前記第 2 の波長範囲にわたって直交軸間の前記 S W O のスペクトルの非対称性を軽減する、方法。

[付記 1 6]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する光サーキュレータであり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記光サーキュレータの第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記光サーキュレータの第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 1 5 に記載の方法。

[付記 1 7]

前記 S W M は、第 1 のポート、第 2 のポート、および第 3 のポートを有する波長分割アイソレータハイブリッド (W D I H) であり、前記第 1 の中心波長の偏光解消された光ビームは、前記 W D I H の第 1 のポートから第 2 のポートへ伝播し、前記第 2 の中心波長の光は、前記 W D I H の第 2 のポートから第 3 のポートへ伝播する、付記 1 5 に記載の方法

。

[付記 1 8]

前記 S W M の第 2 のポートにおいて、前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長の光を受光するためのシングルモードファイバを用いることをさらに含む、付記 1 5 に記載の方法。

[付記 1 9]

前記偏光解消された光ビームを前記第 1 の波長範囲よりも広い第 2 の波長範囲に対する第 2 の中心波長へ変換するエルビウム添加ファイバ (E D F) またはイットリウム添加ファイバ (Y D F) を用いることをさらに含む、付記 1 8 に記載の方法。

[付記 2 0]

前記 S W M の第 3 のポートからセンサ信号を生成して、前記 F O G を駆動することをさらに含む、付記 1 6 に記載の方法。

フロントページの続き

(72)発明者 バッサム エス . ディマシュキー

アメリカ合衆国 9 3 0 6 3 カリフォルニア州 シミ バレー スタニスロース アベニュー
2 7 0 5

(72)発明者 スティーブン エム . キム

アメリカ合衆国 9 1 3 5 1 カリフォルニア州 サンタ クラリタ メイ ウェイ 1 9 7 2 1

(72)発明者 マンフレッド シルスカ

アメリカ合衆国 9 1 3 0 4 カリフォルニア州 ウェスト ヒルズ フォールブルック アベニ
ュー 8 0 3 9

Fターム(参考) 2F105 DD01 DD13 DE01 DE05 DE08 DE21 DE23 DE26 DE28

2H137 AA14 AB15 BA03 BC43 BC51

5F172 AF03 AF06 AM08 EE13 NN05 ZZ04