

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年6月24日(24.06.2021)



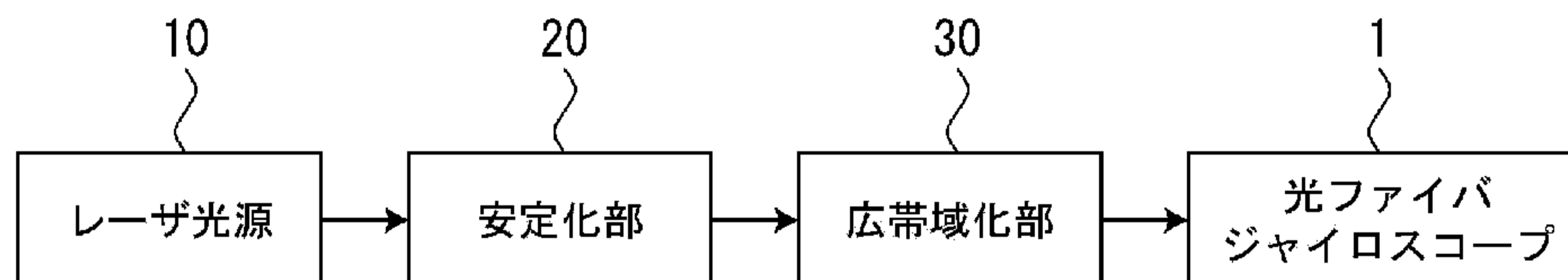
(10) 国際公開番号

WO 2021/124790 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 19/72 (2006.01) *H01S 3/00* (2006.01)
G02F 1/37 (2006.01) *H01S 3/137* (2006.01)
G02F 1/39 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/043273
- (22) 国際出願日: 2020年11月19日(19.11.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2019-230925 2019年12月20日(20.12.2019) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東京工業大学
(TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/
 JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁
 目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上妻 幹旺(KOZUMA Mikio); 〒1528550
 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 国立
 大学法人東京工業大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 生井 和平 (NAMAI, Kazuhira);
 〒1070062 東京都港区南青山 2 - 2 2 -
 1 4 フォンテ青山 6 1 2 なまい国
 際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
 護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
 BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
 CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
 EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
 HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
 KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
 MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
 NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
 QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: LIGHT SOURCE DEVICE FOR OPTICAL FIBER GYROSCOPE AND OPTICAL FIBER GYROSCOPE USING SAME

(54) 発明の名称: 光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープ



- 1 Optical fiber gyroscope
- 10 Laser light source
- 20 Stabilizing unit
- 30 Band widening unit

(57) Abstract: Provided is a light source device for an optical fiber gyroscope capable of widening the band of laser light and improving the stability of a scale factor. The light source device, which is for an optical fiber gyroscope and is for driving the optical fiber gyroscope, comprises a laser light source 10, a stabilizing unit 20, and a band widening unit 30. The laser light source 10 emits laser light having a predetermined frequency. The stabilizing unit 20 stabilizes the predetermined frequency of the laser light emitted from the laser light source 10. The band widening unit 30 makes the laser light stabilized by the stabilizing unit 20 become light having a continuous wideband spectrum.

(57) 要約: レーザ光を広帯域化できると共にスケールファクタの安定度を向上させることが可能な光ファイバジャイロスコープ用光源装置を提供する。光ファイバジャイロスコープを駆動するための光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、レーザー光源 10 と、安定化部 20 と、広帯域化部 30 とからなる。レーザー光源 10 は、所定の所定の周波数のレーザー光を発する。安定化部 20 は、レーザー光源 10 から発せられるレーザー光の所定の周波数を安定化する。広帯域化部 30 は、安定化部 20 により安定化されるレーザー光を連続的な広帯域スペクトルで構成される光にする。

WO 2021/124790 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープ

技術分野

[0001] 本発明は光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープに関し、特に、スケールファクタの安定度を向上させた光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープに関する。

背景技術

[0002] 近年の自動制御、自律航法の急速な発展に伴い、移動体の現在位置の精度向上に関する要求が年々高まっている。自律航法技術としては、GNSS (Global Navigation Satellite System : 全球測位衛星システム) やINS (Inertial Navigation System : 慣性航法) が知られている。

[0003] ここで、INSに用いられるセンサとして、光ファイバジャイロスコープ (FOG : Fiber optic gyroscope) が知られている (例えば特許文献1)。FOGは、光のサニャック効果を利用した回転角速度センサである。光ファイバジャイロスコープは、光ファイバコイルを用いるものであり運動部分がなく、従来の機械式ジャイロに比べて小型でありメンテナンスフリーであるといった利点を有し注目されている。

[0004] 光ファイバジャイロスコープの回転角速度に応じて発生する位相差 $\Delta\phi$ は、角速度 Ω にスケールファクタ (SF) を係数として乗じて求められる。即ち、以下に表される位相差 $\Delta\phi$ の数式の右辺の角速度 Ω の係数をスケールファクタと呼んでいる。

[数1]

$$\Delta\phi = \frac{8\pi^2 R^2 N}{c\lambda} \Omega$$

但し、 R は光ファイバコイルの半径、 N は光ファイバコイルの巻き数、 λ は波長、 c は光速である。

[0005] スケールファクタは、角速度と出力信号の比に相当するものであり、数1からも分かるように、波長 λ の変動を受けるものである。スケールファクタが時間的に安定しないと、一定角速度化においても位相差が揺らいでしまい、センサ出力も揺らぐことになる。結果的に、感度（出力信号）がいくら高くても、ジャイロスコープの精度の指標となるアラン偏差が長期的になるほど悪くなってしまう。したがってアラン偏差を向上させるためにスケールファクタの安定度を高める必要がある。

[0006] また、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として、例えば特許文献2がある。これは、波長の直交軸間のスペクトルの非対称性がスケールファクタの不安定性をもたらすのでこれを解消しようとしたものである。特許文献2は、対称波長マルチプレクサに関するものであり、波長の直交軸間のスペクトルの非対称性を軽減することで、スケールファクタエラーを軽減させたものである。

[0007] また、光ファイバジャイロスコープに似たようなセンサとして、リングレーザジャイロスコープも知られている（例えば特許文献3）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2005-172651号公報

特許文献2：特開2019-184599号公報

特許文献3：特開平03-155686号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 上述の通り、ジャイロスコープの精度向上には、スケールファクタの安定度を高める必要がある。しかしながら、特許文献1のような光ファイバジャイロスコープは、スケールファクタの安定度が低いものであった。

[0010] また、特許文献2のような安定化光源は、スケールファクタは良好なもの、光ファイバジャイロスコープの光源として用いた場合には、レーザ光の帯域が狭く、光ファイバコイル内の光後方散乱や偏波結合等による性能劣化は避けられなかった。このような光ファイバコイル内の光後方散乱や偏波結合等を避けるためには、広帯域のレーザ光を用いるが、広帯域にしようとした場合、中心周波数（中心波長）が安定せず、結果としてスケールファクタが不安定になっていた。

[0011] さらに、特許文献3のようなリングレーザジャイロスコープは、アラン偏差はある程度良好で高精度なものであるが、装置自体が大型であり、また高価なものであった。また、より高精度なジャイロスコープの要望もあった。

[0012] 本発明は、斯かる実情に鑑み、レーザ光を広帯域化できると共にスケールファクタの安定度を向上させることが可能な光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープを提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0013] 上述した本発明の目的を達成するために、本発明による光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、所定の周波数のレーザ光を発するレーザ光源と、レーザ光源から発せられるレーザ光の所定の周波数を安定化する安定化部と、安定化部により安定化されるレーザ光を連続的な広帯域スペクトルで構成される光にする広帯域化部と、を具備するものである。

[0014] ここで、安定化部は、レーザ光源から発せられるレーザ光を基準周波数源にロックして安定化させるものであれば良い。

[0015] また、レーザ光源は、連続光を発する連続光レーザ光源からなるものであれば良い。

[0016] また、レーザ光源は、所定間隔で等間隔に並ぶパルス状のスペクトルの光を発するパルスレーザ光源からなるものであっても良い。

[0017] この場合、広帯域化部は、安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、連続的なスペクトルとなるようにパルス状のスペクトルの所定間隔以上

の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部からなるものであれば良い。

[0018] また、広帯域化部は、安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、所定の周波数を中心に所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、光コム発生部から発せられる光が入力され、連続的なスペクトルとなるように複数のスペクトルの所定間隔以上の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部と、からなるものであっても良い。

[0019] また、広帯域化部は、安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、連続的なスペクトルとなるように所定の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部と、白色雑音変調部から発せられる光が入力され、所定の周波数を中心に、白色雑音による所定の変調幅以下の所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、からなるものであっても良い。

[0020] また、広帯域化部は、安定化部により安定化されるレーザ光を励起光として光子対を発するパラメトリック下方変換部からなるものであっても良い。

[0021] また、広帯域化部は、安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、所定の周波数を中心に所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、光コム発生部により発せられる光を励起光として光子対を発するパラメトリック下方変換部と、からなるものであっても良い。

[0022] さらに、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、を分離する光サーキュレータと、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光

と右回り光とを再結合した干渉光とする Y 分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第 1 位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第 2 位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、熱的位相雑音を低減するために、多機能集積光回路の第 1 位相変調器及び第 2 位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の整数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号を同期検波することで、光ファイバコイルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、を具備するものである。

[0023] また、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、を分離する光サーキュレータと、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光とする Y 分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第 1 位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第 2 位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、相対強度雑音を低減するために、多機能集積光回路の第 1 位相変調器及び第 2 位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の奇数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光の基準光強度信

号を検出する基準光検出器と、位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号と基準光検出器により出力される基準光強度信号の和信号を同期検波することで、光ファイバコイルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、を具備するものであっても良い。

[0024] さらに、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、に分離する光サーキュレータと、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光とするY分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第1位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第2位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、相対強度雑音を低減するために、多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の偶数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光の基準光強度信号を検出する基準光検出器と、位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号と基準光検出器により検出される基準光強度信号の差信号を同期検波することで、光ファイバコイルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、を具備するものであっても良い。

[0025] また、位相変調信号発生器は、熱的位相雑音及び相対強度雑音を低減するために、多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光

ファイバコイルの固有周波数の整数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

[0026] ここで、同期検波器は、位相変調信号発生器からの位相変調信号を同期検波することで、さらに、光ファイバコイルに対する入力角速度によって生ずる左回り光と右回り光との間の位相差を相殺する信号を、位相変調信号発生器をフィードバック制御するためのフィードバック制御信号として位相変調信号発生器へ出力するものであれば良い。

発明の効果

[0027] 本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置には、レーザ光を広帯域化できると共にスケールファクタの安定度が向上するという利点がある。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の構成を説明するための概略ブロック図である。

[図2]図2は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部の具体例を説明するための概略ブロック図である。

[図3]図3は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部によるレーザ光の周波数の安定化される様子を模式的に示したグラフである。

[図4]図4は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部の具体例を説明するための概略ブロック図である。

[図5]図5は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部によるレーザ光の周波数スペクトルを模式的に示したグラフである。

[図6]図6は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部の他の具体例を説明するための概略ブロック図である。

[図7]図7は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部によるレーザ光の周波数スペクトルを模式的に示したグラフである。

[図8]図8は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の他の具体例を説明するための概略ブロック図である。

[図9]図9は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置のさらに他の

具体例を説明するための概略ブロック図である。

[図10]図10は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープの構成を説明するための概略ブロック図である。

[図11]図11は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープの他の構成を説明するための概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明を実施するための形態を図示例と共に説明する。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、光ファイバコイルを有する光ファイバジャイロスコープ1を駆動するためのものである。光ファイバジャイロスコープ1は、サニャック効果を利用したセンサである。サニャック効果は、光路である光ファイバコイルの移動によって光路の長さが変わったように見える現象である。光ファイバジャイロスコープ1は、例えば長さ1kmの光ファイバコイルを用いるものである。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、駆動対象の光ファイバジャイロスコープ1の構造には特に限定されず、既存の又は今後開発されるべきあらゆる光ファイバジャイロスコープを駆動可能なものである。

[0030] 図1は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の構成を説明するための概略ブロック図である。図示の通り、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、レーザ光源10と、安定化部20と、広帯域化部30とから主に構成されている。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、レーザ光源10のレーザ光を安定化部20で安定化し、広帯域化部30で広帯域化した上で光ファイバジャイロスコープ1を駆動するものである。以下、各構成要素について詳細に説明する。

[0031] レーザ光源10は、所定の周波数のレーザ光を発するものである。レーザ光源10からのレーザ光は連続光(CW)であれば良い。レーザ光源10としては、例えば半導体レーザや固体レーザ、気体レーザ、色素レーザ等が利

用可能である。レーザ光源10から発せられるレーザ光の波長は特定の波長に限定されるものではない。例えば、光ファイバの伝搬損失が低い波長である1560nmやその二次高調波である780nmのレーザ光を発することが可能な光源であれば良い。

[0032] ここで、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置のレーザ光源は、連続光レーザ光源に限定されない。例えば、所定間隔で等間隔に並ぶパルス状のスペクトルの光を発するパルスレーザ光源であっても良い。具体的には、例えば光コム光源であっても良い。

[0033] 安定化部20は、レーザ光源10から発せられるレーザ光の所定の周波数（波長）を安定化するものである。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置では、例えばレーザ光源10から発せられるレーザ光を基準周波数源にロックして安定化させるものであれば良い。具体的には、例えば所定周波数が波長1560nmの場合、kHzオーダー又はMHzオーダー（0.001ppm程度まで）の周波数の安定度で安定化されれば良い。なお、レーザ光の周波数スペクトル線幅は元々ある程度狭いものであるため、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部20は、レーザ光の長期的な周波数安定度（比較的ゆっくりした変動）を向上させるものであれば足りる。したがって、高精度に短期的な位相雑音等を低減させて周波数スペクトル線幅の狭窄化を行う程の安定化までは必ずしも必要はない。安定化部20のより具体的な構成については後述する。

[0034] 広帯域化部30は、安定化部20により安定化されるレーザ光を連続的な広帯域スペクトルで構成される光にするものである。広帯域化部30は、例えば所定の周波数を中心に所定間隔で等間隔に連続的に並ぶ複数のスペクトルで構成される光に変換するものであれば良い。具体的には、例えば所定の周波数が波長1560nmの場合、周波数帯域がTHzオーダー（波長がnmオーダー）で広帯域される。安定化されたレーザ光を基に変換された連続的な広帯域スペクトルで構成される光であるため、中心周波数（中心波長）も安定したものとなる。したがって、スケールファクタも安定的なものとな

る。広帯域化部30のより具体的な構成については後述する。

[0035] 本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、このような構成により、レーザ光の波長が安定するためスケールファクタの安定度が向上する。そして、安定化したスケールファクタのままレーザ光を広帯域化できるため、光ファイバコイル内の光後方散乱や偏波結合等による性能劣化も避けることが可能となる。

[0036] 次に、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部の具体例について説明する。図2は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部の具体例を説明するための概略ブロック図である。図中、図1と同一の符号を付した部分は同一物を表している。また、図3は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部によるレーザ光の周波数の安定化される様子を模式的に示したグラフであり、図3(a)が安定化前、図3(b)が安定化後の時間に対する周波数特性を示している。図2に示される通り、安定化部20は、レーザ光源10から発せられるレーザ光を基準周波数源にロックして安定化させるためのフィードバック回路となっている。図示例のフィードバック回路は、二次高調波(SHG)部21を用いて波長を1/2に変換した上で基準周波数源である原子セル22にロックさせレーザ光源10にフィードバックするものである。ここで、SHG部21は、例えば波長を1/2に変換する非線形結晶であれば良い。また、原子セル22は、例えば780nmの波長を用いる場合、ルビジウム(Rb)原子ガスが封入されたセルであれば良い。

[0037] 具体的には、レーザ光源10として例えば波長が1560nmの連続光(CW)を出力する半導体レーザ光源を用いる。このレーザ光の周波数特性が図3(a)に示されている。図示の通り、半導体レーザ光源からのレーザ光は、比較的ゆっくりした変動を有するものである。そして、このレーザ光の波長がSHG部21により780nmに変換される。また、780nmの波長となった光をRb原子ガスが封入された原子セル22に通し、線形吸収分光や飽和吸収分光等の各種吸収分光法を用いて分光する。これにより得られ

たスペクトルを使って半導体レーザにフィードバックを行えば良い。これにより、基準周波数源である原子セル22のRb原子によりレーザ光源10のレーザ光の周波数が安定化することになる。即ち、図3(b)に示される通り、長期的な周波数安定度が向上している。

[0038] なお、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部20は、上述のSHGと原子分光を用いるものには限定されない。例えば、 C_2H_2 やHCNといった分子の吸収線は1560nm付近に存在するため、これらの分子ガスが封入されたガラスセルを用いて線形吸収分光や飽和吸収分光等の各種吸収分光法を用いて、レーザ光源10からの波長1560nmのレーザ光を分光することで、レーザ光の周波数を安定化することも可能である。即ち、安定化部20は、所望の周波数帯域に吸収線が存在する原子や分子をガラスセルに封入したものを基準周波数源として用いて分光することで安定化させるものであれば良い。

[0039] その他、安定化部20として、光共振器を用いたものも適用可能である。これは、2枚のミラーを向かい合わせにして構成したファブリペロー型光共振器を用いるものである。この光共振器は、特定の周波数の光に対して共鳴するので、これをロックさせる基準周波数源として用いてフィードバックを行えば良い。このように、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の安定化部は、入力されたレーザ光の所定の周波数を安定化可能なものであれば、既存の又は今後開発されるべきあらゆるものが適用可能である。

[0040] 次に、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部の具体例について説明する。図4は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部の具体例を説明するための概略ブロック図である。図中、図1と同一の符号を付した部分は同一物を表している。また、図5は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部によるレーザ光の周波数スペクトルを模式的に示したグラフであり、図5(a)が光コム発生部出力、図5(b)が白色雑音変調部出力における周波数スペクトルを示している。広帯域化部30は、安定化部20により安定化されるレーザ光を

広帯域スペクトルとしつつ連続的なスペクトルを有する光となるようにするものである。

[0041] 図4に示される例では、広帯域化部30は、光コム発生部31と、白色雑音変調部32とからなる。光コム発生部31は、安定化部20により安定化されたレーザ光が入力され、所定の周波数を中心に所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発生するものである。即ち、光コム発生部31は、安定化されたレーザ光が入力されると、図5(a)に示されるような、入力されたレーザ光の所定の周波数を中心に左右に等間隔に並ぶ高安定な複数のスペクトルを有する光を出力する。周波数が安定化されたレーザ光が入力されるため、発生する光コムの各スペクトルも高安定なものとなる。なお、光コム発生部31は、光コムを発生可能なものであれば、既存の又は今後開発されるべきあらゆるものが適用可能である。

[0042] また、白色雑音変調部32は、光コム発生部31から発せられる光が入力され、連続的なスペクトルとなるように複数のスペクトルの所定間隔以上の変調幅で白色雑音による周波数変調を行うものである。即ち、白色雑音変調部32は、図5(a)に示されるような各スペクトルが安定化された光コムが入力されると、図5(b)に示されるような、複数のスペクトルの間隔をそれぞれ埋めるように白色雑音による周波数変調を行い、連続的なスペクトル（一様なスペクトル）とするものである。したがって、白色雑音変調部32は、広帯域にわたって連続的なスペクトルの光を生成可能となる。なお、白色雑音変調部32は、白色雑音による周波数変調を行えるものであれば、既存の又は今後開発されるべきあらゆるものが適用可能である。

[0043] このように、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置では、光コムの各スペクトルは高安定なものであり、所定の周波数（波長）は安定した状態を維持している。具体的には、例えば所定の周波数が波長1560nmの場合、kHzオーダー又はMHzオーダー（0.001ppm程度まで）の周波数の安定度で安定化される。結果としてスケールファクタの安定度は向上する。そして、スケールファクタの安定度が向上した状態で、安定化さ

れたレーザ光は光コムにより広帯域にわたって等間隔に並ぶ複数のスペクトルに広げられると共に、白色雑音により連続的なスペクトルとすることで広帯域化される。具体的には、例えばレーザ光源10からのレーザ光の周波数が波長1560nmの場合、周波数帯域がTHzオーダー（波長がnmオーダー）で広帯域される。したがって、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、光ファイバコイル内の光後方散乱や偏波結合等による性能劣化を防止しつつ、スケールファクタを向上させることが可能となる。

[0044] なお、図4に示される例では、光コムを発生させた上で白色雑音により一様なスペクトルとしていたが、本発明はこれに限定されない。図6は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部の他の具体例を説明するための概略ブロック図である。図中、図4と同一の符号を付した部分は同一物を表している。また、図7は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の広帯域化部によるレーザ光の周波数スペクトルを模式的に示したグラフであり、図7(a)が白色雑音変調部出力、図7(b)が光コム発生部出力における周波数スペクトルを示している。図6に示される例は、図4に示される例とは逆に、白色雑音変調部32により周波数変調を行った上で光コム発生部31により複数のスペクトル化するものである。即ち、広帯域化部30は、白色雑音変調部32と、光コム発生部31とからなる。白色雑音変調部32は、安定化部20により安定化されるレーザ光が入力され、連続的なスペクトルとなるように所定の変調幅で白色雑音による周波数変調を行うものである。即ち、白色雑音変調部32は、安定化されたレーザ光が入力されると、図7(a)に示されるような、連続的なスペクトルとなるように所定の変調幅で白色雑音による周波数変調を行い、所定の変調幅を有する連続的なスペクトル（一様なスペクトル）とするものである。

[0045] そして、光コム発生部31は、白色雑音変調部32から発せられる光が入力され、所定の周波数を中心に、白色雑音による所定の変調幅以下の所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発するものである。即ち、光コム発生部31は、図7(a)に示されるような所定の変調幅を有す

る連続的なスペクトルを有するレーザ光が入力されると、図7（b）に示されるような、入力されたレーザ光の所定の周波数を中心に左右に等間隔に並ぶ複数のスペクトルを有する光を出力するものである。結果的に、図4に示される例と同様に、広帯域にわたって連続的なスペクトルの光を生成可能となる。

[0046] 次に、図8を用いて本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の他の具体例について説明する。図8は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の他の具体例を説明するための概略ブロック図である。図中、図1と同一の符号を付した部分は同一物を表している。図示例の広帯域化部30は、パラメトリック下方変換部33からなるものである。パラメトリック下方変換部33は、非線形光学結晶を用いるものであり、安定化部20により安定化されるレーザ光を励起光として光子対を発するものである。ここで、例えば本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の出力周波数を、光ファイバの伝搬損失が低い波長である1560nmとした場合について具体的に説明する。まずレーザ光源10として、780nmのレーザ光を発することが可能な半導体レーザを用いる。この場合、安定化部20は、原子セル22のみを用いてフィードバックを行えば良い。即ち、レーザ光源10の780nmの波長の光に対して吸収分光法等を用いてRb原子ガスが封入された原子セル22にロックし、得られたスペクトルを使って半導体レーザにフィードバックを行う。

[0047] このようにして安定化されたレーザ光がパラメトリック下方変換部33に入力される。パラメトリック下方変換部33では、安定化されたレーザ光を励起光として光子対を生成する。即ち、パラメトリック下方変換部33に入力されたレーザ光は、入力されたレーザ光の所定の周波数の1/2の周波数（2倍の波長）を中心に、左右に広がる連続的なスペクトル（一様なスペクトル）となる。具体的には、安定化された780nmの波長の光がパラメトリック下方変換部33に入力されると、1560nmの波長のレーザ光の周波数帯域がTHzオーダー（波長がnmオーダー）で広帯域化される。これ

により、連続的な広帯域スペクトルで構成される光を得ることが可能となる。

[0048] なお、図8に示されるようなパラメトリック下方変換部33を用いる場合、レーザ光源10としては連続光を発する連続光レーザ光源であれば良いが、所定間隔で等間隔に並ぶパルス状のスペクトルの光を発するパルスレーザ光源であっても良い。パルスレーザ光に対しても連続光と同様に所定の周波数に対して安定化部20によりロックして安定化させれば、パルス状のスペクトルがそれぞれ安定することになる。

[0049] また、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、レーザ光源10としてパルス状のスペクトルの光を発するパルスレーザ光源を用いる場合、広帯域化部としては、図8に示されるようなパラメトリック下方変換部33を用いるものには限定されない。即ち、広帯域化部30は、パラメトリック下方変換部33の代わりに白色雑音変調部32を用いても良い。パルスレーザ光源からの所定間隔で等間隔に並ぶパルス状のスペクトルが安定化部20により安定化され、これが白色雑音変調部32に入力される。そして、白色雑音変調部32は、連続的なスペクトル（一様なスペクトル）となるように、パルス状のスペクトルの所定間隔以上の変調幅で白色雑音による周波数変調を行えば良い。

[0050] さらに、図9を用いて本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置のさらに他の具体例について説明する。図9は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置のさらに他の具体例を説明するための概略ブロック図である。図中、図1と同一の符号を付した部分は同一物を表している。図示例の広帯域化部30は、光コム発生部31と、パラメトリック下方変換部33とからなるものである。即ち、この例は、図4に示される光コム発生部31と、図8に示されるパラメトリック下方変換部33を組み合わせた構成である。例えば本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置の出力周波数を、光ファイバの伝搬損失が低い波長である1560nmとした場合について具体的に説明する。まずレーザ光源10として、780nmのレーザ光を発

することが可能な半導体レーザを用いる。この場合、安定化部20は、原子セル22のみを用いてフィードバックを行えば良い。即ち、レーザ光源10の780nmの波長の光に対して吸収分光法等を用いてRb原子ガスが封入された原子セル22にロックし、得られたスペクトルを使って半導体レーザにフィードバックを行う。

[0051] このようにして安定化されたレーザ光が光コム発生部31に入力される。光コム発生部31では、入力された安定化されたレーザ光の所定の周波数を中心に左右に等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を出力する。そして、このような等間隔に並ぶ複数のスペクトルの光がパラメトリック下方変換部33に入力されると、この光を励起光として光子対が生成される。即ち、パラメトリック下方変換部33に入力されたレーザ光は、入力されたレーザ光の所定の周波数の1/2の周波数（2倍の波長）を中心に、両側に広がる連続的なスペクトル（一様なスペクトル）となる。具体的には、780nmの波長の等間隔に並ぶ複数のスペクトルの光がパラメトリック下方変換部33に入力されると、1560nmの波長のレーザ光の周波数帯域がTHzオーダー（波長がnmオーダー）で広帯域化される。これにより、連続的な広帯域スペクトルで構成される光を得ることが可能となる。

[0052] 図9に示される例では、光コム発生部31により光がパルス化されるため、図8に示される例と比べてパラメトリック下方変換部33による変換効率が上がる。

[0053] 次に、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置に好適な光ファイバジャイロスコープについて説明する。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、特定の光ファイバジャイロスコープにのみ用いることが可能なものではなく、汎用的なものである。しかしながら、以下に説明するような光ファイバジャイロスコープと組み合わせて用いることで、広帯域化による強度ノイズを低減可能となる。また、光ファイバコイルの熱による熱的位相雑音も低減可能となる。

[0054] 上述の通り、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置によれば、

光源の光を広帯域化することが可能となる。これによりスケールファクタの安定度を向上させることが可能となる。一方、広帯域化により異なる周波数の光が互いに干渉することで、強度ノイズが発生し得る。このノイズは、相対強度雑音（R I N (R e l a t i v e I n t e n s i t y N o i s e)) と呼ばれる。

[0055] R I Nを抑制する従来技術としては、例えば同じ長さの光ファイバコイルを2つ用意し、一方に参照光を入力して強度ノイズを測定し、光源の強度相関を検出してR I Nの影響を抑制するものがある。この例では、同じ長さの光ファイバコイルを2つ用いるため、コストがかかると共にまったく同じ特性の光ファイバコイルを用意することも難しかった。

[0056] R I Nを抑制する他の従来技術としては、光ファイバコイルを通過した光が通過しない光に比べて光ファイバコイルを伝搬する時間だけ遅延することを利用して、両者の強度の和を取ることで、強度ノイズを低減するものがある。本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、このようにR I Nを低減する構成の光ファイバジャイロスコープに適用することも可能である。

[0057] また、光ファイバコイルの光ファイバは石英によって構成されているが、石英を構成する原子は、室温による温度で熱運動している。原子が熱運動することで、光ファイバの屈折率が変動するため、光ファイバコイルを通過した光に位相雑音に乗る。このノイズは熱的位相雑音（T h e r m a l P h a s e N o i s e）と呼ばれる。

[0058] 熱的位相雑音は、光ファイバコイルの固有周波数の整数倍で位相変調すると低減する性質を有している。したがって、位相変調信号を参照信号として用いて光強度信号を同期検波することで熱的位相雑音を低減する構成の光ファイバジャイロスコープに、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を適用すれば、熱的位相雑音も低減可能となる。

[0059] 以下、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる好適な光ファイバジャイロスコープの具体例について説明する。図10は、本発明の

光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープの構成を説明するための概略ブロック図である。図中、図1等と同一の符号を付した部分は同一物を表している。図示例の光ファイバジャイロスコープは、熱的位相雑音を抑制可能なものである。図示の通り、光ファイバジャイロスコープ1は、光源として上述の本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置(10, 20, 30)を用いる。即ち、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置により生成される連続的な広帯域スペクトルで構成される光を用いて光ファイバジャイロスコープ1が駆動される。光ファイバジャイロスコープ1は、光サーキュレータ40と、多機能集積光回路50と、位相変調信号発生器60と、光検出器70と、同期検波器80とから主に構成されている。そして、多機能集積光回路50に光ファイバコイル2が接続されている。

[0060] 光サーキュレータ40は、広帯域化部30からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイル2を通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、を分離するものである。即ち、光サーキュレータ40は、広帯域化部30からの光を、後述の多機能集積光回路50側に出力すると共に、干渉光が光サーキュレータ40に戻ってくると、光検出器70側に出力するものである。図面上、光サーキュレータ40の左側からは、広帯域化部30からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が入射され、光サーキュレータ40の右側からこの光が出力される。そして、光ファイバコイル2を通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光が戻ってくると、光サーキュレータ40の右側に入射され、下側の後述の光検出器70に出力される。

[0061] 多機能集積光回路50は、偏光子51と、Y分岐・再結合器52と、第1位相変調器53と、第2位相変調器54とからなる。偏光子51は、広帯域化部30からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が、光サーキュレータ40を介して入射されるものである。そして、偏光子51は、単一の偏光のみを通過させる。Y分岐・再結合器52は、偏光子51からの入射光、

即ち、単一の偏光を分岐して、光ファイバコイル2の両端にそれぞれ入射する。光ファイバコイル2の両端に入射された光は、それぞれ左回り光と右回り光となる。そして、Y分岐・再結合器52は、光ファイバコイル2を通過した左回り光と右回り光とを再結合し、これを干渉光として光サーキュレータ40へ出力する。第1位相変調器53は、光ファイバコイル2の一端に入射される一方の入射光を変調するものである。例えば、右回り光となる入射光を変調すれば良い。また、第2位相変調器54は、光ファイバコイル2の他端に入射される他方の入射光を変調するものである。例えば、左回り光となる入射光を変調すれば良い。

[0062] 位相変調信号発生器60は、熱的位相雑音を低減するために、位相変調信号を生成するものである。位相変調信号発生器60は、多機能集積光回路50の第1位相変調器53及び第2位相変調器54に対して、位相変調信号を出力する。位相変調信号発生器60は、光ファイバコイル2の固有周波数の整数倍で位相変調を施すように、位相変調信号を多機能集積光回路50に対して生成する。具体的には、例えば固有周波数の10倍〜100倍程度の整数倍の周波数となるように位相変調を行えば良い。これにより、熱的位相雑音を低減することが可能となる。

[0063] 光検出器70は、光ファイバコイル2を通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータ40から入射され、この干渉光の光強度信号を検出するものである。

[0064] 同期検波器80は、位相変調信号発生器60からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器70により検出される光強度信号を同期検波することで、光ファイバコイル2に対する入力角速度の検出信号として出力するものである。

[0065] 本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、上述のような構成により、光ファイバコイル2の固有周波数の整数倍で位相変調を施すことにより、熱的位相雑音を低減させることが可能となる。

[0066] 次に、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる好適な光ファイバジャイロスコープの他の具体例について説明する。図11は、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープの他の構成を説明するための概略ブロック図である。図中、図10と同一の符号を付した部分は同一物を表しており、重複説明は省略する。図示例の光ファイバジャイロスコープは、相対強度雑音（RIN）を抑制可能なものである。図示の通り、この例の光ファイバジャイロスコープ1も、上述の本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置（10, 20, 30）により生成される連続的な広帯域スペクトルで構成される光を用いて光ファイバジャイロスコープ1が駆動される。光ファイバジャイロスコープ1は、光サーキュレータ40と、多機能集積光回路50と、位相変調信号発生器61と、光検出器70と、同期検波器81と、さらに、基準光検出器90とから主に構成されている。

[0067] ここで、広帯域化部30からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光は、光サーキュレータ40に向かう光とは別に、後述の基準光検出器90側にも出力するためにビームスプリッタ45等で分離されれば良い。

[0068] 位相変調信号発生器61は、相対強度雑音を低減するために、位相変調信号を生成するものである。位相変調信号発生器61は、多機能集積光回路50の第1位相変調器53及び第2位相変調器54に対して、位相変調信号を出力する。位相変調信号発生器61は、光ファイバコイル2の固有周波数の奇数倍で位相変調を施すように、位相変調信号を多機能集積光回路50に対して生成する。具体的には、例えば固有周波数の1倍や3倍、5倍等の周波数となるように位相変調を行えば良い。これにより、相対強度雑音を低減することが可能となる。このとき、固有周波数の奇数倍且つ整数倍の周波数となるように位相変調を行えば、図10に示される例と同様に、熱的位相雑音も相対強度雑音と共に低減できることになる。即ち、熱的位相雑音及び相対強度雑音の両方を低減することが可能となる。

[0069] 基準光検出器90は、広帯域化部30からの連続的な広帯域スペクトルで

構成される光の基準光強度信号を検出するものである。即ち、基準光検出器 90 は、広帯域化部 30 からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光を基準光として用い、その基準光強度信号を検出する。

[0070] 同期検波器 81 は、位相変調信号発生器 61 からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器 70 により検出される光強度信号と基準光検出器 90 により検出される基準光強度信号の和信号を同期検波することで、光ファイバコイル 2 に対する入力角速度の検出信号として出力するものである。

[0071] 本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、上述のような構成により、光ファイバコイル 2 の固有周波数の奇数倍で位相変調を施すことで、相対強度雑音も低減させることが可能となる。また、さらに、奇数倍且つ整数倍で位相変調を施せば、熱的位相雑音も相対強度雑音と共に軽減させることが可能となる。

[0072] なお、この例では奇数倍で位相変調を施すと共に、光検出器 70 による光強度信号と基準光検出器 90 による基準光強度信号の和信号を同期検波しているが、偶数倍で位相変調を施すと共に、光検出器 70 による光強度信号と基準光検出器 90 による基準光強度信号の差信号を同期検波しても良い。即ち、位相変調信号発生器 61 が、光ファイバコイル 2 の固有周波数の偶数倍で位相変調を施すように、位相変調信号を多機能集積光回路 50 に対して生成しても良い。そして、同期検波器 81 は、光検出器 70 により検出される光強度信号と基準光検出器 90 により検出される基準光強度信号の差信号を同期検波するようにすれば良い。

[0073] ここで、図 10 に示される同期検波器 80 や図 11 に示される同期検波器 81 は、位相変調信号発生器 60 (61) からの位相変調信号を参照信号として用い、同期検波しても良い。さらに、光ファイバコイル 2 に対する入力角速度によって生ずる左回り光と右回り光との間の位相差を相殺する信号を、位相変調信号発生器 60 (61) をフィードバック制御するためのフィードバック制御信号として位相変調信号発生器 60 (61) へ出力することも可能となる。これにより、入力角速度のダイナミックレンジを増やすことも

可能となる。

[0074] なお、本発明の光ファイバジャイロスコープ用光源装置及びそれを用いた光ファイバジャイロスコープは、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

符号の説明

- [0075]
- 1 光ファイバジャイロスコープ
 - 2 光ファイバコイル
 - 10 レーザ光源
 - 20 安定化部
 - 21 SHG部
 - 22 原子セル
 - 30 広帯域化部
 - 31 光コム発生部
 - 32 白色雑音変調部
 - 33 パラメトリック下方変換部
 - 40 光サーキュレータ
 - 50 多機能集積光回路
 - 51 偏光子
 - 52 分岐・再結合器
 - 53 第1位相変調器
 - 54 第2位相変調器
 - 60、61 位相変調信号発生器
 - 70 光検出器
 - 80、81 同期検波器
 - 90 基準光検出器

請求の範囲

- [請求項1] 光ファイバコイルを有する光ファイバジャイロスコープを駆動するための光ファイバジャイロスコープ用光源装置であって、該光ファイバジャイロスコープ用光源装置は、
- 所定の周波数のレーザ光を発するレーザ光源と、
- 前記レーザ光源から発せられるレーザ光の所定の周波数を安定化する安定化部と、
- 前記安定化部により安定化されるレーザ光を連続的な広帯域スペクトルで構成される光にする広帯域化部と、
- を具備することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記安定化部は、レーザ光源から発せられるレーザ光を基準周波数源にロックして安定化させることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記レーザ光源は、連続光を発する連続光レーザ光源からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。
- [請求項4] 請求項1又は請求項2に記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記レーザ光源は、所定間隔で等間隔に並ぶパルス状のスペクトルの光を発するパルスレーザ光源からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。
- [請求項5] 請求項4に記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記広帯域化部は、前記安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、連続的なスペクトルとなるようにパルス状のスペクトルの所定間隔以上の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。

[請求項6] 請求項1乃至請求項3の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記広帯域化部は、

前記安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、所定の周波数を中心に所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、

前記光コム発生部から発せられる光が入力され、連続的なスペクトルとなるように複数のスペクトルの所定間隔以上の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部と、

からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。

[請求項7] 請求項1乃至請求項3の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記広帯域化部は、

前記安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、連続的なスペクトルとなるように所定の変調幅で白色雑音による周波数変調を行う白色雑音変調部と、

前記白色雑音変調部から発せられる光が入力され、所定の周波数を中心に、白色雑音による所定の変調幅以下の所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、

からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。

[請求項8] 請求項1乃至請求項4の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記広帯域化部は、前記安定化部により安定化されるレーザ光を励起光として光子対を発するパラメトリック下方変換部からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。

[請求項9] 請求項1乃至請求項3の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置において、前記広帯域化部は、

前記安定化部により安定化されるレーザ光が入力され、所定の周波

数を中心に所定間隔で等間隔に並ぶ複数のスペクトルで構成される光を発する光コム発生部と、

前記光コム発生部により発せられる光を励起光として光子対を発するパラメトリック下方変換部と、

からなることを特徴とする光ファイバジャイロスコープ用光源装置。

[請求項10]

請求項1乃至請求項9の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、を分離する光サーキュレータと、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光とするY分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第1位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第2位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、

熱的位相雑音を低減するために、前記多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の整数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、

前記光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、

前記位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号を同期検波することで、光フ

ファイバコイルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、

を具備することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

[請求項11]

請求項1乃至請求項9の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、を分離する光サーキュレータと、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光とするY分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第1位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第2位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、

相対強度雑音を低減するために、前記多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の奇数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、

前記光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光の基準光強度信号を検出する基準光検出器と、

前記位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号と基準光検出器により出力される基準光強度信号の和信号を同期検波することで、光ファイバコイ

ルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、
を具備することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

[請求項12]

請求項1乃至請求項9の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープ用光源装置を用いる光ファイバジャイロスコープは、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光と、光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光と、光ファイバコイルを通過しない光である基準光と、に分離する光サーキュレータと、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光が光サーキュレータから入射され単一の偏光のみを通過させる偏光子と、偏光子からの入射光を分岐して光ファイバコイルの両端にそれぞれ入射すると共に光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光とを再結合した干渉光とするY分岐・再結合器と、光ファイバコイルの一端に入射される一方の入射光を変調する第1位相変調器と、光ファイバコイルの他端に入射される他方の入射光を変調する第2位相変調器と、を有する多機能集積光回路と、

相対強度雑音を低減するために、前記多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の偶数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成する位相変調信号発生器と、

前記光ファイバコイルを通過した左回り光と右回り光との干渉光が光サーキュレータから入射され干渉光の光強度信号を検出する光検出器と、

前記広帯域化部からの連続的な広帯域スペクトルで構成される光の基準光強度信号を検出する基準光検出器と、

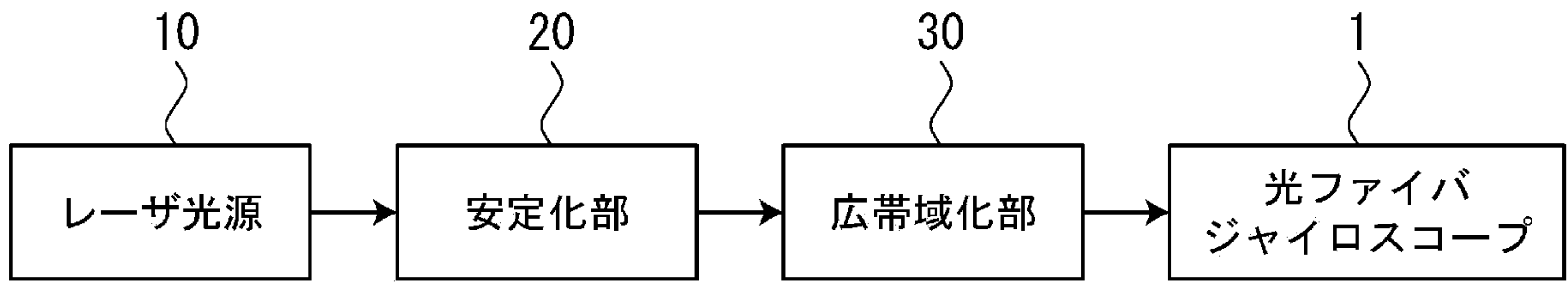
前記位相変調信号発生器からの位相変調信号を参照信号として用い、光検出器により検出される光強度信号と基準光検出器により検出される基準光強度信号の差信号を同期検波することで、光ファイバコイ

ルに対する入力角速度の検出信号として出力する同期検波器と、
を具備することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

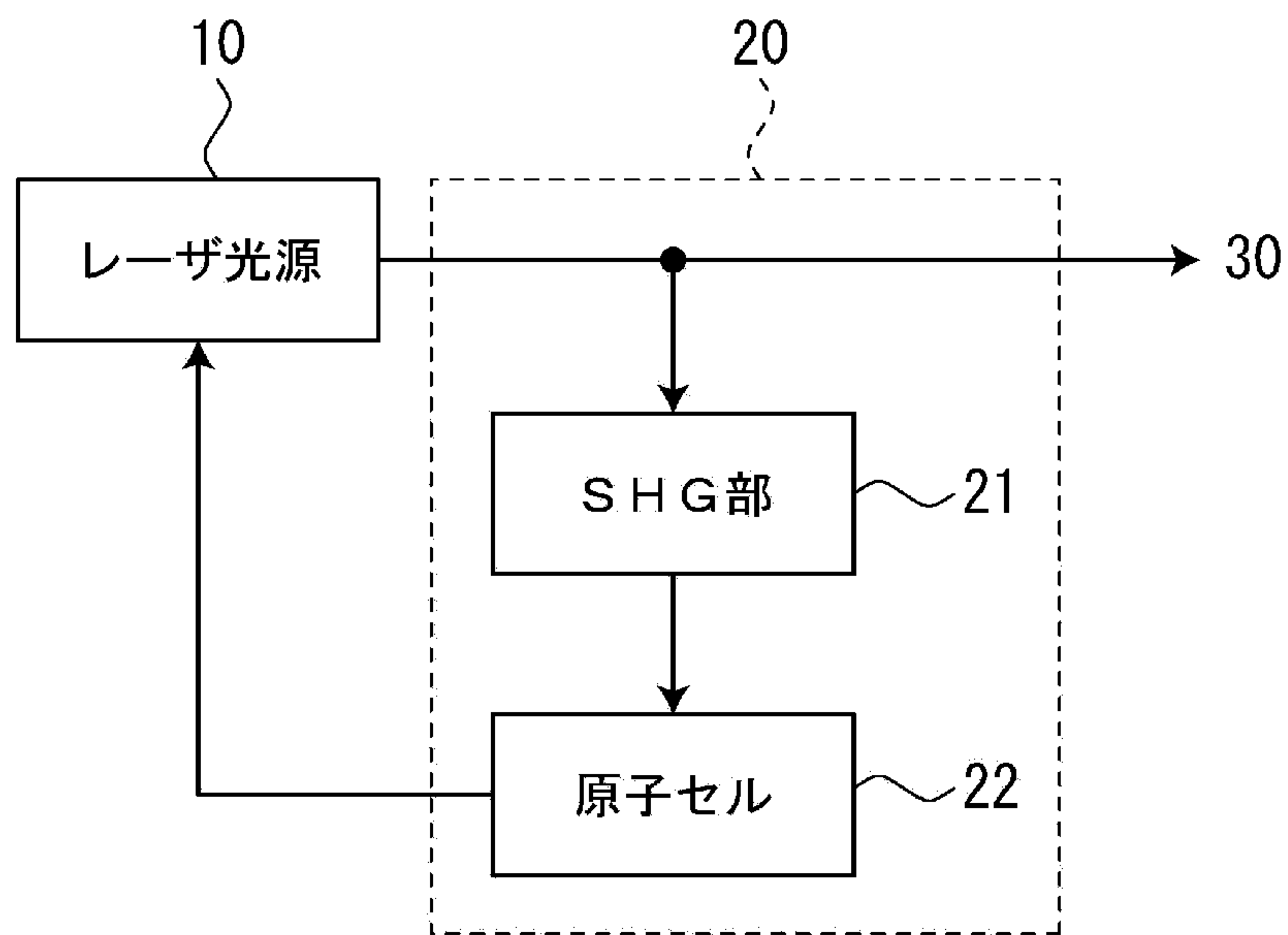
[請求項13] 請求項11又は請求項12に記載の光ファイバジャイロスコープにおいて、前記位相変調信号発生器は、熱的位相雑音及び相対強度雑音を低減するために、前記多機能集積光回路の第1位相変調器及び第2位相変調器に対して光ファイバコイルの固有周波数の整数倍で位相変調を施すための位相変調信号を生成することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

[請求項14] 請求項10乃至請求項13の何れかに記載の光ファイバジャイロスコープにおいて、前記同期検波器は、さらに、光ファイバコイルに対する入力角速度によって生ずる左回り光と右回り光との間の位相差を相殺する信号を、位相変調信号発生器をフィードバック制御するためのフィードバック制御信号として位相変調信号発生器へ出力することを特徴とする光ファイバジャイロスコープ。

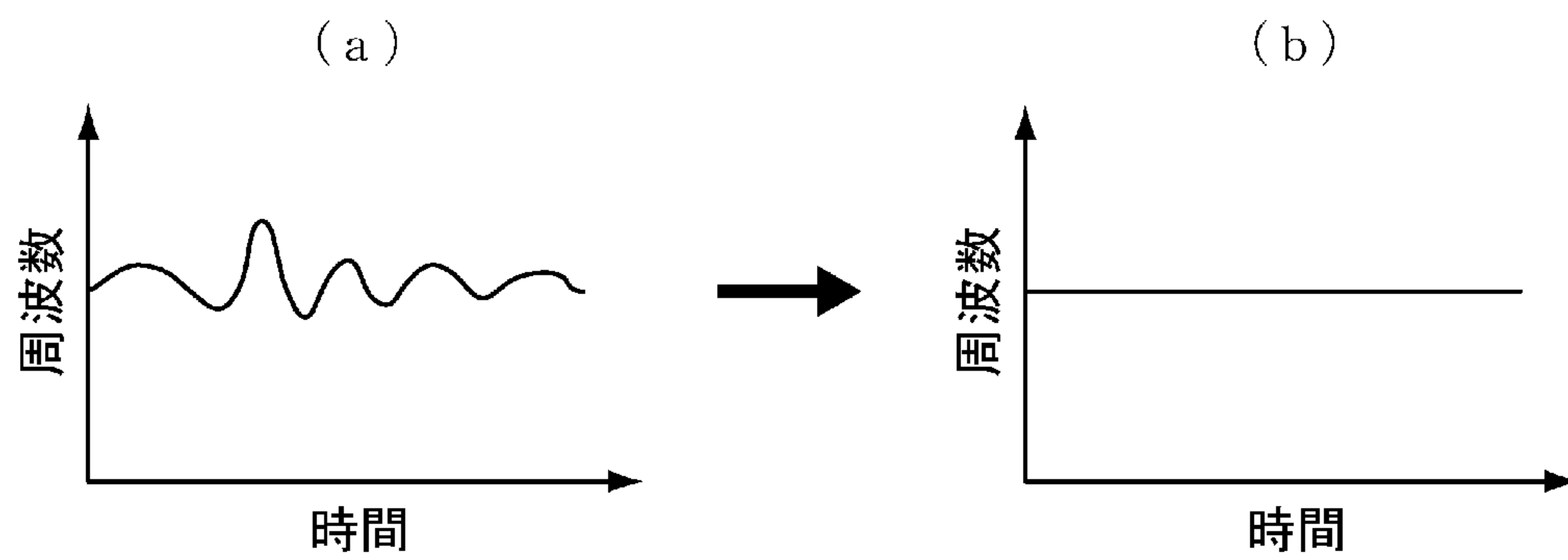
[図1]



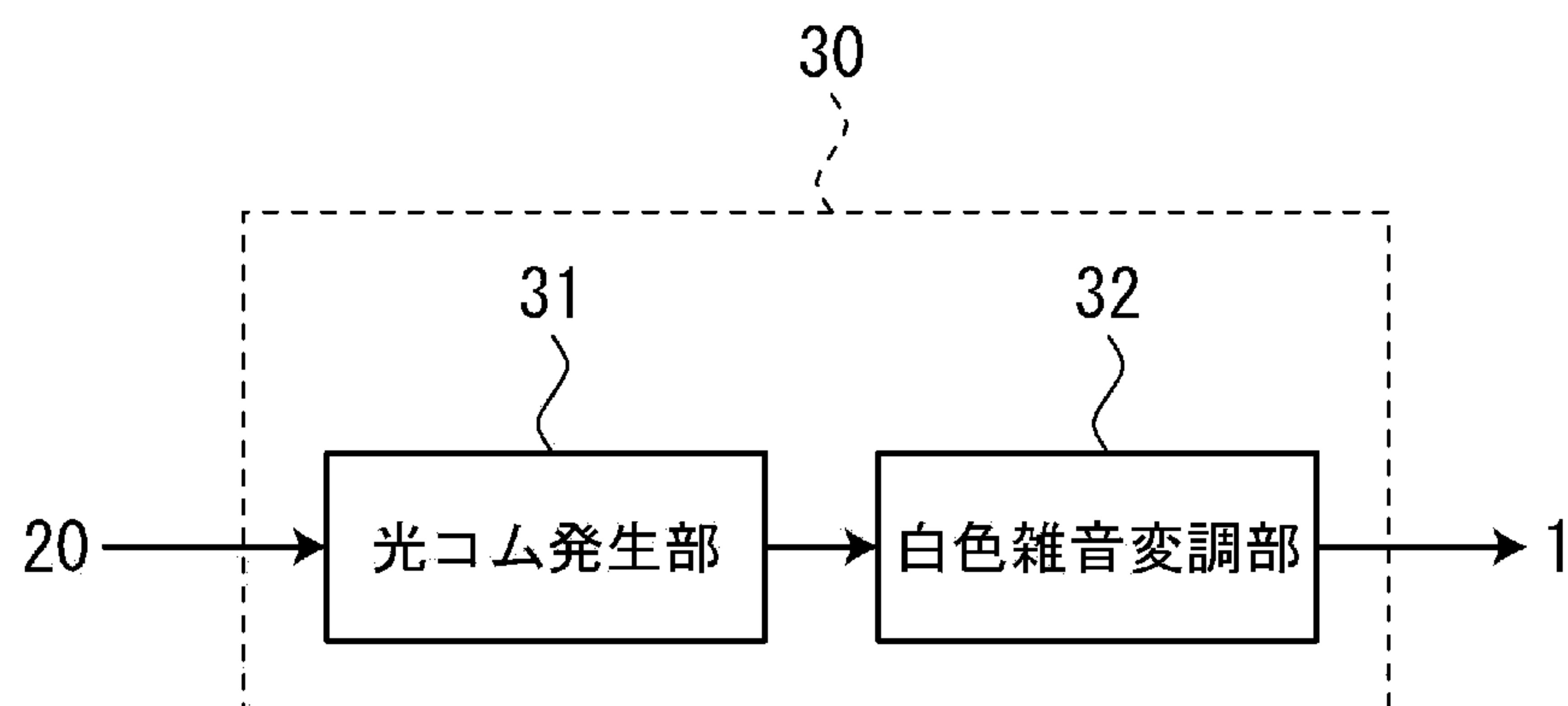
[図2]



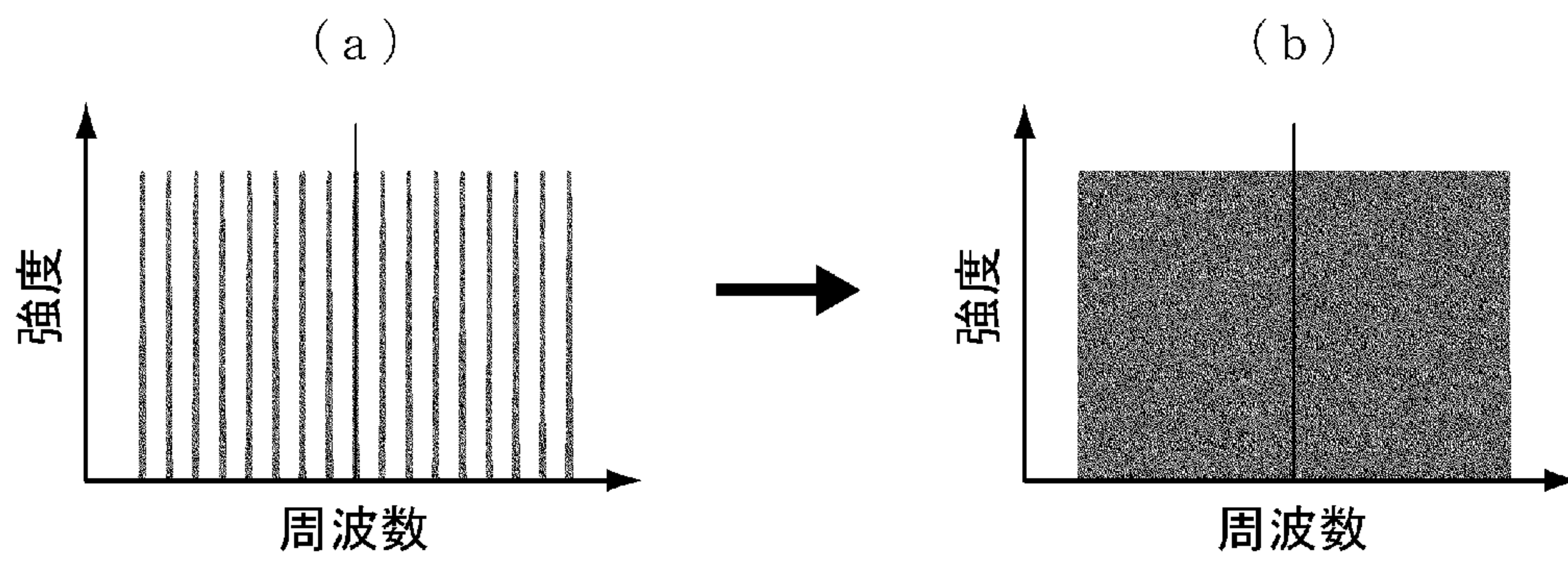
[図3]



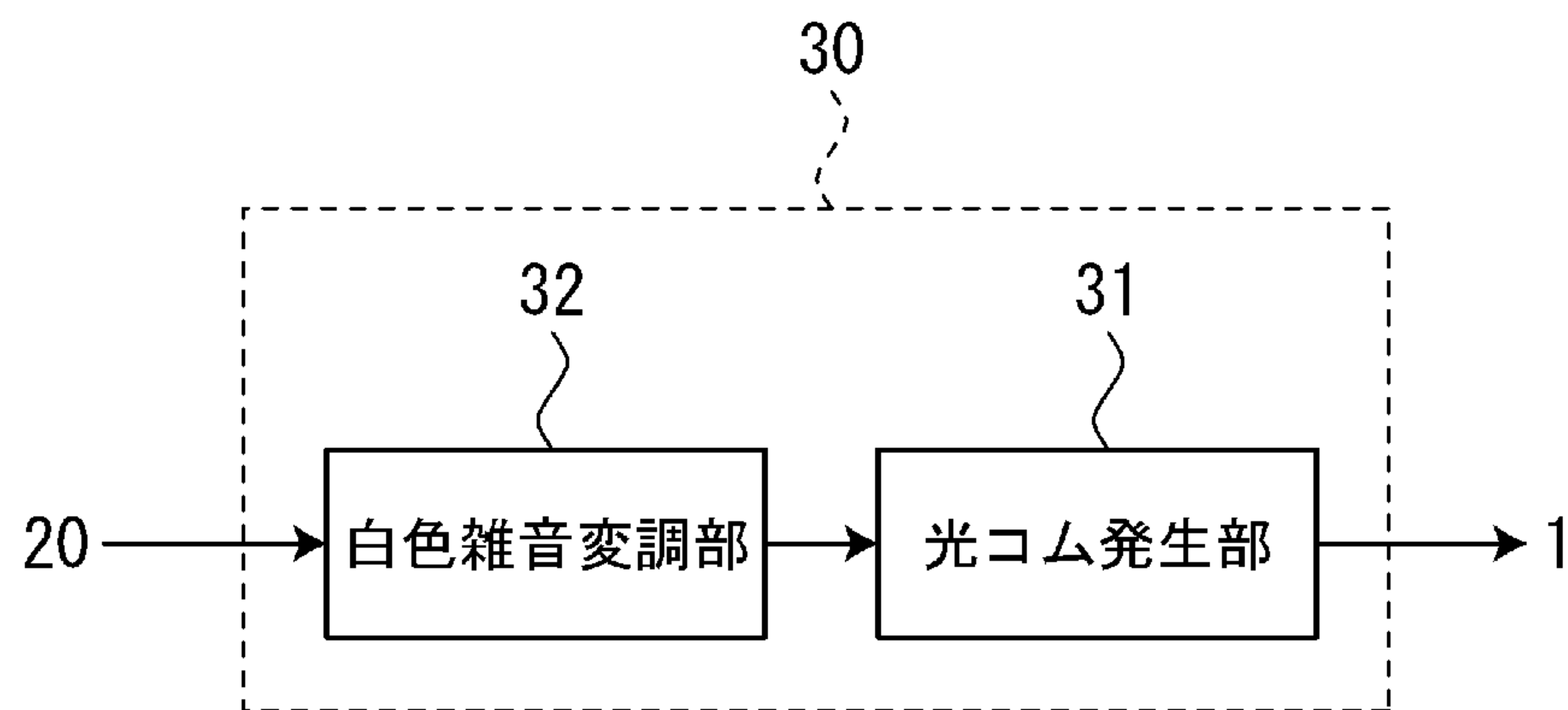
[図4]



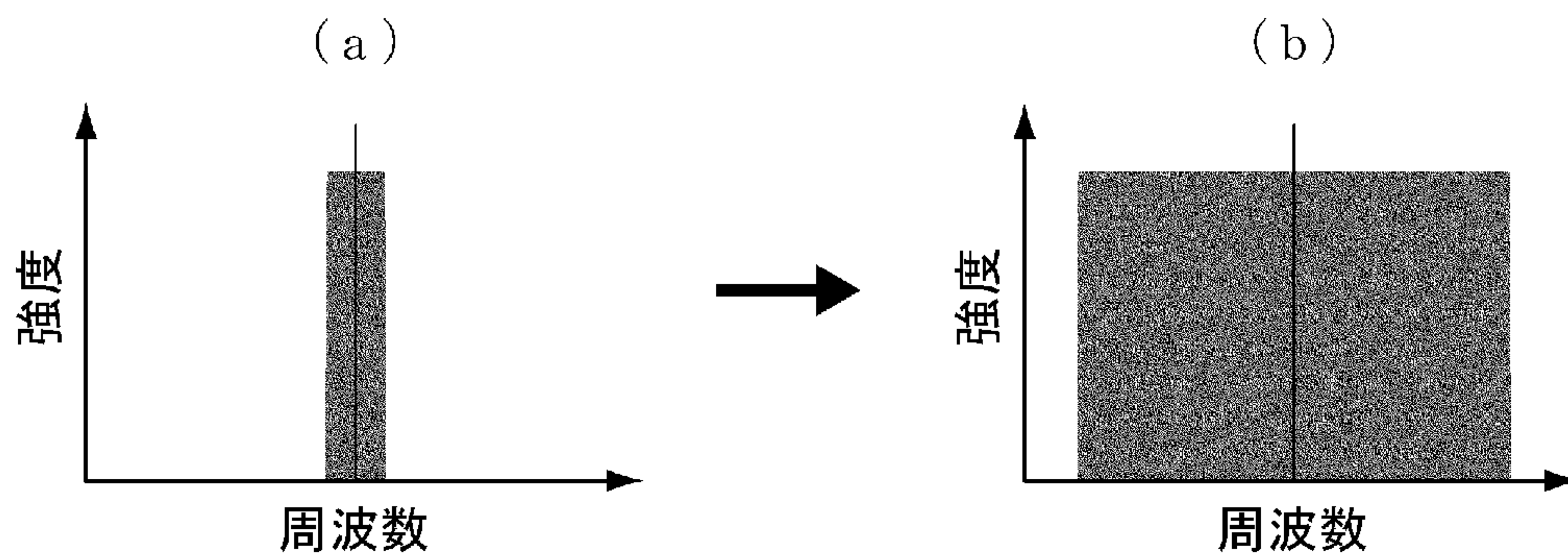
[図5]



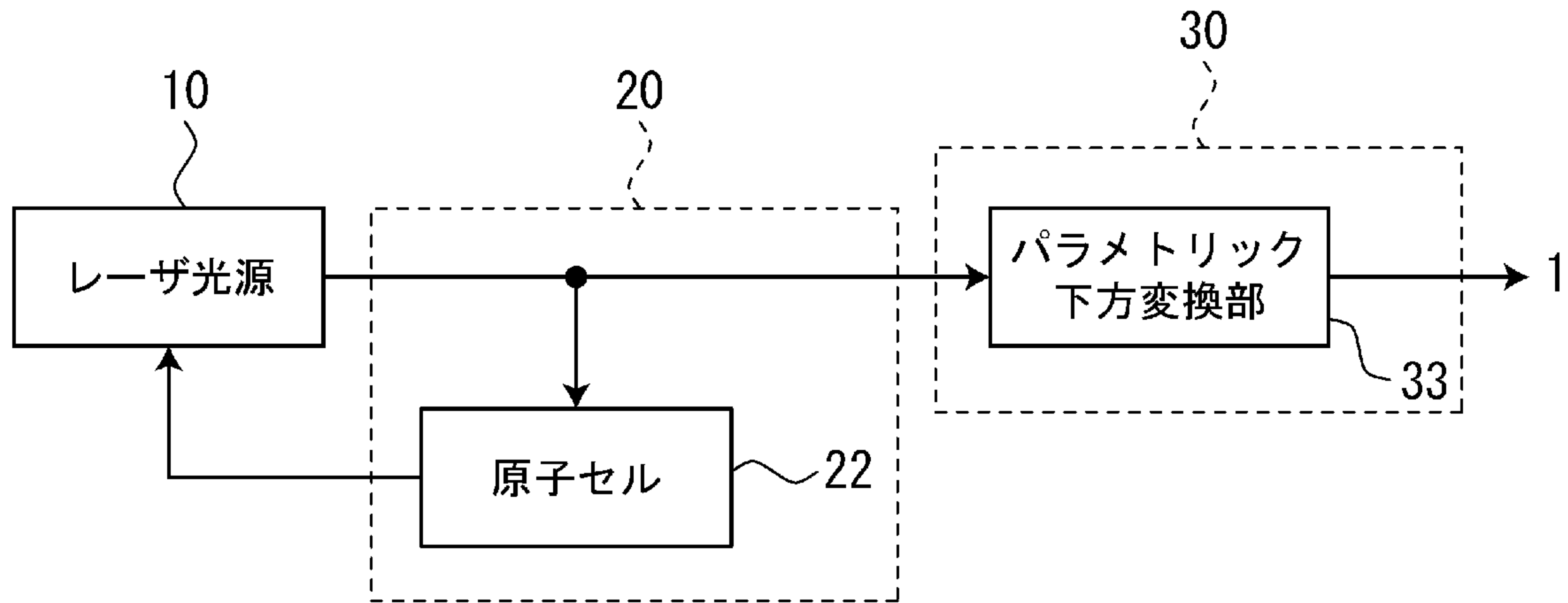
[図6]



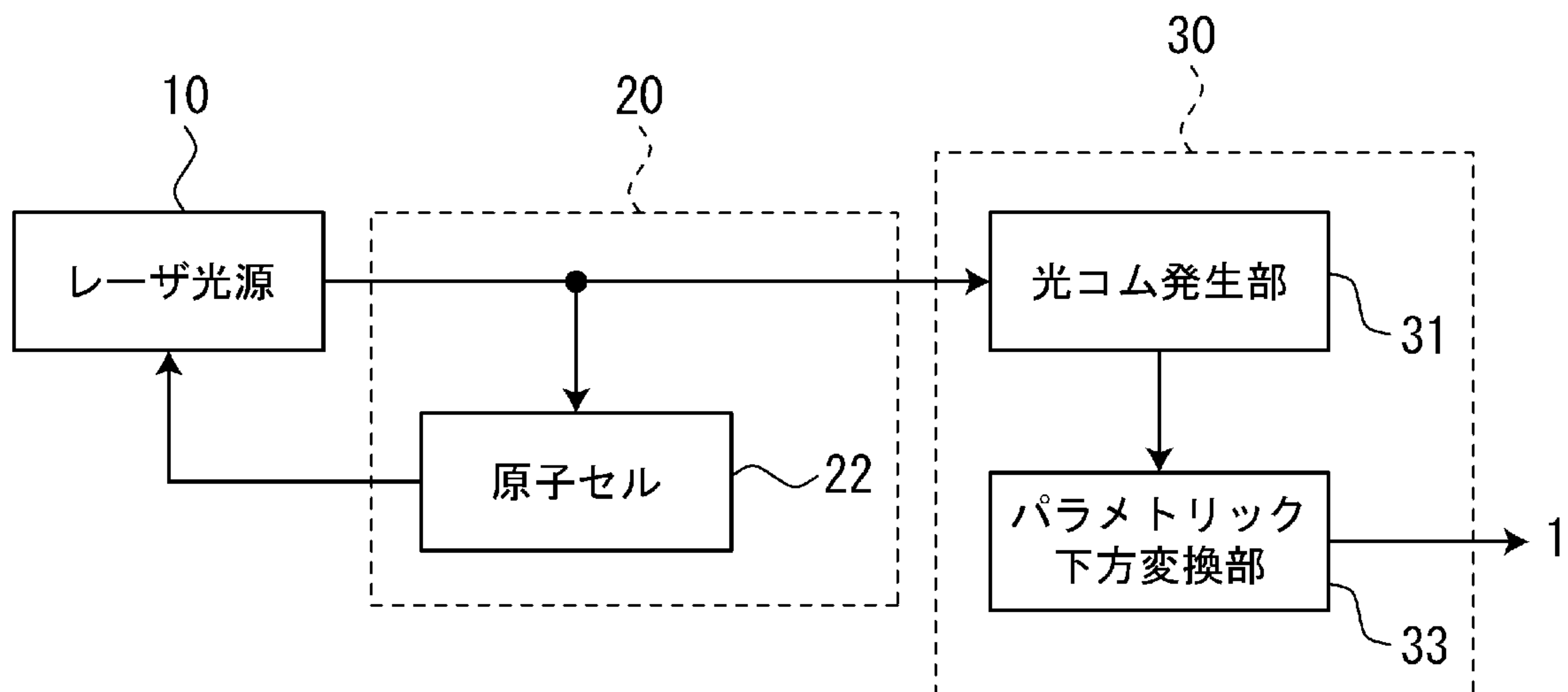
[図7]



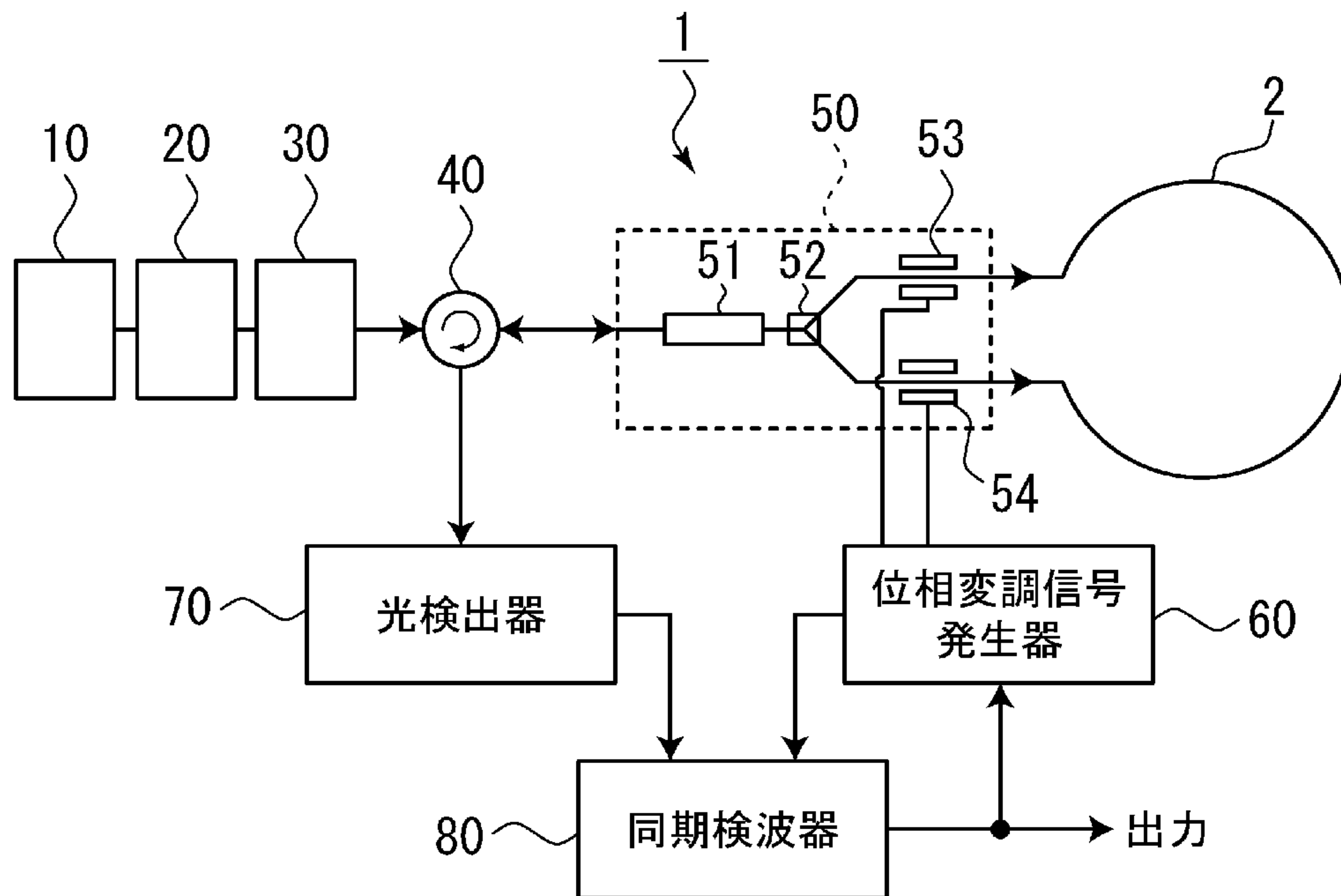
[図8]



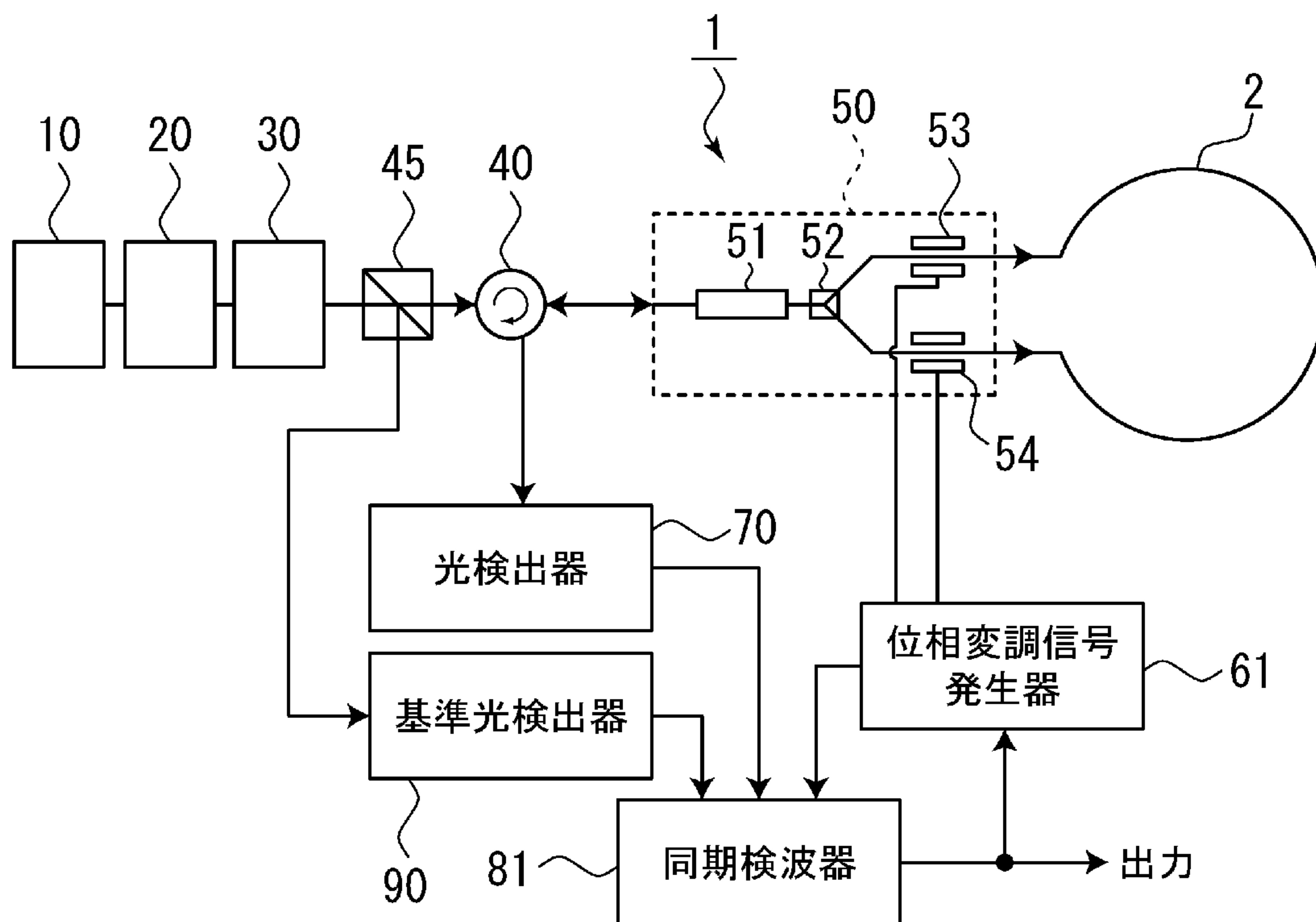
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/043273

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 G01C 19/72(2006.01)i; G02F 1/37(2006.01)i; G02F 1/39(2006.01)i; H01S 3/00(2006.01)i; H01S 3/137(2006.01)i
 FI: G01C19/72 M; H01S3/00 A; H01S3/137; G02F1/39; G02F1/37
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G01C19/72; H01S3/00; H01S3/137; G02F1/37; G02F1/39

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2019-529881 A (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 17 October 2019 (2019-10-17) paragraphs [0025], [0043], [0046], [0047], fig. 2, 5B	1-5, 10-14 6-9
Y	JP 2016-017957 A (HONEYWELL INTERNATIONAL INC.) 01 February 2016 (2016-02-01) fig. 2	1-5, 10-14
Y	JP 07-324938 A (TOKIMEC CO., LTD.) 12 December 1995 (1995-12-12) fig. 1, paragraph [0100]	10-14
Y	JP 2019-522218 A (IXBLUE) 08 August 2019 (2019-08-08) paragraph [0132]	13, 14
A	JP 2019-522817 A (NPL MANAGEMENT LIMITED) 15 August 2019 (2019-08-15)	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 February 2021 (04.02.2021)	Date of mailing of the international search report 16 February 2021 (16.02.2021)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/043273

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-529881 A	17 Oct. 2019	US 2018/0080770 A1 paragraphs [0027], [0045], [0048], [0049], fig. 2	
JP 2016-017957 A	01 Feb. 2016	US 2016/0003619 A1 fig. 2	
JP 07-324938 A	12 Dec. 1995	(Family: none)	
JP 2019-522218 A	08 Aug. 2019	US 2019/0331492 A1 paragraph [0190]	
JP 2019-522817 A	15 Aug. 2019	US 2019/0129276 A1	

<p>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</p> <p>G01C 19/72(2006.01)i; G02F 1/37(2006.01)i; G02F 1/39(2006.01)i; H01S 3/00(2006.01)i; H01S 3/137(2006.01)i FI: G01C19/72 M; H01S3/00 A; H01S3/137; G02F1/39; G02F1/37</p>																																			
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) G01C19/72; H01S3/00; H01S3/137; G02F1/37; G02F1/39</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> <p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年																									
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																																		
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年																																		
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年																																		
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年																																		
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2019-529881 A (ザ ボード オブ トラスティーズ オブ ザ リーランド スタン フォード ジュニア ユニバーシティ) 17.10.2019 (2019 - 10 - 17) 段落0025, 0043, 0046, 0047, 図2, 5B</td> <td>1-5, 10-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>6-9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2016-017957 A (ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド) 01.02.2016 (2016 - 02 - 01) 図2</td> <td>1-5, 10-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 07-324938 A (株式会社トキメック) 12.12.1995 (1995 - 12 - 12) 図1, 段落0100</td> <td>10-14</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2019-522218 A (イクスブルー) 08.08.2019 (2019 - 08 - 08) 段落0132</td> <td>13, 14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-522817 A (エヌピーエル マネージメント リミテッド) 15.08.2019 (2019 - 08 - 15)</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y	JP 2019-529881 A (ザ ボード オブ トラスティーズ オブ ザ リーランド スタン フォード ジュニア ユニバーシティ) 17.10.2019 (2019 - 10 - 17) 段落0025, 0043, 0046, 0047, 図2, 5B	1-5, 10-14	A		6-9	Y	JP 2016-017957 A (ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド) 01.02.2016 (2016 - 02 - 01) 図2	1-5, 10-14	Y	JP 07-324938 A (株式会社トキメック) 12.12.1995 (1995 - 12 - 12) 図1, 段落0100	10-14	Y	JP 2019-522218 A (イクスブルー) 08.08.2019 (2019 - 08 - 08) 段落0132	13, 14	A	JP 2019-522817 A (エヌピーエル マネージメント リミテッド) 15.08.2019 (2019 - 08 - 15)	1-14	* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																																	
Y	JP 2019-529881 A (ザ ボード オブ トラスティーズ オブ ザ リーランド スタン フォード ジュニア ユニバーシティ) 17.10.2019 (2019 - 10 - 17) 段落0025, 0043, 0046, 0047, 図2, 5B	1-5, 10-14																																	
A		6-9																																	
Y	JP 2016-017957 A (ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド) 01.02.2016 (2016 - 02 - 01) 図2	1-5, 10-14																																	
Y	JP 07-324938 A (株式会社トキメック) 12.12.1995 (1995 - 12 - 12) 図1, 段落0100	10-14																																	
Y	JP 2019-522218 A (イクスブルー) 08.08.2019 (2019 - 08 - 08) 段落0132	13, 14																																	
A	JP 2019-522817 A (エヌピーエル マネージメント リミテッド) 15.08.2019 (2019 - 08 - 15)	1-14																																	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの																																		
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの																																		
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの																																		
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	“&” 同一パテントファミリー文献																																		
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献																																			
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献																																			
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日																																		
04.02.2021	16.02.2021																																		
名称及びあて先	権限のある職員 (特許庁審査官)																																		
日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	九鬼 一慶 2S 4404																																		
	電話番号 03-3581-1101 内線 3216																																		

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/043273

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-529881	A	17.10.2019	US	2018/0080770	A1	段落0027, 0045, 0048, 0049, 図2
JP	2016-017957	A	01.02.2016	US	2016/0003619	A1	図2
JP	07-324938	A	12.12.1995	(ファミリーなし)			
JP	2019-522218	A	08.08.2019	US	2019/0331492	A1	段落0190
JP	2019-522817	A	15.08.2019	US	2019/0129276	A1	