

(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2017-187649

(P2017-187649A)

(43) 公開日 平成29年10月12日(2017.10.12)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
G02F 1/29	(2006.01)	G02F 1/29		2K102
G02F 1/01	(2006.01)	G02F 1/01	C	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-76765 (P2016-76765)
 (22) 出願日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (72) 発明者 井上 大介
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 市川 正
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会
 社豊田中央研究所内

最終頁に続く

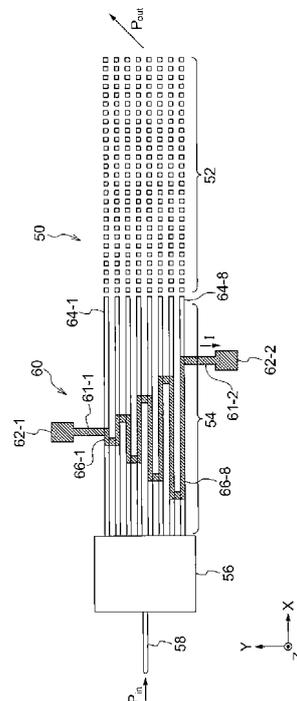
(54) 【発明の名称】 光フェーズドアレイ、及び光アンテナ

(57) 【要約】

【課題】 環境の変化に対する偏向角の変動が抑制され、偏向角が安定して線形に変化する光フェーズドアレイ、及び光アンテナを提供すること。

【解決手段】 レーザ光源からの出力光を入力端から入力光 P_{in} として入力すると共に複数の分配して複数の出力端から出力させる分配部 56 と、複数の出力端の各々に接続されると共に所定方向に延伸された複数の光導波路 64、及び複数の光導波路 64 の各々に熱を付与する複数の加熱素子 66 を備え、複数の光導波路 64 を伝播する入力光 P_{in} の各々の位相を変調する位相変調部 54 と、複数の光導波路 64 の各々に対応して配置された複数の回折格子を含むと共に位相が変調された入力光 P_{in} を放射光 P_{out} として放射する回折格子アレイ 52 と、を含む。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源からの出力光を入力端から入力光として入力すると共に複数に分配して複数の出力端から出力させる分配部と、

前記複数の出力端の各々に接続されると共に所定の方向に延伸された複数の光導波路、及び前記複数の光導波路の各々に熱を付与する複数の加熱素子を備え、前記複数の光導波路を伝播する前記入力光の各々の位相を変調する位相変調部と、

前記複数の光導波路の各々に対応して配置された複数の回折格子を含むと共に位相が変調された前記入力光を放射光として放射する回折格子アレイと、

を含む光フェーズドアレイ。

10

【請求項 2】

前記複数の加熱素子の各々は、前記複数の光導波路の配列順序に比例した熱を発生する請求項 1 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 3】

前記複数の加熱素子の各々は、前記所定の方向の長さが前記複数の光導波路の配列順序に比例すると共に前記複数の光導波路の各々の近傍に設けられた個別電極を備え、

前記位相変調部は、複数の前記個別電極が互いに直列に接続された電極領域、及び前記電極領域の両端に接続されると共に電源が印加される電極対をさらに備える

請求項 1 又は請求項 2 に記載の光フェーズドアレイ。

20

【請求項 4】

前記複数の加熱素子の各々は、前記所定の方向の長さが前記複数の光導波路の配列順序に反比例すると共に前記複数の光導波路の各々の近傍に設けられた個別電極を備え、

前記位相変調部は、複数の前記個別電極の前記所定の方向と交差する方向の辺同士が互いに接続された電極領域、及び前記電極領域の両端に接続されると共に電源が印加される電極対をさらに備える

請求項 1 又は請求項 2 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 5】

前記電極領域は、一端が同じ位置で接続されると共に他端が前記複数の光導波路の配列順序に反比例する長さとなる曲線を描くようにして複数の前記個別電極が接続されて構成された

請求項 4 に記載の光フェーズドアレイ。

30

【請求項 6】

前記レーザ光源は、波長可変光源である

請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 7】

前記レーザ光源は、一方の端面が第 1 の反射面とされ他方の端面から光を出力する光増幅器、前記光増幅器に接続された光フィルタ、及び前記光フィルタに接続されると共に第 2 の反射面として機能する開放端を有するアウトカブラを含み、前記第 1 の反射面と前記第 2 の反射面とによりファブリペロー共振器が構成され、前記ファブリペロー共振器と前記光フィルタによって選択された波長の光を前記アウトカブラから前記出力光として出力する狭線幅波長光源である

請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項に記載の光フェーズドアレイ。

40

【請求項 8】

前記放射光の一部を参照光として受光すると共に受光面上の前記参照光の位置を検出するための位置信号を出力する受光部と、

前記位置信号と前記参照光の目標位置とを比較して誤差信号を生成する検出部と、

前記誤差信号に基づいて前記複数の加熱素子が発生する熱量を制御する制御信号を生成する駆動部と、

をさらに含む請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の光フェーズドアレイ。

50

【請求項 9】

前記複数の光導波路の各々は、光を導波するコア及びコアを覆うクラッドを備え、
 前記複数の回折格子の各々は、前記コアを複数に分割した分割コア領域を含み、
 前記参照光は、前記分割コア領域において前記放射光が放射される方向とは反対の方向
 に放射される

請求項 8 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 10】

前記複数の回折格子の各々は、前記放射光の光量と前記参照光の光量との比率を調整す
 る調整部を前記分割コア領域に沿って前記クラッドの内部に備える

請求項 9 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 11】

前記複数の回折格子の各々は、前記分割コア領域と前記受光部との間に前記参照光を反
 射させる反射部を備える

請求項 9 又は請求項 10 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 12】

アレイ状に配置された、複数の請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の光フェーズ
 ドアレイと、

複数の前記光フェーズドアレイの各々の前記入力端に接続された複数の第 2 光導波路、
 及び前記複数の第 2 光導波路の各々に熱を付与する複数の第 2 加熱素子を備え、前記複数の
 の第 2 光導波路を伝播する光の各々の位相を変調する第 2 位相変調部と、

前記複数の第 2 光導波路を束ねて前記レーザ光源からの出力光を入力する第 2 入力端に
 接続する複数の Y 分岐と、

を含む光アンテナ。

【請求項 13】

前記放射光の一部を参照光として受光すると共に受光面上の前記参照光の位置を検出す
 るための位置信号を出力する受光部と、

前記位置信号と前記参照光の目標位置とを比較して誤差信号を生成する検出部と、

前記誤差信号に基づいて前記複数の加熱素子が発生する熱量を制御する制御信号を生成
 する駆動部と、

をさらに含む請求項 12 に記載の光アンテナ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光フェーズドアレイ、及び光アンテナに関する。

【背景技術】

【0002】

光フェーズドアレイとは光を偏向するデバイスであり、光アンテナを構成するキーデバ
 イスである。光フェーズドアレイの一形態として、非特許文献 1 に開示されたような、位
 相変調器と回折格子とを組み合わせた光フェーズドアレイが知られている。非特許文献 1
 に開示された光フェーズドアレイでは、アレイ状に配置された回折格子の各々に入力させ
 る光の位相を変調することにより偏向角が変えられるように構成されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】 Large-scale nanophotonic phased array, Nature, Vol.1943, p195-19
 9, 2013

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光フェーズドアレイ、特に、移動体（自動車等）のレーザレーダ等に用いられる光フェ
 ーズドアレイでは、周囲温度等の環境の変化に対し、偏向角が安定して線形に変化するこ

10

20

30

40

50

とが重要である。この点、非特許文献 1 に開示された光フェーズドアレイでは、光フェーズドアレイの構成要素、特に、温度依存性の大きい位相変調器に対する対策が施されていないため、周囲温度が変化すると変調位相が変化してしまう。そのため、光フェーズドアレイの偏向角が温度等の変化に依存して変化してしまうという問題点がある。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、環境の変化に対する偏向角の変動が抑制され、偏向角が安定して線形に変化する光フェーズドアレイ、及び光アンテナを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の光フェーズドアレイは、レーザ光源からの出力光を入力端から入力光として入力すると共に複数に分配して複数の出力端から出力させる分配部と、前記複数の出力端の各々に接続されると共に所定の方向に延伸された複数の光導波路、及び前記複数の光導波路の各々に熱を付与する複数の加熱素子を備え、前記複数の光導波路を伝播する前記入力光の各々の位相を変調する位相変調部と、前記複数の光導波路の各々に対応して配置された複数の回折格子を含むと共に位相が変調された前記入力光を放射光として放射する回折格子アレイと、を含むものである。

【 0 0 0 7 】

また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記複数の加熱素子の各々は、前記複数の光導波路の配列順序に比例した熱を発生するものである。

【 0 0 0 8 】

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の発明において、前記複数の加熱素子の各々は、前記所定の方向の長さが前記複数の光導波路の配列順序に比例すると共に前記複数の光導波路の各々の近傍に設けられた個別電極を備え、前記位相変調部は、複数の前記個別電極が互いに直列に接続された電極領域、及び前記電極領域の両端に接続されると共に電源が印加される電極対をさらに備えるものである。

【 0 0 0 9 】

また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の発明において、前記複数の加熱素子の各々は、前記所定の方向の長さが前記複数の光導波路の配列順序に反比例すると共に前記複数の光導波路の各々の近傍に設けられた個別電極を備え、前記位相変調部は、複数の前記個別電極の前記所定の方向と交差する方向の辺同士が互いに接続された電極領域、及び前記電極領域の両端に接続されると共に電源が印加される電極対をさらに備えるものである。

【 0 0 1 0 】

また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載の発明において、前記電極領域は、一端が同じ位置で接続されると共に他端が前記複数の光導波路の配列順序に反比例する長さとなる曲線を描くようにして複数の前記個別電極が接続されて構成されたものである。

【 0 0 1 1 】

また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記レーザ光源は、波長可変光源であるものである。

【 0 0 1 2 】

また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記レーザ光源は、一方の端面が第 1 の反射面とされ他方の端面から光を出力する光増幅器、前記光増幅器に接続された光フィルタ、及び前記光フィルタに接続されると共に第 2 の反射面として機能する開放端を有するアウトカブラを含み、前記第 1 の反射面と前記第 2 の反射面とによりファブリペロー共振器が構成され、前記ファブリペロー共振器と前記光フィルタによって選択された波長の光を前記アウトカブラから前記出力光として出力する狭線幅波長光源であるものである。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の発明にお

10

20

30

40

50

いて、前記放射光の一部を参照光として受光すると共に受光面上の前記参照光の位置を検出するための位置信号を出力する受光部と、前記位置信号と前記参照光の目標位置とを比較して誤差信号を生成する検出部と、前記誤差信号に基づいて前記複数の加熱素子が発生する熱量を制御する制御信号を生成する駆動部と、をさらに含むものである。

【0014】

また、請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、前記複数の光導波路の各々は、光を導波するコア及びコアを覆うクラッドを備え、前記複数の回折格子の各々は、前記コアを複数に分割した分割コア領域を含み、前記参照光は、前記分割コア領域において前記放射光が放射される方向とは反対の方向に放射されるものである。

【0015】

また、請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の発明において、前記複数の回折格子の各々は、前記放射光の光量と前記参照光の光量との比率を調整する調整部を前記分割コア領域に沿って前記クラッドの内部に備えるものである。

【0016】

また、請求項11に記載の発明は、請求項9又は請求項10に記載の発明において、前記複数の回折格子の各々は、前記分割コア領域と前記受光部との間に前記参照光を反射させる反射部を備えるものである。

【0017】

上記目的を達成するために、請求項12に記載の光アンテナは、アレイ状に配置された、複数の請求項1～請求項7のいずれか1項に記載の光フェーズドアレイと、複数の前記光フェーズドアレイの各々の前記入力端に接続された複数の第2光導波路、及び前記複数の第2光導波路の各々に熱を付与する複数の第2加熱素子を備え、前記複数の第2光導波路を伝播する光の各々の位相を変調する第2位相変調部と、前記複数の第2光導波路を束ねて前記レーザ光源からの出力光を入力する第2入力端に接続する複数のY分岐と、を含むものである。

【0018】

また、請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の発明において、前記放射光の一部を参照光として受光すると共に受光面上の前記参照光の位置を検出するための位置信号を出力する受光部と、前記位置信号と前記参照光の目標位置とを比較して誤差信号を生成する検出部と、前記誤差信号に基づいて前記複数の加熱素子が発生する熱量を制御する制御信号を生成する駆動部と、をさらに含むものである。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、環境の変化に対する偏向角の変動が抑制され、偏向角が安定して線形に変化する光フェーズドアレイ、及び光アンテナを提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】第1の実施の形態に係る光フェーズドアレイの構成の一例を示す平面図である。

【図2】第1の実施の形態に係る光フェーズドアレイにおける位相変調部の電極構造を説明する図である。

【図3】第1の実施の形態に係る光フェーズドアレイの入力光の位相変化による出力光の波面の方向の変化を説明する図である。

【図4】第1の実施の形態に係る光フェーズドアレイにおける出力光の方向の変化を説明する図である。

【図5】第2の実施の形態に係る光フェーズドアレイの構成の一例を示す平面図である。

【図6】第2の実施の形態に係る光フェーズドアレイにおける位相変調部の電極構造を説明する図である。

【図7】第3の実施の形態に係る2次元光フェーズドアレイの構成の一例を示す図である。

。

10

20

30

40

50

【図 8】第 4 の実施の形態に係る光アンテナの構成の一例を示す平面図である。

【図 9】第 5 の実施の形態に係る光フェーズドアレイの構成の一例を示すブロック図である。

【図 10】実施の形態に係る光フェーズドアレイを構成する回折格子の構成の一例を示す断面図である。

【図 11】実施の形態に係る光フェーズドアレイを構成する回折格子の構成の一例を示す断面図である。

【図 12】実施の形態に係る光フェーズドアレイを構成する回折格子の投光光、及び参照光の方向を説明する図である。

【図 13】第 5 の実施の形態に係る光フェーズドアレイの位相変調部における位相制御と出力光の波面の方向との関係を説明する図である。

【図 14】第 5 の実施の形態に係る光フェーズドアレイを用いたレーザーダの投光光の方向を説明する図である。

【図 15】第 6 の実施の形態に係る光アンテナの構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、単一の回折格子アレイを用いて出力光の波面の方向を 1 次元的に制御する光モジュールを「光フェーズドアレイ」と称し、面状に配列された複数の光フェーズドアレイを用いて出力光の波面の方向を 2 次元的に制御する光モジュールを「光アンテナ」と称している。

【0022】

[第 1 の実施の形態]

図 1 ないし図 4 を参照して、本実施の形態に係る光フェーズドアレイについて説明する。図 1 に示すように、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 50 は、回折格子アレイ 52、位相変調部 54、MMI (Multimode Interference: 多モード干渉) カプラ 56、及び入力用の導波路 58 を含んで構成されている。

【0023】

導波路 58 から入力された入力光 Pin は、MMI カプラ 56 (分配部) により複数 (図 1 では、8 本の場合を例示している) に分岐され、分岐された各々の光は位相変調部 54 で位相変調を施される。位相変調部 54 において位相変調された入力光 Pin は、8 本の出力用の導波路 64 - 1 ないし 64 - 8 を介して、回折格子アレイ 52 に入力される。

【0024】

位相変調部 54 は、8 本の導波路 64 - 1 ~ 64 - 8、及び電極部 60 を備えている。電極部 60 は、パッド 62 - 1 及び 62 - 2 (電極対)、パッド 62 - 1 及び 62 - 2 の各々に接続された引出配線 61 - 1 及び 61 - 2、引出配線 61 - 1 と 61 - 2 との間に配線で接続された個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 (加熱素子) を備えている。本実施の形態に係る個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 は、図 1 に示すように直列に接続されている。この直列に接続された個別電極を「電極領域」ということにする。

【0025】

本実施の形態に係る位相変調部 54 は、物質の温度を上げると屈折率が変化する熱光学効果を用いた位相変調器である。すなわち、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々の上部にはヒータとして機能する個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 (以下、総称する場合は、「個別電極 66」) が配置されている。パッド 62 - 1 と 62 - 2 との間に電源を接続し、個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 に電流を流すことによって発熱させ、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々を加熱させる。そして、個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 から付与された熱により導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の屈折率を変化させ、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々を透過する入力光 Pin の位相を変化させている。

【0026】

回折格子アレイ 52 は、導波路 64 - 1 ないし 64 - 8 の各々に対応して設けられた回

10

20

30

40

50

折格子を備え、位相変調部 54 で位相を変えられた 8 つの入力光 P i n を外部に向け出力光（放射光）P o u t として放射する。回折格子アレイの 52 の詳細については後述する。

【0027】

図 2 を参照して、本実施の形態に係る電極部 60 の個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 について、より詳細に説明する。個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 の各々の抵抗値 R_i ($i = 1 \sim 8$) は、以下のように設定されている。すなわち、個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 の各々の長さを $L_1 \sim L_8$ とし、各々の抵抗値を $R_1 \sim R_8$ とする。本実施の形態では、長さ L_i が i に比例する（つまり、個別電極 66 が導波路の配列順序に応じて順次長くなる）ように設定されている。つまり、比例定数を a とすると、 L_i は以下に示す（式 1）で表わされる。

10

$$L_i = a \cdot i \quad \dots \quad (式1)$$

【0028】

このとき、個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 ($i = 1 \sim 8$) の各々の抵抗値 R_i ($i = 1 \sim 8$) は、以下に示す（式 2）で表わされる。

$$R_i = \rho \cdot \frac{L_i}{S} = \rho \cdot \frac{a \cdot i}{S} \quad \dots \quad (式2)$$

ただし、 ρ は個別電極 66 を形成する材料（例えば、金、アルミニウム等）の抵抗率であり、 S は個別電極 66 の Y - Z 平面方向の断面積である。本実施の形態では個別電極 66 の Z 方向の厚さを一定としているので、 S は定数である。

20

【0029】

個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 に流れる電流は同じであるからこれを I （一定）とし、個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 の各々における発熱量を P_i ($i = 1 \sim 8$) とすると、発熱量 P_i は以下に示す（式 3）で表わされる。

$$P_i = R \cdot I^2 = \rho \cdot \frac{L_i}{S} I^2 = \rho \cdot \frac{a \cdot i}{S} I^2 \quad \dots \quad (式3)$$

つまり、発熱量 P_i は個別電極 66 の位置 i ($= 1 \sim 8$) に比例するので、発熱量 P_i も個別電極 66 の位置に比例して大きくなる。そこで、 $P_i = c_1 \cdot i$ (c_1 は比例定数) とおく。

30

【0030】

個別電極 66 - 1 ~ 66 - 8 が配置された導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々における入力光 P i n の位相と所定の基準位相との位相変化量を $\theta_1 \sim \theta_8$ (以下、総称する場合は、「位相変化量 θ_i 」) とすると、位相変化量 $\theta_1 \sim \theta_8$ は発熱量 P_i に比例するので、 $\theta_i = c_2 \cdot P_i$ ($i = 1 \sim 8$ 、 c_2 は比例定数) と表わせる。上記式 $P_i = c_1 \cdot i$ を代入して、 $\theta_i = c_1 \cdot c_2 \cdot i$ と表わせ、位相変化量 θ_i が位置 i に比例することが分かる。

【0031】

すなわち、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 50 によれば、複数の出力を有する位相変調部 54 において、複数の出力の各位置に比例した位相変化量 θ_i が容易に得られることがわかる。

40

【0032】

次に、図 3 を参照して、光フェーズドアレイ 50 における位相変化量 θ_i と出力光 P o u t の方向との関係について説明する。図 3 (a) は、電流 I が大きい場合の個別電極 66 による位相変化量 $\theta_1 \sim \theta_8$ と出力光 P o u t の伝播方向との関係を示す図であり、図 3 (b) は、電流 I が小さい場合の個別電極 66 による位相変化量 $\theta_1 \sim \theta_8$ と出力光 P o u t の波面の方向との関係を示す図である。

【0033】

図 3 (a) に示すように、電流 I を所定値で一定とすると、上述したように位相変化量

50

は、位置 i に比例するので、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々から出射された光の位相は直線状に（線形に）変化する。そのため、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々から出射された光の等しい位相をつないだ波面は直線となり、波面 $W a 1$ 、 $W a 2$ 、 $W a 3$ として順次放射される。この波面の進行方向が出力光 $P o u t$ の伝播方向 $D a$ である。

【0034】

次に、電流 I を所定値から小さくすると、図 3 (b) に示すように、導波路 64 - 1 ~ 64 - 8 の各々から出射された光の等しい位相をつないだ波面は、波面 $W b 1$ 、 $W b 2$ 、 $W b 3$ として順次放射され、この波面の進行方向が出力光 $P o u t$ の伝播方向 $D b$ となる。位相変化量が電流 I の 2 乗に比例することから、波面 $W b 1$ 、 $W b 2$ 、 $W b 3$ の水平方向から測った傾きは、波面 $W a 1$ 、 $W a 2$ 、 $W a 3$ の傾きより急になり、伝播方向 $D b$ の傾きは伝播方向 $D a$ の傾きより緩やかになる。

10

【0035】

すなわち、本実施の形態に係る光フェーズドアレイによれば、複数の出力を有する位相変調部 54 において、複数の出力の各位置に比例した位相変化量が容易に得られるので、電極部 60 に流す電流によって位相変化量の値を変え、容易に出力光 $P o u t$ の伝播方向を変えることが可能となっている。

【0036】

次に、図 4 を参照して、光フェーズドアレイ 50 における出力光 $P o u t$ の掃引について説明する。図 4 (a) は、上記の光フェーズドアレイ 50 の平面図を、図 4 (b) は、 X 方向から見た光フェーズドアレイ 50 の側面図を、図 4 (c) は、 Y 方向から見た光フェーズドアレイ 50 の側面図を、各々示している。

20

【0037】

図 4 (b) は、上述した位相変化量による出力光 $P o u t$ の伝播方向の変化を表わしている。図 4 (b) に示すように、位相変化量を電流 I によって変化させると、出力光 $P o u t$ の伝播方向 $D y$ は Y 軸方向に角度範囲 $S y$ で変化する。すなわち、電極部 60 に流す電流 I によって、出力光 $P o u t$ の伝播方向を Y 軸方向に掃引できることがわかる。

【0038】

一方、図 4 (c) は、入力光 $P i n$ の波長を変えた場合の、出力光 $P o u t$ の伝播方向の変化を表わしている。図 4 (c) に示すように、入力光 $P i n$ の波長を変化させると、出力光 $P o u t$ の伝播方向 $D x$ は X 軸方向に角度範囲 $S x$ で変化する。すなわち、入力光 $P i n$ の波長によって、出力光 $P o u t$ の伝播方向を X 軸方向に掃引できることがわかる。

30

【0039】

以上詳述したように、本実施の形態に係る光フェーズドアレイによれば、位相変化量を個別にかつ線形に変化させる個別電極を配置した位相変調部を用いているので、環境の変化に対する偏向角の変動が抑制され、偏向角が安定して線形に変化する光フェーズドアレイを提供することができる。

【0040】

[第 2 の実施の形態]

40

図 5 及び図 6 を参照して、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 80 について説明する。光フェーズドアレイ 80 は、上記の光フェーズドアレイ 50 における位相変調部 54 の電極の形状を変えた形態である。従って、位相変調部以外の構成は光フェーズドアレイ 50 と同様なので、同様の構成には同じ符号を付して詳細な説明を省略する。

【0041】

図 5 に示すように、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 80 は、回折格子アレイ 52、位相変調部 90、MMI カプラ 56、及び入力用の導波路 58 を含んで構成されている。位相変調部 90 は、8 本の導波路 64 - 1 ~ 64 - 8、及び電極部 92 を備えている。電極部 92 は、パッド 82 - 1 及び 82 - 2、パッド 82 - 1 及び 82 - 2 の各々に接続された引出配線 84 - 1 及び 84 - 2、引出配線 84 - 1 と 84 - 2 との間に配線で接

50

続された個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 (以下、総称する場合は、「個別電極 86」)を備えている。本実施の形態に係る個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 は、Y 方向の辺が相互に接続されている。この Y 方向の辺が接続された個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 を「電極領域」ということにする。

【0042】

図 6 を参照して、本実施の形態に係る電極部 92 について、より詳細に説明する。図 6 の各図は、電極部 92 のうち個別電極 86 の部分を抜き出して表わした図である。電極部 92 では、パッド 82 - 1 と 82 - 2 との間に電源を接続し、電流 I を図 6 (a) に示す方向に流している。

【0043】

次に、電流 I と個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 の位置との関係について説明する。いま、個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 の各々の長さを $x_1 \sim x_8$ とし、長さ x_i ($i = 1 \sim 8$) が、位置 i に応じて以下に示す (式 4) に従って変化するものとする。

$$x_i = \frac{b}{i} \cdots (式4)$$

ただし、 b は比例定数である。

【0044】

このとき、個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 の各々の抵抗値 R_i ($i = 1 \sim 8$) は、以下に示す (式 5) で表わされる。

$$R_i = \rho \cdot \frac{d}{x_i \cdot t} = \rho \cdot \frac{d \cdot i}{b \cdot t} \cdots (式5)$$

ただし、 ρ は個別電極 86 の抵抗率であり、 d は個別電極 86 の Y 方向の長さであり、 t は、個別電極 86 の Z 方向の厚さである。

【0045】

すると、個別電極 86 - 1 ~ 86 - 8 の各々に対応する位相変化量 $\Delta\theta_i$ ($i = 1 \sim 8$) は、 α を比例定数として、以下に示す (式 6) で表わされる。

$$\Delta\theta_i = \alpha \cdot R_i \cdot I^2 = \alpha \cdot \rho \cdot \frac{d}{x_i \cdot t} I^2 = \alpha \cdot \rho \cdot \frac{d \cdot i}{b \cdot t} I^2 \cdots (式6)$$

【0046】

すなわち、本実施の形態に係る位相変調部 90 では、位相変化量 $\Delta\theta_i$ が、位置 i に比例し、電流の 2 乗に比例している。従って、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 80 によっても、複数の出力を有する位相変調部 90 において、複数の出力の各位置に比例した位相変化量 $\Delta\theta_i$ が容易に得られるので、電極部 92 に流す電流 I によって位相変化量の値を変え、容易に出力光 P o u t の伝播方向を変えることが可能となっている。

【0047】

なお、本実施の形態では、個別電極 86 による電極領域の形状を階段状にした形態を例示して説明したが、これに限られない。例えば、図 6 (c) に示すように X 方向の長さが、- Y 方向の位置に反比例するようにして滑らかな形状を有する電極領域としてもよい。このように、電極領域を滑らかな形状とした方が、位相変調部の製造の観点からも好ましい。

【0048】

[第 3 の実施の形態]

図 7 を参照して、本実施の形態に係る 2 次元走査型の 2 次元光フェーズドアレイ 200 について説明する。2 次元光フェーズドアレイ 200 は、上記の光フェーズドアレイ 50 に、光源を集積化した形態である。

【0049】

10

20

30

40

50

図7に示すように、2次元光フェーズドアレイ200は、光源250、及び光源250に導波路216を介して接続された光フェーズドアレイ50を含んで構成されている。

【0050】

本実施の形態に係る光源250は、SOA (Semiconductor Optical Amplifier: 半導体光増幅器) 202、光フィルタ204、206、及びアウトカプラ208を含んで構成され、SOA 202、光フィルタ204、206、及びアウトカプラ208の各々は、導波路210、212、214によって接続されている。

【0051】

SOA 202は、注入電流によって波長を変化させることが可能である。光フィルタ204、206は、リング導波路による共振器を用いた光フィルタであり、共振器の共振周波数に一致した周波数(波長)の光が透過される。アウトカプラ208は、2つのループミラーを方向性結合器により結合させた構造を有するカプラであり、方向性結合器の部分が入射された光を反射する反射面M2の機能を有している。なお、本実施の形態では2つの光フィルタを用いる形態を例示して説明したが、これに限られず、1つ用いる形態、あるいは3つ以上用いる形態としてもよい。

10

【0052】

以上の構成を有する光源250は、狭線幅波長光源として機能する。すなわち、SOA 202の出力側の端面とは反対側の端面が光を反射する反射面M1とされ、この反射面M1と上記の反射面M2とによってファブリペロー共振器が構成されている。そして、該ファブリペロー共振器と光フィルタ204、206によって選択された波長の光がアウトカプラ208から出力される。

20

【0053】

上記の構成を有する2次元光フェーズドアレイ200は、パッド62-1と62-2との間に流す電流Iを変化させることによってY方向の掃引が可能となっており、SOA 202の波長を変化させることによってX方向の掃引が可能となっている。

【0054】

[第4の実施の形態]

図8を参照して、本実施の形態に係る光アンテナ300について説明する。光アンテナ300は、上記の光フェーズドアレイ50を複数用いて構成した光アンテナである。

【0055】

図8に示すように、光アンテナ300は、4つの光フェーズドアレイ50を配置した光フェーズドアレイ50-1、50-2、50-3、50-4と、Y分岐302-1、302-2、302-3と、電極部330と、を含んで構成されている。なお、本実施の形態では、4つの光フェーズドアレイ50を用いた形態を例示して説明するが、光フェーズドアレイ50の数は4つに限られず、光アンテナ300の設計条件等に応じて必要な数だけ用いた形態としてよい。

30

【0056】

導波路310の一端から入力された入力光Pinは、Y分岐302-1で2分岐され、各々導波路312、314へと伝播する。2分岐された入力光Pinの一方はY分岐302-2でさらに2分岐され、各々導波路316、318へと伝播し、2分岐された入力光Pinの他方はY分岐302-3でさらに2分岐され、各々導波路320、322へと伝播する。

40

【0057】

電極部330は、パッド304-1及び304-2、パッド304-1及び304-2の各々に接続された引出配線306-1及び306-2、引出配線306-1と306-2との間に配線で接続された個別電極308-1、308-2、308-3、308-4を備えている。

【0058】

個別電極308-1、308-2、308-3、308-4は、各々導波路316、318、320、322の上部に配置されている。そして、パッド304-1と304-2

50

との間に電流を流すことにより、個別電極 308 - 1、308 - 2、308 - 3、308 - 4 を発熱させ、各々導波路 316、318、320、322 の位相変化量 を変えることができる。すなわち、個別電極 308 - 1、308 - 2、308 - 3、308 - 4 の配置された領域が第 2 の位相変調器を構成している。

【0059】

上述したように、光フェーズドアレイ 50 - 1、50 - 2、50 - 3、50 - 4 では、位相変調部 54 (図 1 参照) に流す電流 I_x によって、入力光 P_{in} を X 方向に掃引することが可能である。従って、光フェーズドアレイ 50 - 1、50 - 2、50 - 3、50 - 4 の各々の位相変調部 54 に流す電流値を同じ値として出力光 P_{out1} 、 P_{out2} 、 P_{out3} 、 P_{out4} の波面を固定した上で電極部 330 に流す電流 I_y を変えると、出力光 P_{out1} 、 P_{out2} 、 P_{out3} 、 P_{out4} の波面が Y 方向に掃引される。

10

【0060】

本実施の形態に係る光アンテナ 300 では、この電流 I_y による Y 方向の掃引に、電流 I_x による X 方向の掃引を組み合わせ、出力光 P_{out1} 、 P_{out2} 、 P_{out3} 、 P_{out4} の波面を 2 次元的にスキャン (走査) することが可能となっている。

【0061】

以上詳述したように、本実施の形態に係る光アンテナによれば、位相変化量を個別にかつ線形に変化させる個別電極を配置した位相変調部を用いているので、環境の変化に対する偏向角の変動が抑制され、偏向角が安定して線形に変化する光アンテナを提供することができる。

20

【0062】

[第 5 の実施の形態]

図 9 ないし図 14 を参照して、本実施の形態に係る光フェーズドアレイについて説明する。本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 10 は、出力光の一部をセンサによりモニタし、位相変調部に負帰還させて温度等の環境変動による偏向角の変動をより抑制することが可能な形態である。

【0063】

図 9 に、光フェーズドアレイ 10 の構成の一例を表したブロック図を示す。図 9 に示すように、光フェーズドアレイ 10 は、レーザ光源 20、光集積回路 24、及び負帰還部 26 を含んで構成されている。

30

【0064】

レーザ光源 20 は、光フェーズドアレイ 10 からの出力光を生成するための生成源である。

【0065】

光集積回路 24 は、回折格子 120 - 1 ~ 120 - 8 (以下、総称する場合は、「回折格子 120」)、及び位相変調部 12 を集積化した光導波路素子である。8 個の回折格子 120 の各々は導波路 30 の一端側に接続され、導波路 30 の他端側にはレーザ光源 20 の出力光が入力されている。なお、本実施の形態に係る光集積回路 24 では、回折格子 120、位相変調部 12 を集積化する形態を例示して説明するが、これらに加え、レーザ光源 20、さらには後述する負帰還部 26 も含めて集積化する形態としてもよい。

40

【0066】

位相変調部 12 は、回折格子 120 の各々に接続された導波路 30、及び導波路 30 の上部に設けられたヒータ 28 を備えている。位相変調部 12 は、後述する電流駆動回路 18 から流す電流 I によってヒータ 28 を発熱させて 8 本の導波路 30 を加熱し、屈折率を変化させる。

【0067】

8 本の導波路 30 の屈折率が変化することにより、回折格子 120 - 1 ~ 120 - 8 の各々へ入射する光の位相が変化し、回折格子 120 - 1 ~ 120 - 8 の各々から出力される光の方向が変わる。光フェーズドアレイ 10 では、このように回折格子 120 - 1 ~ 120 - 8 の各々から出力される光の方向を変えることにより、光フェーズドアレイ 10 が

50

ら出力される投光光 L T の波面の方向を変化させることが可能なように構成されている。すなわち、ヒータ 2 8 に流す電流 I を制御することにより、8 本の導波路 3 0 の各々に付与する熱を制御できるので、ヒータ 2 8 に流す電流により投光光 L T の波面の方向を制御することができる。なお、図 9 では、煩雑化を避けるため 1 つのヒータ 2 8 で代表して表わしているが、実際には、導波路 3 0 の各々に個別のヒータが設けられている。

【0068】

本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 1 0 では、後述するように、投光光 L T が出射する方向とは反対の方向（裏面側）から参照光 L R が出射するように構成されている。参照光 L R は、負帰還信号を生成するためのモニタ光であり、PSD (Position Sensitive Detector : 光位置センサ) 1 4 の受光面に光のスポットを形成する。参照光 L R は、後述するように、回折格子 1 2 0 から出射される主たる光に対する副次的な光である。

10

【0069】

負帰還部 2 6 は、PSD 1 4 (受光部) 、検出回路 1 6 (検出部) 、及び電流駆動回路 1 8 (駆動部) を備えて構成されている。

【0070】

PSD とは、抵抗体とフォトダイオードとを組み合わせた、2 つの出力端子を有する素子であり、PSD に入射された光のスポットの位置を求めることができる。すなわち、PSD に光が入射されると入射した位置にキャリアが発生し、電流が流れる。光の入射位置から 2 つの出力端子までの距離に比例する抵抗によって、2 つの出力端子から出力される電流が変化する。2 つの出力端子に流れる電流の比からセンサ上における光のスポットの重心の位置を求めることができる。

20

【0071】

なお、本実施の形態では 2 つの出力端子を有する PSD を例示して説明するが、これに限られず、例えば後述する 4 つの出力端子を有する PSD を用いてもよい。また、本実施の形態では、PSD 1 4 により光のスポットの位置を求める形態を例示して説明するが、これに限られず、位置を求めることができる光素子であれば、いずれの光素子を用いてもよい。

【0072】

図 9 に示すように、検出回路 1 6 は、比較器 1 6 0 、バッファ 1 6 2 、1 6 4 、及び除算器 1 6 6 を備えて構成されている。

30

【0073】

バッファ 1 6 2 、1 6 4 は、PSD 1 4 の 2 つの出力端子から出力された電流信号 I 1 、I 2 (位置信号) をバッファリングする回路素子であり、本実施の形態に係るバッファ 1 6 2 、1 6 4 は、電流信号 I 1 、I 2 を電圧信号 V 1 、V 2 に変換する機能を有している。

【0074】

除算器 1 6 6 は、電流比 $I 1 / I 2$ を電圧信号 V 1 、V 2 の比 $V 1 / V 2$ を用いて算出する回路である。

【0075】

比較器 1 6 0 は、電流比 $I 1 / I 2$ と参照電圧 V r e f との差分信号（誤差信号）を、位相を反転させて増幅し、電流駆動回路 1 8 に出力する回路であり、比較器 1 6 0 の反転端子には電流比 $I 1 / I 2$ が入力され、非反転端子には参照電圧 V r e f が入力されている。参照電圧 V r e f は電流比 $I 1 / I 2$ の目標値、すなわち PSD 1 4 に入射される光のスポットの位置の目標値（目標位置）である。

40

【0076】

電流駆動回路 1 8 (駆動部) は、比較器 1 6 0 から受け取った差分信号に基づいて、ヒータ 2 8 に流す電流 I を出力する。

【0077】

以上のように構成された本実施の形態に係る光フェーズドアレイ 1 0 では、裏面より出

50

射された参照光LRをPSD14によりモニタし、PSD14の受光面上の位置の目標値との偏差を誤差増幅して誤差信号を生成する。そして、該誤差信号を電流駆動回路18により電流Iに変換し、該電流Iによって位相変調部12の駆動電流を負帰還制御することにより、光フェーズドアレイ10の投光光LTの偏向角を制御している。このことにより、本実施の形態に係る光フェーズドアレイ10では、周囲温度等の環境変化による投光光LTの偏向角の変動を抑制している。

【0078】

次に、図10及び図11を参照して、本実施の形態に係る回折格子120について説明する。図10及び図11は、さまざまな形態の回折格子120の構成例を示す断面図である。

10

【0079】

図10(a)は、回折格子120の一形態である回折格子120aを示している。図10(a)に示すように、回折格子120aは、格子部G(分割コア領域)、コア122、及びクラッド124を含んで構成され、図示しない基板上に形成されている。

【0080】

コア122及びクラッド124によって図9に示す導波路30が構成されている。コア122を伝播してきたレーザ光源20からの光は、格子部Gに光結合し、投光光LTの一部として+Z方向(表面側)に出射される。一方、格子部Gからは副次的な光が参照光LRとして-Z方向(裏面側)に出射される。参照光LRは、光路方向に進むにつれて集光され、所定の距離だけ進むとスポット状になる。このように、本実施の形態に係る回折格子120aは、表面側から投光光LTを出射すると共に、裏面側から上述した負帰還制御のための負帰還信号の信号源となるスポット状の参照光LRを出射するように構成されている。

20

【0081】

図10(b)は、回折格子の他の形態である回折格子120bを示している。回折格子120bは、回折格子120aと比較して、参照光LRの光量を減少させ、その分投光光LTの光量を増加させた形態である。図10(b)に示すように、回折格子120bは、格子部G、コア122、クラッド124、及び高屈折率部126(調整部)を含んで構成されている。

【0082】

高屈折率部126の屈折率はクラッド124より大きく、コア122より小さく設定されている。このように、コア122及び格子部Gの上部に高屈折率部126を設けることにより、参照光LRに対する投光光LTの比率を高くすることができる。また、高屈折率部126の屈折率を調整することにより、投光光LTと参照光LRとの比率を変えることができる。

30

【0083】

図10(c)は、回折格子の他の形態である回折格子120cを示している。回折格子120cは、投光光LT、参照光LRの光量を調整可能に構成された形態である。図10(c)に示すように、回折格子120cは、格子部G、コア122、クラッド124、及び反射部128(調整部)を含んで構成されている。

40

【0084】

回折格子120cでは、格子部Gと反射部128の距離を変化させて、格子部Gに伝播してくる光の反射部128に対する位相を調整することにより、格子部Gに伝播してくる光の反射率を変えることができる。従って、該反射率を高くすれば投光光LTの光量を増加させ、該反射率を低くすれば参照光LRの光量を増加させることができる。

【0085】

図11は、回折格子の他の形態である回折格子120dを、PSD14と共に示す図である。回折格子120dは、上記の各回折格子(回折格子120a、120b、120c)と比較して、参照光LRの光路長を長くした形態である。図11に示すように、回折格子120dは、格子部G、コア122、クラッド124、スペーサ130、及び反射膜1

50

34を含んで構成されている。

【0086】

スペーサ130は入力光Pinに対し透明な材料で形成され、参照光LRが伝播する格子部GからPSD14までの光路長を長くする機能を有している。スペーサ130の一端面には反射膜134が形成されており、別の一端面にPSD14が光結合されている。反射膜134は、例えばスペーサ130にアルミニウム等の金属を蒸着して形成することができる。

【0087】

回折格子120dでは、コア122を伝播し、格子部Gで裏面に放射された参照光LRは、反射膜134で反射され、スペーサ130を伝播してPSD14の受光面に入射する。回折格子120dでは参照光LRの光路長が長くなるように構成されているので、参照光LRをスポット状に集光させるのにより適した構造となっている。

10

【0088】

次に、図12を参照して、本実施の形態に係る回折格子120における投光光LTの波面の方向について説明する。図12では、回折格子120aを例示して説明するが、考え方は回折格子120b、120c、120dでも同様である。

【0089】

図12に示すように、図示しない基板上に形成されたコア122、クラッド124を備えた回折格子120aの下部にはスペーサ130が配置され、スペーサ130の下部にPSD14が光結合されている。

20

【0090】

図12に示すように、コア122の中心を通る法線hから測った投光光LTの方向の角度(偏向角)を θ 、法線hから測った参照光LRの方向の角度(偏向角)を θ' とする。この場合、ヒータ28によって光フェーズドアレイ10の伝播光の位相を変化させると、投光光LT及び参照光LRの波面の方向が、図12におけるY-Z平面内で変化する。つまり、投光光LTの偏向角 θ 、参照光LRの偏向角 θ' が同じ比率で変化する。コア122(格子部G)の上側、下側の構造が同じであれば、 θ/θ' であるが、異なる場合には予め相互の変換係数を求めておくことにより、相互に変換可能である。

【0091】

スペーサ130によって所定の光路長だけ進行した参照光LRは、PSD14の受光面上に光のスポットを形成する。コア122の下面からPSD14の受光面までの距離をdとすれば、法線hとPSD14の受光面との交点Oから測った光のスポットの位置は、 $d \sin(\theta')$ で表わされる。このようにして、このPSD14の受光面上の光のスポットの位置から参照光LRの波面の方向、すなわち投光光LTの波面の方向を知ることができる。

30

【0092】

図13を参照して、光フェーズドアレイ10における投光光LTの波面の方向の制御について、より詳細に説明する。図13には、8本の導波路30、各導波路30上に配置されたヒータ28を構成する電極132-1~132-8を図示している。

【0093】

図13においては、電極132-1~132-8に流す電流を異ならせ、8本の導波路30の各々に付与する熱を線形的に増加させている。電極132-1~132-8の上流側におけるレーザ光源20からの伝播光の位相面を、図13に示すようにW0とすると、8本の導波路30の各々から出射される光の位相面は、P1~P8のように変化する。この位相面P1~P8が合成されて投光光LTの波面を形成する。この波面は、図13に示すように、W1、W2、W3、W4と順次伝播される。この波面W1~W4の伝播方向Dが、投光光LTの出射方向である。光フェーズドアレイ10では、電極132-1~132-8に流す電流を変化させることにより、投光光LTの伝播方向Dを変化させることができる。

40

【0094】

50

次に、図14を参照して、光フェーズドアレイ10の応用形態の一例として、光フェーズドアレイ10を車載用のレーザレーダに適用した場合の形態について説明する。

【0095】

図14(a)に示すように、光フェーズドアレイ10を用いたレーザレーダ1は、例えば車両2の前方に設置される。車両の進行方向を方向Hとすると、レーザレーダ1からの投光光LTの方向は、方向Hの両側に偏向角 θ で変化する。この偏向角 θ がレーザレーダ1の走査角度であり、偏向角 θ は、図12に示す偏向角 θ_0 に対応している。

【0096】

ここで、図14(b)に示すように、方向Hを偏向角 θ の原点($\theta = 0^\circ$)とすると、偏向角 θ (走査角度)は、最大値 θ_{max} から最小値 θ_{min} の間で変化する。 θ_{max} 及び θ_{min} の具体的な値は、一例として、 $\theta_{max} = +30^\circ$ 、 $\theta_{min} = -30^\circ$ である。

【0097】

レーザレーダ1の走査角度は、時間に対して図14(c)に示すように変化する。本実施の形態に係るレーザレーダ1では、光フェーズドアレイ10を用いて走査角度を負帰還制御しているため、温度等の環境の変化に対する走査角度の変動を抑制することが可能となっている。

【0098】

以上詳述したように、本実施の形態に係る光フェーズドアレイによれば、位相変化量を個別にかつ線形に変化させる個別電極を配置した位相変調部を備えると共に、回折格子からの参照光により位相変調部の電極に流す電流を負帰還制御しているため、環境の変化に対する偏向角の変動がより抑制され、偏向角がより安定して線形に変化する光フェーズドアレイを提供することができる。

【0099】

[第6の実施の形態]

図15を参照して、本実施の形態に係る光アンテナ40について説明する。図15(a)に示すように、光アンテナ40は、光集積回路42、PSD14a、検出回路16a、誤差増幅回路22、及び電流駆動回路18を含んで構成されている。

【0100】

本実施の形態に係る光集積回路42は、一例として、入力光Pinを生成するレーザ光源と、図8に示す光アンテナ300が集積化されている。

【0101】

本実施の形態に係るPSD14aは、4つの出力端子を有する2次元PSDであり、PSD14aに入射された光のスポットの2次元的位置を特定する電流信号I1、I2、I3、I4(位置信号)を該4つの出力端子から出力する。

【0102】

検出回路16aは、PSD14aから上記4つの電流信号を受け取り、受け取った4つの電流信号I1~I4に対して演算処理を施し、PSD14aの受光面上の位置情報(2次元の座標値X、Y)を算出する。

【0103】

誤差増幅回路22は、検出回路16aから座標値X、Yを受け取り、受け取った座標値X、Yと目標値(目標位置)とを比較し、誤差信号eを生成する。

【0104】

電流駆動回路18は、誤差増幅回路22から誤差信号eを受け取り、受け取った誤差信号eに基づいて、ヒータの電極(電極部60(図1参照)及び電極部330(図8参照))に流す電流を生成する。

【0105】

図15(b)を参照して、検出回路16aが実行する演算処理について、より詳細に説明する。図15(b)は、検出回路16aのブロック図を、PSD14aと共に図示したものである。図15(b)に示すように、検出回路16aは、4つのバッファ168、及

10

20

30

40

50

び演算部 170 を含んで構成されている。

【0106】

4つのバッファ168は、電流信号I1、I2、I3、I4の各々をバッファリングし、各々電圧信号である座標演算信号UL、UR、LR、LLに変換する。

【0107】

演算部170は、図15(b)に示すように加算器、除算器、減算器を備え、座標演算信号UL、UR、LR、LLに演算処理を施して座標値X、Yを算出する。演算部170によって実行される演算内容は、以下のとおりである。すなわち、まず、(式1)、(式2)、(式3)により、X、Y、Aを算出する。

$$X = (LR + UR) - (LL + UL) \quad \dots \quad (\text{式1})$$

$$Y = (UL + UR) - (LR + LL) \quad \dots \quad (\text{式2})$$

$$A = LR + UR + LL + UL \quad \dots \quad (\text{式3})$$

【0108】

次に、以下に示す(式4)、(式5)によって、座標値X、Yを算出する。

$$X = X / A \quad \dots \quad (\text{式4})$$

$$Y = Y / A \quad \dots \quad (\text{式5})$$

(式4)及び(式5)で算出された座標値X、Yが誤差増幅回路22に送られ、目標値と比較されて誤差信号eが生成される。

【0109】

以上、詳述したように、本実施の形態に係る光アンテナによれば、位相変化量を個別にかつ線形に変化させる個別電極を配置した位相変調部を備えると共に、回折格子からの参照光により位相変調部の電極に流す電流を負帰還制御しているので、環境の変化に対する偏向角の変動がより抑制され、偏向角がより安定して線形に変化する光アンテナを提供することができる。

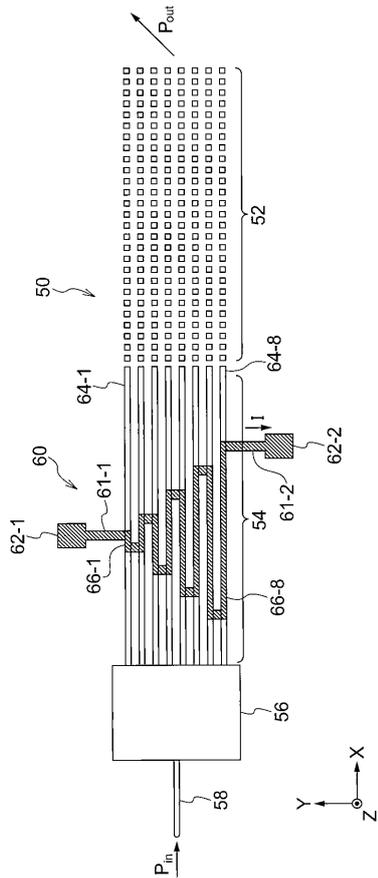
【符号の説明】

【0110】

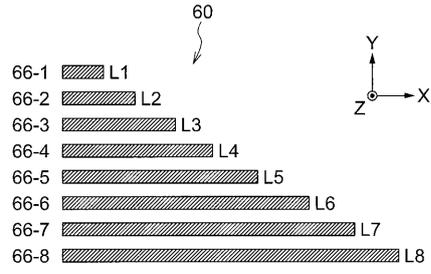
1	レーザレーダ	
2	車両	
10	光フェーズドアレイ	
12、12a	位相変調部	30
14、14a	PSD	
16、16a	検出回路	
18	電流駆動回路	
20	レーザ光源	
22	誤差増幅回路	
24	光集積回路	
26	負帰還部	
28	ヒータ	
30	導波路	
40	光アンテナ	40
42	光集積回路	
50、50-1~50-4	光フェーズドアレイ	
52	回折格子アレイ	
54	位相変調部	
56	MMIカップラ	
58	導波路	
60	電極部	
61-1、61-2	引出配線	
62-1、62-2	パッド	
64-1~64-8	導波路	50

66 - 1 ~ 66 - 8	個別電極	
80	光フェーズドアレイ	
82 - 1、82 - 2	パッド	
84 - 1、84 - 2	引出配線	
86 - 1 ~ 86 - 8	個別電極	
90	位相変調部	
92	電極部	
120 - 1 ~ 120 - 8	回折格子	
120 a ~ 120 d	回折格子	
122	コア	10
124	クラッド	
126	高屈折率部	
128	反射部	
130	スペーサ	
132 - 1 ~ 132 - 8	電極	
134	反射膜	
160	比較器	
162、164	バッファ	
166	除算器	
168	バッファ	20
170	演算部	
200	2次元光フェーズドアレイ	
202	SOA	
204、206	光フィルタ	
208	アウトカプラ	
210、212、214、216	導波路	
250	光源	
300	光アンテナ	
302 - 1、302 - 2、302 - 3	Y分岐	
304 - 1、304 - 2	パッド	30
306 - 1、306 - 2	引出配線	
308 - 1、308 - 2、308 - 3、308 - 4	個別電極	
310、312、314、316、318、320、322	導波路	
330	電極部	
D、Da、Db、Dx、Dy	伝播方向	
e	誤差信号	
G	格子部	
H	方向	
LT	投光光	
LR	参照光	40
M1、M2	反射面	
Pin	入力光	
Pout	出力光	
W1 ~ W4、Wa1 ~ Wa3、Wb1 ~ Wb3	波面	
Sx、Sy	角度範囲	
	位相変化量	
、	偏向角	

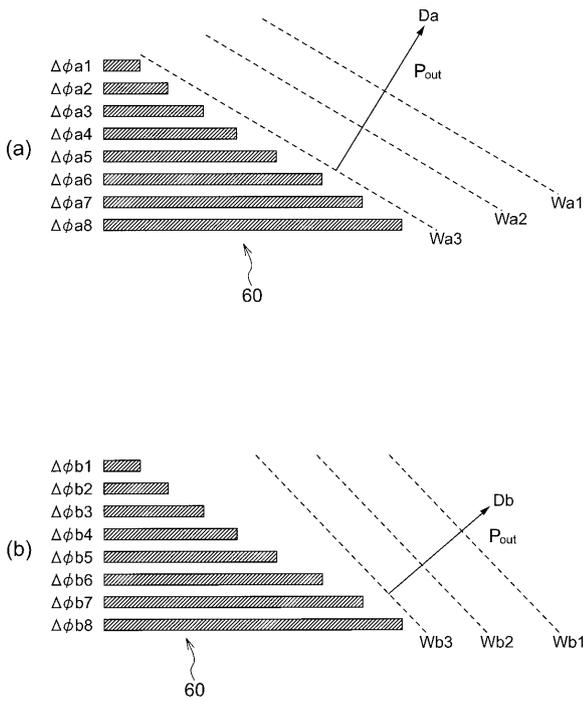
【 図 1 】



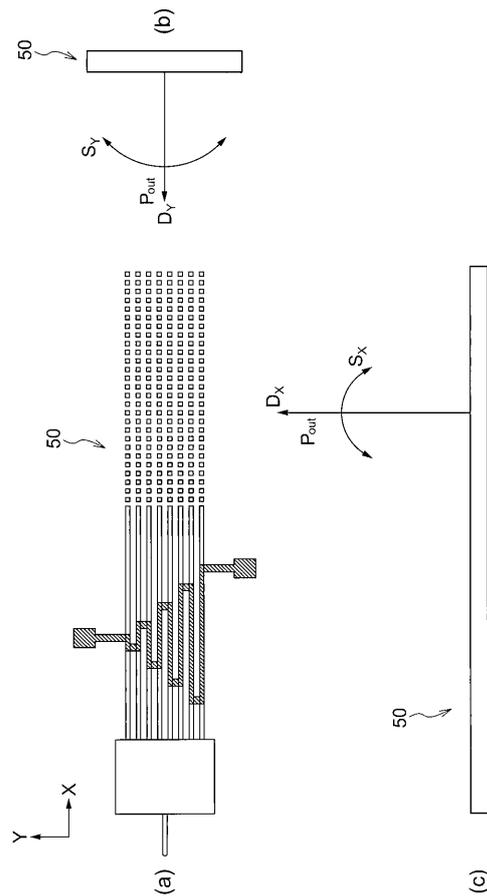
【 図 2 】



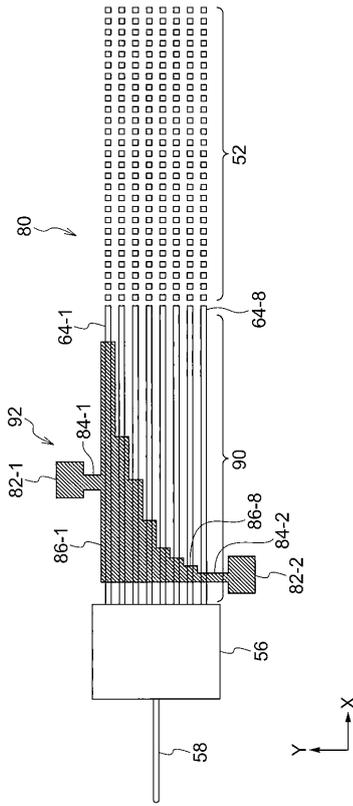
【 図 3 】



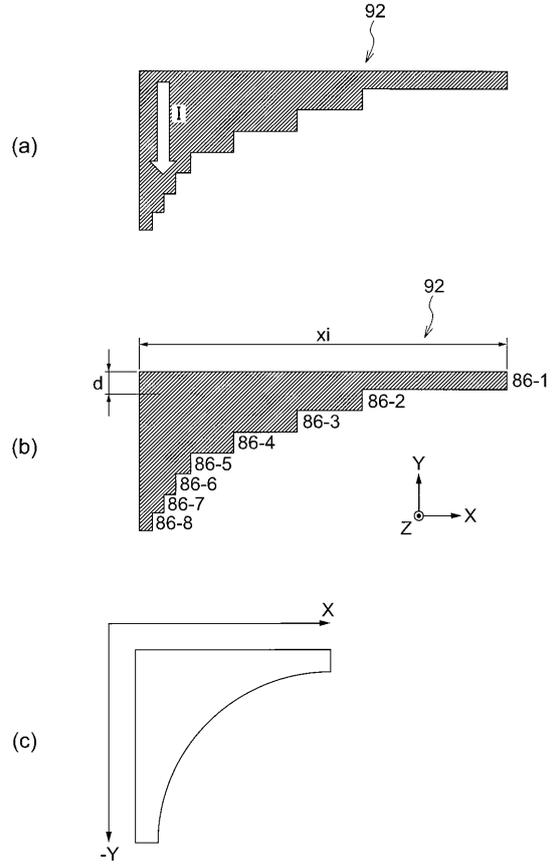
【 図 4 】



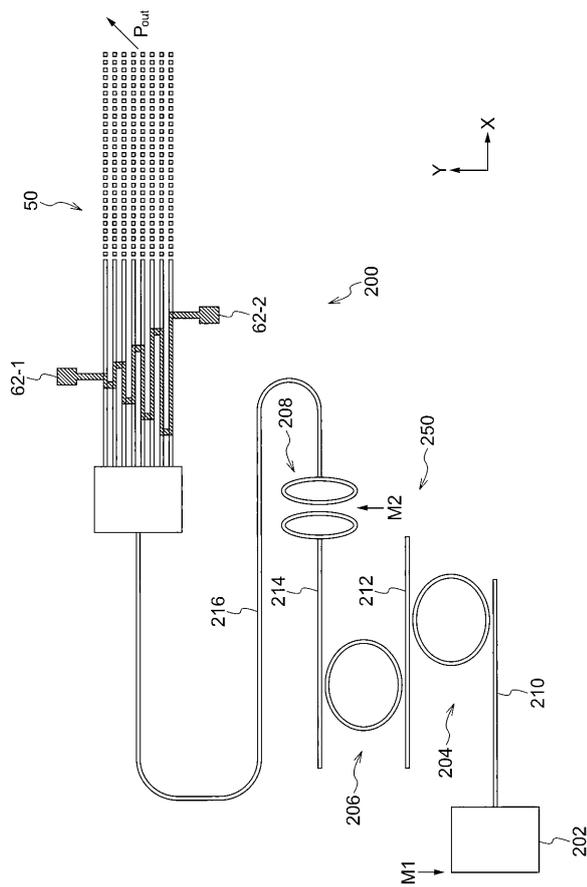
【 図 5 】



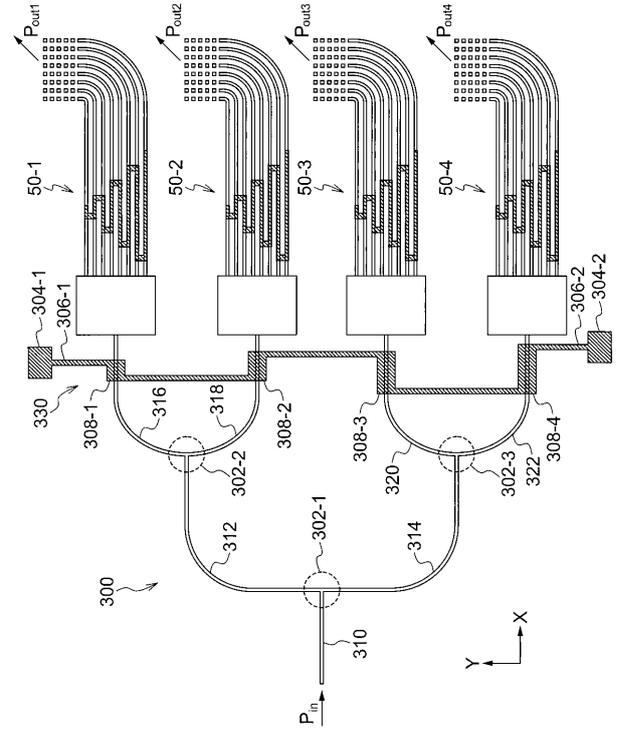
【 図 6 】



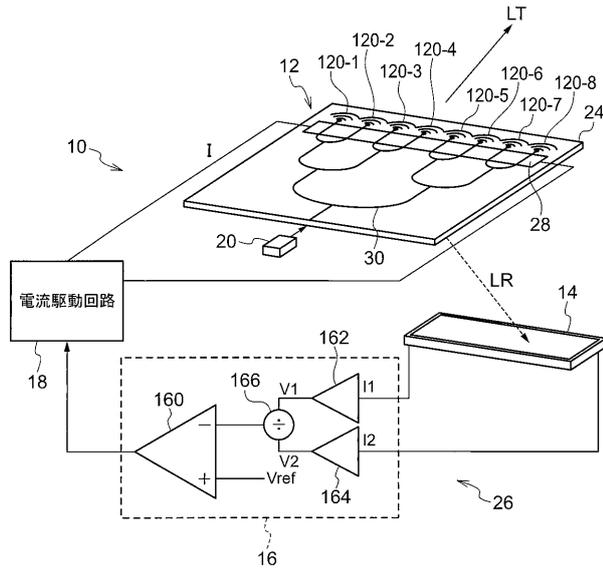
【 図 7 】



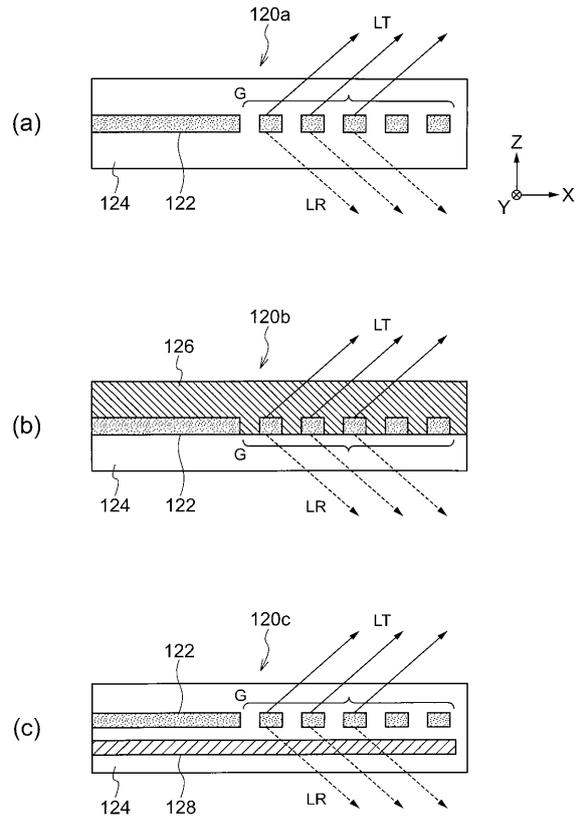
【 図 8 】



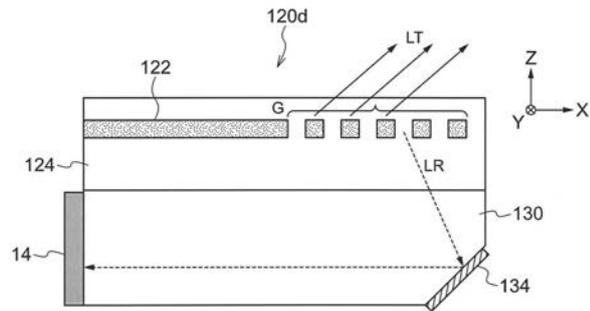
【 図 9 】



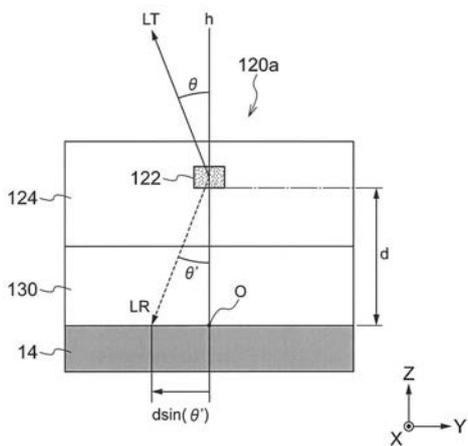
【 図 1 0 】



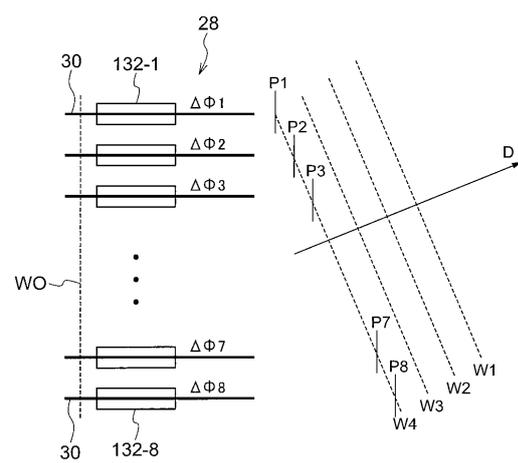
【 図 1 1 】



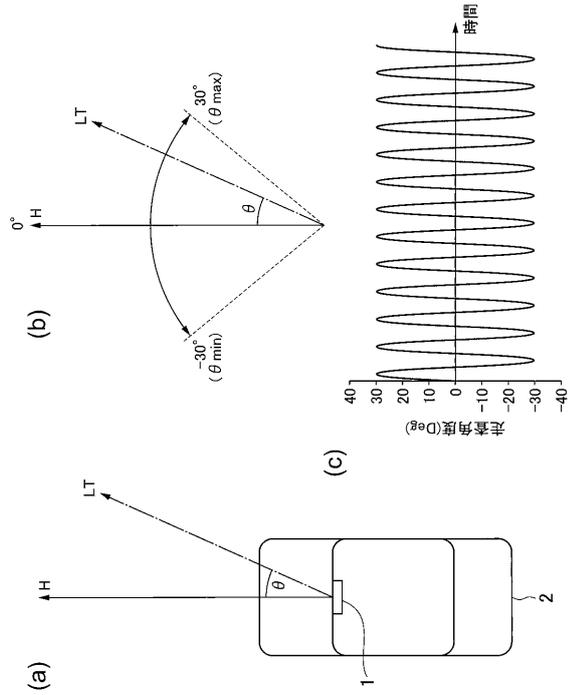
【 図 1 2 】



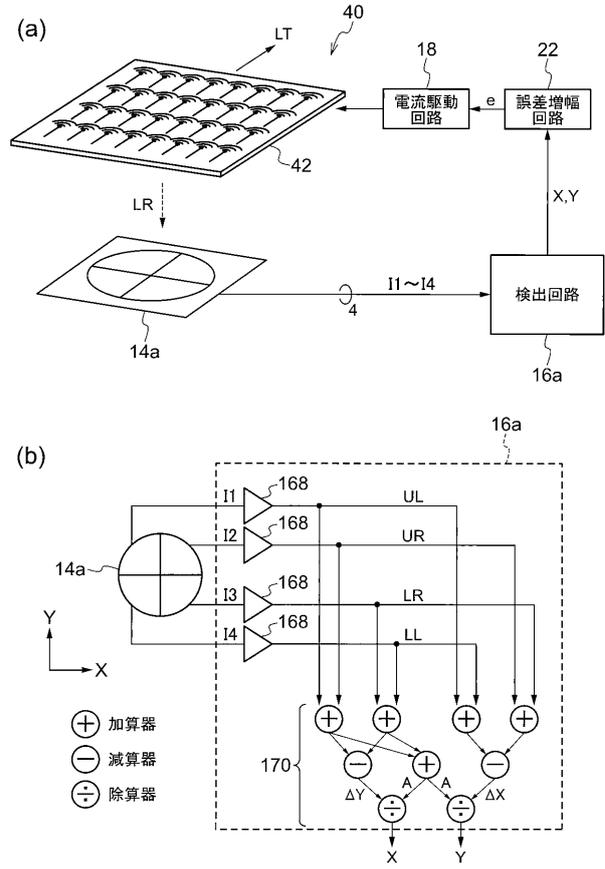
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 中尾 朱里

愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 山下 達弥

愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 中井 真琴

愛知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 2K102 AA28 BA01 BA09 BB04 BC10 BD09 DA04 DC08 EA05 EA12
EA17 EA25 EB20 EB22