

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2019/207638

発行日 令和2年5月7日 (2020. 5. 7)

(43) 国際公開日 令和1年10月31日 (2019. 10. 31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2F 1/295 (2006.01)	GO2F 1/295	2K102
GO2F 1/01 (2006.01)	GO2F 1/01 C	5J084
GO2F 1/035 (2006.01)	GO2F 1/035	
GO1S 7/481 (2006.01)	GO1S 7/481 A	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

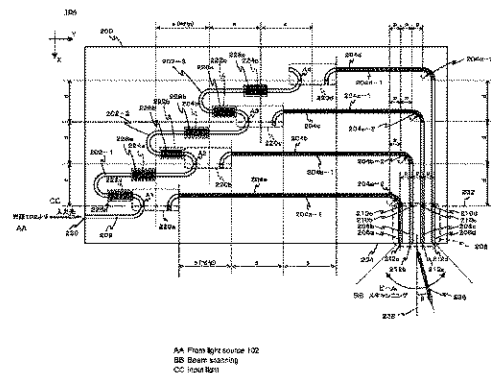
出願番号 特願2018-523528 (P2018-523528)	(71) 出願人 518154077 株式会社大成テクノロジー 東京都葛飾区奥戸3-16-19-204号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2018/016558	(74) 代理人 110001081 特許業務法人クシブチ国際特許事務所
(22) 国際出願日 平成30年4月24日 (2018. 4. 24)	(72) 発明者 金 成君 東京都葛飾区奥戸3-16-19-204号 株式会社大成テクノロジー内
(11) 特許番号 特許第6513884号 (P6513884)	Fターム(参考) 2K102 AA22 AA28 BA01 BA07 BB04 BB08 BC04 BC10 BD09 DA04 DC07 DC08 DD05 DD10 EA02 EA05 EA07 EA12
(45) 特許公報発行日 令和1年5月15日 (2019. 5. 15)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光フェーズドアレイ、及びこれを用いたLIDARセンサ

(57) 【要約】

位相シフト補償量を決定するための複雑な校正処理を要することなく比較的小さな位相シフトによりビームステアリング又はビームスキャンの機能を提供し得る光フェーズドアレイ(OPA)を実現する。この光フェーズドアレイは、基板上に形成された光導波路により構成され、入力光が伝搬するバス導波路と、バス導波路上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、バス導波路に設けられた位相シフトと、を備える。複数の導波ラインは互いに等しい光路長を持ち、位相シフトはバス導波路のうち隣接する光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、
 入力光が伝搬するバス導波路と、
 前記バス導波路の上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、
 前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、
 前記バス導波路に設けられた位相シフトと、
 を備え、
 前記複数の導波ラインは互いに等しい光路長を持ち、
 前記位相シフトは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられている、
 光フェーズドアレイ。

10

【請求項 2】

前記複数の光カプラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射端は、前記基板の第 1 の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、
 前記複数の光カプラは、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に沿って第 1 の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第 1 の方向に沿って前記所定の間隔と前記第 1 の所定距離とを加算した距離である第 2 の所定距離をもって互いに離間するよう配されており、
 前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カプラの一つにその一端が接続された前記第 1 の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を 90° 変換する曲がり導波路と、により構成され、
 前記バス導波路は、その一部が前記光カプラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成されている、
 請求項 1 に記載の光フェーズドアレイ。

20

【請求項 3】

前記光カプラは、エバネセントカプラで構成されており、
 前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、
 前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカプラの一部を構成する、
 請求項 2 に記載の光フェーズドアレイ。

30

【請求項 4】

前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を 180° 変換する一つの第 1 の曲がり導波路と、光の伝搬方向を 90° 変換する 2 つの第 2 の曲がり導波路と、前記第 1 の曲がり導波路を前記 2 つの第 2 の曲がり導波路にそれぞれ接続する 2 つの直線導波路で構成されており、
 前記 2 つの第 2 の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している、
 請求項 3 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 5】

前記位相シフトは、前記第 1 の曲がり導波路を前記 2 つの第 2 の曲がり導波路に接続する 2 つの前記直線導波路の一方又は双方に設けられている、
 請求項 4 に記載の光フェーズドアレイ。

40

【請求項 6】

前記位相シフトは、それぞれ、前記バス導波路の一部に設けられたヒータにより構成され、
 前記ヒータは、同じ電流を通电したときに互いに同じ温度となるように、長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている、
 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 7】

50

前記バス導波路に沿った隣接する前記光カプラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、隣接する前記光カプラから抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されている、

請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 8】

前記所定の値は、 λ の奇数倍又は 2λ の整数倍である、

請求項 7 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 9】

前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する撓動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記撓動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている、

請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 10】

前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである、

請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイを用いた LiDAR センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ビームの出射方向を制御してビームステアリング又はビームスキャンニングの機能を提供する光フェーズドアレイ、及びこれを用いた LiDAR (Light Detection and Ranging) センサに関する。

【背景技術】

【0002】

LiDAR センサは、リモートセンシング及び測距の用途に用いられ、例えば、自動運転システム等においてリアルタイムの三次元マッピング及び物体の検出、追跡、特定等を行うのに用いられる。

【0003】

LiDAR センサは、レーザビームを観察空間内でスキャンして当該空間内の物体に照射し、当該照射したビームが物体へ到達し反射して当該 LiDAR センサ内の受信器まで戻ってくるまでの飛行時間 (TOF、Time of Flight) を測定することにより、当該物体の位置と距離を測定する。

【0004】

このような LiDAR センサとして、機械式の回転部品を用いてレーザビームのスキャンニングを行うものが知られているが、先進運転者支援システム (ADAS) や自律運転システムのような一部のシステムでは、様々な利点を持ち得るソリッドステート型のビームスキャナを用いることが望ましい。そのような利点には、センサ信頼度がより高いこと、センサ寿命がより長いこと、センササイズがより小さいこと、センサ重量がより軽いこと、及びセンサコストがより手頃であることが含まれるが、これらに限定されない。

【0005】

そのようなソリッドステート型のビームスキャナのの一つとして光フェーズドアレイ (OPA、Optical Phased Array) がある。LiDAR センサは、光フェーズドアレイを適用することで、機械式ビームスキャンニングを用いる従来の LiDAR に比べてより高速でより適応性のあるものとなり、より有用なものとなる。

【0006】

従来、光フェーズドアレイに関連性のある技術として、高周波フェーズドアレイアンテナ用の高周波位相シフタにおいて、複数の受光器を備えるジグザグ型光導波路を用いるこ

10

20

30

40

50

とが知られている（特許文献1）。この高周波位相シフタは、高周波信号により変調された光を上記ジグザグ型光導波路に伝搬させ、光導波路に沿って異なる位置に配された複数の受光器により各位置の光を受信し検波して、それぞれ異なる位相シフトが与えられた複数の高周波信号を抽出する。そして、抽出した複数の高周波信号のうちから所望の位相シフトが与えられた高周波信号を選択的に出力させる。しかしながら、この高周波位相シフタは、単に高周波信号に遅延時間を与える手段として光導波路を用いるものであって、光自体に位相シフトを与えるものではない。したがって、この技術を光フェーズドアレイに用いることはできない。

【0007】

他の関連性のある従来技術として、光位相シフタ等を構成する光導波路を含んだ、モノリシック集積半導体構造の光信号処理装置が知られている（特許文献2、特許文献3）。この光信号処理装置では、多段に接続された2分岐導波路により、入力光が複数の光に分岐される。そして、分岐光のそれぞれを出力する出力導波路に設けられた位相シフタにより、それぞれの分岐光に個別の位相シフトが与えられる。しかしながら、この光信号処理装置は、光フェーズドアレイを構成していない。すなわち、この装置は、単に光を分岐して個々に位相を制御するものであり、回折光を出力させるためのアンテナエレメントアレイ（回折光の主極大ビームが生成されるように位相制御された光を所定の間隔で出力する光出力エレメントのアレイ）を備えていないので、これをそのままLiDARに適用することはできない。

【0008】

また、上記光信号処理装置の構成を光フェーズドアレイに転用しようとする場合には、一列に並んだ出力導波路から出力される光の位相を、端から順に、次式で示すように線形に増加させる必要がある。

【0009】

【数1】

$$\phi_m = mP(2\pi/\lambda)\sin\theta \quad (1)$$

【0010】

ここで、 m は、上記一列に並んだ出力導波路を光フェーズドアレイにおける一列に並んだアンテナエレメントとみなした場合の、当該一列に並んだアンテナエレメントに対し端から順に付される番号である。また、 P はアンテナエレメントの配列間隔、 λ は出力される光の波長、 θ はアンテナエレメントの光出射端が構成する平面の法線に対する回折光の主極大ビームの方向角である。式(1)より明らかなように、各チャンネル（すなわち、各アンテナエレメントと当該アンテナエレメントにつながる光伝送路のそれぞれ）に設けられた位相シフタは、異なる位相シフトを提供し得るものであって、且つ位相シフトの累積値が 2π を超え得るものでなければならない。

【0011】

しかしながら、上記光信号処理装置では、それぞれの出力導波路から出力される光の位相は、それぞれの出力導波路に設けられた位相シフタによってのみ決定され、且つ、それぞれの出力導波路の位相シフタは互いに独立に制御されるので、 2π を超える累積位相シフトの値を正しく発見するための処理が複雑となる。このため、上記構成を光フェーズドアレイとして機能させるための制御動作はかなり複雑なものとなる。

【0012】

本発明に最も関連性のある従来技術として、光集積回路（PIC、photonic integrated circuit）をベースとするデバイスとして構成されたLiDARが知られている（非特許文献1）。このデバイスは、バス導波路と、縦続接続（カスケード接続）された熱位相シフタ（thermal phase shifters）と、縦続接続されたエバネセントカプラ（evanescent couplers）とを有し、これらがグレーティングベースのアンテナエレメントに接続されている。このデバイスでは、バス導波路の位相増分を制御することによりビームステアリングの機能が提

供される。

【0013】

しかしながら、このデバイスは、次のような欠点を有する。すなわち、エバネセントカプラとグレーティングベースのアンテナエレメントとの間に挿入された導波路の距離が互いに等しくなっていない。すなわち、各導波路の全光路長（全OPL（Optical Path Length））が等しくなっていない。このため、位相シフトのアイドル動作時（非通電時）において、それぞれ隣接するアンテナエレメント間の出力光の位相関係が一定とならない。

【0014】

このようなOPLにおける差（OPL差、光路差）により、好ましくない位相シフトをもったチャンネルが生じ得る。一般に、アンテナエレメントから出力される位相シフトが式（1）に示す線形則に従わない場合には、アンテナエレメントアレイから出力される回折光の主極大ビーム（メインビーム、又はメインローブ）のビーム幅は広がり、その結果、角度解像度が悪化する。

10

【0015】

また、バス導波路における位相シフトが屈折率に依存した線形性を保って式（1）に示されているように線形な位相傾斜を維持している場合でも、メインビームは或るビーム角でシフトした状態となるので、全てのビームシフトに付加的な位相シフトを与えて当該ビーム角を補償すべく、校正処理が必要となる。

【0016】

校正処理では、これらの付加的な位相シフトの大きさを特定し、当該付加的な位相シフトを補償すべく位相シフトのヒータ制御電圧に初期バイアス電圧を含ませる必要がある。このため、光フェーズドアレイの動作及び制御がより複雑となる。

20

【0017】

光フェーズドアレイが広い周波数帯域で（すなわち、広い波長帯域で）動作する場合には、更なる問題が発生する。この場合には、屈折率の波長依存性に起因して、波長が異なると位相シフトが異なるものとなるので、校正処理はかなり複雑になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0018】

【特許文献1】米国特許第5,222,162号明細書

【特許文献2】米国特許第5,770,472号明細書

【特許文献3】米国特許第5,930,031号明細書

【非特許文献】

【0019】

【非特許文献1】Christopher V. Poulton, Ami Yaacobi, David B. Cole, Matthew J. Byrd, Manan Ravai, Diedrik Vermeulen, Michael R. Watts, Coherent solid-state LIDAR with silicon photonic optical phased arrays, Optics Letters, Vol. 42, No. 20 / October 15, 2017.

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

本発明の目的は、位相シフト補償量を決定するための複雑な校正処理を要することなく比較的小さな位相シフトによりビームステアリング又はビームスキニングの機能を提供し得る光フェーズドアレイ（OPA）を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0021】

50

本発明の一の態様は、基板上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、入力光が伝搬するバス導波路と、前記バス導波路上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、前記バス導波路に設けられた位相シフタと、を備え、前記複数の導波ラインは互いに等しい光路長を持ち、前記位相シフタは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられている。

本発明の他の態様によると、前記複数の光カプラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射端は、前記基板の第1の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、前記複数の光カプラは、前記第1の方向に直交する第2の方向に沿って第1の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第1の方向に沿って前記所定の間隔と前記第1の所定距離とを加算した距離である第2の所定距離をもって互いに離間するよう配されており、前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カプラの一つにその一端が接続された前記第1の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を90°変換する曲がり導波路と、により構成され、前記バス導波路は、その一部が前記光カプラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成されている。

本発明の他の態様によると、前記光カプラは、エバネセントカプラで構成されており、前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカプラの一部を構成する。

本発明の他の態様によると、前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を180°変換する一つの第1の曲がり導波路と、光の伝搬方向を90°変換する2つの第2の曲がり導波路と、前記第1の曲がり導波路を前記2つの第2の曲がり導波路にそれぞれ接続する2つの直線導波路で構成されており、前記2つの第2の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している。

本発明の他の態様によると、前記位相シフタは、前記第1の曲がり導波路を前記2つの第2の曲がり導波路に接続する2つの前記直線導波路の一方又は双方に設けられている。

本発明の他の態様によると、前記位相シフタは、それぞれ、前記バス導波路の一部に設けられたヒータにより構成され、前記ヒータは、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている。

本発明の他の態様によると、前記バス導波路に沿った隣接する前記光カプラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、隣接する前記光カプラから抽出される光の互いの位相差がすべて所定の値となるように構成されている。

本発明の他の態様によると、前記所定の値は、 π の奇数倍又は 2π の整数倍である。

本発明の他の態様によると、前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する摂動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記摂動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている。

本発明の他の態様によると、前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、位相シフト補償量を決定するための複雑な校正処理を必要とすることなく比較的小さな位相シフトによりビームステアリング（スキャニング）機能を提供することのできる光フェーズドアレイ（OPA）を実現することができる。

本発明によれば、位相シフト補償量を決定するための複雑な校正処理を必要とすることなく、また複数のヒータをそれぞれ個別に制御することなく、二つの電極パッドで繋がった各ヒータのすべてが等しい温度になり、累積位相シフト差を線形に変化させる方法によりビームステアリング（スキャニング）機能を提供することのできる光フェーズドアレイ

10

20

30

40

50

(OPA)を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る光フェーズドアレイを用いたLiDARセンサの構成を示す図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に係る光フェーズドアレイの構成を示す図である。

【図3】図3は、図2に示す光フェーズドアレイのバス導波路を構成する一の蛇行導波路の構成を示す図である。

【図4A】図4Aは、図2に示す光フェーズドアレイにおいて、位相シフトが非動作状態のときに射出される光の遠視野像の一例（位相差がの奇数倍の場合）を示す図である。

10

【図4B】図4Bは、図2に示す光フェーズドアレイにおいて、位相シフトにより位相シフトが与えられた場合に射出される光の遠視野像の他の一例（位相差が2の整数倍の場合）を示す図である。

【図5A】図5Aは、図2に示す光フェーズドアレイのアンテナエレメントとして用いることのできる楕円導波路の一例を示す図である。

【図5B】図5Bは、図2に示す光フェーズドアレイのアンテナエレメントとして用いることのできる楕円導波路の他の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。以下に示す実施形態は、本発明の光フェーズドアレイを用いたLiDARセンサである。ただし、LiDARセンサは一例であって、本発明の光フェーズドアレイの適用分野はこれには限られない。例えば、監視装置等のセキュリティ用途、ドローン等の飛行ナビゲーション用途、及び、その他の三次元情報を必要とする任意の用途に、本発明の光フェーズドアレイを用いることができる。

20

【0025】

図1は、本発明の一実施形態に係る光フェーズドアレイを用いるLiDARセンサの構成を示す図である。このLiDARセンサ100は、光源102と、光フェーズドアレイ(OPA)104と、受光センサ106と、処理装置108と、を備える。

【0026】

光源102は、例えば半導体レーザを備え、処理装置108からの信号に基づいて、変調された変調光を出力する。この変調は、例えば半導体レーザへの通電電流を処理装置108からの信号により変調することにより行われる。これに代えて、光源102が更に光変調器を備えるものとし、処理装置108からの信号により当該光変調器を動作させて、半導体レーザからの光を当該光変調器により変調して出力するものとすることができる。光源102から出力されるこの変調光は、OPA104の入力光となる。

30

【0027】

OPA104は、光源102からの入力光を複数の光に分岐すると共に、当該分岐された複数の光をアンテナエレメントアレイから出力する。これにより、OPA104は、上記出力される光のそれぞれが回折して互いに干渉することにより生成される、回折光の主極大ビーム（メインビーム、又はメインローブ）を出力する。また、OPA104は、上記分岐された複数の光のそれぞれに所定の位相シフトを与えて、上記主極大ビームの出力方向を偏向させて、当該主極大ビームのビームステアリング又はビームスキャンニングを行う。OPA104の具体的構成については後述する。

40

【0028】

受光センサ106は、例えば集光レンズとCCD等の受光素子アレイにより構成される。受光センサ106は、OPA104が出力する主極大ビームが物体にあたって反射され又は散乱されて戻ってくる光（反射戻り光）を検出する。

【0029】

処理装置108は、光源102に変調光を出力させる。上述したように、処理装置10

50

8は、例えば光源102に備える半導体レーザ又は光変調器に信号を与え、光源102から変調光を出力させる。また、処理装置108は、上記主極大ビームがOPA104から出力されて、物体により反射又は散乱された後、反射戻り光となって受光センサ106により受信されるまでの、上記ビームの飛行時間(Time Of Flight)を算出する。また、処理装置108は、受光センサ106に到来する上記反射戻り光の到来方向を特定する。これにより、処理装置108は、空間における上記物体の形状や位置等を示す空間マッピング情報を出力する。処理装置108は、例えばデジタルシグナルプロセッサ(DSP、Digital Signal Processor)などのプロセッサやコンピュータにより構成されるものとする事ができる。

【0030】

図2は、OPA104の構成を示す図である。OPA104は、基板200上に形成された光導波路を用いて、ソリッドステートタイプのOPAとして構成されている。本実施形態では、基板200は、酸化されたシリコン基板、あるいはSiO₂を主成分とする石英ガラスであり、例えばSiO₂の中に埋め込まれたSi₃N₄により光導波路が形成されている。ただし、この構成は一例であって、基板200は、Si₃N₄、Si、SiON、LiNbO₃、LiTaO₃、又はSiC等の材料を用いて構成されるものとする事ができる。

【0031】

OPA104は、基板200上に形成された光導波路として、光源102からの入力光が入力されるバス導波路202と、4つの導波ライン204a、204b、204c、204d(それぞれ図示斜めハッチング部分と図示クロスハッチング部分を含む導波路部分)と、回折光の主極大ビーム236を生成するアンテナエレメント206a、206b、206c、206dと、を備える。アンテナエレメント206a、206b、206c、206dは、所定の間隔pで配列されたアンテナエレメントアレイ208を構成している。アンテナエレメント206a、206b、206c、206dは、本実施形態では直線導波路で構成されている。

【0032】

バス導波路202には、当該バス導波路202を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラ220a、220b、220c、220dが設けられている。また、互いに隣接する光カプラ220aと220bとの間、220bと220cとの間、220cと220dとの間には、それぞれに2つの位相シフタ222aと224a、222bと224b、及び222cと224cが設けられている。

【0033】

光カプラ220a、220b、220c、220dは、本実施形態では、それぞれ、所定距離を隔てて近接する2つの光導波路間のエバネセント波を介した光の結合を利用するエバネセントカプラである。また、位相シフタ222a、222b、222c、及び224a、224b、224cは、それぞれ、バス導波路202の一部に設けられたヒータ226a、226b、226c、及び228a、228b、228cにより構成されている。

【0034】

これにより、位相シフタ222a等は、バス導波路202を構成する材料が有する熱光学効果により、ヒータ226a等が与える温度変化により、当該ヒータ226a等の真下のバス導波路202の部分に屈折率変化を生じさせ、当該部分を通過する光の位相を変化させる。ここで、ヒータ226a、226b、226c、及び228a、228b、228cは、本実施形態では、例えばバス導波路202上に形成された下地層であるチタン(Ti)の上に金(Au)の層を形成して構成される薄膜ヒータである。

【0035】

光カプラ220a、220b、220c、220dにより抽出されたバス導波路202を伝搬する光の一部は、それぞれ、導波ライン204a、204b、204c、204dを伝搬する。導波ライン204a、204b、204c、204dのそれぞれの光出力端

10

20

30

40

50

210a、210b、210c、210dは、基板200の第1の方向であるY方向に平行なライン232に沿って、所定の間隔pで配列され、それぞれ、直線導波路であるアンテナエレメント206a、206b、206c、206dに接続されている。アンテナエレメント206a、206b、206c、206dは、互いに同じ光路長を持ち、それぞれの光出射端212a、212b、212c、212dが、Y方向に平行な基板200の図示下側のエッジ234に沿って、光出力端210a等と同じ所定の間隔pで配列されている。

【0036】

これにより、アンテナエレメントアレイ208を構成するアンテナエレメント206a、206b、206c、206dから、互いの間に所定の位相差を持った光が出力され、当該出力された光が形成する回折光の主極大ビーム236が、当該位相差により定まる方向へ出力される。そして、位相シフト222a等により上記位相差を変化させることで、主極大ビーム236の偏向角を変化させて、ビームステアリング動作が行われる。ここで、偏向角は、光出射端212a、212b、212c、212dを含む平面（本実施形態では、基板200のエッジ234）の法線238に対して主極大ビーム236が成す角度として定義される。

10

【0037】

特に、本実施形態のOPA104では、導波ライン204a、204b、204c、204dは互いに等しい光路長を持つ。また、上述したように、位相シフト222a等は、バス導波路202のうち隣接する光カプラ220a等が挟むそれぞれの区間に設けられている。また、位相シフト222a等、224a等が非動作状態（すなわち、ヒータ226a等、228a等が無通電状態）である場合に、バス導波路202に沿った隣接する光カプラ220a等の間のそれぞれの区間は、隣接する光カプラ220a等から抽出される光の互いの位相差がの奇数倍（すなわち、互いに逆位相）となるように構成されている。

20

【0038】

これにより、OPA104では、導波ライン204a等が互いに同じ光路長を持つので、位相シフト222a等が非動作状態である場合に隣接する光出力端210a等（従って、隣接する光出射端212a等）から出力される光の位相差は、バス導波路202に沿った光カプラ220a等の互いの位置関係により定まる位相差となる。すなわち、当該位置関係により定まる位相差に対して付加的に発生する位相シフトがないので、位相シフトのオフセットを補償する必要がなく、単純な制御によりOPA104を動作させることができる。

30

【0039】

また、位相シフト222a等を動作させた場合に光カプラ220a等から導波ライン204a等に向けて出力される光の位相シフト量は、バス導波路202に沿って光入力端230に最も近い光カプラ220a等から順に、複数の位相シフト222a等により生ずる位相シフトが順次累積された位相シフト量となる。このため、OPA104では、位相シフト222a等のそれぞれにより比較的小さな位相シフトを与えるだけで、2を超える累積位相シフトを線形的に精度よく生じさせて、アンテナエレメントアレイ208から出射する主極大ビーム236の広がり幅を増加させることなく、その出射方向を変化させることができる。

40

【0040】

また、位相シフト222a等を動作させて主極大ビーム236の偏向角を変化させる場合、全ての互いに隣接する光カプラ220a等の間において、当該隣接する光カプラ220a等から抽出される光の互いの位相差の変化分が同じとなるようにすればよい。したがって、隣接する光カプラ220a等の間に設けられる位相シフト222a等はそれぞれ、バス導波路202の光の伝搬方向に沿って上流にある直近の光カプラ220a等から抽出される光の位相に対し、それぞれ同じ量の位相シフトのみを与えるよう動作すればよい。

【0041】

50

このため、位相シフタ 222 a 等及び 224 a 等をそれぞれ互いに同じデザインで構成すれば、位相シフタ 222 a 等のそれぞれ及び 224 a 等のそれぞれには、実質的に同じ大きさの電流を与えることで、それぞれ隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光の間に同じ位相差を生じさせて、主極大ビーム 236 の偏向角 を変化させることができる。具体的には、位相シフタ 222 a 等及び 224 a 等を構成するヒータ 226 a 等及び 228 a 等を、それぞれ同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、それらの長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成するものとする。ヒータ 226 a 等及び 228 a 等の各ヒータの 2 つの端子は、例えば基板 200 上に設けられた電極パッド（不図示）に接続され、当該電極パッドを介して基板 200 の外部から通電される。これにより、すべての位相シフタ 222 a 等、224 a 等に等しい位相シフトを生じさせて、OPA 104 をより簡単に動作させることが可能となる。

10

【0042】

なお、本実施形態において、隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光の互いの位相差が の奇数倍（すなわち、互いに逆位相）となるように構成するのは、ヒータ 226 a 等により構成される位相シフタ 222 a 等により実現し得る位相シフトが、基板 200 における屈折率の温度依存性に起因して、ヒータ 226 等への電流絶対値の増加に対し増加または減少のいずれか一方のみとなるためである。この場合、位相シフタ 222 a 等への通電電流絶対値の増加に伴って主極大ビーム 236 は一方向にのみ移動するので、主極大ビーム 236 を動作角度範囲の端から端まで連続的に移動させるには、位相シフタ 222 a 等が非動作状態のときには、主極大ビーム 236 が動作角度範囲の端に配されるようにする必要があるためである。

20

【0043】

したがって、例えば、基板 200 として LiNbO₃ 等の電気光学効果を有する基板を用い、位相シフタ 222 a 等として基板 200 への電界印加方向の反転により光の位相を増加及び減少させることのできる位相シフタを用いる場合には、隣接する光カプラ 220 a 等の間のバス導波路 202 の区間は、隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光が必ずしも逆位相となるように構成する必要はない。この場合には、位相シフタ 222 a 等が非動作状態であるときに主極大ビーム 236 を動作角度範囲の中央に置くか又は所定の偏向角 の位置に置くかにより、隣接する光カプラ 220 a 等の間のバス導波路 202 の区間を、隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光の互いの位相差が 2 の整数倍又は所定の値となるように構成するものとする。ことができる。

30

【0044】

図 2 に戻り、OPA 104 は、より具体的には以下のように構成されている。

上述したとおり、光カプラ 220 a 等にそれぞれ接続された導波ライン 204 a 等のそれぞれの光出力端 210 a 等は、基板 200 の第 1 の方向である Y 方向に平行なライン 232 に沿って、所定の間隔 p で配されている。また、光カプラ 220 a、220 b、220 c、220 d は、第 1 の方向に直交する第 2 の方向である X 方向に沿って第 1 の所定距離 d をもって互いに離間し、且つ、Y 方向に沿って上記所定の間隔 p と上記第 1 の所定距離 d とを加算した距離である第 2 の所定距離 s (= d + p) をもって互いに離間するように配されている。

40

【0045】

また、導波ライン 204 a、204 b、204 c、204 d は、それぞれ、光カプラ 220 a、220 b、220 c、220 d にその一端が接続されて Y 方向に延在する直線導波路 204 a - 1、204 b - 1、204 c - 1、204 d - 1（それぞれ斜めハッチング部分）と、当該直線導波路のそれぞれに接続され、光出力端 210 a、210 b、210 c、210 d に向かって光の伝搬方向を 90° 変換する曲がり導波路 204 a - 2、204 b - 2、204 c - 2、204 d - 2（それぞれ図示クロスハッチング部分）と、により構成されている。ここで、曲がり導波路 204 a - 2、204 b - 2、204 c - 2、204 d - 2 は、互いに同じ曲率 r をもつ。

50

【0046】

これにより、直線導波路204a-1の長さに対する直線導波路204b-1、204c-1、204d-1の長さの差分は、光カプラ220a等のY方向の配列間隔sと、光出力端210a等の配列間隔pとにより定まり、それぞれ、 $-s+p$ 、 $-2s+2p$ 、 $-3s+3p$ となる。上記のとおり、 $s=d+p$ であるので、上記差分は、それぞれ、 $-d$ 、 $-2d$ 、 $-3d$ となる。

【0047】

また、直線導波路204a-1、204b-1、204c-1、204d-1に接続された曲がり導波路204a-2、204b-2、204c-2、204d-2から、ライン232に配列されたそれぞれの光出力端210a、210b、210c、210dまでの長さは、光カプラ220a等のX方向の配列間隔dで定まり、それぞれ、0、d、2d、3dとなる。

10

【0048】

したがって、上記直線導波路204a-1に対する直線導波路204b-1、204c-1、204d-1の長さの差分 $-d$ 、 $-2d$ 、 $-3d$ は、曲がり導波路204a-2、204b-2、204c-2、204d-2から光出力端210a、210b、210c、210dまでの長さの差により相殺され、導波ライン204a、204b、204c、204dは、互いに同じ長さ、従って同じ光路長を持つものとなる。

【0049】

さらに、OPA104のバス導波路202は、その一部が光カプラ220a等の一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成されている。より具体的には、バス導波路202は、図2に示す点A1と点A2とを接続する蛇行導波路202-1と、点A2と点A3とを接続する蛇行導波路202-2と、点A3と点A4とを接続する蛇行導波路202-3と、が縦続接続されて構成されている。

20

【0050】

蛇行導波路202-1、202-2、202-3は、いずれも同様の構成を有しているので、以下では、蛇行導波路202-1を例にとって、その構成の詳細を説明する。

【0051】

図3は、蛇行導波路202-1の構成を示す部分詳細図である。蛇行導波路202-1は、2つの直線導波路300、302（共に、図示斜線ハッチング部分）と、3つの曲がり導波路310、312、314とを有する。曲がり導波路310、312、314は、例えば同じ曲率半径rを持つ円弧状導波路である。曲がり導波路310は、光の伝搬方向を 180° 変換する第1の曲がり導波路であり、曲がり導波路312、314は、光の伝搬方向を 90° 変換する2つの第2の曲がり導波路である。

30

【0052】

なお、図3においては、図を簡略化して理解を容易にするため、位相シフタ222a、224a及びヒータ226a、228aの図示を省略しているが、実際には、直線導波路300、302には、それぞれ、位相シフタ222a及び224aが設けられている。

【0053】

そして、直線導波路300、302は、曲がり導波路310を曲がり導波路312、314にそれぞれ接続している。したがって、点A1及び点A2にそれぞれつながる第2の曲がり導波路である曲がり導波路312、314の一部が、それぞれエバネセントカプラである隣接する光カプラ220a、220bの一部を構成している（図2）。

40

【0054】

ここで、上述のとおり、隣接する光カプラ220a等は第1の方向であるY方向に沿って第2の所定距離sをもって互いに離間するように配されているので、点A1-A2間のY方向の距離はsとなる。また、曲がり導波路312、314は同じ曲率半径rをもつので、曲がり導波路312が直線導波路300に接続する位置と曲がり導波路314が直線導波路302に接続する位置との間のY方向に沿った距離もsとなる。

【0055】

50

また、隣接する光カプラ 220 a 等は第 2 の方向である X 方向に沿って第 1 の所定距離 d だけ離間するように配されているので、点 A 1 - A 2 間の X 方向の距離は d である。また、本実施形態の蛇行導波路 202 - 1 等は、X 方向のサイズを小さくするため、X 方向に延在する直線導波路を含まないので、

$$d = 4r \quad (2)$$

である。

【0056】

直線導波路 300 及び 302 の長さをそれぞれ q 及び b とすると、蛇行導波路 202 - 1 の経路長 L_c (すなわち、点 A 1 から A 2 までの経路長 L_c) は、

$$L_c = b + q + 2r \quad (3)$$

となる。また、図 3 より、

$$b = s + q \quad (4)$$

の関係が成り立つ。

【0057】

ここで、隣接する光カプラ 220 a、220 b から導波ライン 204 a、204 b に出される光の位相差 ϕ_0 は、入力光の波長を λ_0 とすると、次式で与えられる。

【0058】

【数 2】

$$\phi_0 = \frac{2\pi L_c n_E}{\lambda_0} \quad (5)$$

【0059】

上述したように、本実施形態では、隣接する光カプラ 220 a 等から出力される光の位相を互いに逆位相 (したがって、位相差を ϕ_0 の奇数倍) とするので、

$$\phi_i = (2i + 1)\phi_0 \quad (i = 0, 1, 2, \dots) \quad (6)$$

である。したがって、式 (5) と式 (6) から、次式が成り立つ必要があることがわかる。

【0060】

【数 3】

$$L_c = \frac{(2i + 1)\lambda_0}{2n_E}; \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (7)$$

【0061】

また、式 (7) は、式 (3) を用いて、次式となる。

【数 4】

$$L_c = \frac{(2i + 1)\lambda_0}{2n_E} = 2\pi r + b + q \quad (8)$$

【0062】

ここで、曲率半径 r は、曲がり導波路 310、312、314 の曲がり導波損失が所定量を超えない設計値として与えられる。したがって、蛇行導波路 202 - 1 の第 1 の所定距離 d は、光学特性の設計値として与えられる。また、配列間隔 p は、使用する光の波長と主極大ビーム 236 の偏向角 θ についての要求から定まる光学特性の設計値として与えられる。すなわち、第 2 の所定距離 s ($= d + p$) も、光学特性の設計値から与えられる。

【0063】

したがって、 L_c は、光学特性設計から定まる s 及び d に対して、直線導波路 300 及び 302 の長さ b 及び q を調整することにより定まる。この b 及び q は、式 (4) を満たし、d は式 (2) を満たすので、式 (8) に式 (4) 及び式 (2) を適用して、次式を得る。

【 0 0 6 4 】

【 数 5 】

$$\begin{aligned} \frac{(2i+1)\lambda_0}{2n_E} &= 2\pi r + s + 2q \\ &= 2\pi r + p + 4r + 2q \end{aligned} \quad (9)$$

【 0 0 6 5 】

結論として、蛇行導波路 2 0 2 - 1 により隣接する光カプラ 2 2 0 a 及び 2 2 0 b から導波ライン 2 0 4 a、2 0 4 b へ出力される光の位相を互いに逆位相とするための条件は、次式となることがわかる。

【 0 0 6 6 】

【 数 6 】

$$q = \frac{(2i+1)\lambda_0}{4n_E} - \pi r - 2r - \frac{p}{2} \quad (10)$$

【 0 0 6 7 】

換言すれば、式 (1 0) 及び式 (4) を満たす長さ q 及び b を持つように、直線導波路 3 0 0 及び 3 0 2 の距離 q 及び b を設定することで、隣接する光カプラ 2 2 0 a 及び 2 2 0 b から導波ライン 2 0 4 a、2 0 4 b へ出力される光の位相を互いに逆位相とすることができる。

【 0 0 6 8 】

そして、他の蛇行導波路 2 0 2 - 2、2 0 2 - 3 も、蛇行導波路 2 0 2 - 1 と同様に設計することにより、隣接するすべての光カプラ 2 2 0 a 等の間において、対応する導波ライン 2 0 4 a 等へ出力する光の位相を互いに逆位相とすることができる。そして、位相シフタ 2 2 2 a 等により通電することで、隣接する全ての光カプラ 2 2 0 a 等の間で等量の位相シフトを発生させれば、アンテナエレメントアレイ 2 0 8 から出力される主極大ビーム 2 3 6 の偏向角を変化させることができる。

【 0 0 6 9 】

なお、本実施形態においては、蛇行導波路 2 0 2 - 1 の直線導波路 3 0 0 及び 3 0 2 の双方に位相シフタ 2 2 2 a 及び 2 2 4 a を設けているが、必要とされる位相シフト量や制御の際の消費電力条件によって、直線導波路 3 0 0 及び 3 0 2 の一方又は双方に位相シフタ 2 2 2 a 等を設けるものすることができる。なお、蛇行導波路 2 0 2 - 2、2 0 2 - 3 についても同様である。

【 0 0 7 0 】

図 4 A 及び図 4 B は、アンテナエレメントアレイ 2 0 8 から出力される光の遠視野像を示す図である。図 4 A 及び図 4 B とともに、横軸は、基板 2 0 0 のエッジ 2 3 4 の法線 2 3 8 から測った偏向角 に対する \sin の値、縦軸は光の強度である。

【 0 0 7 1 】

図 4 A は、位相シフタ 2 2 2 a 等が非動作状態であって隣接するアンテナエレメント 2 0 6 a 等から出力される光の位相が互いに逆位相（すなわち、位相差が の奇数倍）であるときの遠視野像を示している。2 つの主極大ビームに相当する 2 つのメインローブ 4 0 0、4 0 2 が、それぞれ動作範囲（すなわち、主極大ビームの移動可能角度範囲）の両端に位置している。

【 0 0 7 2 】

図 4 B は、位相シフタ 2 2 2 a 等により隣接するアンテナエレメント 2 0 6 a 等の間に大きさ の位相シフトが導入されて、隣接するアンテナエレメント 2 0 6 a 等から出力される光の位相が同じ（すなわち、位相差が 2 の整数倍）になったときの、遠視野像を示している。一方の主極大ビームが移動し、当該主極大ビームに相当する一つのメインローブ 4 0 4 が、動作範囲の中央に位置している。

【 0 0 7 3 】

10

20

30

40

50

なお、上述した実施形態では、アンテナエレメント206a等は、通常の直線導波路であって導波ライン204a等が伝搬した光を基板200のエッジ234に配された光出射端212a等から出力するものとしたが、これには限られない。例えば、アンテナエレメント206a等を、その幅又は厚さが周期的に変化する楕円導波路により構成されるグレーティングベースのアンテナエレメントとし、導波ライン204a等が伝搬した光を基板200の表面から線状の光として出力するものとするができる。この場合、位相シフタ222a等を動作させることで、X方向から見たときの基板200の表面法線に対する主極大ビームの偏向角を変化させるものとするができる。

【0074】

図5A及び図5Bは、アンテナエレメント206a等に代えて用いることのできる、上記のような楕円導波路の例を示す図である。図5A、図5Bにおいて、図2における構成要素と同じ要素については、同じ符号を用いて示している。

【0075】

図5Aにおいて、図示左は基板200の表面のうち楕円導波路で構成されるグレーティングベースのアンテナエレメントが形成される部分を示した平面図、図示右は図示左の平面図におけるDD断面図である。図5Aでは、基板200表面から見た導波路の幅が周期的に変化する楕円導波路であるアンテナエレメント206a-1、206b-1、206c-1、206d-1が用いられている。アンテナエレメント206a-1等は、ライン232の位置で導波ライン204a等と接続されている。アンテナエレメント206a-1等のそれぞれは、DD断面図において矢印で示す方向に、その長さ方向に沿って分布した光を基板200の表面から出射する。これにより、アンテナエレメント206a-1等のそれぞれは、基板200の表面においてX方向に延在する線状光源として作用し、基板200の表面から上方へ向かう主極大ビームを生成する。この構成においては、位相シフタ222a等を動作させることで、X方向から見たときの基板200の表面法線に対する主極大ビームの偏向角を変化させるものとすることができる。

【0076】

図5Bにおいて、図示左は基板200の表面のうち楕円導波路で構成されるグレーティングベースのアンテナエレメントが形成される部分を示した平面図、図示右は図示左の平面図におけるEE断面図である。図5Bでは、導波路の厚さが周期的に変化する楕円導波路であるアンテナエレメント206a-2、206b-2、206c-2、206d-2が用いられている。アンテナエレメント206a-2等は、ライン232の位置で導波ライン204a等と接続されている。アンテナエレメント206a-2等のそれぞれは、EE断面図において矢印で示す方向に、その長さ方向に沿って分布した光を基板200の表面から出射する。これにより、アンテナエレメント206a-2等のそれぞれは、基板200の表面においてX方向に延在する線状光源として作用し、基板200の表面から上方へ向かう主極大ビームを生成する。この構成においては、図5Aと同様に、位相シフタ222a等を動作させることで、X方向から見たときの基板200の表面法線に対する主極大ビームの偏向角を変化させるものとすることができる。

【0077】

以上、説明したように、本発明のOPA104は、基板200上に形成された光導波路により構成されるソリッドステート型の光フェーズドアレイである。OPA104は、入力光が伝搬するバス導波路202と、バス導波路202上に配された、当該バス導波路202を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラ220a等と、を備える。また、OPA104は、複数の光カプラ220a等が抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ライン204a等と、バス導波路202に設けられた位相シフタ222a等と、を備える。また、複数の導波ライン204a等は互いに等しい光路長を持ち、位相シフタ222a等は、バス導波路202のうち隣接する光カプラ220a等が挟むそれぞれの区間に設けられている。

【0078】

この構成によれば、導波ライン204a等が互いに同じ光路長を持つので、位相シフタ

10

20

30

40

50

222a等が非動作状態である場合に隣接する光出力端210a等(従って、隣接する光出射端212a等)から出力される光の位相差は、主としてバス導波路202に沿った複数の光カプラ220a等の互いの位置関係により定まる。すなわち、当該位置関係により定まる位相差に対して付加的に発生する位相シフトがないので、位相シフトのオフセットを補償する必要がなく、単純な制御によりOPA104を動作させることができる。

【0079】

また、位相シフト222a等を動作させた場合に、光カプラ220a等から導波ライン204a等に向けて出力される光の位相シフト量は、バス導波路202に沿って光入力端230に最も近い順に、複数の位相シフト222a等により生ずる位相シフトが順次累積された位相シフト量となるので、位相シフト222a等のそれぞれにより比較的小さな位相シフトを与えるだけで、2を超え累積位相シフトを精度よく生じさせて、アンテナエレメントアレイ208から出射する主極大ビーム236の出射方向を変化させることができる。

【0080】

OPA104は、また、複数の光カプラ220a等にそれぞれ接続された複数の導波ライン204a等のそれぞれの光の光出力端210a等が、基板200の第1の方向であるY方向に平行なライン232に沿って所定の間隔pで配されている。また、複数の光カプラ220a等は、Y方向に直交する第2の方向であるX方向に沿って第1の所定距離dをもって互いに離間し、且つY方向に沿って第2の所定距離s(=d+p)をもって互いに離間するように配されている。そして、複数の導波ライン204a等は、それぞれ、複数の光カプラ220a等の一つにその一端が接続されてX方向に延在する直線導波路204a-1等と、当該直線導波路204a-1等に接続され、当該導波ライン204a等の光出力端210a等に向かって光の伝搬方向を90°変換する曲がり導波路204a-2等と、により構成されている。さらに、バス導波路202は、その一部が光カプラ220a等の一部を構成する複数の蛇行導波路202-1等が縦続接続されて構成されている。

【0081】

この構成によれば、互いに同じ光路長を持つ導波ライン204a等をシンプルに構成することができる。また、より多くのチャネルを設けるには縦続接続する蛇行導波路202-1等及び対応する導波ライン204a等を所定の間隔で追加配置するだけでよいので、設計拡張性の高いOPAを実現することができる。

【0082】

また、OPA104では、光カプラ220a等は、所定距離を隔てて近接する2つの光導波路間のエバネセント波を介した光の結合を利用するエバネセントカプラで構成されている。また、バス導波路202を構成する蛇行導波路202-1等は、直線導波路300、302と、曲がり導波路310、312、314とを有し、蛇行導波路202-1等の曲がり導波路312、314の一部が光カプラ220a等であるエバネセントカプラの一部を構成している。

【0083】

この構成によれば、バス導波路202の伝搬損失を増加させることなく、バス導波路202を伝搬する光を導波ライン204a等へ分配することができる。

【0084】

また、OPA104では、蛇行導波路202-1を構成する曲がり導波路は、光の伝搬方向を180°変換する一つの第1の曲がり導波路310と、光の伝搬方向を90°変換する2つの第2の曲がり導波路312、314と、第1の曲がり導波路310を2つの第2の曲がり導波路312及び314にそれぞれ接続する2つの直線導波路300、302で構成されている。そして、2つの第2の曲がり導波路312、314のそれぞれの一部が、隣接するエバネセントカプラである光カプラ220a、220bの一部を構成している。

【0085】

この構成によれば、所定の距離間隔で配された隣接する光カプラ220a等を、同じ所

10

20

30

40

50

定の光路長を持つ蛇行導波路 202 - 1 等により接続するという単純な構成で、隣接する光カプラ 220 a 等から導波ライン 204 a 等へ出射する各光の間の位相差が一定となるようにすることができる。

【0086】

また、OPA 104 では、位相シフタ 222 a 等は、第 1 の曲がり導波路 310 を 2 つの第 2 の曲がり導波路 312、314 に接続する 2 つの直線導波路 300、302 の一方又は双方に設けられている。この構成によれば、蛇行導波路 202 - 1 に沿った位相シフタ 222 a、224 a のトータルの長さを、直線導波路 300 及び 302 の長さを加算した長さの範囲まで自由に選択することができるので、位相シフタ 222 a、224 a の動作電圧についての設計自由度が向上する。

10

【0087】

また、OPA 104 では、位相シフタ 222 a 等は、バス導波路 202 の一部に設けられたヒータ 226 a 等、228 a 等により構成される。そして、ヒータ 226 a 等、228 a 等は、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている。この構成によれば、バス導波路 202 上に金属薄膜等を設けるだけの簡易な構成で、バス導波路 202 を伝搬する光に位相シフトを与えることができる。また、ヒータ 226 a 等、228 a 等と同じ電流を流すだけで、隣接する光カプラ 220 a 等から導波ライン 204 a 等へ出射する各光の間に同じ位相シフトを生じさせることができる。

【0088】

また、OPA 104 では、バス導波路 202 に沿った隣接する光カプラ 220 a 等の間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されている。

20

【0089】

この構成によれば、位相シフタ 222 a 等が非動作状態の場合の主極大ビーム 236 の出射方向（初期方向）を、任意の所定の方向に設定することができる。これにより、例えば、本光フェーズドアレイを LiDAR センサに用いた場合に、動作開始において最初に探索すべき方向に主極大ビーム 236 の初期方向を予め設定しておくことができるので、所望の方向の空間情報を迅速に取得することが可能となる。

【0090】

また、OPA 104 では、バス導波路 202 に沿った隣接する光カプラ 220 a 等の間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、隣接する光カプラ 220 a 等から抽出される光の互いの位相差がすべて の奇数倍又は 2 の整数倍となるように構成されている。

30

【0091】

この構成によれば、位相シフタ 222 a 等が非動作状態であるときの主極大ビーム 236 の出射方向を動作範囲の端又は中央に設定して、動作開始時に主極大ビーム 236 を端から端へ移動させて全動作範囲をスキャンしたり、動作範囲の中央から所望の方向へ移動させてスキャンを行うことができる。

【0092】

また、OPA 104 では、導波ライン 204 a 等のそれぞれに接続するアンテナエレメント 206 a 等として、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する摂動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントを用い、当該摂動導波路のそれぞれにより基板 200 の表面から光が出力されるよう構成することができる。この構成によれば、上記摂動導波路の長さに沿って線状の主極大ビームを基板 200 の表面から出射させることができるので、例えば三次元空間マッピングを行う LiDAR センサを容易に構成することができる。

40

【0093】

また、本発明は、OPA 104 を用いた LiDAR センサ 100 である。この構成によれば、複雑な制御を必要とせず、比較的少ない位相シフトで動作する、ソリッドステート

50

型のOPA104を用いて、高信頼で且つ制御の容易なLiDARセンサを実現することができる。

【0094】

なお、本発明は上記実施形態の構成に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。

【0095】

例えば、上記実施形態では、アンテナエレメント206a等もバス導波路202等と同じ一枚の基板200上に構成されるものとしたが、これには限られない。例えば、アンテナエレメント206a等を基板200とは別の基板上に構成するものとして、導波ライン204a等とアンテナエレメント206a等を、基板200上に形成した直線導波路や光ファイバを介して光学的に接続するものとする事ができる。

10

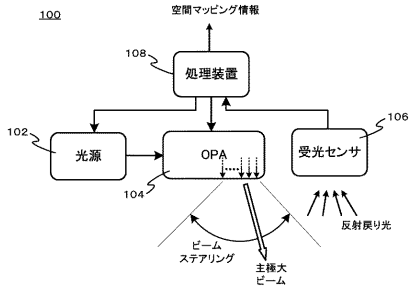
【符号の説明】

【0096】

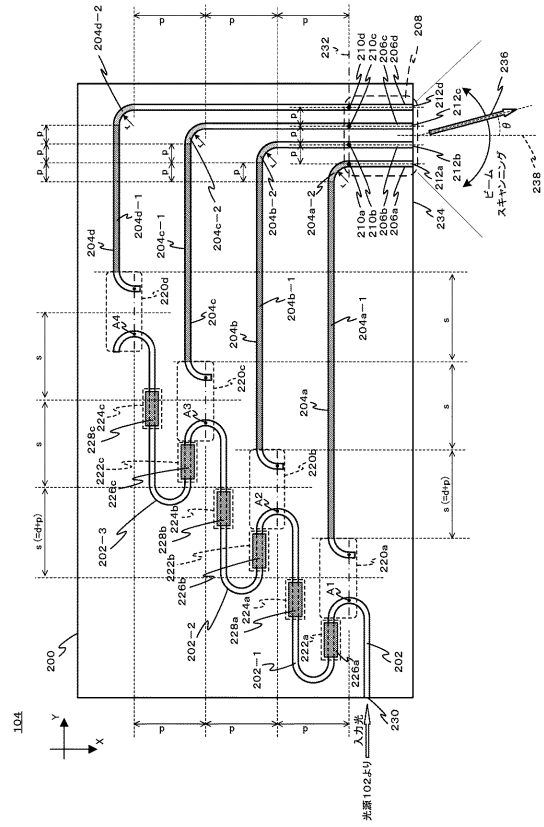
100 LiDARセンサ、102 光源、104 光フェーズドアレイ(OPA)、106 受光センサ、108 処理装置、200 基板、202 バス導波路、202-1、202-2、202-3 蛇行導波路、204a、204b、204c、204d 導波ライン、204a-1、204b-1、204c-1、204d-1、300、302 直線導波路、204a-2、204b-2、204c-2、204d-2、310、312、314 曲がり導波路、206a、206a-1、206a-2、206b、206b-1、206b-2、206c、206c-1、206c-2、206d、206d-1、206d-2 アンテナエレメント、208 アンテナエレメントアレイ、210a、210b、210c、210d 光出力端、212a、212b、212c、212d 光出射端、220a、220b、220c、220d 光カップラ、222a、222b、222c、224a、224b、224c 位相シフタ、226a、226b、226c、228a、228b、228c ヒータ、230 光入力端、232 ライン、234 エッジ、236 主極大ビーム、238 法線、400、402、404 メインローブ。

20

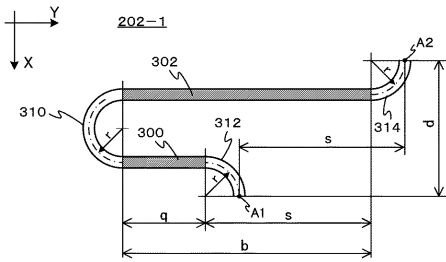
【図 1】



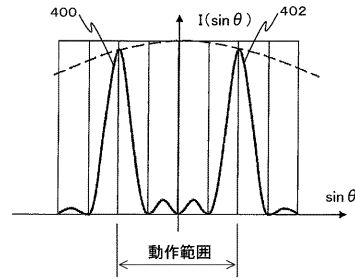
【図 2】



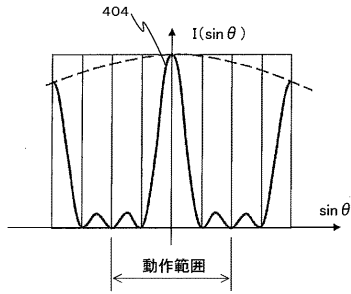
【図 3】



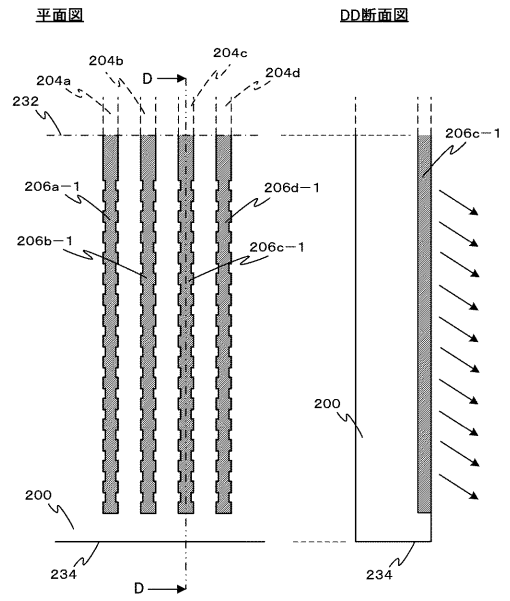
【図 4 A】



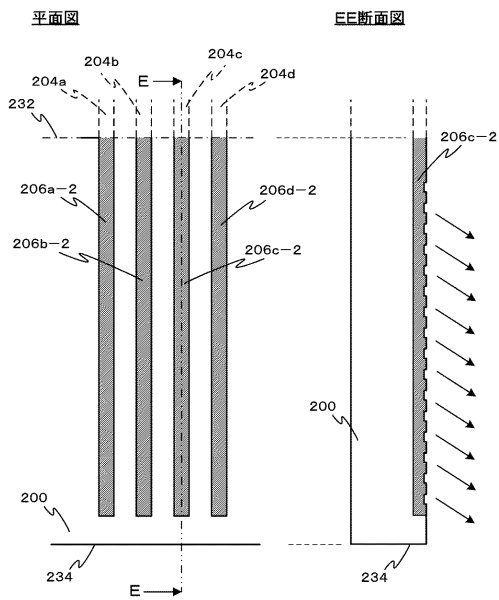
【 図 4 B 】



【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



【手続補正書】

【提出日】平成31年4月23日(2019.4.23)

【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】

基板の上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、
入力光が伝搬するバス導波路と、
前記バス導波路の上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、
前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、
前記バス導波路に設けられた位相シフトと、
を備え、

10

前記複数の光カプラは、前記バス導波路に沿って縦続接続され、
前記位相シフトは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられ、

前記バス導波路に沿った隣接する前記光カプラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、前記位相シフトのいずれにも通電しない状態において隣接する前記光カプラから抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されており、

20

前記複数の導波ラインは、
互いに等しい光路長を持ち、
前記複数の導波ラインのそれぞれは、対応する前記複数の光カプラから、互いに同じ方向に延在する部分を有し、
前記複数の導波ラインの光出射端は、前記延在する方向に平行な一のラインに沿って所定の間隔で配列されて、前記延在する方向と直交する方向へ光を出射する、
よう構成されている、
光フェーズドアレイ。

30

【請求項2】

前記所定の値は、 π の奇数倍又は 2π の整数倍である、
請求項1に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項3】

前記複数の光カプラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射端は、前記基板の第1の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、

前記複数の光カプラは、前記第1の方向に直交する第2の方向に沿って第1の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第1の方向に沿って前記所定の間隔と前記第1の所定距離とを加算した距離である第2の所定距離をもって互いに離間するよう配されており、

前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カプラの一つにその一端が接続された前記第1の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を 90° 変換する曲がり導波路と、により構成されている、

40

請求項1又は2に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項4】

前記バス導波路は、その一部が前記光カプラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成され、

前記光カプラは、エバネセントカプラで構成されており、

前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、

50

前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカプラの一部を構成する

、請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 5】

前記位相シフタは、前記蛇行導波路が有する前記直線導波路に設けられている、請求項 4 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 6】

前記位相シフタは、それぞれ、前記基板の上に設けられたヒータにより構成され、前記ヒータは、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、前記直線導波路に沿った長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている、

10

請求項 5 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 7】

前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を 180° 変換する一つの第 1 の曲がり導波路と、光の伝搬方向を 90° 変換する 2 つの第 2 の曲がり導波路と、前記第 1 の曲がり導波路を前記 2 つの第 2 の曲がり導波路にそれぞれ接続する 2 つの直線導波路で構成されており、

前記 2 つの第 2 の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している、

請求項 4 ないし 6 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 8】

前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する摂動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記摂動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている、

20

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 9】

前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである、

請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイを用いた LiDAR センサ。

30

【請求項 11】

(削除)

【手続補正書】

【提出日】平成 30 年 9 月 18 日 (2018.9.18)

【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】

40

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、入力光が伝搬するバス導波路と、

前記バス導波路の上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、

前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、

前記バス導波路に設けられた位相シフタと、

を備え、

前記複数の光カプラは、前記バス導波路に沿って縦続接続され、

50

前記位相シフタは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カブラが挟むそれぞれの区間に設けられ、

前記バス導波路に沿った隣接する前記光カブラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、前記位相シフタのいずれにも通電しない状態において隣接する前記光カブラから抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されており、

前記複数の導波ラインは、

互いに等しい光路長を持ち、

前記複数の導波ラインの、前記複数の光カブラとの接続部分は、互いに同じ方向に延在し、

前記複数の導波ラインの光出射端は、前記接続部分が延在する方向に平行な一のラインに沿って所定の間隔で配列されて、前記接続部分が延在する方向と直交する方向へ光を出射する、

よう構成されている、

光フェーズドアレイ。

【請求項 2】

前記所定の値は、 n の奇数倍又は $2n$ の整数倍である、

請求項 1 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 3】

前記複数の光カブラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射端は、前記基板の第 1 の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、

前記複数の光カブラは、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に沿って第 1 の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第 1 の方向に沿って前記所定の間隔と前記第 1 の所定距離とを加算した距離である第 2 の所定距離をもって互いに離間するよう配されており、

前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カブラの一つにその一端が接続された前記第 1 の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を 90° 変換する曲がり導波路と、により構成されている、

請求項 1 又は 2 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 4】

前記バス導波路は、その一部が前記光カブラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成され、

前記光カブラは、エバネセントカブラで構成されており、

前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、

前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカブラの一部を構成する、

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 5】

前記位相シフタは、前記蛇行導波路が有する前記直線導波路に設けられている、

請求項 4 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 6】

前記位相シフタは、それぞれ、前記基板の上に設けられたヒータにより構成され、

前記ヒータは、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、前記直線導波路に沿った長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている、

請求項 5 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 7】

前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を 180° 変換する一つの第 1 の曲がり導波路と、光の伝搬方向を 90° 変換する 2 つの第 2 の曲がり導波路と、前記第 1 の曲がり導波路を前記 2 つの第 2 の曲がり導波路にそれぞれ接続する 2 つの直線導波路で構成されており、

前記2つの第2の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している、

請求項4ないし6のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項8】

前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する摂動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記摂動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている、

請求項1ないし7のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項9】

前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである、

請求項1ないし8のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項10】

請求項1ないし9のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイを用いたLiDARセンサ。

【手続補正書】

【提出日】平成31年1月17日(2019.1.17)

【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】

基板の上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、
入力光が伝搬するバス導波路と、
前記バス導波路の上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、

前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、

前記バス導波路に設けられた位相シフタと、

を備え、

前記複数の光カプラは、前記バス導波路に沿って縦続接続され、

前記位相シフタは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられ、

前記バス導波路に沿った隣接する前記光カプラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、前記位相シフタのいずれにも通電しない状態において隣接する前記光カプラから抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されており、

前記複数の導波ラインは、

互いに等しい光路長を持ち、

前記複数の導波ラインのそれぞれは、対応する前記複数の光カプラから、互いに同じ方向に延在する部分を有し、

前記複数の導波ラインの光出射端は、前記延在する方向に平行な一のラインに沿って所定の間隔で配列されて、前記延在する方向と直交する方向へ光を出射する、

よう構成されている、

光フェーズドアレイ。

【請求項2】

前記所定の値は、 n の奇数倍又は $2n$ の整数倍である、

請求項1に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項3】

前記複数の光カプラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射

10

20

30

40

50

端は、前記基板の第 1 の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、

前記複数の光カプラは、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向に沿って第 1 の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第 1 の方向に沿って前記所定の間隔と前記第 1 の所定距離とを加算した距離である第 2 の所定距離をもって互いに離間するように配されており、

前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カプラの一つにその一端が接続された前記第 1 の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を 90°変換する曲がり導波路と、により構成されている、

請求項 1 又は 2 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 4】

前記バス導波路は、その一部が前記光カプラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成され、

前記光カプラは、エバネセントカプラで構成されており、

前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、

前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカプラの一部を構成する、

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 5】

前記位相シフタは、前記蛇行導波路が有する前記直線導波路に設けられている、

請求項 4 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 6】

前記位相シフタは、それぞれ、前記基板の上に設けられたヒータにより構成され、

前記ヒータは、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、前記直線導波路に沿った長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている、

請求項 5 に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 7】

前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を 180°変換する一つの第 1 の曲がり導波路と、光の伝搬方向を 90°変換する 2 つの第 2 の曲がり導波路と、前記第 1 の曲がり導波路を前記 2 つの第 2 の曲がり導波路にそれぞれ接続する 2 つの直線導波路で構成されており、

前記 2 つの第 2 の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している、

請求項 4 ないし 6 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 8】

前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する撓動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記撓動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている、

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 9】

前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである、

請求項 1 ないし 8 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイ。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の光フェーズドアレイを用いた LIDAR センサ。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

10

20

30

40

50

【補正の内容】

【0021】

本発明の一の態様は、基板上に形成された光導波路により構成される光フェーズドアレイであって、入力光が伝搬するバス導波路と、前記バス導波路上に配された、当該バス導波路を伝搬する光の一部をそれぞれ抽出する複数の光カプラと、前記複数の光カプラが抽出した光をそれぞれ伝搬する複数の導波ラインと、前記バス導波路に設けられた位相シフタと、を備え、前記複数の光カプラは、前記バス導波路に沿って縦続接続され、前記位相シフタは、前記バス導波路のうち隣接する前記光カプラが挟むそれぞれの区間に設けられ、前記バス導波路に沿った隣接する前記光カプラの間のそれぞれの区間は、全て同じ長さで構成され、前記位相シフタのいずれにも通電しない状態において隣接する前記光カプラから抽出される光の互いの位相差がすべて同じ所定の値となるように構成されており、前記複数の導波ラインは、互いに等しい光路長を持ち、前記複数の導波ラインのそれぞれは、対応する前記複数の光カプラから、互いに同じ方向に延在する部分を有し、前記複数の導波ラインの光出射端は、前記延在する方向に平行な一のラインに沿って所定の間隔で配列されて、前記延在する方向と直交する方向へ光を出射する、よう構成されている。

10

本発明の他の態様によると、前記所定の値は、 n の奇数倍又は $2n$ の整数倍である。

本発明の他の態様によると、前記複数の光カプラにそれぞれ接続された前記複数の導波ラインのそれぞれの光の出射端は、前記基板の第1の方向に平行なラインに沿って、所定の間隔で配されており、前記複数の光カプラは、前記第1の方向に直交する第2の方向に沿って第1の所定距離をもって互いに離間し、且つ前記第1の方向に沿って前記所定の間隔と前記第1の所定距離とを加算した距離である第2の所定距離をもって互いに離間するよう配されており、前記複数の導波ラインは、それぞれ、前記複数の光カプラの一つにその一端が接続された前記第1の方向に延在する直線導波路と、当該直線導波路に接続され、当該導波ラインの出力端に向かって光の伝搬方向を 90° 変換する曲がり導波路と、により構成されている。

20

本発明の他の態様によると、前記バス導波路は、その一部が前記光カプラの一部を構成する複数の蛇行導波路が縦続接続されて構成され、前記光カプラは、エバネセントカプラで構成されており、前記バス導波路を構成する前記蛇行導波路のそれぞれは、直線導波路と曲がり導波路とを有し、前記蛇行導波路の前記曲がり導波路の一部が前記エバネセントカプラの一部を構成する。

30

本発明の他の態様によると、前記位相シフタは、前記蛇行導波路が有する前記直線導波路に設けられている。

本発明の他の態様によると、前記位相シフタは、それぞれ、前記基板の上に設けられたヒータにより構成され、前記ヒータは、同じ電流を通電したときに互いに同じ温度となるように、前記直線導波路に沿った長さ、幅、及び厚さを含むサイズ、並びに形状が、互いに同じとなるように構成されている。

本発明の他の態様によると、前記蛇行導波路は、光の伝搬方向を 180° 変換する一つの第1の曲がり導波路と、光の伝搬方向を 90° 変換する2つの第2の曲がり導波路と、前記第1の曲がり導波路を前記2つの第2の曲がり導波路にそれぞれ接続する2つの直線導波路で構成されており、前記2つの第2の曲がり導波路のそれぞれの一部が、隣接する前記エバネセントカプラの一部を構成している。

40

本発明の他の態様によると、前記導波ラインのそれぞれには、その幅方向又は深さ方向のサイズが変化する摂動導波路で構成されたグレーティングベースのアンテナエレメントが接続されており、前記摂動導波路のそれぞれにより前記基板の表面から光が出力されるよう構成されている。

本発明の他の態様によると、前記基板の材料は、 Si_3N_4 、 Si 、 SiON 、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、及び SiC のいずれかである。

本発明の他の態様は、前記いずれかの構成を有する光フェーズドアレイを用いた LiD AR センサである。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/016558
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. G02F1/01(2006.01)i, G02B6/124(2006.01)i, G02B6/125(2006.01)i 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) Int. Cl. G02B6/12-14, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00 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 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore, Google Scholar		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	YAACOBI et al., Integrated phased array for wide-angle beam steering, Optics Letters, 01 August 2014., vol. 39, no. 15, pp. 4575-4578	1-11
A	JP 2017-187649 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 12 October 2017, paragraphs [0004], [0022]-[0039], fig. 1-4 (Family: none)	1-11
A	JP 2017-161591 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 14 September 2017, paragraphs [0029], [0059]-[0066], fig. 5 (Family: none)	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "I" 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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 17.07.2018		Date of mailing of the international search report 24.07.2018
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

International application No.

PCT/JP2018/016558

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6219471 B1 (DOERR, Christopher R.) 17 April 2001, column 3, line 15 to column 4, line 67, fig. 3-5 & EP 1020740 A1	1-11
A	JP 2018-10118 A (NIPPON HOSO KYOKAI) 18 January 2018, entire text, all drawings (Family: none)	1-11
A	US 2012/0045163 A1 (WU et al.) 23 February 2012, fig. 3 & US 9753349 B2	1-11

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2018/016558									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02F1/01(2006.01)i, G02B6/124(2006.01)i, G02B6/125(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B6/12-14, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00											
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 <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>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2018年	日本国実用新案登録公報	1996-2018年	日本国登録実用新案公報	1994-2018年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2018年										
日本国実用新案登録公報	1996-2018年										
日本国登録実用新案公報	1994-2018年										
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) IEEE Xplore Google Scholar											
C. 関連すると認められる文献											
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									
X	YAACOBI et al., Integrated phased array for wide-angle beam steering, Optics Letters, 2014.08.01, Vol.39, No.15, pp.4575-4578	1-11									
A	JP 2017-187649 A (株式会社豊田中央研究所) 2017.10.12, 段落 [0004]、[0022] - [0039]、図1-4 (ファミリーなし)	1-11									
A	JP 2017-161591 A (株式会社豊田中央研究所) 2017.09.14, 段落 [0029]、[0059] - [0066]、図5 (ファミリーなし)	1-11									
<p>☞ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☜ ☞ パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>											
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>「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</p> <p>「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)</p> <p>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」 同一パテントファミリー文献</p>											
国際調査を完了した日 17.07.2018		国際調査報告の発送日 24.07.2018									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 野口 晃一	2 L 5708								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3295								

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 1 6 5 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
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
A	US 6219471 B1 (DOERR, Christopher R.) 2001.04.17, 第3欄第15行-第4欄第67行、図3-5 & EP 1020740 A1	1-11
A	JP 2018-10118 A (日本放送協会) 2018.01.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	US 2012/0045163 A1 (WU et al.) 2012.02.23, 図3 & US 9753349 B2	1-11

フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(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),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),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,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,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT

Fターム(参考) 5J084 AA04 AA05 AC02 AC04 AC07 AD01 BA04 BA48 DA01 DA05
DA09 EA05 EA33

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。