

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2020/121452

発行日 令和3年2月15日(2021.2.15)

(43) 国際公開日 令和2年6月18日(2020.6.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO1S 7/481 (2006.01)	GO1S 7/481 A	2K102
GO2F 1/29 (2006.01)	GO2F 1/29	5J084

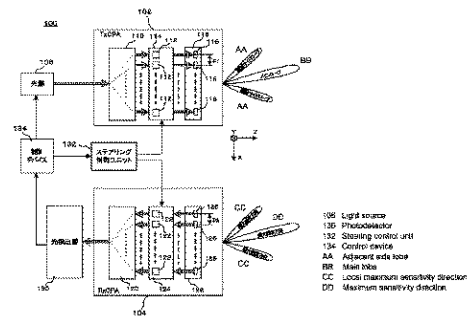
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 41 頁)

出願番号 特願2018-566457 (P2018-566457)	(71) 出願人 518154077
(21) 国際出願番号 PCT/JP2018/045744	株式会社大成テクノロジー
(22) 国際出願日 平成30年12月12日(2018.12.12)	東京都葛飾区奥戸3-16-19-204号
(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	(74) 代理人 110001081 特許業務法人クシブチ国際特許事務所
	(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
	Fターム(参考) 2K102 AA28 BA09 BB08 BC10 BD09 DA04 DC09 EA05 EA21 5J084 AA05 AA10 AD01 BA02 BA11 BA32 BA48 BB02 BB11 BB34 CA03 EA07

(54) 【発明の名称】 ライダー装置

(57) 【要約】

第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第2の光フェーズドアレイにより構成され、上記空間から到来する光を上記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備えるライダー(LiDAR)装置であって、上記光受信器は、上記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、上記光送信器が上記空間へ送出する隣接する上記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、上記光受信器における隣接する上記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっている、ライダー装置。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の光フェーズドアレイにより構成され、当該第 1 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、

第 2 の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第 2 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、
を備え、

前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、

前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、が互いに異なっている、

ライダー装置。

【請求項 2】

前記第 1 の光フェーズドアレイが備える第 1 の位相シフタと、前記第 2 の光フェーズドアレイが備える第 2 の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、

位相シフト制御部は、前記第 1 の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第 2 の位相シフタの位相シフト量を制御する、

請求項 1 に記載のライダー装置。

【請求項 3】

前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている、

請求項 1 又は 2 に記載のライダー装置。

【請求項 4】

前記第 1 の角度と前記第 2 の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される、

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 5】

前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている、

請求項 4 に記載のライダー装置。

【請求項 6】

前記光送信器は、前記複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出し、

前記第 1 の角度は、前記第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義される、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 7】

前記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズで構成される、

請求項 6 に記載のライダー装置。

【請求項 8】

前記第 1 の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する 2 つのプリズムで構成される、

請求項 6 に記載のライダー装置。

【請求項 9】

前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、

10

20

30

40

50

前記第2の角度は、前記第2の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義される、

請求項1ないし8のいずれか一項に記載のライダー装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、リモートセンシング及び距離測定分野に関し、特に、自律運転システムにおける3次元の空間マッピング、物体検出、物体追跡、物体特定をリアルタイムで行うためのライダー(LiDAR、Light Detection and Ranging)装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

ライダー装置は、探索光を空間に送出して当該空間をスキャンし、当該探索光が空間内の物体に反射することで発生する反射戻り光を受信して、空間内の物体の方向と距離を検知する。このようなライダー装置を構成するデバイスとして、光フェーズドアレイ(OPA、Optical Phased Array)が知られている。OPAを用いるライダー装置は、機械式ビームスキャンニング機器を用いたライダー装置に比べて高速且つ小型に構成され得る。

【0003】

20

ライダー装置に用いることのできるOPAとして、従来、光カプラと、位相シフトと、アンテナエレメントと、でそれぞれ構成される複数のユニットセルを配列して構成されるOPAが知られている(特許文献1)。しかしながら、このOPAは、それぞれのユニットセルが上記光カプラ等の多くの要素で構成されるため、ユニットセルは相応のサイズを有することとなる。このため、ユニットセルの配置間隔、従ってアンテナエレメントの配置間隔を小さくすることには限界があり、当該配置間隔の大きさに起因して探索光のビームステアリングの角度範囲が狭く制限される。

【0004】

また、ライダー装置に用いることのできる他のOPAとして、従来、光集積回路(photonic integrated circuit (PIC))をベースとするOPAが知られている(非特許文献1)。このOPAは、光を入力するバス導波路と、それぞれが熱位相シフト及びエバネセントカプラで構成される複数の分岐部分であってバス導波路上に設けられた複数の分岐部分と、上記エバネセントカプラのそれぞれにより分岐された複数の光のそれぞれを空間へ送出する複数のグレーティングベースのアンテナエレメントと、で構成される。このOPAでは、入力光の波長を変化させることにより、上記アンテナエレメントの延在方向に沿ったビームステアリングが行われる。

30

【0005】

しかしながら、このOPAでは、実用上十分なビームステアリング角度範囲を確保しようとすると、極めて広い波長可変範囲を持った波長可変レーザが必要となり、ライダー装置全体としてのコストが増大する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第8,988,754号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】Christopher V. Poulton, Ami Yaacobi, David B. Cole, Matthew J. Byrd, Manan Raval, Diedrik Vermeulen, Michael R. Watts, Coherent solid-state LIDAR with s

50

ilicon photonic optical phased arrays, Optics Letters, Vol. 42, No. 20 / October 15, 2017

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記背景より、光フェーズドアレイ（OPA）を用いたライダー装置において、コストの増大を招くことなく、アンテナエレメントの配列ピッチによるビームステアリング角度範囲の制限を克服して、より広いビームステアリング角度範囲を実現することが求められている。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一の態様は、第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第2の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっている、ライダー装置である。

20

本発明の他の態様によると、前記第1の光フェーズドアレイが備える第1の位相シフタと、前記第2の光フェーズドアレイが備える第2の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、位相シフト制御部は、前記第1の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第2の位相シフタの位相シフト量を制御する。

本発明の他の態様によると、前記第1のアンテナエレメントの配列間隔と前記第2のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第1の角度と前記第2の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される。

30

本発明の他の態様によると、前記第1のアンテナエレメントの配列間隔と前記第2のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。

本発明の他の態様によると、前記光送信器は、前記複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第1の光学部品を介して前記空間へ送出し、前記第1の角度は、前記第1の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義される。

本発明の他の態様によると、前記第1の光学部品は、2つの凸レンズで構成される。

本発明の他の態様によると、前記第1の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する2つのプリズムで構成される。

40

本発明の他の態様によると、前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第2の光学部品を介して前記複数の第2のアンテナエレメントにより受信し、前記第2の角度は、前記第2の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義される。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、OPAを用いたライダー装置において、コストの増大を招くことなく、アンテナエレメントの配列ピッチによるビームステアリング角度範囲の制限を克服して

50

、より広いビームステアリング角度範囲を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本発明の第1の実施形態に係るライダー装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、図1に示すライダー装置の動作を説明するための説明図である。

【図3】図3は、本発明の第2の実施形態に係るライダー装置の構成を示す図である。

【図4】図4は、本発明の第3の実施形態に係るライダー装置の構成を示す図である。

【図5】図5は、従来のライダー装置の構成を示す図である。

【図6】図6は、従来のライダー装置の特性の一例を示す図である。

【図7】図7は、ライダー装置に用いることのできる光フェーズドアレイの一例を示す図である。

10

【図8】図8は、図7に示す光フェーズドアレイが備えるユニットセルの構成を示す図である。

【図9】図9は、ライダー装置に用いることのできる光フェーズドアレイの他の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

一般に、OPAは、入力された光を複数の光に分岐する光分岐器と、分岐された複数の光のそれぞれを伝搬する複数の導波ラインと、複数の導波ラインに設けられて当該導波ラインを伝搬する光の位相を変化させる位相シフトと、各導波ラインに接続されて当該導波ラインを伝搬する光を出力するアンテナエレメントと、で構成される。また、OPAは、一般的に相反的であり、探索光である光ビームを送出する光送信器に用いられるほか、当該光ビームの反射戻り光を受信する受信器にも用いられ得る。

20

【0013】

例えば、OPAのアンテナエレメントのそれぞれで受信した光を各導波ラインに伝搬させ、上記位相シフトにより位相を変化させた後、上記光分岐器を光結合器（合波器）として用いて、各導波ラインを伝搬した光を一つの光に合波して出力させることで、光受信器を構成するものとすることができる。

【0014】

ここで、OPAを光送信器として用い、当該OPAのアンテナエレメントから空間に向かって回折光を送出するように位相シフトにおける位相シフト量を調整したとする。そして、この状態において、位相シフトの位相シフト量を保持したまま、上記OPAを光受信器として用いて上記アンテナエレメントから光を受信したとする。そうすると、上記回折光の送出方向と同じ方向から到来する光は、アンテナエレメントのそれぞれで受信された後、位相シフトにより同位相に位相シフトされることとなり、光結合器内で強め合って出力されることとなる。また、逆に、上記回折光の送出方向と異なる方向から到来する光は、アンテナエレメントのそれぞれで受信された後、位相シフトにより位相シフトを受けても同位相とはならず、光結合器内で強め合うことなく出力されることとなる。このため上記光受信器は、上記回折光の送出方向から到来する光に対してその受信感度が極大となる。また、当該光受信器は、上記回折光のうち最大の強度を持つメインローブの送出方向から到来する光に対して最大の受信感度を有することとなる。

30

40

【0015】

以下、本明細書において、ビームを送出する送信器として機能させたOPAにより構成される光送信器をTxOPA、光を受信する受信器として機能させたOPAにより構成される光受信器をRxOPAと称する。また、本明細書においては、RxOPAを構成するアンテナエレメントから光を送出したとしたならば当該アンテナエレメントから送出された光により発生することとなる回折光、メインローブ、及びサイドローブを、便宜上、それぞれ「RxOPAの回折光」、「RxOPAのメインローブ」、及び「RxOPAのサイドローブ」というものとする。また、本明細書において「RxOPAの遠視野像」とは、当該RxOPA104を構成するアンテナエレメントから光を送出したとしたときの、

50

当該アンテナエレメントから送出される光の遠視野像をいうものとする。

【0016】

また、本明細書において、 $R \times OPA$ の受信感度とは、当該 $R \times OPA$ のアンテナエレメントにより受信された光が、当該 $R \times OPA$ の位相シフト及び光結合器を経て当該光結合器から出力されるまでに受ける損失の逆数（すなわち、同一方向からアンテナエレメントに到達する光の総光量に対する、光結合器から出力される光の光量の比の逆数）をいうものとする。

【0017】

3次元の空間マッピング等を行うライダー装置は、一般的には、図5に示すような構成により実現することができる。図5に示すライダー装置500は、 OPA により構成される $T \times OPA$ 502及び $R \times OPA$ 504と、光源506と、を備える。 $T \times OPA$ 502は、光源506からの光を分岐する光分岐器510と、光分岐器510により分岐された各光の位相をそれぞれシフトさせる複数の位相シフト512を備えた位相シフトユニット514と、位相シフトユニット514から出力される各光を空間へ放出する複数のアンテナエレメント516が配列されたアンテナユニット518と、を有する。

10

【0018】

また、 $R \times OPA$ 504は、空間を伝搬する光を受信するアンテナエレメント526が配列されたアンテナユニット528と、各アンテナエレメント526が受信した光の位相をそれぞれシフトさせる複数の位相シフト522を備える位相シフトユニット524と、位相シフトユニット524が出力する光を一つに結合して出力する光結合器520と、を有する。

20

【0019】

ライダー装置500は、また、 $R \times OPA$ 504が出力する光を受信する光検出器530と、 $T \times OPA$ 502及び $R \times OPA$ 504の位相シフトユニット514、524の位相シフト512、522の動作を制御するステアリング制御ユニット532と、光源506及びステアリング制御ユニット532を制御すると共に光検出器530の出力を受信して例えば空間マッピング等のためのデータ生成処理を行う制御デバイス536と、を備える。

【0020】

光源506は、例えばパルスレーザであり、制御デバイス536は、空間内の物体までの距離を例えば飛行時間（TOF）法により測定する。

30

【0021】

光源506からの光信号は、 $T \times OPA$ 502に入射される。ステアリング制御ユニット532は、位相シフトユニット514の位相シフト512を動作させ、 $T \times OPA$ 502のアンテナユニット518を構成する配列された複数のアンテナエレメント516から空間に向かって回折光を送出させると共に、それらの回折光の空間への送出方向を変化させてビームステアリングを行う。

【0022】

また、ステアリング制御ユニット532は、 $T \times OPA$ 502が現在送出している回折光に対応して、それらの回折光と同じ方向に $R \times OPA$ 504の回折光が向くように、 $R \times OPA$ 504の位相シフトユニット524の位相シフト522を動作させる。これにより、 $R \times OPA$ 504は、 $T \times OPA$ 502のメインローブの送出方向から到来する光に対して最大受信感度を持ち、 $T \times OPA$ 502のサイドローブの送出方向から到来する光に対して極大受信感度を持つこととなる。

40

【0023】

ここで、従来のライダー装置500では、一般に、回折光の収束度を上げて物体検出における空間分解能を上げるべく、アンテナエレメント516、526の数として数千程度数が求められる。また、一般に、探索光として用いるメインローブのステアリング角度範囲をできる限り広く確保するため、メインローブのステアリング角度範囲に隣接する回折光が進入しないよう、アンテナエレメント516、526のそれぞれの配置間隔は、共

50

にできる限り狭く設計され、結果として互いに同じ配置間隔 p を持つよう設計される。

【0024】

その結果、 $T \times OPA502$ と $R \times OPA504$ の回折光は、共に同じ方向を持つこととなる。図6は、図5に示す $T \times OPA502$ 及び $R \times OPA504$ の例示的な特性を示す図である。図6の上段は、 $T \times OPA502$ について、光分岐器510の光入力端からアンテナエレメント516のそれぞれの光出力端に至るまでの各光経路（各チャンネル）で発生する光位相差がゼロであるときの、アンテナユニット518から送出される光の遠視野像である。また、図6の中段は、 $R \times OPA504$ について、アンテナエレメント526のそれぞれの光入力端から光結合器520の光出力端に至るまでの各光経路（各チャンネル）で発生する光位相差がゼロであるときの、空間から到来する光の方向に対する $R \times OPA504$ の受信感度の分布を示す図である。また、図6の下段は、図6の上段に示す光強度分布を持つ回折光を空間に送出し、図6の中段に示す受信感度分布を持つ $R \times OPA504$ により空間からの反射戻り光を受信したときの、ライダー装置500から見た空間内の各方向に対する、当該ライダー装置500としての総感度の分布を示した図である。

10

【0025】

図6において、上段、中段、及び下段の横軸は、いずれも、 XZ 平面内の各方角（図5の図示上下方向の方角）を、 Z 軸に対する角度 θ の正弦値で示した軸である。また、図6の上段の縦軸は、 $T \times OPA502$ から送出される光の強度を、メインローブの最大強度で正規化した正規化光強度である。また、図6の中段の縦軸は、 $R \times OPA504$ の受信感度を、その最大受信感度値で正規化した正規化受信感度である。さらに、図6の下段の縦軸は、ライダー装置500の総感度を、その最大値で正規化した正規化総感度である。

20

【0026】

図6上段において、 $\sin \theta = 0$ の位置に最大強度を有する光強度部分600は、 $T \times OPA502$ から出力される回折光のメインローブ（回折次数がゼロの主極大ビーム）に相当し、当該最大の光強度部分以外の光強度部分602、604、606、608、610、612は、サイドローブ（回折次数がゼロ以外の回折光ビーム）に相当する。このうち、光強度部分602、604は、メインローブに隣接するサイドローブ（回折次数が ± 1 ）に相当し、 $\sin \theta = \pm \lambda / p$ の位置に発生する。ここで、 λ は、光源506が出力する光の中心波長、 p は、アンテナエレメント516の配列ピッチである。

【0027】

$R \times OPA504$ のアンテナエレメント526は、 $T \times OPA502$ のアンテナエレメント516と同じ配列ピッチ p で配列されていることから、 $R \times OPA504$ の回折光は $T \times OPA502$ とそれぞれ同じ方向を向く。このため、図6中段に示す $R \times OPA504$ の受信感度は、図6上段における $T \times OPA502$ の回折光に相当する光強度部分600、602、604、606、608、610、612と同じ位置にそれぞれ極大部分620、622、624、626、628、630、632を持ち、 $T \times OPA502$ のメインローブに相当する光強度部分600と同じ位置に、受信感度が最大となる極大部分620を有する。

30

【0028】

また、ライダー装置500としての総感度は、 $T \times OPA502$ が送出する光強度分布（すなわち、図6上段に示す正規化光強度の値）と、 $R \times OPA504$ における受信感度分布（すなわち、図6中段に示す正規化受信感度の値）と、の積に比例する。したがって、ライダー装置500としての総感度は、図6下段に示すように、 $T \times OPA502$ の光強度の極大部分と $R \times OPA504$ の受信感度の極大部分とが一致する位置（ $m \cdot \lambda / p$ 、 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ ）において、極大部分640、642、644、646、648、650、652を持ち、メインローブに対応する位置（ $\sin \theta = 0$ ）において最大の総感度を示す極大部分640を持つ。

40

【0029】

このライダー装置500において、 $T \times OPA502$ の各チャンネルと、 $R \times OPA504$ の各チャンネルと、においてそれぞれ同様の位相シフトを発生させつつ、 $T \times OPA50$

50

2及びR×OPA504の回折光の方向を同じように変化させると、図6上段の光強度部分600等及び図6中段の極大部分620等は、それぞれ同じ方向へ同じ量だけシフトする。また、これに応じて、図6下段の極大部分640等も、これと同じ方向へ同じ量だけシフトする。

【0030】

したがって、例えば、T×OPA502のメインローブを探索光として用いてビームステアリングを行う場合には、図6下段において、当該メインローブを用いた場合の総感度の極大部分640の図示左右方向のシフト範囲内に、隣接するサイドローブについての総感度の極大部分642、644が入り込まないように、当該ビームステアリングの範囲は、式(1)の範囲に制限される。

【数1】

$$-\frac{\lambda_0}{2p} \leq \sin \alpha \leq \frac{\lambda_0}{2p} \quad (1)$$

【0031】

すなわち、 $\theta_{\max} \leq \theta \leq \theta_{\max}$ とすれば、ステアリング角度 θ の許容範囲は、 $-\theta_{\max} \sim +\theta_{\max}$ であり、結果として、ステアリング角度 θ の最大許容範囲は、アンテナエレメント516、526の配列ピッチpの大きさにより制限される。

【0032】

なお、上記の説明においてはXZ平面におけるビームステアリングについて説明したが、YZ平面においても、上記と同様に、アンテナエレメント516、526のY軸方向における配列ピッチの大きさに依存して、ビームステアリングのステアリング角度範囲が制限される。

【0033】

一方、ライダー装置に用いることのできるOPAとしては、上述したように、それぞれが光を放出する複数のユニットセルを配列して構成されるOPAが知られている(特許文献1)。図7は、そのようなOPA700の構成の一部を示す図、図8は、OPA700を構成するユニットセル710の構成を示す図である。

【0034】

図7を参照し、光ファイバ702から入力された光は列方向バス導波路704を伝搬する。列方向バス導波路704を伝搬する光は、当該列方向バス導波路704に所定の間隔で設けられた複数のエバネセントカップラ706により分岐されて複数の行方向バス導波路708を伝搬する。各ユニットセル710(図示点線楕円で示す16個の部分のそれぞれ)は、近接する行方向バス導波路708から、当該行方向バス導波路708を伝搬する光の一部を、エバネセントカップラ800(後述)を介して受信する。また、各ユニットセル710には、電流経路である列方向制御ワイヤ712と行方向制御ワイヤ714が接続され、各ユニットセル710が有する位相シフタ806(後述)が選択的に通電される。

【0035】

図8を参照し、各ユニットセル710は、上記行方向バス導波路708に結合されたエバネセントカップラ800、アンテナエレメント802、当該エバネセントカップラ800とアンテナエレメント802とをつなぐ導波路804、当該導波路804のS字部分に設けられたヒータである位相シフタ806、及び位相シフタ806であるヒータに通電するための2つの電極である列方向電極808と行方向電極810とを備える。列方向電極808及び行方向電極810は、上記列方向制御ワイヤ712と行方向制御ワイヤ714にそれぞれ接続される。

【0036】

図7に示すOPA700は、行方向及び又は列方向に沿って制御可能な線形位相傾斜を発生させることができ、XZ平面及びYZ平面での制御可能なビームステアリングを行うOPAとして動作することができる。

【0037】

10

20

30

40

50

しかしながら、特許文献 1 に従う図 7 の O P A 7 0 0 では、各ユニットセル 7 1 0 は、アンテナエレメント 8 0 2 に加えて多くの追加のエレメント（位相シフタ 8 0 6、導波路 8 0 4、エバネセントカプラ 8 0 0）を有するので、そのサイズを十分小さくすることができない。その結果、特許文献 1 の O P A 7 0 0 は、ユニットセル 7 1 0（具体的には、ユニットセル 7 1 0 が備えるアンテナエレメント 8 0 2）を、X 方向及び Y 方向の双方において十分小さなピッチ p を持って配列することができない。

【 0 0 3 8 】

例えば、O P A 7 0 0 において実現されるユニットセル 7 1 0 の配列ピッチは $9 \mu\text{m}$ 程度であり、中心波長 1550 nm の光を用いてビームステアリングを行う場合には、当該ビームステアリングに用いることのできるステアリング角度 の許容範囲は、式 (1) より、 $\pm 5^\circ$ に制限される。

10

【 0 0 3 9 】

ライダー装置に用いることのできる他の O P A として、上述したように、非特許文献 1 に開示された光集積回路をベースとする O P A が知られている。図 9 は、非特許文献 1 に従う O P A 9 0 0 の構成を示す図である。この O P A 9 0 0 は、光を入力するためのバス導波路 9 0 2 と、バス導波路 9 0 2 上に設けられて交互にカスケード接続された熱位相シフタ及びエバネセントカプラで構成される部分 9 0 4 と、を備える。上記エバネセントカプラにより分岐された光は、それぞれ導波ライン部 9 0 6 を介して、グレーティングベースのアンテナエレメントが配列されたアンテナ部 9 0 8 に接続される。この O P A 9 0 0 では、上記熱位相シフタにより、上記配列されたアンテナエレメントに順次入力される光の位相増分を制御すると共に、バス導波路 9 0 2 に入力する光の波長を制御することにより、2次元のビームステアリング機能が提供される。

20

【 0 0 4 0 】

図 5 に示す $T \times O P A 5 0 2$ 及び $R \times O P A 5 0 4$ は、例えば、O P A 9 0 0 のアンテナ部 9 0 8 を構成するグレーティングベースの複数のアンテナエレメントをそれぞれ図 5 の図示 Y 方向に延在させ、それら複数のアンテナエレメントを X 方向に配列することで構成することができる。

【 0 0 4 1 】

しかしながら、アンテナ部 9 0 8 を構成する複数のアンテナエレメントは、基板上に形成された導波路として構成されており、当該アンテナエレメントの配列ピッチ（上記 X 方向の配列ピッチ）は、上記形成される導波路の配列ピッチに等しい。この導波路の配列ピッチの許容最小値は、当該導波路の光閉じ込め強度により制限され、基板と導波路との屈折率差を大きくして光の閉じ込め強度を高めれば、アンテナエレメントの配列ピッチを狭めることができる。しかしながら、基板素材等に応じて、実現し得る上記屈折率差には限界があり、上記配列ピッチを数 μm から大幅に小さくすることには困難を伴う。このため、O P A 9 0 0 の X 方向におけるビームステアリングにおいては、上述した O P A 7 0 0 と同様に、ステアリング角度範囲が数度程度に制限されてしまうという問題が生じ得る。

30

【 0 0 4 2 】

また、O P A 9 0 0 では、Y 方向において実用上十分なビームステアリング範囲を確保しようとする、以下に示すように、波長可変範囲の極めて広い波長可変レーザが必要となり、ライダー装置全体としてのコストが大幅に増加することとなり得る。逆にいえば、O P A 9 0 0 においては、コストの大幅な増加を伴うことなく Y 方向における実用的なビームステアリング範囲を実現することは困難であり得る。

40

【 0 0 4 3 】

すなわち、波長可変レーザの発振波長が中心波長 λ_0 に対し λ へ変化した場合、アンテナ部 9 0 8 から放出されるメインローブのステアリング角度 θ （YZ 平面におけるメインローブの、Z 軸に対する偏向角）は、式 (2) から算出される。

【数 2】

$$\sin \alpha_y = n_E - \frac{\lambda_0 + \Delta\lambda}{p_g} \quad (2)$$

【0044】

ここで、 n_E は上記アンテナエレメントを構成する導波路の実効屈折率、 p_g は各アンテナエレメントに設けられたグレーティングピッチである。波長可変レーザの中心波長 λ_0 は、通常、波長シフトがゼロ($\Delta\lambda = 0$)であるときにステアリング角度 α_y がゼロ($\alpha_y = 0$)となるように、式(3)を満たすように選択される。

【数 3】

$$\lambda_0 = n_E p_g; \quad (3)$$

【0045】

そして、波長可変レーザの最大波長変化範囲が $\lambda_0 \pm \Delta\lambda_{max}$ であるときにOPA900により実現され得るY方向におけるステアリング角度 α_y の変化範囲 $-\alpha_{ymax} \sim +\alpha_{ymax}$ の α_{ymax} は、式(4)の関係から導かれる。

【数 4】

$$2\Delta\lambda_{max} = 2p_g \sin \alpha_{ymax} \quad (4)$$

【0046】

ここで、グレーティングピッチ p_g は、通常、半波長 $\lambda_0/2$ に近い値で作製される。 $p_g = \lambda_0/2$ とすれば、式(4)は、式(5)となる。

【数 5】

$$\frac{2\Delta\lambda_{max}}{\lambda_0} = \sin \alpha_{ymax} \quad (5)$$

【0047】

すなわち、最大ステアリング角度 $\alpha_{ymax} = 30^\circ$ とする場合、中心波長 λ_0 が1550 nmであれば、 $2\Delta\lambda_{max}$ は775 nmとなり、 1550 ± 387.5 nmもの広い範囲にわたって発振波長を制御し得る波長可変レーザが必要となる。そして、このような条件を満たす市販の波長可変レーザを探し出すことは極めて困難であるか、又は探し出せたとしても極めて高価である。

【0048】

以下、本発明の実施形態に係るライダー装置について説明する。

< 第1実施形態 >

図1は、本発明の第1の実施形態に係るライダー装置の構成を示す図である。このライダー装置100は、光源106と、光源106の出力光を空間へ送出するTxOPA102と、TxOPA102から送出された光のうち空間内の物体から反射して戻って来る反射戻り光を受信するRxOPA104と、RxOPA104から出力される光を検出する光検出器130と、を備える。光源106は、例えばパルスレーザである。

【0049】

TxOPA102は、光源106の出力光を分岐する光分岐器110と、光分岐器110により分岐された各光の位相をそれぞれシフトさせる複数の位相シフタ112を備えた位相シフトユニット114と、位相シフトユニット114から出力される各光を空間へ放出する複数のアンテナエレメント116が配列されたアンテナユニット118と、を有する。アンテナエレメント116は、例えば図示X軸及びY軸に沿って、当該X軸及びY軸で規定されるXY平面内に、互いの間隔が配列ピッチ(配列間隔) p_x を持つように二次元配列されている。

【0050】

RxOPA104は、上記反射戻り光を受信するアンテナエレメント126が配列され

10

20

30

40

50

たアンテナユニット128と、各アンテナエレメント126が受信した光の位相をそれぞれシフトさせる複数の位相シフタ122を備える位相シフトユニット124と、位相シフトユニット124が出力する光を一つに結合して出力する光結合器120と、を有する。アンテナエレメント126は、例えば図示X軸及びY軸に沿って、当該X軸及びY軸で規定されるXY平面内に、互いの間隔が配列ピッチ（配列間隔） p_x を持つように二次元配列されている。これにより、 $R \times OPA104$ は、 $R \times OPA104$ の複数の回折光の方向が、それぞれ受信感度が極大となる極大感度方向となる。すなわち、 $R \times OPA104$ は、空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる複数の極大感度方向を有するよう構成されている。

【0051】

ここで、 $T \times OPA102$ は、第1の光フェーズドアレイにより構成される光送信器であって、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送出器に相当する。上記第1の光フェーズドアレイは、光分岐器110と、第1の位相シフタである位相シフタ112を備える位相シフトユニット114と、第1のアンテナエレメントであるアンテナエレメント116を備えるアンテナユニット118と、を含む部分に相当する。

【0052】

また、 $R \times OPA104$ は、第2の光フェーズドアレイにより構成される光受信器であって、空間から到来する光を当該第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器に相当する。上記第2の光フェーズドアレイは、光結合器120と、第2の位相シフタである位相シフタ122を備える位相シフトユニット124と、第2のアンテナエレメントであるアンテナエレメント126を備えるアンテナユニット128と、を含む部分に相当する。

【0053】

$T \times OPA102$ 及び $R \times OPA104$ は、例えば特許文献1に記載のOPAを用いて構成され得る。すなわち、 $T \times OPA102$ は、アンテナエレメント116として例えば図8に示すアンテナエレメント802が図1の図示X方向及びY方向に間隔（配列ピッチ） p_x をもってXY平面内に二次元配列されて構成される。同様に、 $R \times OPA104$ は、アンテナエレメント126として例えば図8に示すアンテナエレメント802が図1の図示X方向及びY方向に間隔（配列ピッチ） p_y をもってXY平面内に二次元配列されて構成される。

【0054】

また、 $T \times OPA102$ の位相シフタ112は、例えば図8に示すような、導波路804上に設けられたヒータで構成される熱位相シフタである位相シフタ806で構成されている。同様に、 $R \times OPA104$ の位相シフタ122は、例えば図8に示すような、導波路804上に設けられたヒータで構成される位相シフタ806で構成されている。

【0055】

さらに、 $T \times OPA102$ の光分岐器110及び $R \times OPA104$ の光結合器120は、共に、例えば図7、図8に示すような、光源106からの光を伝搬する列方向バス導波路704及び行方向バス導波路708と、エバネセントカップラ706及び800と、により構成され得る。

【0056】

ただし、上記の $T \times OPA102$ 及び $R \times OPA104$ の構成は一例であって、これには限られない。例えば、 $T \times OPA102$ 及び $R \times OPA104$ のアンテナユニット118及び128は、それぞれ、光を送出及び受信するアンテナエレメント116及び126が共に図示XY平面においてそれぞれ配列ピッチ p_x 及び p_y をもって二次元配列される限りにおいて、任意の構成を有するものとすることができる。

【0057】

また、位相シフトユニット114及び124は、上記に限らず、それぞれ、光分岐器110により分岐された光を伝搬する各光経路、及びアンテナエレメント126により受信

10

20

30

40

50

された光を伝搬する各光経路に設けられた任意の構成の位相シフタにより構成されるもの
とすることができる。同様に、光分岐器 110 及び光結合器 120 は、上記に限らず、そ
れぞれ、入力された光を分岐する機能、及び入力された光を合波して一つの光に結合する
機能を有する限りにおいて、任意の構成又は原理により動作する光分岐器及び光結合器で
あるものとしてすることができる。

【0058】

ライダー装置 100 は、また、制御デバイス 134 と、位相シフト制御部であるステア
リング制御ユニット 132 と、を有する。ステアリング制御ユニット 132 は、制御デバ
イス 134 の制御の下に TxOPA 102 及び RxOPA 104 の位相シフタ 112、1
22 の動作を制御する。制御デバイス 134 は、光源 106 の光パルス出力動作と、Tx
OPA 102 の位相シフタ 112 及び RxOPA 104 の位相シフタ 122 の動作と、の
同期を行うと共に、光検出器 130 からの信号に基づいて空間マッピング等のためのデー
タ生成処理等を行う。

10

【0059】

すなわち、上記構成によりライダー装置 100 は、制御デバイス 134 による制御の下
に、ステアリング制御ユニット 132 により位相シフタ 112、122 に所望の位相シフ
トを発生させ、TxOPA 102 のメインローブの出射方向と RxOPA 104 の最大受
信感度方向とが同じ方向を向いた状態を維持しつつ、それらの方向を図示 X 方向及び又は
Y 方向に変化させてビームステアリングを行う。これにより、ライダー装置 100 は、Tx
OPA 102 のメインローブによりビームステアリングを行うと共に、TxOPA 10
2 のメインローブ照射方向からの反射戻り光を RxOPA 104 により受信する。

20

【0060】

また、ライダー装置 100 は、制御デバイス 134 により、光源 106 が光パルスを発
出してから当該光パルスの反射戻り光を RxOPA 104 を介して受信するまでの時間を
計測することにより、TxOPA 102 のメインローブ照射方向に存在する物体までの距
離を飛行時間法により算出する。そして、ライダー装置 100 は、上記ビームステアリン
グ動作に応じて逐次変化する TxOPA 102 のメインローブの出射方向から到来する反
射戻り光を逐次検知し、上記逐次変化する方向における物体までの距離を検出すること
で、例えば空間マッピング等のためのデータ等を生成する。

【0061】

特に、本実施形態に係るライダー装置 100 は、TxOPA 102 のアンテナエレメン
ト 116 の配列ピッチ p_T と、RxOPA 104 のアンテナエレメント 126 の配列ピッ
チ p_R とが、互いに異なる値を有し、例えば式 (6) の関係を有するように設定されてい
る。ここで、 N_i / M_i は既約関数であり、 M_i 及び N_i は互いに素な自然数である。

30

【数 6】

$$\frac{p_R}{p_T} = \frac{N_1}{M_1} \quad (6)$$

【0062】

これにより、ライダー装置 100 は、アンテナエレメントの配列ピッチが同じ値 p であ
る TxOPA 及び RxOPA を用いて構成される従来のライダー装置 (例えばライダー装
置 500) に比べて、TxOPA 102 のアンテナエレメント 116 の配列ピッチ p_T を
上記 p に対して低減することなく、TxOPA 102 のメインローブのステアリング角
をより広い範囲で変化させてビームステアリングを行うことが可能となる。これについて
、以下、説明する。

40

【0063】

なお、以下の説明においては、簡単のため、X 軸方向におけるビームステアリング動作
を例にとって説明する。当該説明は、当業者にとり明らかなように、X 軸に直交する Y 軸
方向においても同様に成り立つ。

【0064】

50

上述したように、本実施形態に係るライダー装置100は、TxOPA102のアンテナエレメント116の配列ピッチ p_T と、RxOPA104のアンテナエレメント126の配列ピッチ p_R とが、互いに異なる値を有するように構成されている。このため、TxOPA102が空間に送出する隣接する回折光の方向が互いに成す第1の角度と、RxOPA104の隣接する回折光の方向、すなわち隣接する極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なるものとなっている。

【0065】

このため、TxOPA102及びRxOPA104を、TxOPA102及びRxOPA104のメインローブの方向が一致するように制御すれば、当該メインローブに隣接するサイドローブの方向は、TxOPA102とRxOPA104とで異なるものとなる。すなわち、TxOPA102から送出される上記隣接するサイドローブの方向におけるRxOPA104の受信感度は極大値を持たないため、当該隣接するサイドローブの方向から到来する光の受信が抑制される。その結果、TxOPA102のメインローブのステアリング角度範囲は、当該メインローブとこれに隣接するサイドローブとの間の角度によっては制限されず、より広いステアリング角度範囲を利用することが可能となる。

【0066】

より詳細には、TxOPA102の隣接する回折光の偏向角（図示Z軸に対する角度）の正弦値の差 $\Delta\omega_T$ 、及びRxOPA104の隣接する回折光の偏向角の正弦値の差 $\Delta\omega_R$ は、それぞれ式(7)及び式(8)で表される。

【数7】

$$\Delta\omega_T = \frac{\lambda_0}{p_T} \quad (7)$$

【数8】

$$\Delta\omega_R = \frac{\lambda_0}{p_R} \quad (8)$$

【0067】

また、式(6)(7)(8)より、式(9)が成り立つ。

【数9】

$$\frac{\Delta\omega_T}{\Delta\omega_R} = \frac{N_1}{M_1} \quad (9)$$

【0068】

すなわち、ライダー装置100では、TxOPA102が空間に送出する隣接する回折光の方向が互いに成す第1の角度と、RxOPA104の隣接する極大感度方向が互いに成す第2の角度と、の比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。

【0069】

式(9)は、式(10)のように表すことができる。

【数10】

$$M_1\Delta\omega_T = N_1\Delta\omega_R \quad (10)$$

【0070】

すなわち、TxOPA102及びRxOPA104のメインローブの方向が同じであるとすると、TxOPA102におけるメインローブから数えてM番目のサイドローブの方向と、RxOPA104におけるメインローブから数えてN番目のサイドローブの方向とが、初めて一致することとなる。言い換えれば、TxOPA102における1~ M_1-1 番目のサイドローブの反射光については、RxOPA104における受信が抑制される。

【0071】

10

20

30

40

50

その結果、T x O P A 1 0 2 のメインローブのステアリング角度 α_{max} の許容変化範囲 $\alpha_{max} \sim + \alpha_{max}$ の α_{max} は、式 (1 1) で定まることとなる。

【数 1 1】

$$\sin \alpha_{max} = M_1 \frac{\lambda_0}{2p_T} = N_1 \frac{\lambda_0}{2p_R} \quad (11)$$

【 0 0 7 2 】

すなわち、式 (1) と式 (1 1) との比較からわかるように、ライダー装置 1 0 0 を構成する T x O P A 1 0 2 のアンテナエレメント 1 1 6 の配列ピッチ p_T を、従来のライダー装置 5 0 0 の T x O P A 5 0 2 の配列ピッチ p に設定したとしても (すなわち、配列ピッチ p_T を p より小さい値に設定することなく)、ライダー装置 1 0 0 のビームステアリングの許容角度範囲は、従来のライダー装置 5 0 0 の許容角度範囲の M 倍に向上する。

10

【 0 0 7 3 】

図 2 は、式 (6) において $N = 5$ 、 $M = 6$ としたときの、ライダー装置 1 0 0 の動作を説明するための図である。図 2 の上段は、T x O P A 1 0 2 のアンテナユニット 1 1 8 から送出される光の遠視野像の一例を示す図、図 2 の中段は、R x O P A 1 0 4 における光の受信感度分布を示す図である。また、図 2 の下段は、図 2 の上段及び中段にそれぞれ示す光強度と受信感度との積として得られる、ライダー装置 1 0 0 における総感度の分布を示す図である。図 2 の横軸は、いずれも、X Z 平面における Z 軸方向に対する角度 α の正弦値 $\sin \alpha$ である。また、図 2 上段の縦軸は最大光強度により正規化した正規化光強度、図 2 中段の縦軸は最大受信感度により正規化した正規化受信感度、図 2 下段の縦軸は、総感度の最大値で正規化した正規化総感度である。

20

【 0 0 7 4 】

図 2 上段に示す T x O P A 1 0 2 の光強度分布において $\sin \alpha = 0$ の位置に存在する T x O P A 1 0 2 のメインローブ 2 0 0 から数えて M 番目である 6 番目のサイドローブ 2 0 2、2 0 4 の位置と、図 2 中段に示す R x O P A 1 0 4 の受信感度分布において $\sin \alpha = 0$ の位置に存在する R x O P A 1 0 4 のメインローブに相当する最大強度部分 2 1 0 から数えて M 番目である 5 番目のサイドローブに相当する極大感度部分 2 1 2、2 1 4 の位置とが一致している。

【 0 0 7 5 】

このため、図 2 下段に示すように、ライダー装置 1 0 0 における総感度の分布は、T x O P A 1 0 2 及び R x O P A 1 0 4 のメインローブに対応する $\sin \alpha = 0$ の位置にある最大感度を持つ極大部分 2 2 0 に対し、これに隣接する総感度の極大部分 2 2 2、2 2 4 は、大きく離れて $\sin \alpha = \pm 6 \lambda_0 / p_T (= \pm 5 \lambda_0 / p_R)$ の位置に現れる。その結果、ライダー装置 1 0 0 においては、T x O P A 1 0 2 のメインローブの方向と R x O P A 1 0 4 のメインローブの方向が一致するように位相シフタ 1 1 2 及び 1 2 2 を制御することで、T x O P A 1 0 2 のアンテナエレメント 1 1 6 の配置ピッチ p_T を縮小することなく、式 (1 1) に示すように、T x O P A 1 0 2 のメインローブのビームステアリング角の変化範囲を、従来のライダー装置に比べて M 倍、すなわち 6 倍に拡大することができる。

30

40

【 0 0 7 6 】

具体的には、本実施形態に係るライダー装置 1 0 0 は、以下のように動作する。なお、以下の説明においては、簡単のため、図示 X 軸方向にビームステアリングが行われるものとする。ただし、当業者において理解されるように、以下に示す X 軸方向のビームステアリング動作に合わせて、当該 X 軸方向のビームステアリング動作と同様の図示 Y 軸方向のビームステアリング動作を行うことにより、2次元のビームステアリング動作を行うことができる。

【 0 0 7 7 】

まず、ライダー装置 1 0 0 の制御デバイス 1 3 4 は、光源 1 0 6 を制御して、一定の時間間隔で光パルスが発生させる。また、制御デバイス 1 3 4 は、ステアリング制御ユニッ

50

ト 1 3 2 に指示して、T x O P A 1 0 2 から空間へ送出するメインローブの X 方向の偏向角（ステアリング角）を変化させてビームステアリングを行う。より具体的には、ステアリング制御ユニット 1 3 2 は、各アンテナエレメント 1 1 6 から出射される光の位相が X 軸に沿って上記偏向角に応じた線形位相傾斜をもつように、且つ、当該偏向角が所定のステアリング角度範囲内において所定のパターンで時間的に変化するように、位相シフタ 1 1 2 を制御する。ここで、上記偏向角に応じた線形位相傾斜は、光分岐器 1 1 0 の光入力端から各アンテナエレメント 1 1 6 の出力端までの各光経路（各チャンネル）に発生する位相シフト量が式（12）に従うように各位相シフタ 1 2 2 を設定することで実現され得る。

【数 1 2】

$$\phi_T(q) = q \frac{p_T}{\lambda_0} \sin \alpha \quad (12)$$

10

【0078】

ここで、q は、各チャンネルに対応するアンテナエレメント 1 1 6 のそれぞれに対し、当該アンテナエレメント 1 1 6 の X 軸における位置に沿って端から順に付したインデックスであり、 $q = -Q, \dots, -1, 0, 1, \dots, Q$ である。

【0079】

また、制御デバイス 1 3 4 は、ステアリング制御ユニット 1 3 2 に指示して、R x O P A 1 0 4 のメインローブが T x O P A 1 0 2 のメインローブと同じ偏向角を有するように、位相シフタ 1 2 2 を制御する。具体的には、ステアリング制御ユニット 1 3 2 は、各アンテナエレメント 1 2 6 の光受信端から光結合器 1 2 0 の光出力端までの各光経路（各チャンネル）に発生する位相シフト量が式（13）に従うように各位相シフタ 1 2 2 を設定する。

20

【数 1 3】

$$\phi_R(s) = s \frac{p_R}{\lambda_0} \sin \alpha \quad (13)$$

【0080】

ここで、s は、各チャンネルに対応するアンテナエレメント 1 2 6 のそれぞれに対し、当該アンテナエレメント 1 2 6 の X 軸における位置に沿って端から順に付したインデックスであり、 $s = -S, \dots, -1, 0, 1, \dots, S$ である。式（12）、（13）より、同じインデックス値 u を持つアンテナエレメント 1 1 6 及び 1 2 6 のそれぞれに対応する各チャンネルにおいて発生させるべき位相 $\phi_T(u)$ 及び $\phi_R(u)$ は、式（14）を満たす。

30

【数 1 4】

$$\phi_R(u) = \frac{p_R}{p_T} \phi_T(u) \quad (14)$$

【0081】

すなわち、R x O P A 1 0 4 の各チャンネルに発生させる位相シフトは、T x O P A 1 0 2 の各チャンネルに発生させる位相シフトの p_R / p_T 倍とする必要がある。

40

【0082】

制御デバイス 1 3 4 は、さらに、上記のように T x O P A 1 0 2 及び R x O P A 1 0 4 のメインローブを同じ方向に制御しつつ、光源 1 0 6 から出力され T x O P A 1 0 2 からメインローブとして送出された光パルスが、R x O P A 1 0 4 のメインローブ方向から受信されるまでの時間を計測し、当該メインローブ方向に存在する物体までの距離を算出する。これにより、制御デバイス 1 3 4 は、例えば T x O P A 1 0 2 のメインローブのビームステアリング範囲内の空間マッピング用データを生成し得る。

【0083】

なお、本実施形態では、T x O P A 1 0 2 のアンテナユニット 1 1 8 の配列ピッチ p_T

50

と、 $R \times OPA104$ のアンテナユニット128の配列ピッチ p_{12} とが、式(6)の関係を有するよう構成されるものとしたが、これには限られない。例えば、配列ピッチ p_{11} と p_{12} とが単に互いに異なる値を有するものとしても、上記と同様に、 $T \times OPA102$ と $R \times OPA104$ とでサイドローブの方向を異ならせて、 $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角の許容範囲を拡大することができる。

【0084】

また、アンテナユニット118の実際の配列ピッチ p_{11} 及び又はアンテナユニット128の実際の配列ピッチ p_{12} が式(6)を見ただけでも、例えば $T \times OPA102$ のアンテナエレメント116のビーム出射部分及び又は $R \times OPA104$ のアンテナエレメント126のビーム到来部分にレンズ等の像変換光学系を構成する光学部品を配置することで、それら光学部品を介して $T \times OPA102$ から出射される回折光から換算される実質的な配列ピッチ p_{11} 、及び又はそれら光学部品を介して $R \times OPA104$ が受信する光の受信感度から換算される実質的な配列ピッチ p_{12} が、互いに異なっていれば(例えば式(6)を満たしていれば)、上記と同様に、 $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角の許容範囲を拡大することができる。

【0085】

言い換えれば、 $T \times OPA102$ が空間に送出する隣接する回折光の方向が互いに成す第1の角度は、 $T \times OPA102$ の回折光が像変換光学系を構成する光学部品を介して空間へ送出される場合には、当該光学部品を介して空間へ送出された隣接する回折光の間の角度で定義される。また、 $R \times OPA104$ における隣接する極大感度方向が互いに成す第2の角度は、 $R \times OPA104$ が像変換光学系を構成する光学部品を介して空間から光を受信する場合には、当該光学部品を通過する前の上記空間における隣接する極大感度方向が互いに成す角度として定義される。そして、上述したのと同様に、上記第1の角度と上記第2の角度とが互いに異なる値となるように(例えば、上記第1の角度と上記第2の角度との比が互いに素な自然数の比となるように)設定されていれば、上述したのと同様の原理により $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角の許容範囲を拡大することができる。

【0086】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2の実施形態に係るライダー装置について説明する。

図3は、本発明の第2の実施形態に係るライダー装置300の構成を示す図である。図3において、図1に示す第1の実施形態に係るライダー装置100と同じ構成要素については、図1に示す符号と同じ符号を用いるものとし、上述したライダー装置100についての説明を援用するものとする。

【0087】

ライダー装置300は、ライダー装置100と同様の構成を有するが、 $T \times OPA102$ のアンテナユニット118の光送出側に、像変換光学系を構成する光学ユニット346が配されている点異なる。本実施形態における光学ユニット346が構成する像変換光学系は、例えば焦点距離 f_1 及び f_2 をそれぞれ有する2つの凸レンズであるレンズ342及び344で構成された像倍率 K をもつ2枚レンズ系で構成されている。

【0088】

上記の構成を有するライダー装置300は、 $T \times OPA102$ の光送出側に像倍率 K_1 を有する光学ユニット346を備えるため、 $T \times OPA102$ は、実質的には、レンズ344から図示右側へ距離 f_1 の位置に K_1 倍の配列ピッチ $K_1 \cdot p_{11}$ で配列されたアンテナエレメント316を備えたOPAとして機能する。このため、光学ユニット346、 $T \times OPA102$ 、及び $R \times OPA104$ を、 $K_1 \cdot p_{11}$ 、 p_{12} となるように構成することで、第1の実施形態に係るライダー装置100と同様に、 $T \times OPA102$ が空間に送出する隣接する回折光が互いに成す第1の角度と、 $R \times OPA104$ における当該空間での隣接する極大感度方向が互いに成す第2の角度とを異ならせて、 p_{11} を縮小することなく、 $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角度の許容範囲を拡大することができる。

【0089】

例えば、本実施形態では、像倍率 K_1 、及び配列ピッチ p_T 、 p_R が式 (15) を満たすように、光学ユニット 346、TxOPA 102、及び RxOPA 104 が構成されている。

【数15】

$$\frac{p_R}{K_1 p_T} = \frac{N_2}{M_2} \quad (15)$$

【0090】

ここで、式 (6) と同様に、 N_2 / M_2 は既約関数であり、 M_2 、 N_2 は互いに素な自然数である。像倍率 K_1 は、光学ユニット 346 を構成する 2 つのレンズ 342、344 の焦点距離 f_1 、 f_2 を用いて、式 (16) により与えられる。

【数16】

$$K_1 = \frac{f_2}{f_1} \quad (16)$$

【0091】

このとき、TxOPA 102 から光学ユニット 346 を通って空間へ送出される隣接する回折光の偏向角の正弦値の差 $\Delta\omega_{T2}$ は、式 (17) により与えられる。

【数17】

$$\Delta\omega_{T2} = \frac{\lambda_0}{K_1 p_T} = \frac{f_1 \lambda_0}{f_2 p_T} \quad (17)$$

【0092】

なお、RxOPA 104 にはレンズ光学系は配されていないので、RxOPA 104 における隣接する回折光 (すなわち、隣接する受信感度極大方向) の偏向角の正弦値の差 $\Delta\omega_R$ は、ライダー装置 100 と同様に式 (8) で与えられる。

【0093】

上記の式 (15)、(17)、及び式 (8) より、式 (18) を得る。

【数18】

$$M_2 \Delta\omega_{T2} = N_2 \Delta\omega_R \quad (18)$$

【0094】

すなわち、光学ユニット 346 から空間へ送出される TxOPA 102 の回折光のうち、TxOPA 102 のメインローブから数えて M_2 番目のサイドローブの方向と、RxOPA 104 におけるメインローブから数えて N_2 番目のサイドローブの方向と、が一致することがわかる。

【0095】

したがって、光学ユニット 346 から空間へ送出するメインローブのステアリング角の許容可変範囲 $\alpha_{max} \sim \alpha_{min}$ の α_{max} は、式 (19) で与えられる。

【数19】

$$\sin \alpha_{max} = \frac{M_2 \Delta\omega_{T2}}{2} = M_2 \frac{\lambda_0}{2K_1 p_T} = N_2 \frac{\lambda_0}{2p_R} \quad (19)$$

【0096】

すなわち、ライダー装置 300 においても、ライダー装置 100 と同様に、TxOPA 102 のアンテナエレメント 116 の配列ピッチ p_T を縮小させることなく、TxOPA 102 から出力され空間へ送出されるメインローブのステアリング角度の許容範囲を拡大することができる。特に、ライダー装置 300 においては、TxOPA 102 のアンテナエレメント 116 の、光学ユニット 346 の光出力側から見た実質的な配列ピッチは、T

10

20

30

40

50

× O P A 1 0 2 そのものの配列ピッチ p_T と、光学ユニット 3 4 6 の像倍率 K_1 と、の積 $K_1 p_T$ で与えられるので、ライダー装置 1 0 0 に比べて更に設計自由度を向上することができる。

【 0 0 9 7 】

具体的には、本実施形態に係るライダー装置 3 0 0 は、以下のように動作する。なお、以下の説明においては、簡単のため、図示 X 軸方向にビームステアリングが行われるものとする。ただし、当業者において理解されるように、以下に示す X 軸方向のビームステアリング動作に合わせて、当該 X 軸方向のビームステアリング動作と同様の図示 Y 軸方向のビームステアリング動作を行うことにより、2次元のビームステアリング動作を行うことができる。

【 0 0 9 8 】

本実施形態に係るライダー装置 3 0 0 は、上述したライダー装置 1 0 0 と同様に動作するが、ステアリング制御ユニット 3 3 2 の動作が、ステアリング制御ユニット 1 3 2 と若干異なる。ステアリング制御ユニット 3 3 2 は、X 方向について、T × O P A 1 0 2 から空間へ送出するメインローブの偏向角（ステアリング角）を変化させてビームステアリングを行う。より具体的には、ステアリング制御ユニット 3 3 2 は、像変換により形成された仮想的なアンテナエレメント 3 1 6 から出射される光の位相が X 軸に沿って上記偏向角に応じた線形位相傾斜をもつように、且つ、当該偏向角が所定のステアリング角度範囲内において所定のパターンで時間的に変化するように、位相シフト 1 1 2 を制御する。ここで、上記偏向角に応じた線形位相傾斜は、光分岐器 1 1 0 の光入力端から各アンテナエレメント 1 1 6 の出力端までの各光経路（各チャネル）に発生する位相シフト量が式 (2 0) に従うように各位相シフト 1 2 2 を設定することで実現される。

【 数 2 0 】

$$\phi_{T2}(q) = q \frac{K_1 p_T}{\lambda_0} \sin \alpha \quad (20)$$

【 0 0 9 9 】

ここで、 q は、各チャネルに対応するアンテナエレメント 1 1 6 のそれぞれに対し、当該アンテナエレメント 1 1 6 の X 軸における位置に沿って端から順に付したインデックスであり、 $q = -Q, \dots, -1, 0, 1, \dots, Q$ である。

【 0 1 0 0 】

なお、R × O P A 1 0 4 のメインローブが上記と同様の偏向角を有するように位相シフト 1 2 2 により R × O P A 1 0 4 の各チャネルに発生させる位相シフト量は、ライダー装置 1 0 0 の場合と同様に、式 (1 3) で与えられる。

【 0 1 0 1 】

式 (1 4) と同様に、式 (1 3)、(2 0) より、同じインデックス値 u を持つアンテナエレメント 1 1 6 及び 1 2 6 のそれぞれに対応する各チャネルにおいて発生させるべき位相 $\phi_{T2}(u)$ 及び $\phi_R(u)$ は、式 (2 1) を満たす。

【 数 2 1 】

$$\phi_R(u) = \frac{p_R}{K_1 p_T} \phi_{T2}(u) \quad (21)$$

【 0 1 0 2 】

すなわち、R × O P A 1 0 4 の各チャネルに発生させる位相シフトは、T × O P A 1 0 2 の各チャネルに発生させる位相シフトの $p_R / (K_1 \cdot p_T)$ 倍とする必要がある。

【 0 1 0 3 】

なお、本実施形態においては、ライダー装置 3 0 0 は、互いに異なる配列ピッチ p_T 及び p_R を有する T × O P A 1 0 2 及び R × O P A 1 0 4 を用いて構成されるものとしたが、これには限られない。ライダー装置 3 0 0 においては、式 (1 5) が満たされる限りにおいて、配列ピッチ p_T 及び p_R が同じ値であってもよい。すなわち、ライダー装置 3 0 0

は、 $T \times OPA102$ 及び $R \times OPA104$ に代えて、それぞれのアンテナエレメントの配列間隔が同じである $T \times OPA$ 及び $R \times OPA$ を用いて構成することもできる。

【0104】

< 第3実施形態 >

次に、本発明の第3の実施形態に係るライダー装置について説明する。

上述した第2の実施形態に係るライダー装置300では、2枚レンズ系で構成される像変換光学系である光学ユニット346により $T \times OPA102$ のアンテナエレメント116の実質的な配列ピッチを拡大している。これに対し、第3の実施形態では、像変換光学系としてアナモルフィックプリズムペアを用いてアンテナエレメント116の実質的な配列ピッチを一次元方向に拡大する。

10

【0105】

図4は、本発明の第3の実施形態に係るライダー装置400の構成を示す図である。図4において、図1に示す第1の実施形態に係るライダー装置100と同じ構成要素については、図1に示す符号と同じ符号を用いるものとし、上述したライダー装置100についての説明を援用するものとする。

【0106】

ライダー装置400は、ライダー装置100と同様の構成を有するが、 $T \times OPA102$ のアンテナユニット118の光送出側に、2つのプリズム442、444から成るアナモルフィックプリズムペアで構成された光学ユニット446が配されている点が異なる。

【0107】

本実施形態では、2つのプリズム442、444から成るアナモルフィックプリズムペアは、図示X方向において像を拡大するよう構成されている。したがって、図示Y方向における $T \times OPA102$ のメインローブのビームステアリングは、図1に示す第1の実施形態に係るライダー装置100と同様である。

20

【0108】

上記の構成を有するライダー装置400は、 $T \times OPA102$ の光送出側に、図示X方向において像倍率 K_2 を有する光学ユニット446を備えるため、 $T \times OPA102$ は、実質的には、光出力側のプリズム444の光出力面（図示右側面）から図示左側へ距離Dの位置に K_2 倍の配列ピッチ $K_2 \cdot p_T$ で配列されたアンテナエレメント416を備えたOPAとして機能する。このため、光学ユニット446、 $T \times OPA102$ 、及び $R \times OPA104$ を、 $K_2 \cdot p_T$ 、 p_T となるように構成することで、X方向に関して、第1の実施形態に係るライダー装置100と同様に、第1の実施形態に係るライダー装置100と同様に、 $T \times OPA102$ が空間に送出する隣接する回折光が互いに成す第1の角度と、 $R \times OPA104$ における当該空間での隣接する極大感度方向は互いに成す第2の角度とを異ならせて、 p_T を縮小することなく、 $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角度の許容範囲を拡大することができる。なお、Y方向に関しては、ライダー装置400はライダー装置100と同様に動作し、ライダー装置100と同様に p_T を縮小することなく $T \times OPA102$ のメインローブのステアリング角度の許容範囲が拡大される。

30

【0109】

例えば、本実施形態では、像倍率 K_2 、配列ピッチ p_T 、及び p_R が式(22)を満たすように、光学ユニット446、 $T \times OPA102$ 、及び $R \times OPA104$ が構成されている。

40

【数22】

$$\frac{p_R}{K_2 p_T} = \frac{N_3}{M_3} \quad (22)$$

【0110】

ここで、上述したように、光学ユニット446はX方向においてのみ像を拡大することから、ライダー装置400においては、図示Y方向における $T \times OPA102$ のメインローブのビームステアリングは、図1に示す第1の実施形態に係るライダー装置100と同

50

様である。したがって、以下では、図示 X 方向のビームステアリングについて説明するものとする。

【 0 1 1 1 】

上記の式 (2 2) において、 N_3 / M_3 は既約関数であり、 M_3 、 N_3 は互いに素な自然数である。このとき、T x O P A 1 0 2 から光学ユニット 4 4 6 を通って空間へ送出される隣接する回折光の偏向角の正弦値の差 $\Delta\omega_{T3}$ は、式 (2 3) により与えられる。

【 数 2 3 】

$$\Delta\omega_{T3} = \frac{\lambda_0}{K_2 p_T} \quad (23)$$

【 0 1 1 2 】

なお、R x O P A 1 0 4 にはレンズ光学系は配されていないので、R x O P A 1 0 4 における隣接する回折光 (すなわち、隣接する受信感度極大方向) の偏向角の正弦値の差 $\Delta\omega_R$ は、ライダー装置 1 0 0 と同様に式 (8) で与えられる。

【 0 1 1 3 】

上記の式 (2 2)、(2 3)、及び式 (8) より、式 (2 4) を得る。

【 数 2 4 】

$$M_3 \Delta\omega_{T3} = N_3 \Delta\omega_R \quad (24)$$

【 0 1 1 4 】

すなわち、光学ユニット 4 4 6 から空間へ送出される T x O P A 1 0 2 の回折光のうち、T x O P A 1 0 2 のメインローブから数えて M_3 番目のサイドローブの方向と、R x O P A 1 0 4 におけるメインローブから数えて N_3 番目のサイドローブの方向と、が一致することがわかる。

【 0 1 1 5 】

したがって、光学ユニット 4 4 6 から空間へ送出するメインローブのステアリング角の許容可変範囲 $\alpha_{\min} \sim \alpha_{\max}$ の α_{\max} は、式 (2 5) で与えられる。

【 数 2 5 】

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{M_3 \Delta\omega_{T3}}{2} = M_3 \frac{\lambda_0}{2K_2 p_T} = N_3 \frac{\lambda_0}{2p_R} \quad (25)$$

【 0 1 1 6 】

すなわち、ライダー装置 4 0 0 の X 方向のビームステアリング動作においても、ライダー装置 1 0 0 と同様に、T x O P A 1 0 2 のアンテナエレメント 1 1 6 の配列ピッチ p_T を縮小させることなく、T x O P A 1 0 2 から出力され空間へ送出されるメインローブのステアリング角度の許容範囲を拡大することができる。特に、ライダー装置 4 0 0 においては、T x O P A 1 0 2 のアンテナエレメント 1 1 6 の、光学ユニット 4 4 6 の光出力側から見た X 方向における実質的な配列ピッチは、T x O P A 1 0 2 そのものの配列ピッチ p_T と、光学ユニット 4 4 6 の像倍率 K_2 と、の積 $K_2 p_T$ で与えられるので、ライダー装置 1 0 0 に比べて更に設計自由度を向上することができる。

【 0 1 1 7 】

なお、像倍率 K_2 は、従来技術に従い、光学ユニット 4 4 6 においてアナモルフィックプリズムペアを構成するプリズム 4 4 2 及び 4 4 4 の幾何形状及び配置から決定され得る。同様に、光学ユニット 4 4 6 があることにより形成される実質的なアンテナエレメント 4 1 6 の位置を規定する距離 D は、従来技術に従い、像倍率 K_2 及びアンテナエレメント 1 1 6 からプリズム 4 4 2 までの距離等から決定され得る。

【 0 1 1 8 】

本実施形態に係るライダー装置 4 0 0 は、具体的には、以下のように動作する。

ライダー装置 4 0 0 は、上述したライダー装置 1 0 0 と同様に動作するが、ステアリング制御ユニット 4 3 2 の動作が、ステアリング制御ユニット 1 3 2 と異なる。ステアリン

グ制御ユニット432は、X方向について、ステアリング制御ユニット132と同様に、TxOPA102から光学ユニット446を介して空間へ送出するメインローブのX方向の偏向角（ステアリング角）を変化させるため、各アンテナエレメント116から光学ユニット446を介して出射される光の位相がX軸に沿って上記偏向角に応じた線形位相傾斜をもつように、且つ、当該偏向角が所定のステアリング角度範囲内において所定のパターンで時間的に変化するように、位相シフタ112を制御する。ここで、上記偏向角に応じた線形位相傾斜は、光分岐器110の光入力端から各アンテナエレメント116の出力端までの各光経路（各チャンネル）に発生する位相シフト量が式(26)に従うように各位相シフタ122を設定することで実現される。

【数26】

$$\phi_{T3}(q) = q \frac{K_2 p_T}{\lambda_0} \sin \alpha \quad (26)$$

10

【0119】

ここで、qは、アンテナユニット118を構成する各アンテナエレメント116に対し、当該アンテナエレメント116のX軸における位置に沿って端から順に付したインデックスであり、 $q = -Q, \dots, -1, 0, 1, \dots, Q$ である。

【0120】

なお、RxOPA104のメインローブが偏向角を有するように位相シフタ122により発生させる線形位相傾斜は、ライダー装置100の場合と同様に、式(13)で与えられる。

20

【0121】

式(14)と同様に、式(13)、(26)より、同じインデックス値uを持つアンテナエレメント116及び126のそれぞれに対応する各チャンネルに発生させるべき位相 $\phi_{T3}(u)$ 及び $\phi_R(u)$ は、式(27)を満たす。

【数27】

$$\phi_R(u) = \frac{p_R}{K_2 p_T} \phi_{T3}(u) \quad (27)$$

【0122】

すなわち、RxOPA104の各チャンネルに発生させる位相シフトは、TxOPA102の各チャンネルに発生させる位相シフトの $p_R / (K_2 \cdot p_T)$ 倍とする必要がある。

30

【0123】

なお、本実施形態においては、ライダー装置400は、互いに異なる配列ピッチ p_T 及び p_R を有するTxOPA102及びRxOPA104を用いて構成されるものとしたが、これには限られない。ライダー装置400においては、式(22)が満たされる限りにおいて、配列ピッチ p_T 及び p_R が同じ値であってもよい。すなわち、ライダー装置300は、TxOPA102及びRxOPA104に代えて、それぞれのアンテナエレメントの配列間隔が同じであるTxOPA及びRxOPAを用いて構成することもできる。

【0124】

なお、本発明は上記各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。

40

【0125】

例えば、上記各実施形態では、TxOPA102のアンテナエレメント116及びRxOPA104のアンテナエレメント126は、XY平面内にX方向及びY方向に同じ配列ピッチ p_T 及び p_R で配列されるものとしたが、これには限られない。TxOPA102のアンテナエレメント116及びRxOPA104のアンテナエレメント126は、X方向とY方向の配列ピッチが異なるように構成されるものとしてもよい。

【0126】

この場合には、X方向及びY方向のそれぞれについて、TxOPA102が空間に送出する隣接する回折光が互いに成す第1の角度と、RxOPA104における当該空間での

50

隣接する極大感度方向は互いに成す第2の角度とを異ならせることで、上記X方向及びY方向の配列ピッチを縮小することなく、TxOPA102のメインローブのX方向及びY方向におけるステアリング角度の許容範囲を共に拡大することができる。

【0127】

具体的には、TxOPA102の光出射部及びRxOPA104の光受信部に設けられ得る光学部品による像倍率を加味したTxOPA102及びRxOPA104の実質的なアンテナエレメントの配列ピッチが互いに異なるように（例えばそれらの比が互いに素な自然数で表されるように）設定することで、TxOPA102のメインローブのステアリング角度の許容範囲を拡大することができる。

【0128】

また、上記各実施形態では、TxOPA102及びRxOPA104が、簡単のため相反性を有するOPAを用いて構成されるものとして説明したが、これには限られない。例えば、RxOPA104は、アンテナエレメント126から光結合器120の光出力端まで一方向に光が伝搬するものであってもよい。この場合でも、各アンテナエレメント126から光結合器120の光出力端までの各チャネルについて、仮想的に逆方向に光を伝搬させた場合の仮想的な回折光を考慮して極大感度方向を定義し、上述した各実施形態と同様の構成を用いてビームステアリングの範囲を拡大することができる。

【0129】

また、上記各実施形態では、TxOPA102及びRxOPA104は、一例として特許文献1に示されるようなOPA700を用いて構成されるものとしたが、これには限られない。他の例として、例えば、非特許文献1に開示されているようなOPA900を用いてTxOPA102及びRxOPA104を構成することもできる。具体的には、例えば、グレンティングベースのアンテナエレメントの延在方向を図1におけるY方向に合わせ、各アンテナエレメントが図1のX方向に配列されるようにして、TxOPA102及びRxOPA104を構成するものとすることができる。この場合には、TxOPA102及びRxOPA104における上記アンテナエレメントの配列ピッチをそれぞれ p_1 及び p_2 として、X方向のビームステアリングについて、上述した各実施形態と同様の構成によりビームステアリングの許容角度範囲を拡大することができる。

【0130】

また、第2及び第3の実施形態においては、像変換光学系を構成する光学ユニット346及び446は、それぞれ1より大きい像倍率 K_1 、 K_2 を持つものとして図3及び図4が描かれているが、これには限られない。像倍率 K_1 、 K_2 は1より小さい値を持つものとしてもよい。また、像変換光学系は、少なくとも一次元方向において像変換を行う機能を有する限り、任意の光学系であるものとすることができる。

【0131】

以上、説明したように、本発明の実施形態に係るライダー装置100等は、光フェーズドアレイにより構成された光送信器であるTxOPA102を備える。TxOPA102は、当該光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントであるアンテナエレメント116から出力される光により生成された回折光を空間へ送出する。また、ライダー装置100等は、光フェーズドアレイにより構成された光受信器であるRxOPA104を備える。RxOPA104は、空間から到来する光を、当該光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントであるアンテナエレメント126により受信する。そして、ライダー装置100等では、光受信器であるRxOPA104は、空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有する。また、ライダー装置100等では、光送信器であるTxOPA102が空間へ送出する隣接する回折光の方向が互いに成す第1の角度と、光受信器であるRxOPA104における隣接する上記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっている。

【0132】

この構成によれば、TxOPA102から空間に送出されるメインローブに隣接するサイドローブの反射戻り光は、RxOPA104においては抑圧されて出力されることとな

10

20

30

40

50

る。このため、ライダー装置 100 等では、コストの増大を招くことなく、 $T \times OPA 102$ のアンテナエレメント 116 の配列ピッチ p_1 で定まる隣接回折光間の角度間隔に起因するビームステアリング角度範囲の制限を克服して、より広いビームステアリング角度範囲を実現することができる。

【0133】

また、ライダー装置 100 等は、 $T \times OPA 102$ を構成する光フェーズドアレイが備える第 1 の位相シフトである位相シフト 112 と、 $R \times OPA 104$ を構成する光フェーズドアレイが備える第 2 の位相シフトである位相シフト 122 と、を制御する位相シフト制御部であるステアリング制御ユニット 132 等を備える。そして、位相シフト制御部であるステアリング制御ユニット 132 等は、第 1 の位相シフトである位相シフト 112 の位相シフト量を制御して光送信器である $T \times OPA 102$ が空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させる。また、位相シフト制御部であるステアリング制御ユニット 132 等は、上記極大感度方向のうち最大感度を有する極大感度方向が $T \times OPA 102$ の上記メインローブの送出方向と一致するように、第 2 の位相シフトである位相シフト 122 の位相シフト量を制御する。

10

【0134】

この構成によれば、 $T \times OPA 102$ のメインローブの送出方向から到来する反射戻り光に対する $R \times OPA 104$ の受信感度を常に最大に維持することができる。

【0135】

また、ライダー装置 100 等では、第 1 のアンテナエレメントであるアンテナエレメント 116 の配列間隔 p_1 と、第 2 のアンテナエレメントであるアンテナエレメント 126 の配列間隔 p_2 とが互いに異なる値に設定されている。この構成によれば、 $T \times OPA 102$ が空間へ送出する隣接する回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、 $R \times OPA 104$ における隣接する上記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、を容易に異なるものとすることができる。

20

【0136】

また、ライダー装置 100 等では、上記第 1 の角度と上記第 2 の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される。この構成によれば、 $T \times OPA 102$ のビームステアリングの許容角度範囲を、例えば式 (11) で示されるように、上記自然数で定まる倍率で拡大することができる。

30

【0137】

また、ライダー装置 100 等では、第 1 のアンテナエレメントであるアンテナエレメント 116 の配列間隔 p_1 と第 2 のアンテナエレメントであるアンテナエレメント 126 の配列間隔 p_2 との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。この構成によれば、上記第 1 の角度と上記第 2 の角度との比が互いに素な自然数の比で表されるように容易に設定することができる。

【0138】

また、ライダー装置 300、400 では、光送信器である $T \times OPA 102$ は、複数の第 1 のアンテナエレメントであるアンテナエレメント 116 から出力される光により生成された回折光を、像変換光学系を構成する第 1 の光学部品であるレンズ 342、344 あるいはプリズム 442、444 を介して空間へ送出する。そして、ライダー装置 300、400 では、上記第 1 の角度は、上記第 1 の光学部品を介して空間へ送出された隣接する回折光間の角度で定義される。

40

【0139】

この構成によれば、 $T \times OPA 102$ のアンテナエレメント 116 の配列ピッチ p_1 及び $R \times OPA 104$ のアンテナエレメント 126 の配列ピッチ p_2 に加えて、上記像変換光学系の像倍率を用いて、上記第 1 の角度を設定することができるので、設計自由度が向上する。

【0140】

また、ライダー装置 300 では、上記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズであるレンズ

50

342、344で構成される。この構成によれば、像変換光学系を容易に構成することができる。

【0141】

また、ライダー装置400では、上記第1の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する2つのプリズム442、444で構成される。この構成によれば、像変換光学系を容易に構成することができる。

【0142】

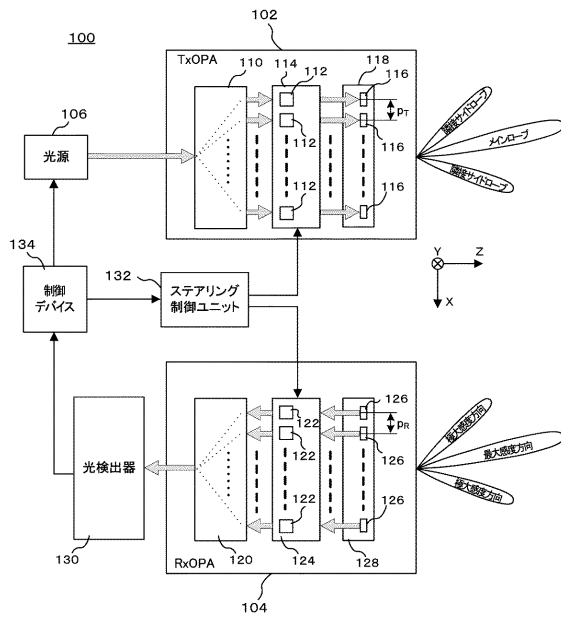
また、ライダー装置100等では、光受信器であるRxOPA104は、空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第2の光学部品を介して複数の第2のアンテナエレメントであるアンテナエレメント126により受信することができる。この場合、上記第2の角度は、上記第2の光学部品を介して受信される上記空間から到来する光についての、上記空間において規定される隣接する極大感度方向が互いに成す角度で定義される。この構成によれば、ライダー装置100等の設計自由度を更に向上することができる。

【符号の説明】

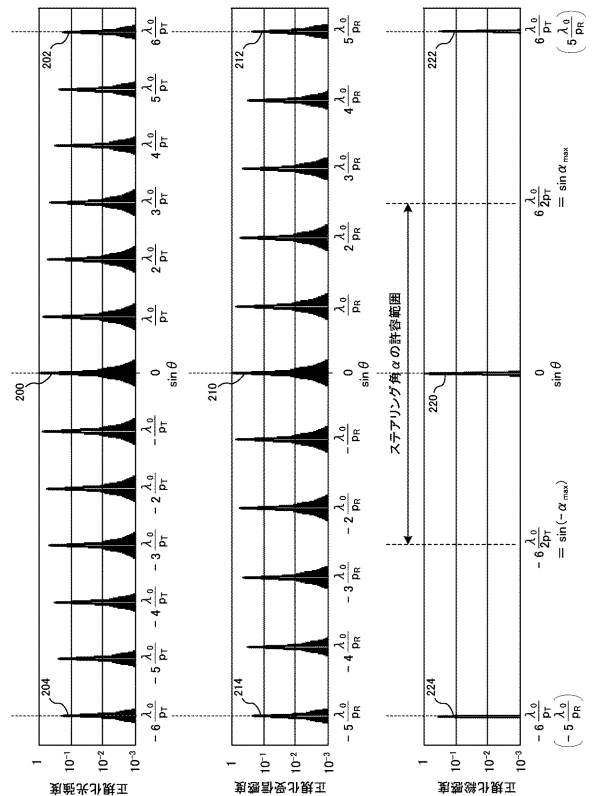
【0143】

100、300、400、500 ライダー装置、102、502 TxOPA、104、504 RxOPA、106、506 光源、110、510 光分岐器、112、122、512、522 位相シフタ、114、124、514、524 位相シフトユニット、116、126、516、526 アンテナエレメント、118、128、518、528 アンテナユニット、120、520 光結合器、130、530 光検出器、132、532 ステアリング制御ユニット、134、536 制御デバイス、346、446 光学ユニット、342、344 レンズ、442、444 プリズム、700、900 OPA。

【図1】



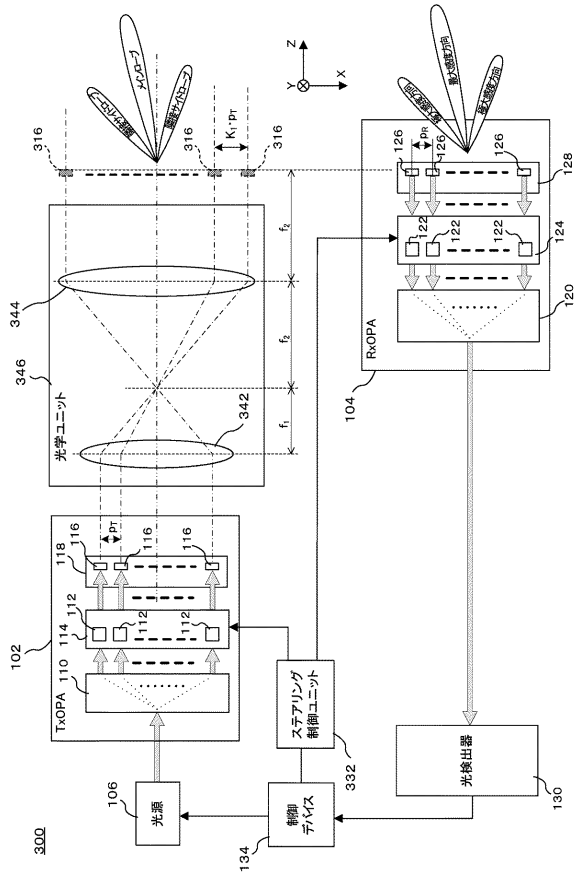
【図2】



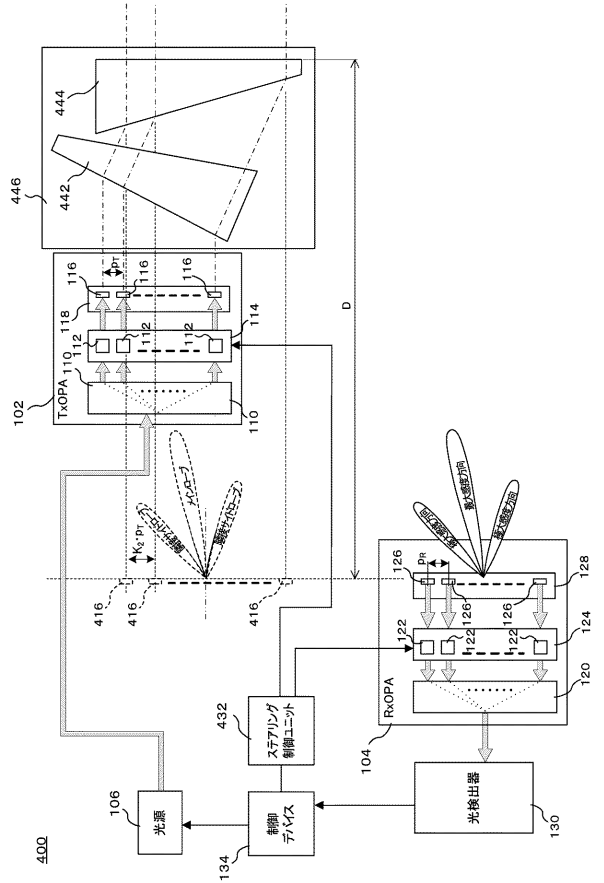
10

20

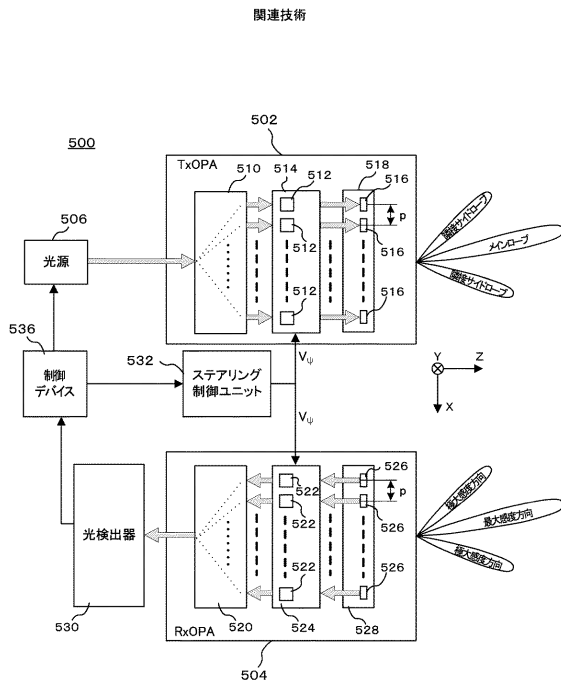
【図3】



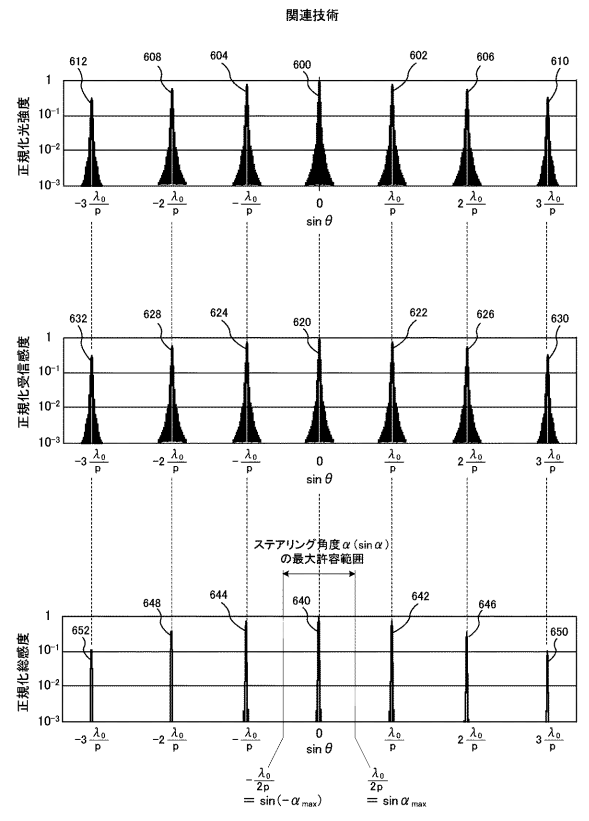
【図4】



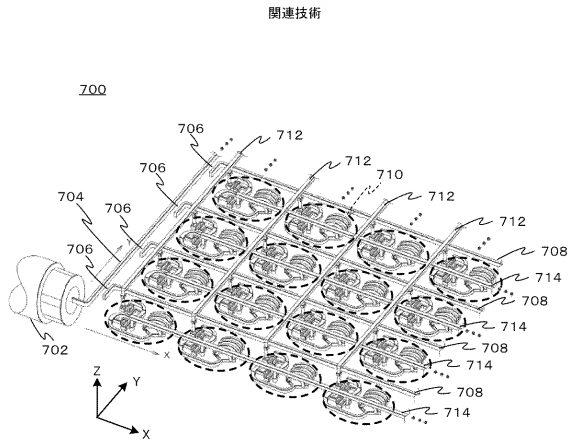
【図5】



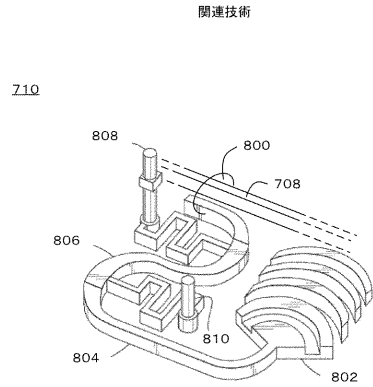
【図6】



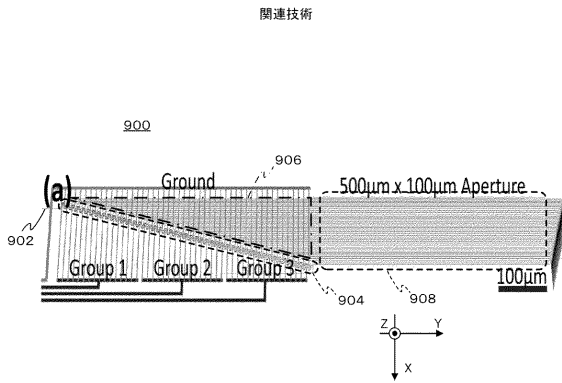
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



【手続補正書】

【提出日】平成31年4月11日(2019.4.11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、

10

第2の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、

前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、

前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっており、且つ、

20

前記光送信器は、前記複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第1の光学部品を介して前記空間へ送出し、

前記第1の角度は、前記第1の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義される、

ライダー装置。

【請求項2】

前記第1の光フェーズドアレイが備える第1の位相シフタと、前記第2の光フェーズドアレイが備える第2の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、

位相シフト制御部は、前記第1の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第2の位相シフタの位相シフト量を制御する、

30

請求項1に記載のライダー装置。

【請求項3】

前記第1のアンテナエレメントの配列間隔と前記第2のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている、

請求項1又は2に記載のライダー装置。

【請求項4】

前記第1の角度と前記第2の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される、

40

請求項1ないし3のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項5】

前記第1のアンテナエレメントの配列間隔と前記第2のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている、

請求項4に記載のライダー装置。

【請求項6】

前記第1の光学部品は、2つの凸レンズで構成される、

請求項1ないし5のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項7】

前記第1の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する2つのプリズムで構

50

成される、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 8】

前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、

前記第 2 の角度は、前記第 2 の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義される、

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の一の態様は、第 1 の光フェーズドアレイにより構成され、当該第 1 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第 2 の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第 2 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、が互いに異なっており、且つ、前記光送信器は、前記複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出し、前記第 1 の角度は、前記第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義される、ライダー装置である。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光フェーズドアレイが備える第 1 の位相シフトと、前記第 2 の光フェーズドアレイが備える第 2 の位相シフトと、を制御する位相シフト制御部を備え、位相シフト制御部は、前記第 1 の位相シフトの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第 2 の位相シフトの位相シフト量を制御する。

本発明の他の態様によると、前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の角度と前記第 2 の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される。

本発明の他の態様によると、前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズで構成される。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する 2 つのプリズムで構成される。

本発明の他の態様によると、前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、前記第 2 の角度は、前記第 2 の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義される。

【手続補正書】

【提出日】令和 1 年 8 月 19 日 (2019.8.19)

10

20

30

40

50

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の光フェーズドアレイにより構成され、当該第 1 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、

10

第 2 の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第 2 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、
を備え、

前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、

前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、が互いに異なり、且つ、

前記光送信器は、前記複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出し、

20

前記第 1 の角度は、前記第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義され、

前記第 1 の光学部品が構成する前記像変換光学系は、当該像変換光学系の光出力側から見た前記第 1 のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第 1 のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、

ライダー装置。

【請求項 2】

前記第 1 の光フェーズドアレイが備える第 1 の位相シフタと、前記第 2 の光フェーズドアレイが備える第 2 の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、

位相シフト制御部は、前記第 1 の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第 2 の位相シフタの位相シフト量を制御する、

30

請求項 1 に記載のライダー装置。

【請求項 3】

前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている、

請求項 1 又は 2 に記載のライダー装置。

【請求項 4】

前記第 1 の角度と前記第 2 の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される、

40

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 5】

前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている、

請求項 4 に記載のライダー装置。

【請求項 6】

前記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズで構成される、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 7】

50

前記第 1 の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する 2 つのプリズムで構成される、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 8】

前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、

前記第 2 の角度は、前記第 2 の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、

前記第 2 の光学部品が構成する前記像変換光学系は、当該像変換光学系の光入力側から見た前記第 2 のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第 2 のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、

10

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の一の態様は、第 1 の光フェーズドアレイにより構成され、当該第 1 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第 2 の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第 2 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、が互いに異なっており、且つ、前記光送信器は、前記複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を、像変換光学系を構成する第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出し、前記第 1 の角度は、前記第 1 の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義され、

20

前記第 1 の光学部品が構成する前記像変換光学系は、当該像変換光学系の光出力側から見た前記第 1 のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第 1 のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、ライダー装置である。

30

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光フェーズドアレイが備える第 1 の位相シフタと、前記第 2 の光フェーズドアレイが備える第 2 の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、位相シフト制御部は、前記第 1 の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第 2 の位相シフタの位相シフト量を制御する。

40

本発明の他の態様によると、前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔とが互いに異なる値に設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の角度と前記第 2 の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される。

本発明の他の態様によると、前記第 1 のアンテナエレメントの配列間隔と前記第 2 のアンテナエレメントの配列間隔との比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズで構成される。

本発明の他の態様によると、前記第 1 の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する 2 つのプリズムで構成される。

50

本発明の他の態様によると、前記光受信器は、前記空間から到来する光を、像変換光学系を構成する第2の光学部品を介して前記複数の第2のアンテナエレメントにより受信し、前記第2の角度は、前記第2の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、前記第2の光学部品が構成する前記像変換光学系は、当該像変換光学系の光入力側から見た前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第2のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである。

【手続補正書】

【提出日】令和2年10月7日(2020.10.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、

第2の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、
を備え、

前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、

前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっており、且つ、

前記光送信器は、前記複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を第1の光学部品を介して前記空間へ送出し、

前記第1の角度は、前記第1の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義され、

前記第1の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光出力側から見た前記第1のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第1のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、

ライダー装置。

【請求項2】

前記第1の光フェーズドアレイが備える第1の位相シフタと、前記第2の光フェーズドアレイが備える第2の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、

位相シフト制御部は、前記第1の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第2の位相シフタの位相シフト量を制御する、

請求項1に記載のライダー装置。

【請求項3】

前記第1のアンテナエレメントの配列ピッチと前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチとが互いに異なる値に設定されている、

請求項1又は2に記載のライダー装置。

【請求項4】

前記第1の角度と前記第2の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される、

10

20

30

40

50

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 5】

前記第 1 の光学部品が構成する光学系により実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大された前記第 1 のアンテナエレメントの配列ピッチと、前記第 2 のアンテナエレメントの配列ピッチと、の比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている、

請求項 4 に記載のライダー装置。

【請求項 6】

前記第 1 の光学部品は、2 つの凸レンズで構成されるアフォーカル光学系の光学部品である、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 7】

前記第 1 の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する 2 つのプリズムで構成される、

請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 8】

前記光受信器は、前記空間から到来する光を第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、

前記第 2 の角度は、前記第 2 の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、

前記第 2 の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光入力側から見た前記第 2 のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第 2 のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、

請求項 1 ないし 7 のいずれか一項に記載のライダー装置。

【請求項 9】

第 1 の光フェーズドアレイにより構成され、当該第 1 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 1 のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、

第 2 の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第 2 の光フェーズドアレイを構成する複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、

前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、

前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第 1 の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第 2 の角度と、が互いに異なり、且つ、

前記光受信器は、前記空間から到来する光を第 2 の光学部品を介して前記複数の第 2 のアンテナエレメントにより受信し、

前記第 2 の角度は、前記第 2 の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、

前記第 2 の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光入力側から見た前記第 2 のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第 2 のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、

ライダー装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

本発明の一の態様は、第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第2の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっており、且つ、前記光送信器は、前記複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された前記回折光を第1の光学部品を介して前記空間へ送出し、前記第1の角度は、前記第1の光学部品を介して前記空間へ送出された隣接する前記回折光の間の角度で定義され、

10

前記第1の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光出力側から見た前記第1のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第1のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである、ライダ装置である。

本発明の他の態様によると、前記第1の光フェーズドアレイが備える第1の位相シフタと、前記第2の光フェーズドアレイが備える第2の位相シフタと、を制御する位相シフト制御部を備え、位相シフト制御部は、前記第1の位相シフタの位相シフト量を制御して前記光送信器が前記空間へ送出する回折光のメインローブの送出方向を変化させると共に、前記極大感度方向のうち最大感度を有する前記極大感度方向が前記メインローブの送出方向と一致するように前記第2の位相シフタの位相シフト量を制御する。

20

本発明の他の態様によると、前記第1のアンテナエレメントの配列ピッチと前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチとが互いに異なる値に設定されている。

本発明の他の態様によると、前記第1の角度と前記第2の角度との比は、互いに素な自然数の比で表されるよう設定される。

本発明の他の態様によると、前記第1の光学部品が構成する光学系により実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大された前記第1のアンテナエレメントの配列ピッチと、前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチと、の比が互いに素な自然数の比で表されるよう設定されている。

30

本発明の他の態様によると、前記第1の光学部品は、2つの凸レンズで構成されるアフォーカル光学系の光学部品である。

本発明の他の態様によると、前記第1の光学部品は、アナモルフィックプリズムペアを構成する2つのプリズムで構成される。

本発明の他の態様によると、前記光受信器は、前記空間から到来する光を第2の光学部品を介して前記複数の第2のアンテナエレメントにより受信し、前記第2の角度は、前記第2の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、前記第2の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光入力側から見た前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第2のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである。

40

本発明の他の態様は、第1の光フェーズドアレイにより構成され、当該第1の光フェーズドアレイを構成する複数の第1のアンテナエレメントから出力される光により生成された回折光を空間へ送出する光送信器と、第2の光フェーズドアレイにより構成され、前記空間から到来する光を前記第2の光フェーズドアレイを構成する複数の第2のアンテナエレメントにより受信する光受信器と、を備え、前記光受信器は、前記空間から到来する光の方向に関し、当該光の受信感度が極大となる極大感度方向を複数有し、前記光送信器が前記空間へ送出する隣接する前記回折光の方向が互いに成す第1の角度と、前記光受信器における隣接する前記極大感度方向が互いに成す第2の角度と、が互いに異なっており、且つ、前記光受信器は、前記空間から到来する光を第2の光学部品を介して前記複数の第

50

2のアンテナエレメントにより受信し、前記第2の角度は、前記第2の光学部品を介して受信される前記空間から到来する光についての、前記空間において規定される隣接する前記極大感度方向が互いに成す角度で定義され、前記第2の光学部品が構成する光学系は、当該光学系の光入力側から見た前記第2のアンテナエレメントの配列ピッチを、当該第2のアンテナエレメントの実際の配列ピッチに対して縮小し又は拡大するものである。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/045744
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. G01S7/481(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. G01S7/48-G01S7/51, G01S17/00-G01S17/95 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 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019 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	WO 2018/165633 A1 (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 13 September 2018, paragraphs [0004], [0026]-[0028], [0033]-[0035], [0037]-[0039], fig. 2-3, 5	1-9
Y	JP 2016-508235 A (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 17 March 2016, paragraphs [0017], [0031]-[0036], fig. 1D	1-9
Y	JP 2017-072532 A (FUJITSU LTD.) 13 April 2017, paragraphs [0012], [0013], fig. 1	6-9
Y	JP 2017-083467 A (ACT DENSHI KK) 18 May 2017, paragraphs [0046]-[0048], fig. 5	8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" 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 12.02.2019		Date of mailing of the international search report 26.02.2019
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/JP2018/045744

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-156059 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 04 October 2018, paragraphs [0376]-[0379], fig. 76	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2018/045744

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/165633 A1	2018.09.13	(Family: none)	
JP 2016-508235 A	2016.03.17	JP 6363619 B2 JP 2018-049299 A US 2014/0192394 A1 US 2017/0016990 A1 WO 2014/110017 A1 EP 3388892 A1 CA 2897036 A1 US 8988754 B2 fig. 1D, column 5, lines 55-57, column 8, line 6 to column 9, line 8	2018.07.25 2018.03.29 2014.07.10 2017.01.19 2014.07.17 2018.10.17 2014.07.17 2015.03.24
JP 2017-072532 A	2017.04.13	US 2017/0102461 A1 paragraphs [0037], [0038], fig. 1	2017.04.13
JP 2017-083467 A	2017.05.18	JP 6346934 B2	2018.06.20
JP 2018-156059 A	2018.10.04	US 2018/0267150 A1 paragraphs [0483]- [0485], fig. 76 CN 108627974 A	2018.09.20 2018.10.09

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 4 5 7 4 4	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01S7/481(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. G01S 7/48 - G01S 7/51, G01S 17/00 - G01S 17/95			
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2019年 日本国実用新案登録公報 1996-2019年 日本国登録実用新案公報 1994-2019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)			
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	
Y	WO 2018/165633 A1 (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 2018.09.13 * [0004], [0026]-[0028], [0033]-[0035], [0037]-[0039], 図 2-3, 5 *	1-9	
Y	JP 2016-508235 A (マサチューセッツ インスティテュート オブ テクノロジ ー) 2016.03.17 * [0017], [0031]-[0036], 図 ID *	1-9	
* 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。	
* 引用文献のカテゴリー 「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 「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 「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) 「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 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 12.02.2019		国際調査報告の発送日 26.02.2019	
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) 高場 正光 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	2S 2910

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 4 5 7 4 4
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
Y	JP 2017-072532 A (富士通株式会社) 2017.04.13 * [0012]-[0013], 図 1 *	6-9
Y	JP 2017-083467 A (アクト電子株式会社) 2017.05.18 * [0046]-[0048], 図 5 *	8
A	JP 2018-156059 A (パナソニック IP マネジメント株式会社) 2018.10.04 * [0376]-[0379], 図 76 *	1-9

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/JP2018/045744

WO 2018/165633 A1	2018.09.13	(ファミリーなし)	
JP 2016-508235 A	2016.03.17	JP 6363619 B2	2018.07.25
		JP 2018-049299 A	2018.03.29
		US 2014/0192394 A1	2014.07.10
		US 2017/0016990 A1	2017.01.19
		WO 2014/110017 A1	2014.07.17
		EP 3388892 A1	2018.10.17
		CA 2897036 A1	2014.07.17
		US 8988754 B2	2015.03.24
		* 図 1D, 第 5 欄第 55-57 行, 第 8 欄第 6 行 - 第 9 欄第 8 行 *	
JP 2017-072532 A	2017.04.13	US 2017/0102461 A1	2017.04.13
		* [0037]-[0038], 図 1 *	
JP 2017-083467 A	2017.05.18	JP 6346934 B2	2018.06.20
JP 2018-156059 A	2018.10.04	US 2018/0267150 A1	2018.09.20
		* [0483]-[0485], 図 76 *	
		CN 108627974 A	2018.10.09

(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。