

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-78631
(P2019-78631A)

(43) 公開日 令和1年5月23日(2019.5.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 7/499 (2006.01)	GO 1 S 7/499	5 J 0 8 4
GO 1 S 7/481 (2006.01)	GO 1 S 7/481 A	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2017-205599 (P2017-205599)	(71) 出願人	000005049 シャープ株式会社 大阪府堺市堺区匠町 1 番地
(22) 出願日	平成29年10月24日 (2017.10.24)	(74) 代理人	110000338 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
		(72) 発明者	井口 勝次 大阪府堺市堺区匠町 1 番地 シャープ株式会社内
		(72) 発明者	藤井 憲晃 大阪府堺市堺区匠町 1 番地 シャープ株式会社内

最終頁に続く

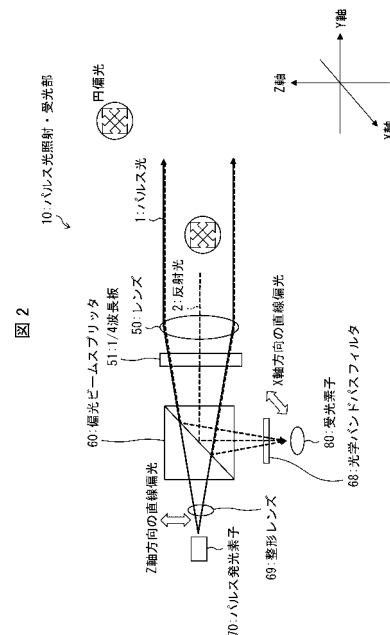
(54) 【発明の名称】 パルス光照射受光装置、および光レーダー装置

(57) 【要約】

【課題】ブラインドスポットの発生を防止し、且つ、少ない光学部品で、対象物までの距離に関わらず、対象物上に照射される光強度を高める。

【解決手段】パルス発光素子(70)は、第1の偏光方向に直線偏光したパルス光を発生し、パルス光(1)は、偏光ビームスプリッタ(60)とレンズ(50)とを、この順序にて通過して、対象物(3)を照射し、反射光(2)は、レンズ(50)と偏光ビームスプリッタ(60)とを、この順序にて通過して、第1の偏光方向とは異なる第2の偏光方向に直線偏光して、受光素子(80)上に集光され、パルス発光素子(70)と、受光素子(80)とは、レンズ(50)の焦点面に設けられており、パルス光(1)の光軸と、反射光(2)の光軸とは重なっている。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学素子と、偏光ビームスプリッタと、パルス発光素子と、受光素子を備え、パルス光を対象物に向けて照射し、前記対象物からの反射光を受光するパルス光照射受光装置であって、

前記パルス発光素子は、第 1 の偏光方向に直線偏光したパルス光を發し、

前記パルス光は、前記偏光ビームスプリッタと前記結像光学素子とを、この順序にて通過して、前記対象物を照射し、

前記反射光は、前記結像光学素子と前記偏光ビームスプリッタとを、この順序にて通過して、前記第 1 の偏光方向とは異なる第 2 の偏光方向に直線偏光して、前記受光素子上に集光され、

前記パルス発光素子と、前記受光素子とは、前記結像光学素子の焦点面に設けられており、

前記パルス光の光軸と、前記反射光の光軸とは重なっている

ことを特徴とするパルス光照射受光装置。

10

【請求項 2】

前記受光素子の受光部の大きさと前記パルス発光素子の発光領域の大きさはほぼ等しい、または、前記受光素子の受光部の大きさは前記パルス発光素子の発光領域の大きさより小さい

ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルス光照射受光装置。

20

【請求項 3】

前記パルス発光素子は複数の発光部を有し、前記受光素子は複数の受光部を有し、前記複数の発光部の各々は、前記複数の受光部の何れかと、一対一に対応している

ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 4】

前記複数の受光部の各々は、大きさが、対応する前記発光部の発光領域の大きさとほぼ等しい、または、対応する前記発光部の発光領域の大きさより小さい

ことを特徴とする請求項 3 に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 5】

前記複数の受光部の各々の配置ピッチが一定である

ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載のパルス光照射受光装置。

30

【請求項 6】

前記パルス発光素子は、前記複数の発光部をモノリシックに集積している

ことを特徴とする請求項 3 から 5 の何れか 1 項に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 7】

前記受光素子は、複数の計測回路を有し、当該複数の計測回路の各々は、前記複数の受光部の何れかと対応する

ことを特徴とする請求項 3 から 6 の何れか 1 項に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 8】

前記偏光ビームスプリッタと前記対象物との間に設けられ、前記パルス光を円偏光させる 1 / 4 波長板を備え、

前記パルス光は円偏光状態で、前記対象物に向けて照射される

ことを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載のパルス光照射受光装置。

40

【請求項 9】

前記パルス光は直線偏光状態で、前記対象物に向けて照射される

ことを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 10】

前記偏光ビームスプリッタと前記結像光学素子の間に、可動ミラーを含む

ことを特徴とする請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載のパルス光照射受光装置。

【請求項 11】

50

前記結像光学素子がレンズである

ことを特徴とする請求項 1 から 1 0 の何れか 1 項に記載の Puls 光照射受光装置。

【請求項 1 2】

前記 Puls 発光素子は、整形レンズを有している

ことを特徴とする請求項 1 から 1 1 の何れか 1 項に記載の Puls 光照射受光装置。

【請求項 1 3】

前記偏光ビームスプリッタと前記受光素子の間に、光学バンドパスフィルターを有している

ことを特徴とする請求項 1 から 1 2 の何れか 1 項に記載の Puls 光照射受光装置。

【請求項 1 4】

前記 Puls 発光素子は、近赤外線のパルス光を発する

ことを特徴とする請求項 1 から 1 3 の何れか 1 項に記載の Puls 光照射受光装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 から 1 4 までの何れか 1 項に記載の Puls 光照射受光装置を備え、

上記 Puls 光照射受光装置による Puls 光の対象物に向けての照射、および前記対象物からの反射光の受光に応じて、飛行時間を計測する

ことを特徴とする光レーダー装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光レーダー装置、および光レーダー装置に搭載される Puls 光照射受光装置に関する。特に、本発明は、主に対象物の 2 次元画像と対象物までの距離情報とからなる 3 次元イメージを取得するための光レーダー装置、および光レーダー装置に搭載される Puls 光照射受光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

3 次元イメージは、通常の写真の様な 2 次元イメージに加えて、視野内の対象物までの距離情報も含めた概念であり、近年、自動車やロボット等の周辺認識用として応用が広がっている。高精度の距離情報の計測法としては、レーザ光を照射して、対象物からレーザ光が反射して戻って来るまでの飛行時間 (Time-of-flight : T o F) を計測する方法が普及しつつある。

【0003】

視野に向けてレーザ光を照射する方法としては、ほぼ平行にコリメートし狭い範囲に照射するレーザビーム (スポットビーム) と受光装置を一体で回転させる回転式 (特許文献 1、2 参照) や、スポットビームをミラー等によってスキャンするスキャンタイプ (特許文献 3、4 参照) と、視野全体にほぼ均一にレーザビームを広げて照射する一括照射タイプとがある。一括照射タイプは、機械的な機構が必要無いため、小型化し易いが、対象物上でのレーザ光強度がスキャンタイプに比べて弱くなるため、対象物までの距離が大きくなると、信号強度が弱くなり、距離測定精度が落ちる。レーザビームを線状に整形して、一方方向のみスキャンする場合 (特許文献 3、4 参照) には、一括照射に比べれば、照射強度は改善するが、十分では無い。50 m ~ 200 m と云った遠方まで測定することを目的とした装置では、対象物上で強いビーム強度が得易いスポットビームのスキャンタイプが多く開発されている。現在の所、複数のレーザ光源と、一対一に対応する複数の受光素子を用いる回転式 (特許文献 1、2 参照) が最も多く利用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2008 / 008970 号 (2008 年 1 月 17 日公開)

【特許文献 2】国際公開第 2011 / 146523 号 (2011 年 11 月 24 日公開)

【特許文献 3】特開 2011 - 21980 号公報 (2011 年 2 月 3 日)

10

20

30

40

50

【特許文献4】特開2016-161438号公報(2016年9月5日)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述した従来技術では、以下の理由によって、光レーダー装置近傍から、遠方までを効率良く測定できないという課題がある。

【0006】

光レーダー装置は一般にレーザを対象物に照射し、その反射光を用いて飛行時間(TOF)を計測し、対象物までの距離を計測する。従って、遠方の対象物に対しては、対象物面上での光照射強度は低下せざるを得ない。特に、自動車用途では、光レーダー装置は赤道直下の真昼の太陽光の下でも動作せねばならず、強烈な背景光の下で最大測定距離を伸ばすことが重要な課題である。この課題に対しては、測定する対象領域にレーザ光を集中し、背景光に対する強度比を少しでも高める必要があり、スポットビームの発散は極力抑制しなければならない。

【0007】

特許文献2に於いて示されている様に、レーザ照射系と受光系が個別の光学系を有する場合には、対象物までの距離によっては、受光系の光軸とレーザ照射系の光軸が重ならない箇所、所謂ブラインドスポットが発生する。特許文献2では、受光系のレンズとレーザ照射系のレンズをD字型に加工し、両レンズ間の距離を接近させることを提案しているが、十分では無い。一般に、遠方でのブラインドスポットの発生を防止するためには、レーザビームの発散を大きくし、照射領域を拡大しなければならない、遠方でのレーザ照射強度の低下を招き、最大測定距離が短くなる。又、近距離ではレーザ照射される対象領域からの反射光が受光素子上に結像しないので、受光素子の上に当たる様に、特別な光学素子(レンズ、反射鏡等)を準備しなければならない、コストアップ要因となる。

【0008】

さらに、特許文献2に基づく装置では、垂直方向の解像度を上げるために、レーザ素子を実装した基板(発光基板)を16枚から64枚配置し、これと一対一に対応する同数の受光基板を配置している。発光基板の光軸と受光基板の光軸を、個々にアライメントする必要があり、極めて高精度に基板を製造し、組み立てなければならない。正しく製造したとしても、バラツキが存在するので、レーザビームの発散をある程度大きくして、多少の光軸ずれが有っても、測定できる様にしなければならない。

【0009】

一方、特許文献3では、発光素子と受光素子が一対の場合について、受光系の光軸とレーザ照射系の光軸を重ねる構成を開示している。しかし、この構成では投光光学系と受光光学系が別に設けられており、それぞれの光路で投光/受光分離部と接続されるので、投光/受光分離部が大きくなる。特に、測定距離を遠方まで伸ばすためには、受光光学系のレンズ径は大きくする必要があり、投光/受光分離部は大きな受光光学系の光路をカバーする大きさでなければならない。さらに、投光光学系と受光光学系を別々に設けるので、光学部品が増え、調整要素が増大し、製造コストが増大すると共に、全体の小型化が難しくなると言う課題がある。

【0010】

本発明の一態様は、ブラインドスポットの発生を防止し、且つ、少ない光学部品で、対象物までの距離に関わらず、対象物上に照射される光強度を高めることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の問題を解決するために、本発明の一態様に係るパルス光照射受光装置は、結像光学素子と、偏光ビームスプリッタと、パルス発光素子と、受光素子を備え、パルス光を対象物に向けて照射し、前記対象物からの反射光を受光するパルス光照射受光装置であって、前記パルス発光素子は、第1の偏光方向に直線偏光したパルス光を発し、前記パルス光は、前記偏光ビームスプリッタと前記結像光学素子とを、この順序にて通過して、前記対

10

20

30

40

50

象物を照射し、前記反射光は、前記結像光学素子と前記偏光ビームスプリッタとを、この順序にて通過して、前記第 1 の偏光方向とは異なる第 2 の偏光方向に直線偏光して、前記受光素子上に集光され、前記パルス発光素子と、前記受光素子とは、前記結像光学素子の焦点面に設けられており、前記パルス光の光軸と、前記反射光の光軸とは重なっている。

【発明の効果】

【0012】

本発明の一態様によれば、ブラインドスポットの発生を防止し、且つ、少ない光学部品で、対象物までの距離に関わらず、対象物上に照射される光強度を高めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

10

【0013】

【図 1】本発明の実施形態 1 に係る光レーダー装置の構成を示す模式図である。

【図 2】本発明の実施形態 1 に係る光レーダー装置を構成するパルス光照射・受光部の構成を示す模式図である。

【図 3】本発明の実施形態 2 に係る光レーダー装置を示す模式図である。

【図 4】本発明の実施形態 3 に係る光レーダー装置を示す模式図である。

【図 5】本発明の実施形態 4 に係るパルス光照射・受光部を示す模式図である。

【図 6】本発明の実施形態 5 に係るパルス光照射・受光部を示す模式図である。

【図 7】本発明の実施形態 6 に係る光レーダー装置を構成するパルス光照射・受光部の構成を示す模式図である。

20

【図 8】本発明の実施形態 6 に係るパルス光照射・受光部を構成するパルス発光素子を示す模式図である。

【図 9】本発明の実施形態 6 に係るパルス光照射・受光部を構成する受光素子を示す模式図である。

【図 10】本発明の実施形態 6 にかかる光レーダー装置における測定結果を示す図である。

【図 11】本発明の実施形態 7 に係るパルス光照射・受光部を構成する受光素子を示す模式図である。

【図 12】本発明の実施形態 8 に係る光レーダー装置のパルス光照射・受光部を示す模式図である。

30

【図 13】本発明の実施形態 9 に係る光レーダー装置のパルス光照射・受光部にかかる構成を示す模式図である。

【図 14】本発明の実施形態 9 に係るパルス発光素子にかかる構成を示す模式図である。

【図 15】本発明の実施形態 10 に係る光レーダー装置のパルス光照射・受光部にかかる構成を示す模式図である。

【図 16】本発明の実施形態 11 に係る光レーダー装置の構成を示す模式図である。

【図 17】本発明の実施形態 11 に係る光レーダー装置のパルス光照射・受光部にかかる構成を示す模式図である。

【図 18】本発明の実施形態 12 に係る光レーダー装置のパルス光照射・受光部にかかる構成を示す模式図である。

40

【図 19】本発明の実施例 1 に係る光レーダー装置の比較例にかかる構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の実施形態について図 1 ~ 図 18 に基づいて説明する。以下、説明の便宜上、特定の実施形態にて説明した構成と同一の機能を有する構成については、同一の符号を付記し、その説明を省略する場合がある。

【0015】

〔実施形態 1〕

(光レーダー装置)

50

図 1 ~ 図 2 に基づき、本発明の実施形態 1 に係る光レーダー装置 100 の構成について説明する。光レーダー装置 100 は、パルス光照射・受光部 10 と、制御・電源部 20 と、筐体 30 と、駆動・インターフェイス部 40 とを有している。光レーダー装置 100 は、パルス光 1 を対象物 3 に向けて照射し、対象物 3 からの反射光を受光して、飛行時間 T_oF を計測する。

【0016】

パルス光照射・受光部 10 は、パルス光 1 を対象物 3 に照射し、対象物 3 からの反射光 2 を受光する。

【0017】

制御・電源部 20 は、パルス光照射・受光部 10 へ電源を供給し、パルス光の照射と受光のタイミングを制御する。

10

【0018】

筐体 30 は、パルス光照射・受光部 10 と制御・電源部 20 を保持する。

【0019】

駆動・インターフェイス部 40 は、筐体 30 を回転させると共に、制御・電源部 20 へ電源を供給し、回転に関する同期信号を伝達する。駆動・インターフェイス部 40 は、制御・電源部 20 からの計測結果を不図示の外部装置へ出力するインターフェイスでもある。

【0020】

図 1 に座標軸を示す。一般的な用途では、Z 軸が鉛直方向、Y 軸がパルス光の照射方向、すなわち測定対象方向、X - Y 平面が水平面を指す。図 1 に示す光レーダー装置 100 は、パルス光照射・受光部 10 を回転させることによって、パルス光 1 を水平方向にスキャンする。パルス光照射・受光部 10 の回転は、360 度であってもよいし、或いは 120 度、210 度の様に、一定の範囲であってもかまわない。

20

【0021】

(パルス光照射・受光部)

図 2 は、パルス光照射・受光部 10 の模式図である。パルス光照射・受光部 10 は、図 2 に示すように、レンズ 50 と、1/4 波長板 51 と、偏光ビームスプリッタ 60 と、パルス発光素子 70 と、整形レンズ 69 と、受光素子 80 と、光学バンドパスフィルター 68 とを含む。

30

【0022】

レンズ 50 は結像光学素子として機能する。

【0023】

パルス発光素子 70 の光出射部と受光素子 80 の受光部とは、レンズ 50 の一方の焦点位置に配置されている。すなわち、パルス発光素子 70 の光出射部と受光素子 80 の受光部とは、レンズ 50 の一方の焦点面に配置されている。レンズ 50 は、パルス光 1 に対して、コリメータレンズとして機能する。また、レンズ 50 は、遠方からの反射光 2 に対しては、受光素子 80 へ反射光 2 を集光する結像レンズとして機能する。

【0024】

パルス発光素子 70 は、第 1 の偏光方向である Z 軸方向に直線偏光したパルス光を発する素子である。

40

【0025】

偏光ビームスプリッタ 60 は、Z 軸に対して 45 度傾斜し、X 軸と平行な面に境界面を有するキューブ型であり、Z 軸方向に直線偏光した、パルス発光素子 70 が発した光を透過する。

【0026】

1/4 波長板 51 は、Z 軸方向に直線偏光しているパルス光 1 を円偏光にする。したがって、パルス光 1 は、レンズ 50 から、円偏光したほぼ平行光として、対象物 3 へ照射される。対象物 3 からの反射光 2 は、レンズ 50 で集光され、偏光ビームスプリッタ 60 によって、第 2 の偏光方向である X 軸方向に直線偏光した成分が受光素子 80 へ集光される

50

。反射光 2 が円偏光である場合には、1 / 4 波長板 5 1 によって、X 軸方向の直線偏光に変えられるので、偏光ビームスプリッタ 6 0 における反射ロスが少ない。

【 0 0 2 7 】

パルス光照射・受光部 1 0 は、レンズ 5 0 の外側に、雨滴、泥、ゴミ、等の障害物の付着を防ぐための、例えばフード状の透明なカバー（不図示）を備えていてもよい。カバーは距離測定に寄与しない可視光等の光をカットするフィルター機能を有していてもよい。カバーは、このような結像光学素子であるレンズ 5 0 を保護する窓となるフード以外には、反射鏡等の他の光学素子を含まないことが好ましい。これにより、反射による光量の低下や、偏光状態の変化を防止することができる。但し、後述の実施形態 2 および実施形態 3 10
では、スキャンニング用のミラーを用いる構成を示すが、これらは回転機構を用いずにスキャンするために必須の部品であり、例外である。また、スキャンニング用のミラーとして、反射率が高い高精度のミラーを用いることで、光量の低下を最小限に抑制できる。

【 0 0 2 8 】

パルス発光素子 7 0 として、端面発光レーザチップを用いる場合には、発光層面を Z 軸と平行にし、発光光軸を Y 軸方向に設定する。端面発光レーザチップは、発光層に平行に直線偏光するので、このような設定によって、Z 軸方向に直線偏光させることができる。端面発光レーザチップから発せられる光は、ニアフィールドでは発光層に垂直な方向（X 軸方向）の発散が平行方向（Z 軸方向）の発散よりも大きいので、そのままでは、レンズ 5 0 から出射された段階に於いて、パルス光 1 のビーム径は、X 軸方向の径が Z 軸方向の径より大きくなる。そこで、パルス発光素子 7 0 は、整形レンズ 6 9 を有していてもよい。20
整形レンズ 6 9 を設け、出射時のパルス光 1 のビーム形状を円形に近付ける等の整形を行ってもよい。整形レンズ 6 9 として、例えばロッドレンズ等を用いることができる。整形レンズ 6 9 は、パルス光 1 の断面形状を円形にするので、整形レンズ 6 9 により、比較的
近傍の対象物 3 上での光照射強度を高めることができる。但し、光照射強度を高めることが重要となる遠方では、この効果は減少するので、整形レンズ 6 9 は必須の構成ではない。

【 0 0 2 9 】

パルス発光素子 7 0 として、面発光レーザチップを用いる場合も、同様に、直線偏光させた面発光レーザチップを、偏光方向が Z 軸と平行になる様に設置すればよい。この場合、発散はどの方向にもほぼ均等であるので、整形レンズ 6 9 は必要無い。30

【 0 0 3 0 】

受光素子 8 0 の前面に、光学バンドパスフィルター 6 8 を設けることが好ましい。すなわち、パルス光照射・受光部 1 0 は、偏光ビームスプリッタ 6 0 と受光素子 8 0 の間に、光学バンドパスフィルター 6 8 を有する。光学バンドパスフィルター 6 8 は、パルス光 1 の波長を透過帯の中心波長として、数 nm から数十 nm の波長透過帯幅を持つ。光学バンドパスフィルター 6 8 を設けることにより、反射光 2 の内、パルス光 1 とは異なる背景光によって発生する成分を削減し、SN 比を向上させることができる。

【 0 0 3 1 】

図 2 の構成によれば、レンズ 5 0 を光の照射と受光の両方に共用し、偏光ビームスプリッタ 6 0 を用いることで、パルス光 1 と反射光 2 が同一光路上を通過する様に構成できる。40
その結果、ブラインドスポットが発生することがない。したがって、パルス光 1 の発散を最低限に抑制し、対象物 3 上でのパルス光強度を高めることができる。また、非常に近い対象物 3 からの反射光 2 を受光素子に導くための光学素子も必要ない。しかも、光照射に関しては、パルス発光素子 7 0 が発する直線偏光を、ほぼそのまま照射できるので、光のロスが少ない。反射光についても、対象物 3 からの反射光 2 がパルス光 1 と同じ円偏光している場合には、ロスが少ない。さらに、レンズ 5 0 を共用することにより、大きなレンズを減らし、コストを低減することができる。また、偏光ビームスプリッタ 6 0 は、レンズ 5 0 の後方、すなわち対象物 3 とは逆方向に設置するので、レンズ 5 0 は、より小さなサイズの径の物を使用することができる。これにより、コストを低減することができる。

。

10

20

30

40

50

【0032】

(パルス発光素子)

パルス発光素子70は、近赤外線のパルス光を発する。パルス発光素子70は、半値幅が1nsから数百ns程度のパルス幅で発光する素子である。パルスのピークパワーは数Wから数百Wである。発光波長は用途によって決定でき、700nmから1000nm程度の赤外線であることが好ましい。人の目に見えないので、邪魔にならず、波長が長い程、動物の目に対する安全性が高いという利点がある。さらに、波長が長い程、背景光強度も低下する。特に940nmから950nm付近の波長の場合、空気中の水分による太陽光の吸収によって、強度が低下しているので好ましい。一方で、波長が1000nm以下の場合、安価なシリコン素子を受光部に使用できるという利点がある。シリコン素子は、波長が短い程、量子効率が向上するので、前記の様な背景を考慮して、900nmから、950nm付近の波長が最も好ましい。

10

【0033】

パルス光1の遠方での断面形状は、実際にレーザ光を発する領域の大きさである発光領域の形状によって決まるので、端面発光レーザチップでは発光層と平行方向に長く、垂直方向に短い、楕円形に近い形となる。面発光レーザチップを用いた場合の断面形状は、複数のレーザ発光ユニットの配置形状によって決まり、円形や正多角形等の場合が多い。

【0034】

パルス発光素子70が発する光は、遠方まで強度を落とさずに届く必要があるので、発散は極力低減する。遠方でのパルス光1の発散は、パルス発光素子70の発光領域の大きさが大きい程大きいので、発光領域は小さい方が好ましい。ここで発光領域の大きさとは、ニアフィールドで見た発光領域の最大径Pを意味する。端面発光レーザチップは、発光領域が発光層と平行方向に長く、垂直方向に短く、Pは発光層と平行方向の長さである。通常、Pは大凡リッジ幅に等しい。発光層と垂直方向の発光領域の大きさをUとすると、発光領域のアスペクト比P/Uは、 $P/U \gg 1$ である。面発光レーザチップは、発光領域が複数のレーザ発光ユニットを含む場合が多いので、各レーザ発光ユニットの発光部の大きさを表すアパーチャのサイズではなく、複数のレーザ発光ユニット全体の最大径が、発光領域の大きさPである。面発光レーザチップは、通常、 $P/U \sim 1$ である。

20

【0035】

パルス発光素子70は、発光するレーザチップと共に、それを駆動する駆動回路を含んでいることが好ましい。制御・電源部20は、パルス発光素子70が発光するための電源を供給し、発光前の充電動作や発光動作のタイミングを制御する。

30

【0036】

(レンズ)

レンズ50は、遠方まで測定するために、焦点距離fが長いことが好ましい。焦点距離fが長いと、パルス光1の発散を低減でき、遠方での光照射強度を高めることができる。さらに、パルス光1の口径が大きくなるので、単位面積当たりの光強度が低減され、クラス1の条件を満足し易くなる。結果的に、パルス光のピークパワーを高くすることで、より遠方まで測定が可能となる。また、開口径Dが大きいことが好ましい。レンズ50の集光能力が高く、遠方からの反射光2を有効に集光できる。なお、図2ではレンズ50と偏光ビームスプリッタ60の間には、1/4波長板51しか設けていないので、パルス光照射・受光部10のY軸方向の長さが、焦点距離fの長さに対応して長い。レンズ50と偏光ビームスプリッタ60との間にミラーを設け、この光路を折り曲げることができ、パルス光照射・受光部10のY軸方向の長さを短縮することができる。

40

【0037】

本実施形態では、レンズ50を照射光のコリメータレンズとして用いる一方、集光レンズとして反射光2を受光素子に集光する。パルス発光素子70の発光部の大きさP、発光部から発する光の角度分布の半値幅を、受光素子80の受光部の大きさQとすると、大凡以下の関係が成立する。ここで、受光部の大きさQは、発光領域の大きさPと同方向の受光部の長さである。

50

【0038】

レンズ50の近傍でのパルス光1の径：

$$D_0 = 2 \cdot f \cdot \sin(\theta / 2) \quad (= 1.3 \text{ cm})$$

レンズ50から遠方の距離Lでのパルス光1の径：

$$D(L) = P \cdot L / f + D_0 \quad (= 28.0 \text{ cm})$$

受光部に投影される、距離Lにある対象物3上の領域（受光領域）の径：

$$S(L) = Q \cdot L / f \quad (= 26.7 \text{ cm})$$

括弧内の数値は、 $\theta = 10$ 度、 $f = 75$ mm、 $P = 0.2$ mm、 $Q = 0.2$ mm、 $L = 100$ mの場合の値である。パルス光1の径を $D(L)$ 以下に絞ることは不可能である。反射光2の信号強度を高めるために、受光領域にできるだけ沢山のパルス光1を照射する必要がある。遠方においては、 D_0 がほぼ無視できるので、 $P \ll Q$ であれば、 $D(L) \approx S(L)$ である。したがって、受光系と照射系の光軸が合っていれば、受光領域は全体に渡って、光照射を受けており、十分な信号強度が期待できる。また、 $P > Q$ 、即ち、 $D(L) > S(L)$ であれば、受光系と照射系の光軸の不一致に対するマージンを持つことができる。逆に、 $S(L) > D(L)$ となる程に、 Q を大きくすると、パルス光1が照射されない対象物3まで受光領域に含み、不要な背景光を受光し、SN比が低下する。また、受光素子80が大きくなり、コストアップの要因となる。

10

【0039】

一方、1 m程度の近距離では、上記例では $D(1 \text{ m}) \sim D_0 = 13$ mm、 $S(1 \text{ m}) = 2.7$ mmであり、 $D(L) \gg S(L)$ であって、受光領域全体が光照射を受けている。しかし、受光系と照射系が別のレンズを有し、両者の光軸が距離M（例えば20 mm）離れて平行な場合、レンズから距離L（例えば1 m）離れた点の対象物3からの反射光2の端部は、受光素子80の中心から、 $(M - D_0 / 2) / L \cdot f \quad (= 1.0 \text{ mm})$ の距離の点を中心に到達する。デフォーカスにより、像がぼやけるとしても、これは想定される Q の大きさより遥かに大きい。このような反射光を受光するためには、受光素子の近傍に反射ミラー、レンズ等の光学素子を置いて、受光部に導く必要がある。そのような光学素子を使わないとすれば、 $M - D_0 / 2 \ll Q / 2 \cdot L / f$ でなければならない。

20

【0040】

以上の様に、本構成の様に、受光系と照射系のレンズを共通化すれば、対象物3までの距離に関係なく、受光領域全体を無駄なくパルス光1で照射することができる。特に、受光素子80の受光部の大きさ Q は、パルス発光素子70の発光部の大きさ P と、ほぼ等しいか、小さい。一般に、受光領域は、アパーチャ等で明確に区切られるので、 Q を容易に特定できる。一方、発光領域は、急峻な境界を持たない場合があるので、どの程度の発光強度の部分までを発光領域とするかが自明でない。例えば、発光領域の大きさを示すのに使用されることもある発光ピーク強度の半値幅を P として用いる場合には、 P に含まれない外側の領域においてもパルス光1は存在する。通常、半値幅の2.6倍の領域に発光が存在し、1.7倍程度の領域で、比較的強い。このため、受光部の大きさ Q と発光部の大きさ P とをほぼ等しい表現している。したがって、発光領域の大きさとしては、所謂半値幅を用いる場合には、「ほぼ等しい」は少なくとも、1.7倍程度の領域まで含む。

30

【0041】

（偏光ビームスプリッタ）

偏光ビームスプリッタ60は、図2において、2個の直角プリズムを貼り合せ、接合面に多層誘電体膜を形成したキューブ型として記述しているが、キューブ型に限定されず、プレート型であってもよい。接合面に対して、入射光のP偏光（図2ではZ軸方向の偏光）を透過し、S偏光（図2ではX軸方向の偏光）を反射する通常の偏光ビームスプリッタでよい。偏光ビームスプリッタ60は、できるだけレンズ50から離して設置することが好ましい。これにより、図2から明らかな様に、レンズ50から離れる程、偏光ビームスプリッタ60の大きさを小さくできる。

40

【0042】

（受光素子）

50

受光素子 80 は、受光部の形状が、遠方でのパルス光 1 の断面形状に近いことが好ましい。

【0043】

例えば、断面形状が楕円形状となる端面発光レーザの場合には、受光領域の形状を、楕円形状か、楕円形状をカバーする長方形とするのが好ましい。この楕円形状の受光領域の楕円の長軸方向の長さ、或いは長方形の長辺の長さを Q とし、楕円の短軸方向の長さ、或いは長方形の短辺の長さを V とする場合、アスペクト比 Q/V は、発光領域のアスペクト比 P/U と一致することが好ましい。断面形状がほぼ円形となる面発光レーザの場合は、受光領域の形状は、円形状か円形状をカバーする正方形であることが好ましい。これにより遠方の対象物 3 上のパルス光照射領域が、受光領域を無駄なくカバーできるので、背景光に対するパルス光 1 の強度比を高めることができ、より遠方まで距離測定することが可能となる。なお、上記受光領域は、実際に光電変換可能な部分を意味しており、真の受光部の周辺に配置された、ダミーパターン等は含まない。

10

【0044】

受光素子 80 は、受光部として、例えばアバランシェフォトダイオード等の光電変換素子を含む。受光部は 1 個の光電変換素子で構成してもよいし、複数を並列配置してもよい。受光部の大きさ Q は、上記の様に、パルス発光素子 70 の発光部の大きさ P 以下で有ることが好ましい。 Q を P より大きくしたとしても、パルス光 1 が照射されない対象物 3 表面からの光の検出が増え、背景光の信号が増えるだけで、最大測定距離は大きくならない。

20

【0045】

受光素子 80 の受光部を構成する材料は、シリコン、ゲルマニウム等の IV 属半導体でもよいし、 $GaAs$ 等の化合物半導体でもよい。受光素子 80 の出力は、アバランシェフォトダイオードの様に電流その物であってもよいし、 $SPAD$ の様にフォトンカウンティングしたパルス信号でもよい。上記の様に、 Q の大きさが、 P 程度から、その数分の 1 程度の大きさで、量子効率ができるだけ高いことが好ましい。

【0046】

受光素子 80 は、所定のタイミングで受光部に電源を供給して受光を開始し、受光部が出力する信号に増幅等の加工を加え、受光量の時間経過を受光信号として出力する。受光信号から飛行時間 Tof を決定する機能を有していてもよい。受光素子 80 への電源供給、およびタイミング制御は、制御・電源部 20 が行う。パルス発光後の受光開始は、パルス発光素子 70 から、直接、タイミング信号を送ってもよい。

30

【0047】

(制御・電源部、および駆動・インターフェイス部)

制御・電源部 20、および駆動・インターフェイス部 40 に関しては、公知の技術が適用できるので、詳述しない。駆動・インターフェイス部 40 が筐体 30 を所定の回転角に向け、それと同期して、制御・電源部 20 はパルス発光素子 70 をパルス発光させ、対象物 3 へパルス光 1 を照射する。パルス発光と同時に、受光素子 80 が反射光 2 の計測を始める。反射光 2 の強度がバックグラウンドレベルから有意に上昇した時点を検出し、パルス発光から前記時間までの経過時間、即ち飛行時間 Tof を計測する。この時間 T より、対象物 3 までの距離 L が、 $L = c \cdot T / 2$ ($c \sim 3E8 m/sec$: 光速) より計算される。この結果は制御・電源部 20 を経由して、駆動・インターフェイス部 40 から、回転角の情報と共に、外部へ送られる。

40

【0048】

(効果の説明)

本実施形態によれば、レンズ 50 近傍から遙か遠方まで、受光領域をパルス光 1 の照射領域により完全にカバーすることが容易であること、および、そのために満たすべき条件を説明した。また、照射系と受光系の光軸が重ならない場合には、レンズ 50 近傍の対象物 3 までの距離を測定するために、何らかの光学素子が必要となることを説明した。以下では、遠方での測定限界について説明する。

50

【0049】

本実施形態では、照射系と受光系の光軸が重なっているため、パルス光1の発散を最小限に留めることができる。しかし、照射系のコリメータレンズと受光系の集光レンズが距離M（レンズの中心間距離）離れて並置され、照射系と受光系の光軸が平行な場合、受光領域を完全に照射領域で覆うためには、照射領域の半径は、 $M + S(L) / 2$ 、従って直径は $d(L) = 2 \cdot M + S(L)$ でなければならない。レンズ50に関する説明に用いた例で計算すると、 $L = 100\text{m}$ の場合、 $d(100\text{m}) = 30.7\text{cm}$ であり、本構成による $(100\text{m}) = 28.0\text{cm}$ より、10%程度大きく、光照射強度の低下は20%程度にとどまる。また、最大測定距離は数%から10%程度低下する。

【0050】

しかし、問題は、より短距離で起きる。例えば $L = 30\text{m}$ の場合、 $d(30\text{m}) = 12.0\text{cm}$ であり、 $(30\text{m}) = 9.3\text{cm}$ の1.3倍となる。従って、この構成で10m地点の対象物3の受光領域全面を光照射しようとするれば、パルス光1の発散を大きくしなければならない。この場合のパルス光1の発散は0.20度程度必要であり、本構成の場合の0.15度の1.36倍程度である。これは遠方では、対象物3上での光照射強度が約0.54倍となることを意味している。したがって、中距離（～30m程度）の受光領域に正しく光照射しようとするれば、遠方での光照射強度が大幅に低下し、最大測定距離が30%から40%程度短くならざるを得ないことを示している。照射系と受光系の光軸を中距離で交差する様に設定することもできる。しかしながら、その場合は、遠方での受光領域と光照射領域が、上記光軸が平行な場合より離れるので、パルス光1の発散を増やさねばならない。したがって、やはり遠方の対象物3上での光照射強度が低下し、最大測定距離が大幅に低下する。

【0051】

〔実施形態2〕

図3は、実施形態2に係る光レーダー装置100aを示す。光レーダー装置100aは、回転機構ではなく、反射ミラーによって測定領域をスキャンする点が光レーダー装置100と異なる。パルス光照射・受光部10aは、パルス光照射・受光部10と同じ機能を有している。筐体30aを回転する必要がないので、小型、軽量化、低消費電力化が容易である。さらに、反射ミラーは2次元スキャンできる点が有利である。

【0052】

光レーダー装置100aは、パルス光照射・受光部10a、制御・電源部20a、ミラー35、ミラー駆動部36、及び筐体30aを有している。

【0053】

パルス光照射・受光部10aは、パルス光1を対象物3に照射し、対象物3からの反射光2を受光する。

【0054】

制御・電源部20aは、パルス光照射・受光部10aへ電源を供給し、パルス光の照射と受光のタイミングを制御する。

【0055】

ミラー35は、パルス光1の照射方向へ反射する。

【0056】

ミラー駆動部36は、ミラー35の向く方向を制御する。

【0057】

制御・電源部20aは、ミラー35の向く方向を決定し、ミラー駆動部36にミラー35の制御の指示を出す。

【0058】

また、制御・電源部20aは、計測結果を外部へ出力するインターフェイスとしても機能する。

【0059】

筐体30aは、パルス光照射・受光部10a、制御・電源部20a、ミラー35、およ

10

20

30

40

50

びミラー駆動部 36 を収納する。筐体 30 a は、パルス光 1 と反射光 2 を透過する窓を有している。窓は、雨滴、泥、ゴミ、等の障害物の付着を防ぐための、フード状の透明なカバーを有していてもよい。また、カバーは、可視光等の距離測定に寄与しない光をカットするフィルター機能を有していてもよい。

【0060】

反射光 2 は、ミラー 35 で反射されて、パルス光照射・受光部 10 a へ到達する。

【0061】

ミラー 35 が Z 軸を回転軸に回転する場合は、実施形態 1 と同様に、X - Y 面内を 1 次元スキャンする。ミラー 35 は、Z 軸回りの回転に加えて、Z 軸に直交し、X 軸と 45 度に交わる軸の回りに回転することで、Z 軸方向のスキャンをすることができる。光レーダー装置 100 a におけるパルス光照射・受光部 10 a とミラー 35 との位置関係は、図 3 に図示される位置関係に限定されず、用途に合わせて決定することができる。例えば、パルス光照射・受光部 10 a を Z 軸方向に合せ、ミラー 35 を Z 軸回りの回転と Z 軸に対する傾斜を制御することで、X - Y 面内で 360 度をカバーし、Z 軸方向に所定の角度を振ることができる、広範囲の領域の測定をすることができる。ミラー 35 は、ガルバノミラーであってもよいし、MEMS ミラーであってもよい。

10

【0062】

本実施形態に係る光レーダー装置 100 a は、偏光ビームスプリッタ 60 を備えることで、レンズ 50 を照射系と受光系で共有できる。また、光レーダー装置 100 a は、照射系と受光系との光軸を重ねることで、ブラインドスポットの発生を防止すると共に、パルス光 1 の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。また、光レーダー装置 100 a は、2 次元スキャンができ、小型化し易い。

20

【0063】

〔実施形態 3〕

図 4 は、実施形態 3 に係る光レーダー装置 100 b を示す。光レーダー装置 100 b は、回転機構ではなく、ポリゴンミラーによって測定領域をスキャンする点が光レーダー装置 100 と異なる。パルス光照射・受光部 10 b は、パルス光照射・受光部 10 と同じ機能を有している。筐体 30 b を回転する必要がないので、小型、軽量化、低消費電力化が容易である。ポリゴンミラーは、2 次元スキャンできる点で有利である。

【0064】

光レーダー装置 100 b は、パルス光照射・受光部 10 b、制御・電源部 20 b、ポリゴンミラー 35 b、ミラー駆動部 36 b、及び筐体 30 b を有している。

30

【0065】

パルス光照射・受光部 10 b は、パルス光 1 を対象物 3 に照射し、対象物 3 からの反射光 2 を受光する。

【0066】

制御・電源部 20 b は、パルス光照射・受光部 10 b へ電源を供給し、パルス光の照射と受光のタイミングを制御する。

【0067】

ポリゴンミラー 35 b は、パルス光 1 の照射方向へ反射する。

40

【0068】

ミラー駆動部 36 b は、ポリゴンミラー 35 b の回転を制御する。

【0069】

制御・電源部 20 b は、ポリゴンミラー 35 b の向く方向を決定し、ミラー駆動部 36 b にポリゴンミラー 35 b の制御の指示を出す。

【0070】

また、制御・電源部 20 b は、計測結果を外部へ出力するインターフェイスとしても機能する。

【0071】

筐体 30 b は、パルス光照射・受光部 10 b、制御・電源部 20 b、ポリゴンミラー 3

50

5 b、およびミラー駆動部 3 6 b を収納する。筐体 3 0 b は、パルス光 1 と反射光 2 を透過する窓を有している。窓は、雨滴、泥、ゴミ、等の障害物の付着を防ぐための、フード状の透明なカバーを有していてもよい。また、カバーは、距離測定に寄与しない可視光等の光をカットするフィルター機能を有していてもよい。

【 0 0 7 2 】

反射光 2 は、ポリゴンミラー 3 5 b によって反射されて、パルス光照射・受光部 1 0 b へ到達する。ポリゴンミラー 3 5 b のミラー面の傾斜角が一定であり、Z 軸を回転軸に回転する場合は、実施形態 1 と同様に、X - Y 面内を 1 次元スキャンする。ポリゴンミラー 3 5 b の各ミラー面の Z 軸に対する傾斜角度を異なる角度に設定すると、Z 軸方向に異なる複数の角度で、水平スキャンをすることができる。光レーダー装置 1 0 0 b におけるパルス光照射・受光部 1 0 b とポリゴンミラー 3 5 b との位置関係は、図 3 に示す位置関係に限定されず、用途に合わせて決定することができる。

10

【 0 0 7 3 】

本実施形態に係る光レーダー装置 1 0 0 b は、偏光ビームスプリッタ 6 0 を備えるので、レンズ 5 0 を照射系と受光系で共有できる。また、光レーダー装置 1 0 0 b は、両者の光軸を重ねるので、ブライندスポットの発生を防止すると共に、パルス光 1 の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。また、光レーダー装置 1 0 0 b は、2 次元スキャンができ、小型化し易い。

【 0 0 7 4 】

〔実施形態 4〕

図 5 は、実施形態 4 に係る光レーダー装置 1 0 0 j を示す。光レーダー装置 1 0 0 j のパルス光照射・受光部 1 0 j は、パルス光照射・受光部 1 0 に対して、パルス発光素子 7 0 j と受光素子 8 0 の配置位置が異なる点以外は同じである。パルス発光素子 7 0 j は、X 軸方向に直線偏光した光を放出する様に配置される。受光素子 8 0 は、Z 軸方向に直線偏光した光を受光する。本実施形態においても、実施形態 1 と同様の効果を奏する。

20

【 0 0 7 5 】

〔実施形態 5〕

図 6 は、実施形態 5 に係る光レーダー装置 1 0 0 k を示す。光レーダー装置 1 0 0 k のパルス光照射・受光部 1 0 k は、パルス光照射・受光部 1 0 に対して、偏光ビームスプリッタ 6 0 k の特性が異なる。すなわち、X 軸方向に直線偏光した光を透過し、Z 軸方向に平行に偏光した光を反射する。したがって、パルス発光素子 7 0 k は、X 軸方向に直線偏光した光を放出する様に配置される。受光素子 8 0 は、Z 軸方向に直線偏光した光を受光する。本実施形態においても、実施形態 1 と同様の効果を奏する。

30

【 0 0 7 6 】

なお、偏光ビームスプリッタ 6 0 k に限らず、異なる偏光特性の偏光ビームスプリッタを用いてもよい。また、偏光方向も限定されない。いずれの組合せによっても、照射系と受光系で共有し、両者の光軸を重ねることで、ブライندスポットの発生を防止すると共に、パルス光 1 の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。光レーダー装置の大きさや形状等の要因に基づいて、最適な構成を選択することができる。

【 0 0 7 7 】

〔実施形態 6〕

図 7 は、実施形態 6 に係るパルス光照射・受光部 1 0 c を示す。本実施形態に係るパルス光照射・受光部 1 0 c は、パルス発光素子 7 0 c が複数の発光部を含み、受光素子 8 0 c が複数の受光部を含む点が上記実施形態と異なる。

40

【 0 0 7 8 】

実施形態 1 に係る光レーダー装置 1 0 0 は、レンズ 5 0 を照射系と受光系で共有し、両者の光軸を重ねることで、ブライندスポットの発生を防止すると共に、パルス光 1 の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。しかしながら、単チャンネル構成であるので、解像度を上げることににおいては不利であった。そこで、本実施形態では、多チャンネル化し、測定点を増やして、解像度を上げる。レンズ 5 0 を照射系と受光系で共

50

有し、両者の光軸を重ねる点、そのために偏光ビームスプリッタ60、1/4波長板51、光学バンドパスフィルター68、整形レンズ69cを用いる点は上記実施形態と同様である。

【0079】

多チャンネル化の一例として、パルス発光素子70cの発光部と受光素子80cの受光部とを、一対一で対応させる場合がある。この場合、発光部の各々について、光軸を対応する受光部の光軸を合わせる必要がある。単体の発光部と単体の受光部を対応させるには、ミクロンオーダーの精度での位置合わせが必要であり、光レーダー装置の小型化を進める程、大きな問題である。この点の改善が本実施形態の目的である。

【0080】

図8は、パルス発光素子70cの模式図である。図8の(a)は正面図であり、(b)は上面図である。図8では、8個の発光部78-1~8を有する場合を例に説明するが、発光部78の個数は2個以上であればよい。

【0081】

パルス発光素子70cは、複数の発光部78-1~8をモノリシックに集積している。

【0082】

図8の(a)に示すように、N層71は、N型GaAs基板及びその上に成長されたN型層を含む。N層71の上に発光層72、P層73が順次エピタキシー成長されている。発光層72は、発光部78-1~8を含む。各発光部78-1~8に対応して、リッジ77-1~8、P電極76-1~8が形成されている。各リッジ77-1~8は、間隔Rで、等間隔で、互いに平行に配置されている。各リッジ77-1~8間は、絶縁膜74に覆われている。

【0083】

図8の(b)に示すように、リッジ77-1~8の中心線は、端面79F、端面79Bと直交する。なお、端面79Fから、光照射方向の矢印の方向に光が射出される。パルス発光素子70cは、照射系の光軸に対して端面79Fが垂直で、リッジ77-1~8が平行になる様に設置される。

【0084】

発光部78-m(mは1から8の何れかの整数)の光軸からの距離をZmとする。図8では発光部78-3が光軸上に有る場合を例示している。すなわち、 $Z_m = (m - 3) \cdot R$ になる。発光部78-mから発した光は、整形レンズ69c、偏光ビームスプリッタ60、1/4波長板51、レンズ50を通して、対象物3に照射されるが、レンズ50の光軸からZ軸方向に互いに異なる角度で照射される。発光部78-mから発したパルス光をパルス光1-mとし、パルス光1-mの進行方向がY軸となす角度をAmとすると、 $\tan(A_m) = Z_m / f$ の関係にある。N層71の発光層72の形成面の反対面には、N電極75が形成されている。各発光部78-mは、対応するP電極76-mと、共通のN電極75との間に電流を流すことで発光を生じる。ここでは、順次発光を想定している。

【0085】

図8では図示を省略するが、パルス発光素子70cは、各発光部78-mの駆動回路を含むことができる。制御・電源部20cは、各発光部78-mが発光するための電源を供給し、発光前の充電動作や発光動作のタイミングも制御する。

【0086】

図9は、受光素子80cの模式図である。図8に示すパルス発光素子70cと同様に、図9では、8個の受光部81-1~81-8を示す。受光部81-mは、間隔Rで、等間隔に配置されている。各受光部81-mは、受光制御部82-mを有する。受光制御部82-mは、受光部81-mに電源を供給し、受光部81-mの出力信号を増幅、加工し、飛行時間を計測する計測回路83へ伝達する。計測回路83は、各受光部81-m毎の飛行時間ToFmを求め、制御・I/O・電源部84へ送る。

【0087】

制御・電源部20cは、受光素子80cへの電源供給、および受光のタイミング制御を

10

20

30

40

50

行う。パルス発光素子 70c は、パルス発光後の受光開始のタイミング信号を、直接受光素子 80 へ送ってもよい。

【0088】

図 9 に示すように、受光素子 80c は、受光部の中心線 85 がレンズ 50 の光軸と平行となる様に、Z 軸に対して垂直に設置される。図 8 のパルス発光素子 70c と一対一に対応させるために、受光系の光軸の中心が受光部 82 - 3 の中心にくる様に配置される。受光部 82 - m の受光系の光軸の中心を基準にした座標 Y_m は、 $Y_m = (m - 3) \cdot R$ で表すことができる。

【0089】

パルス発光素子 70c や受光素子 80c をモノリシックに形成する場合、発光部 78 - m や受光部 81 - m の位置関係はリソグラフィ技術の精度によって決まるので、非常に高精度に製造することができる。本実施形態では、個々の発光部や受光部の様な小さな部品を、個別に高精度に設置する必要がない。個別の発光部や受光部に比べれば遥かに大きいパルス発光素子 70c や受光素子 80c を高精度に設置すればよいので、パルス光照射・受光部 10c の製造は桁違いに容易である。特に、高解像度化するために、発光部や受光部の数を 16 個、32 個、64 個と増やす場合には、効果がより顕著になる。したがって、本実施形態に係る構成は、パルス光照射・受光部 10c の製造が容易であり、不良の発生が抑制され、低コストで生産することができる。

10

【0090】

パルス発光素子 70c の個々の発光部 78 - m の大きさと、受光素子 80c の対応する受光部 81 - m の大きさは、実施形態 1 で述べた関係が成立することが好ましい。すなわち、発光部 78 - m の大きさ P_m 、受光部 81 - m の大きさ Q_m に対しては、 Q_m は P_m とほぼ等しいか、小さいことが好ましい。また、発光部 78 - m のアスペクト比 (P/U)_m、受光部 81 - m のアスペクト比 (Q/V)_m は、ほぼ等しいことが更に好ましい。これにより、遠方の対象物 3 上のパルス光の照射領域が、受光領域を無駄なくカバーできるので、背景光に対するパルス光 1 の強度比を高めることができ、より遠方まで距離測定することができる。

20

【0091】

なお、パルス発光素子 70c や受光素子 80c として、図 8 及び図 9 にそれぞれ示す 1 個のデバイスを複数配置してもよい。例えば、図 8 に示す 8 個の発光部を有する発光デバイスを 2 個、直列に並べると、合計 16 個の発光部を有するパルス発光素子として使用することができる。同様に、図 9 に示す 8 個の受光部を有する受光デバイスを 2 個、直列に並べると、合計 16 個の受光部を有する受光素子として使用することができる。各デバイスを 1 個のみ使う場合に比べ、工数は 2 倍となるが、16 個の発光部、受光部を有するデバイスを開発することなく、容易に 2 倍の解像度を有するパルス発光素子、受光素子を製造することができる。また、この様な使用方法を可能とするために、端部のリッジ 77 - 1 及び 77 - 8 の中心から、チップの端部までの距離は $R/2$ 以下であることが好ましく、端部の受光部 81 - 1 及び 81 - 8 の中心から、チップの端部までの距離は $R/2$ 以下で有ることが好ましい。

30

【0092】

本実施形態に係る光レーダー装置 100c は、照射系と受光系でレンズ 50 を共有し、両者の光軸を重ねることで、ブラインドスポットの発生を防止すると共に、パルス光 1 の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。さらに、本実施形態に係る光レーダー装置 100c は、角度分解能を向上するための複数発光部、複数受光部を有しており、特に製造方法が容易であるという特徴を有している。

40

【0093】

本実施形態では、パルス発光素子 70c の発光部 78 - m の配置ピッチは一定とする。したがって、受光素子 80c の受光部 81 - m の配置ピッチも一定である。しかし、配置ピッチは必ずしも一定である必要は無く、様々な変更が可能である。例えば、視野の中心部では、分解能を高くし、周辺部では分解能を低くするという目的で、隣接する発光部の

50

距離を、パルス発光素子 70c の中央部では周辺部より、短くすることができる。その際に、受光素子 80c の受光部 81-m の座標 Ym は、対応する発光部 78-m の座標 Zm と、等しくなければならない。

【0094】

本実施形態では、パルス発光素子 70c の発光部 78-m と受光素子 80c の受光部 81-m は、一対一対応している場合を示したが、1対2等の構成も可能である。例えば、角度分解能を非常に高めたい場合、発光部 78-m に対して、受光部 81-ma、81-mb、81-mc、等である。

【0095】

〔実施形態7〕

実施形態7に係る光レーダー装置 100d は、実施形態6に係る光レーダー装置 100c と同様の構成であり、相違点は、パルス光照射・受光部 10d に備わる受光素子 80d にある。

【0096】

図11は、本実施形態に係る受光素子 80d の構成を示す模式図である。受光部 81d-1~8 及び受光制御部 82d-1~8 が複数個（図11では8個）有る点は、受光素子 80c と同じであり、計測回路 83d-1~8 が受光部 81d-1~8 に対応して複数（図11では8個）準備されている点が、相違点である。受光素子 80d は、複数の計測回路 83d-1~8 を有し、複数の計測回路 83d-1~8 の各々は、複数の受光部 81d-1~8 の何れかと対応する。本実施形態に係るパルス発光素子の外観は図8に示すパルス発光素子 70c と同様であるが、本実施形態においては、複数個（本実施形態では8個）の発光部が同時発光できる。また、受光部 81d-1~8 も同時受光が可能である。実施形態6においては、発光部と受光部との対は、一対ずつ順番に動作していたが、本実施形態においては、発光部と受光部との対が同時に動作することができる。これにより、測定時間を短縮することができる。また、測定回数を増やした場合、測定結果の加算平均により、測定精度を向上させることができる。

【0097】

〔実施形態8〕

図12は、実施形態8に係るパルス光照射・受光部 10e を示す。実施形態8に係る光レーダー装置 100e は、実施形態6に係る光レーダー装置 100c と同様の構成であり、相違点は、パルス光照射・受光部 10e が 1/4 波長板を有していない点である。したがって、パルス光 1e-1~8 は図12に示す Z 軸方向に直線偏光している。受光素子 80e が受光する反射光 2e-1~8 は図12に示す X 軸方向に直線偏光している。すなわち、パルス光の偏光方向と反射光の偏光方向とは直交している。その他の点は、本実施形態に係る光レーダー装置 100e は、実施形態6に係る光レーダー装置 100c と同様である。

【0098】

受光素子 80e の受光光量は、実施形態6に係る光レーダー装置 100c の場合に比べれば、おおよそ半減するが、背景光の受光量も同様に減るので、SN比自身が大幅に悪化する訳ではない。本実施形態においては、受光素子 80e の受光部の面積を増やしたり、量子効率を向上したりする感度向上策を加えて、SN比を回復するとよい。本実施形態によれば、パルス光 1e-1~8 の鏡面反射光をカットできる。これにより、雨滴、霧、雪等の様に、鏡面反射強度が強い降雨の影響を除外できる。

【0099】

〔実施形態9〕

図13は、実施形態9に係る光レーダー装置 100f を示す。実施形態9に係る光レーダー装置 100f は、実施形態8に係る光レーダー装置 100e と同様の構成であり、図13に示すように、相違点は、受光素子 80f とパルス発光素子 70f の配置が入れ替わった点である。したがって、パルス発光素子 70f が Z 軸に直交して配置され、受光素子 80f が Y 軸に直交して配置される。パルス発光素子 70f は、X 軸方向に直線偏光した

10

20

30

40

50

光を発生し、パルス光 $f - 1 \sim 8$ は X 軸と平行方向に直線偏光している。受光素子 $80f$ が受光する反射光 $2f - 1 \sim 8$ は、Z 軸方向に直線偏光している。但し、パルス発光素子 $70f$ は、図 8 に示す構成では、Y 軸方向に直線偏光してしまうので、図 14 に示す構造とした。

【0100】

本実施形態と実施形態 8 の相違点は、受光する反射光 $2f - 1 \sim 8$ の直線偏光の偏光方向が、Z 軸方向である点である。強い太陽光下では、対向車等の道路上のさまざまな物体から、非常に強い反射光が向かってくる場合が頻発する。このような反射光は、太陽光の高度が高い場合には、主に水平方向に直線偏光している。したがって、垂直方向に直線偏光した反射光 $2f - 1 \sim 8$ を受光することで、このような太陽光の強い反射を除外し、S/N 比を改善できる。

10

【0101】

パルス発光素子 $70f$ は、図 14 の (a)、および (b) に示すように、複数のレーザーチップ $95 - m$ が、基板 $90 - m$ の上に搭載され、ピッチ R で枠体 96 に固定されている。図 14 の (c) は、各発光素子の拡大図を示す。レーザーチップ $95 - m$ は、端面発光レーザーである。基板 $90 - m$ 上に N 配線 $91 - m$ と P 配線 $92 - m$ とが基板 $90 - m$ の長手方向 (Z 軸方向) に配置され、その上に接続材 93 を介して、端面発光レーザーチップがフェイスダウンで接続されている。端面発光レーザーチップは、図 14 (c) に示すように、GaAs 基板を含む N 層 $71f - m$ 、発光層 $72f - m$ 、P 層 $73f - m$ が積層されている。N 電極 $75f - m$ は、エピ成長面の一部が N 層 $71f - m$ までエッチングされて露出した N 層 $71f - m$ 上と、その反対側の面の 2 か所に形成されている。P 電極 $76f - m$ は、P 層 $73f - m$ の領域に形成されたリッジ $77f - m$ の上に形成されている。N 電極 $76f - m$ 及び P 電極 $76f - m$ が半導体層と接続する部分以外の表面は絶縁膜 $74f - m$ によって覆われている。発光層 $72f - m$ のリッジ $77f - m$ 部分が発光部 $78f - m$ である。図 14 の (b) に示す後方において、図示を省略するが、N 配線 $91 - m$ と P 配線 $92 - m$ が外部の駆動回路に接続される。なお、基板 $90 - m$ を大きくした場合、レーザーチップ $95 - m$ の駆動回路の一部、または全部を配置することができる。

20

【0102】

レーザーチップ $95 - m$ は、横幅が $250 \mu\text{m}$ 、長さが $500 \mu\text{m}$ 、厚さが $100 \mu\text{m}$ である。基板 $90 - m$ は、厚さが $100 \mu\text{m}$ 、幅が $1500 \mu\text{m}$ 、長さが $2000 \mu\text{m}$ である。ピッチ R は $350 \mu\text{m}$ である。

30

【0103】

なお、図 14 ではパルス発光素子 $70f$ として、端面発光レーザーチップをモジュール化する構成を示したが、面発光レーザー 8 個をピッチ R で直線状 (Y 軸方向) に並べて配置し、モノリシックに形成しても良い。その際、個々の面発光レーザーを構成する複数の発光ユニットは X 軸方向に直線偏光する様に構成する。

【0104】

〔実施形態 10〕

実施形態 10 にかかる光レーダー装置は、実施形態 6 の光レーダー装置 $100c$ と同様の構成であるが、パルス光照射・受光部 $10g$ が、結像光学素子として、レンズ 50 の代わりに、軸外れ反射鏡 55 を使用している点が異なる。

40

【0105】

図 15 は、実施形態 10 に係るパルス光照射・受光部 $10g$ の模式図である。1/4 波長板 51 、偏光ビームスプリッタ 60 、整形レンズ $69g$ を介して、軸外れ反射鏡 55 の焦点位置に、パルス発光素子 $70g$ を設置する。また、1/4 波長板 51 、偏光ビームスプリッタ 60 、光学バンドパスフィルター 68 を介して、軸外れ反射鏡 55 の焦点位置に、受光素子 $80g$ を配置する。

【0106】

本実施形態では、照射系と受光系で結像光学素子である軸外れ反射鏡 55 を共有し、両者の光軸を重ねたので、ブラインドスポットの発生を防止すると共に、パルス光 $1g - m$

50

の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。さらに、角度分解能を向上するための複数の発光部、複数の受光部を有しており、特に製造方法が容易である。

【0107】

〔実施形態11〕

図16は、実施形態11に係る光レーダー装置100hの模式図である。実施形態11に係る光レーダー装置100hは、上記実施形態に係る光レーダー装置と異なり、パルス光照射・受光部10hがパルス光の走査機能を含んでいる。

【0108】

図16に示すように、光レーダー装置100hは、パルス光照射・受光部10hと、制御・電源部20hと、筐体30hとを含んでいるが、回転機構、反射ミラー等のパルス光走査機能を含まなくてもよい。

10

【0109】

図17は、実施形態11に係るパルス光照射・受光部10hの構成を示す。偏光ビームスプリッタ60と結像光学素子であるレンズ50との間に、可動ミラーである反射鏡65を有し、これによって、パルス光1h-mをX-Y面内で振ることができる。本実施形態のように走査機能をパルス光照射・受光部10hに取り込んだ場合でも、レンズ50を照射系と受光系で共有し、両者の光軸を重ねることにより、ブライندスポットの発生を防止することができる。また、パルス光1の発散を最低限にとどめ、最大測定距離を伸ばすことができる。さらに、複数の発光部と複数の受光部とを有することで、Z軸方向に角度分解能を持たすことができる上に、X-Y面内を走査することが可能となり、モーターによる回転機構や、大きなミラー等を用いずに、2次元測定ができる。

20

【0110】

パルス光照射・受光部10hは、反射鏡65と、反射鏡65の回転角度を制御するミラー駆動部36hを有する点と、反射鏡65によって光路が90度変更される点以外は、実施形態6に係るパルス光照射・受光部10cと同様である。反射鏡65は、例えばZ-Y面内で、Z軸と45度で交わる回転軸66の回りを回転し、パルス光1h-mをX軸方向にスキャンすることができる。光路の変更によって、偏光ビームスプリッタ60の配置も90度変更され、パルス発光素子70hがZ軸と垂直に配置され、受光素子80hがY軸と垂直に配置される。図17において、1/4波長板51は、反射鏡65とレンズ50の間に配置されているが、反射鏡65と偏光ビームスプリッタ60の間に配置されてもよい。

30

【0111】

反射鏡65の回転範囲が $\pm G$ (度)、反射鏡65の反射面の中心位置がレンズ50の焦点位置からの光路長 k の位置にある場合、パルス光1h-mのスキャン範囲は、大凡、 $k/f \cdot G$ となる。したがって、反射鏡65によるスキャン範囲を広く取りたい場合には、レンズ50の近傍に置くことが好ましい。例えば、実施形態6と同じ焦点距離40mm、 $F=1.8$ (開口径22.2mm)のレンズ50を用い、 $G=20$ 度、 $k=30$ mmの場合、スキャン範囲は ± 15 度となる。この場合、反射鏡65の反射面は短径17mm、長径24mm程度の楕円面が必要となる。本構成では、光レーダー装置100cの様に広範囲をスキャンすることは難しいが、比較的狭い範囲ながら、2次元領域を測定できる小型の光レーダー装置を提供することができる。スキャン範囲が更に狭くてもよい場合には、レンズ50からできるだけ離し、反射鏡65の面積を小さくして、スキャンスピードを上げ、コストを低減することができる。

40

【0112】

〔実施形態12〕

図18は、実施形態12に係るパルス光照射・受光部10iの構成を示す。実施形態12に係るパルス光照射・受光部10iは、複数の反射鏡を有する点で、実施形態11に係るパルス光照射・受光部10hと異なる。この異なる点により、パルス光の走査範囲をより広範囲にすることができる。

【0113】

50

本実施形態では、複数の反射鏡を含み、反射鏡 65 に加えて、反射鏡 67 を含む。反射鏡 67 の回転軸 68 は、反射鏡 65 の回転軸 66 と平行である。反射鏡 67 が最大角まで振れた後、反射鏡 65 を更に振ることで、スキャン範囲を拡大することができる。

【0114】

〔まとめ〕

本発明の態様 1 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）は、結像光学素子（レンズ 50）と、偏光ビームスプリッタ 60 と、パルス発光素子 70 と、受光素子 80 を備え、パルス光 1 を対象物 3 に向けて照射し、前記対象物 3 からの反射光 2 を受光するパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）であって、前記パルス発光素子 70 は、第 1 の偏光方向に直線偏光したパルス光を発生し、前記パルス光 1 は、前記偏光ビームスプリッタ 60 と前記結像光学素子（レンズ 50）とを、この順序にて通過して、前記対象物 3 を照射し、前記反射光 2 は、前記結像光学素子（レンズ 50）と前記偏光ビームスプリッタ 60 とを、この順序にて通過して、前記第 1 の偏光方向とは異なる第 2 の偏光方向に直線偏光して、前記受光素子 80 上に集光され、前記パルス発光素子 70 と、前記受光素子 80 とは、前記結像光学素子（レンズ 50）の焦点面に設けられており、前記パルス光 1 の光軸と、前記反射光 2 の光軸とは重なっている。

10

【0115】

上記の構成によれば、ブラインドスポットの発生を防止し、且つ、少ない光学部品で、対象物までの距離に関わらず、対象物上に照射される光強度を高めることができる。

【0116】

本発明の態様 2 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）は、上記態様 1 において、前記受光素子 80 の受光部 81 の大きさと前記パルス発光素子 70 の発光領域の大きさはほぼ等しい、または、前記受光素子の受光部の大きさは前記パルス発光素子の発光領域の大きさより小さくてよい。

20

【0117】

上記の構成によれば、対象物 3 が遠方であっても、対象物 3 上のパルス光の照射領域が、受光領域を無駄なくカバーすることができる。

【0118】

本発明の態様 3 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10c）は、上記態様 1 において、前記パルス発光素子 70c は複数の発光部 78 を有し、前記受光素子 80c は複数の受光部 81 を有し、前記複数の発光部 78 の各々は、前記複数の受光部 81 の何れかと、一対一に対応している。

30

【0119】

上記の構成によれば、角度分解能が向上する。

【0120】

本発明の態様 4 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）は、上記態様 3 において、前記複数の受光部 81 の各々は、大きさが、対応する前記発光部 78 の発光領域の大きさとほぼ等しい、または、対応する前記発光部の発光領域の大きさより小さくてよい。

【0121】

上記の構成によれば、態様 2 と同様の効果を奏する。

40

【0122】

本発明の態様 5 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）は、上記態様 3 または 4 において、前記複数の受光部 81 の各々の配置ピッチが一定であってもよい。

【0123】

上記の構成によれば、分解能が一定になる。

【0124】

本発明の態様 6 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 10）は、上記態様 3 から 5 において、前記パルス発光素子 70 は、前記複数の発光部 78 をモノリシック

50

に集積していてもよい。

【 0 1 2 5 】

上記の構成によれば、高精度に製造することができる。

【 0 1 2 6 】

本発明の態様 7 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 3 から 6 において、前記受光素子 8 0 は、複数の計測回路 8 3 を有し、当該複数の計測回路 8 3 の各々は、前記複数の受光部 8 1 の何れかと対応してもよい。

【 0 1 2 7 】

上記の構成によれば、測定時間を短縮することができ、また、測定回数を増やした場合、測定精度を向上させることができる。

10

【 0 1 2 8 】

本発明の態様 8 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 7 において、前記偏光ビームスプリッタ 6 0 と前記対象物 3 との間に設けられ、前記パルス光を円偏光させる 1 / 4 波長板 5 1 を備え、前記パルス光は円偏光状態で、前記対象物 3 に向けて照射されてもよい。

【 0 1 2 9 】

上記の構成によれば、偏光ビームスプリッタ 6 0 における反射ロスが少ない。

【 0 1 3 0 】

本発明の態様 9 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 7 において、前記パルス光 1 は直線偏光状態で、前記対象物 3 に向けて照射されてもよい。

20

【 0 1 3 1 】

上記の構成によれば、光のロスが少ない。

【 0 1 3 2 】

本発明の態様 1 0 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 9 において、前記偏光ビームスプリッタ 6 0 と前記結像光学素子（レンズ 5 0）の間に、可動ミラーを含んでもよい。

【 0 1 3 3 】

上記の構成によれば、パルス光 1 を水平面内で振ることができる。

【 0 1 3 4 】

本発明の態様 1 1 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 1 0 において、前記結像光学素子がレンズ 5 0 であってもよい。

30

【 0 1 3 5 】

上記の構成によれば、平行光にすることができる。

【 0 1 3 6 】

本発明の態様 1 2 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 1 1 において、前記パルス発光素子 7 0 は、整形レンズ 6 9 を有していてもよい。

【 0 1 3 7 】

上記の構成によれば、Z 軸方向の発散を X 軸方向の発散並に抑えることができる。

40

【 0 1 3 8 】

本発明の態様 1 3 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 1 2 において、前記偏光ビームスプリッタ 6 0 と前記受光素子 8 0 の間に、光学バンドパスフィルター 6 8 を有していてもよい。

【 0 1 3 9 】

上記の構成によれば、反射光 2 の内、パルス光 1 とは異なる背景光によって発生する成分を削減し、SN 比を向上させることができる。

【 0 1 4 0 】

本発明の態様 1 4 に係るパルス光照射受光装置（パルス光照射・受光部 1 0）は、上記態様 1 から 1 3 において、前記パルス発光素子 7 0 は、近赤外線のパルス光を発してもよ

50

い。

【0141】

上記の構成によれば、人の目に見えないので、邪魔にならず、波長が長い程、動物の目に対する安全性が高い。

【0142】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

10

【実施例1】

【0143】

本発明の一実施例について以下に説明する。

【0144】

以下の構成で、実施形態1に係る光レーダー装置の最大測定距離を求めた。パルス発光素子70は、発光波長が905nm、ピークパワーが31W、パルス幅が6nsecである。端面発光レーザチップの発光領域の大きさは、 $P = 200\mu\text{m}$ 、 $U = 10\mu\text{m}$ であった。ニアフィールドの光の発散角度をX軸方向10度、Z軸方向に25度であった。受光素子80の受光部は、直径230 μm 、感度55A/Wのアバランシェフォトダイオードであった。光学バンドパスフィルター68として、透過帯中心波長905nm、透過帯幅45nmの干渉フィルターを用いた。レンズ50は焦点距離75mm、 $F2.8$ （開口径26.8mm）であり、レンズ50通過後のパルス光の発散角は0.15度程度であった。偏光ビームスプリッタ60は、一辺の長さが15mmのキューブ型を用い、その中心がレンズ50から40mmの位置に設置した。受光素子80は、光学バンドパスフィルター68、1/4波長板51、及び偏光ビームスプリッタ60を介して、レンズ50の焦点位置に設置した。同様に、パルス発光素子70は、整形レンズ69、1/4波長板51、及び偏光ビームスプリッタ60を介して、レンズ50の焦点位置に設置した。対象物3として、反射率50%の板を用いて、晴天下で測定を行った。

20

【0145】

アバランシェフォトダイオードの出力電流は、暗電流0.6nA、バックグラウンド電流1.3 μA 、120m地点での対象物3からの反射光2による電流は11 μA と、バックグラウンド電流より十分高く、反射光2を検出できた。求めた飛行時間ToFは、799nsecと、誤差の範囲で正しい距離と一致した。また、受光素子80の受光部は円形であり、パルス発光素子70の発光領域の形状と一致していなかったため、受光部中央の前面に30 μm 幅の帯状開口部を有するメタルマスクを設置してみた。この場合には、反射光2による電流は変わらなかったが、バックグラウンド電流が0.2 μA へ低下し、SN比は向上した。これにより最大測定距離を180mへ伸ばすことができた。

30

【0146】

〔比較例〕

実施例1に対して、図19に示すパルス光照射・受光部10xの様に、光照射系と受光系で結像光学素子を共有しない、構成も可能である。即ち、受光系には受光レンズ50xがあり、照射系にはコリメータレンズ52があり、その前方に偏光ビームスプリッタ60xと1/4波長板5xが配置されている。この構成によっても、パルス光1xと受光する反射光2xの光軸を一致させ、ブラインドスポットの発生を防止することができる。しかし、遠方の対象物3からの反射光2xを捕えるためには、受光レンズ50xの口径が大きくなければならず、偏光ビームスプリッタ60xや1/4波長板51xも、受光レンズ50xの口径に合わせて大きくする必要があり、これらの光学素子は高価で大きなスペースが必要となる。本構成では偏光ビームスプリッタ60xの後方で、受光レンズ50xやコリメータレンズ52の焦点距離分のスペースを確保しなければならない。従って、パルス光照射・受光部10xは、大きく、高価な物にならざるを得ない。それに比べ、実施例1

40

50

の構成では、より少ない部品数、より小さく低コストの部品によって、よりコンパクトにできると言う利点がある。

【実施例 2】

【0147】

本発明の他の実施例について以下に説明する。

【0148】

次の構成で、実施形態 6 に係る光レーダー装置 100c の最大測定距離を求めた。パルス発光素子 70c は各リッジ 77-1~8 の幅は 200 μm 、リッジの配置ピッチは $R = 350 \mu\text{m}$ 、各発光部 78-1~8 の発光波長 $905 \text{nm} \pm 1 \text{nm}$ 、ピークパワー $31 \text{W} \pm 1 \text{W}$ であった。パルス幅 6 nsec で駆動する。整形レンズ 69c として、一本のロッドレンズを用い、発光層 72 の前面に配置した。レーザチップからの発光の発散角度を X 方向、Z 方向共に 10 度とした。受光素子 80c はシリコン基板に形成されており、受光部 81-1~8 は、発光部の配置ピッチと同じ $R = 350 \mu\text{m}$ で配置されている。各受光部 81-m は、4 μm 径の SPAD を 128 個配置している。SPAD は一辺 144 μm の四角形の領域に配置した。この SPAD の量子効率 15% 、 $D_{\text{a e d t i m e}}$ は 20 nsec であった。光学バンドパスフィルター 68 として、透過帯中心波長 905 nm、透過帯幅 45 nm の干渉フィルターを用いた。レンズ 50 は焦点距離 40 mm、 $F1.8$ (開口径 22.2 mm) である。偏光ビームスプリッタ 60 は、一辺の長さが 15 mm のキューブ型を用い、その中心がレンズ 50 から 20 mm の位置に設置した。受光素子 80c は光学バンドパスフィルター 68、 $1/4$ 波長板 51、及び偏光ビームスプリッタ 60 を介して、レンズ 50 の焦点位置に設置した。同様に、パルス発光素子 70c は整形レンズ 69c、 $1/4$ 波長板 51、及び偏光ビームスプリッタ 60 を介して、レンズ 50 の焦点位置に設置した。レンズ 50 通過後のパルス光の発散角は 0.29 度程度であった。各発光部 78-1~8 からのパルス光 1-1~8 は、Y 軸方向に対して、Z 軸側に +1.0 度、+0.5 度、0 度、-0.5 度、-1.0 度、-1.5 度、-2.0 度、-2.5 度の振れ角にて、それぞれ放出される。各受光部 81-1~8 は前記パルス光 1-1~8 に対する反射光 2-1~8 を受光する。発光部 78-1~8 は順番に発光され、それに対応して、受光部 81-1~8 が順次受光する。従って、一時に活性化される発光部と受光部は一对である。制御・電源部 20c からの信号により、制御・I/O・電源部 84 が選択した受光部 81-m の SPAD には、受光制御部 82-m より各 SPAD に電源が供給される。受光制御部 82-m は各 SPAD からのパルス出力を 3 nsec (パルス光のパルス幅の半分) 単位で集計し、結果を計測回路 83 へ送る。計測回路 83 は 3 nsec 毎のフォトンカウント数をメモリに記録する一方、背景光による信号とパルス光 1-m による信号を識別するためのデータ処理を行い、飛行時間を決定する。

【0149】

計測回路 83 が記録した 100 m 地点でのデータの一例を図 10 に示す。この例では、パルス光発光後、224 x 3 nsec 後に背景光より有意にカウント数が多く、飛行時間 $T_{\text{o F}} = 669 \text{nsec}$ 、距離は 100.35 m と計測され、実際の値と良く一致している。背景光の上限レベルは、全体の平均カウント数 4.4 個より、ポアソン分布に従って、12 個程度と見積もられるので、12 個を超えるカウントを対象物 3 によるパルス光の反射光と判定している。飛行時間の決定方法は種々の方式を採用することができる。例えば、図 10 の測定結果を隣接する区間毎に加算し、6 nsec 刻みのデータとして見直すことで、距離分解能は低下する一方で、遠方の物体を検出し易くなる。この様な改善で、本構成においても、最大測定距離を 130 m まで伸ばすことができた。

【0150】

上記の様な測定を順次繰り返すことで、一度に 8 点の測定を実施できる。この場合、Z 軸方向の角度分解能は 0.5 度であったが、この分解能はレンズ 50 の焦点距離 f と発光部と受光部のピッチ R によって、角度分解能 $\sim R/f$ (rad) を制御できる。長い焦点距離のレンズを使うことで、角度分解能を小さくできる。

【符号の説明】

10

20

30

40

50

【 0 1 5 1 】

- 1、 1 - 1 ~ 1 - 8、 1 e - 1 ~ 1 e - 8、 1 f - 1 ~ 1 f - 8、 1 g - 1 ~ 1 g - 8、
 1 h - 1 ~ 1 h - 8、 1 i - 1 ~ 1 i - 8、 1 x パルス光
- 2、 2 - 1 ~ 2 - 8、 2 e - 1 ~ 2 e - 8、 2 f - 1 ~ 2 f - 8、 2 g - 1 ~ 2 g - 8、
 2 h - 1 ~ 2 h - 8、 2 i - 1 ~ 2 i - 8、 2 x 反射光
- 3 対象物
- 1 0、 1 0 a、 1 0 b、 1 0 c、 1 0 d、 1 0 e、 1 0 f、 1 0 g、 1 0 h、 1 0 i、
 1 0 j、 1 0 k パルス光照射・受光部（パルス光照射受光装置）
- 2 0、 2 0 a、 2 0 b、 2 0 h 制御・電源部
- 3 0、 3 0 a、 3 0 b、 3 0 h 筐体 10
- 3 5 ミラー
- 3 5 b ポリゴンミラー
- 3 6、 3 6 b、 3 6 h ミラー駆動部
- 4 0 駆動・インターフェイス部
- 5 0 レンズ
- 5 0 x 受光レンズ
- 5 2 コリメーションレンズ
- 5 5 軸外れ反射鏡
- 5 1、 5 1 x 1 / 4 波長板
- 6 0、 6 0 f、 6 0 h、 6 0 k、 6 0 x 偏光ビームスプリッタ 20
- 6 5、 6 7 反射鏡
- 6 6、 6 8 回転軸
- 6 8 光学バンドパスフィルター
- 6 9、 6 9 c、 6 9 e、 6 9 f、 6 9 g、 6 9 h、 6 9 i 整形レンズ
- 7 0、 7 0 c、 7 0 e、 7 0 f、 7 0 g、 7 0 h、 7 0 i、 7 0 j、 7 0 k パルス発
 光素子
- 7 1、 7 1 f - 1 ~ 7 1 f - 8 N層
- 7 2、 7 2 f - 1 ~ 7 2 f - 8 発光層
- 7 3、 7 3 f - 1 ~ 7 3 f - 8 P層
- 7 4、 7 4 f - 1 ~ 7 4 f - 8 絶縁層 30
- 7 5、 7 5 f - 1 ~ 7 5 f - 8 N電極
- 7 6 - 1 ~ 7 6 - 8、 7 6 f - 1 ~ 7 6 f - 8 P電極
- 7 7 - 1 ~ 7 7 - 8、 7 7 f - 1 ~ 7 7 f - 8 リッジ
- 7 8 - 1 ~ 7 8 - 8、 7 8 f - 1 ~ 7 8 f - 8 発光部
- 7 9 F、 7 9 B、 7 9 F - 1 ~ 7 9 F - 8、 7 9 B - 1 ~ 7 9 B - 8 端面
- 8 0、 8 0 c、 8 0 d、 8 0 e、 8 0 f、 8 0 g、 8 0 h、 8 0 i 受光素子
- 8 1 - 1 ~ 8 1 - 8、 8 1 d - 1 ~ 8 1 d - 8 受光部
- 8 2 - 1 ~ 8 2 - 8、 8 2 d - 1 ~ 8 2 d - 8 受光制御部
- 8 3、 8 3 d - 1 ~ 8 3 d - 8 計測回路
- 8 4、 8 4 d 制御・I O・電源部 40
- 8 5 受光部中心線
- 9 0 - 1 ~ 9 0 - 8 基板
- 9 1 - 1 ~ 9 1 - 8 N配線
- 9 2 - 1 ~ 9 2 - 8 P配線
- 9 4 - 1 ~ 9 4 - 8 接続材
- 9 6 枠体
- 1 0 0、 1 0 0 a、 1 0 0 b、 1 0 0 c、 1 0 0 d、 1 0 0 e、 1 0 0 f、 1 0 0 g、 1
 0 0 h、 1 0 0 i、 1 0 0 j、 1 0 0 k 光レーダー装置

【 図 1 】

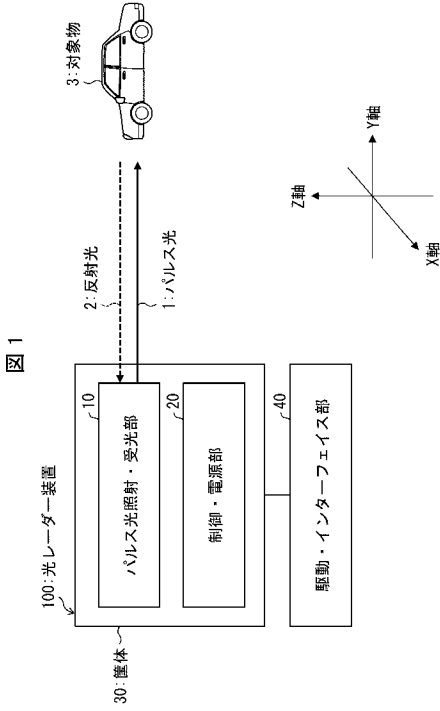
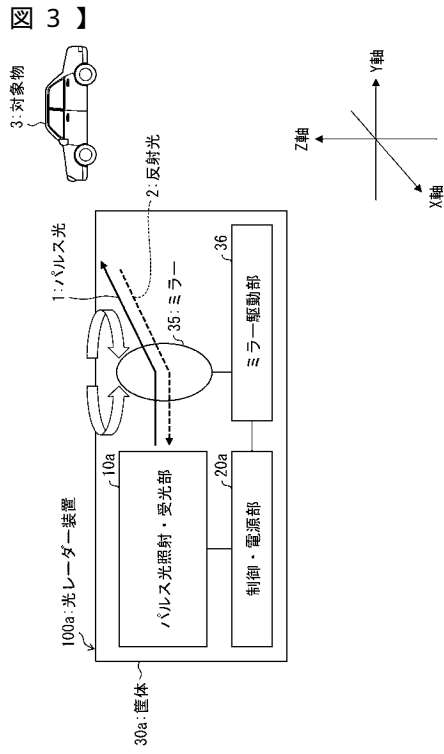


図 3



【 図 2 】

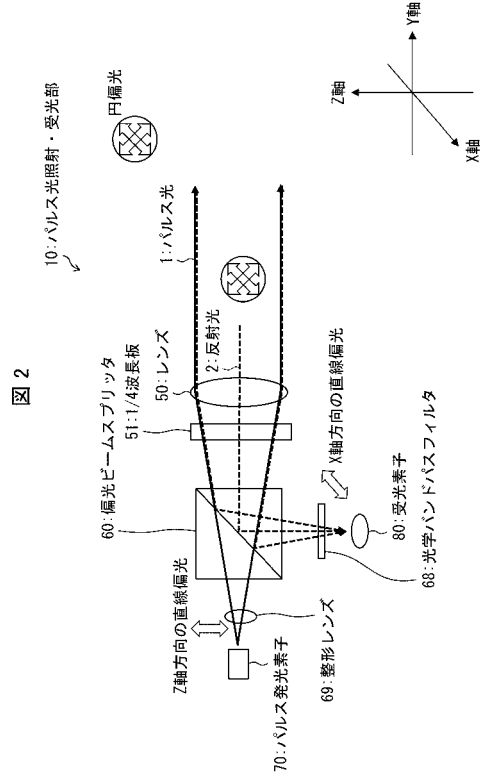
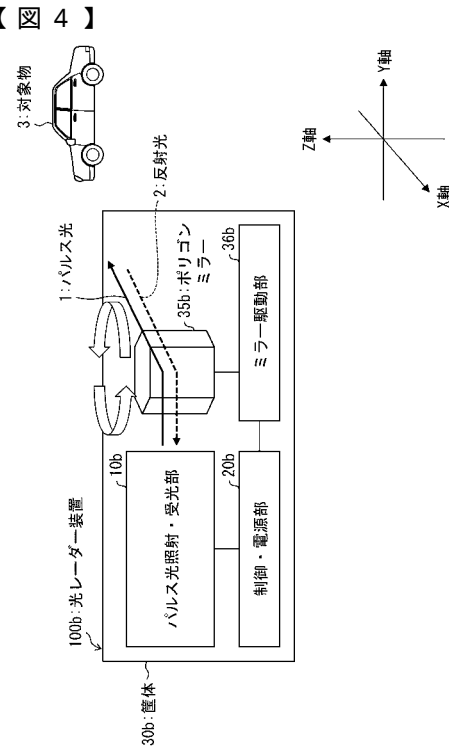
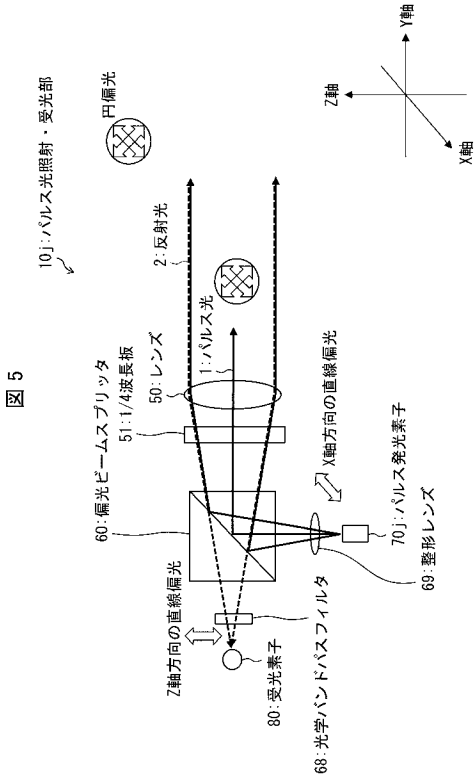


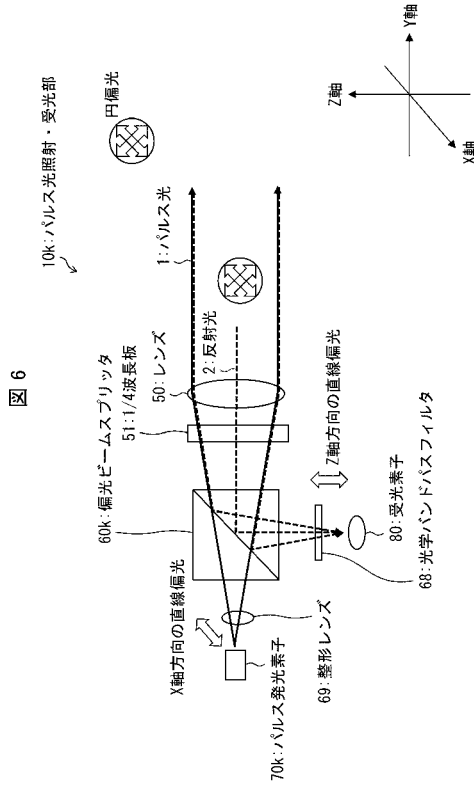
図 4



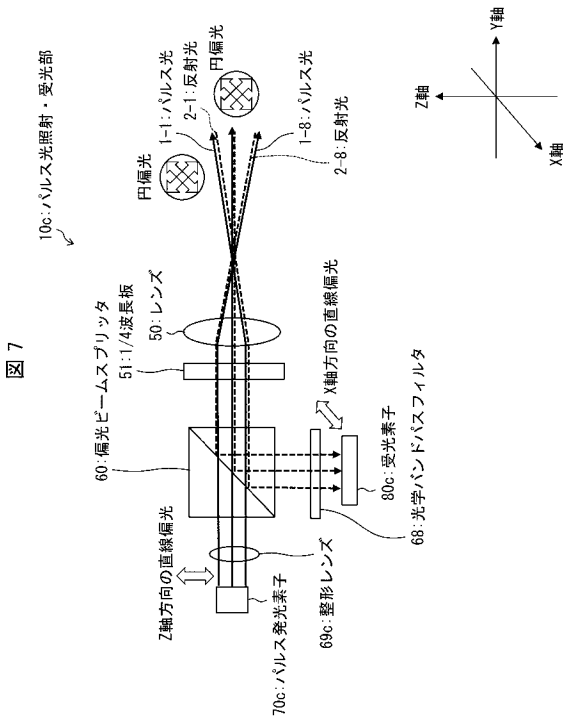
【 図 5 】



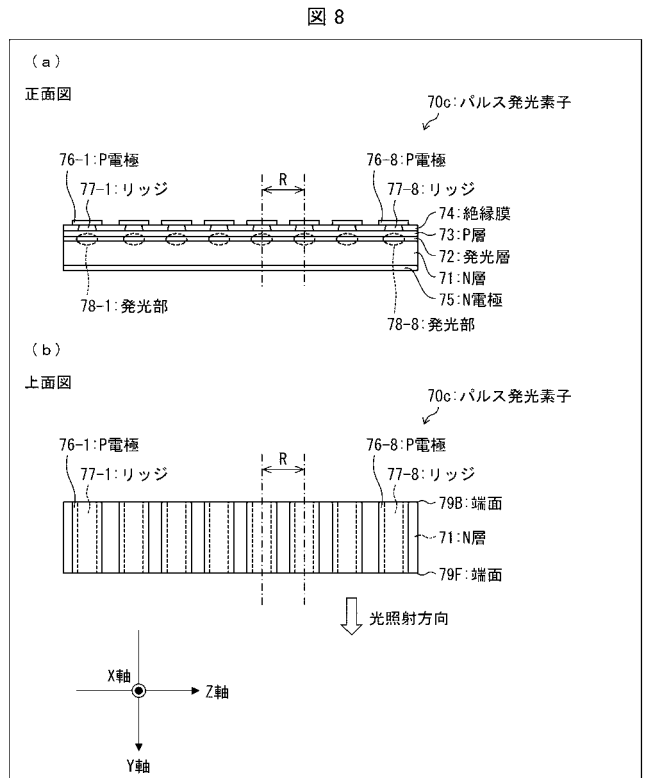
【 図 6 】



【 図 7 】

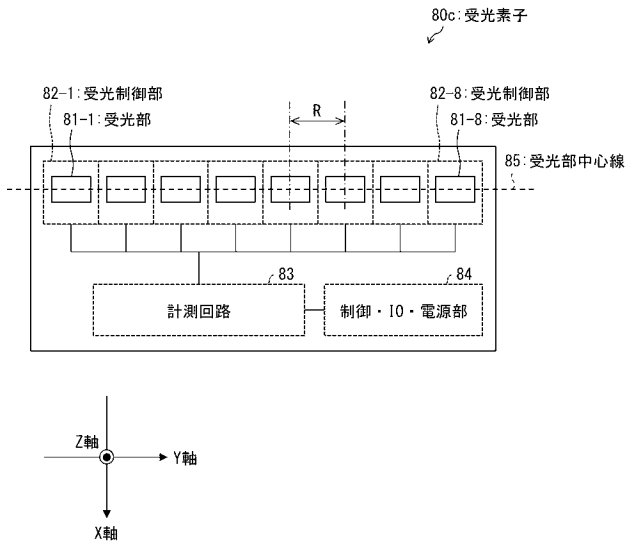


【 図 8 】



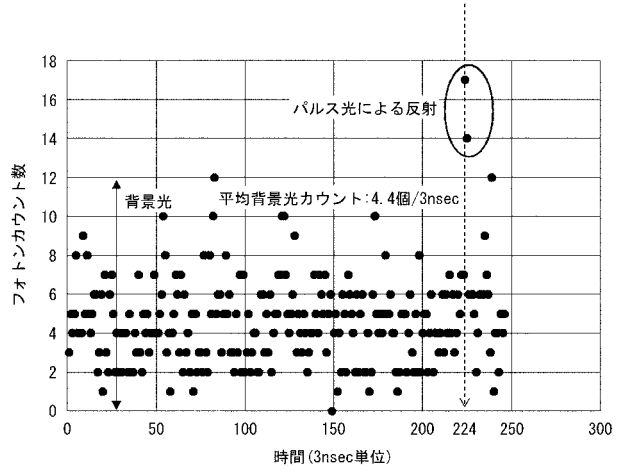
【 図 9 】

図 9



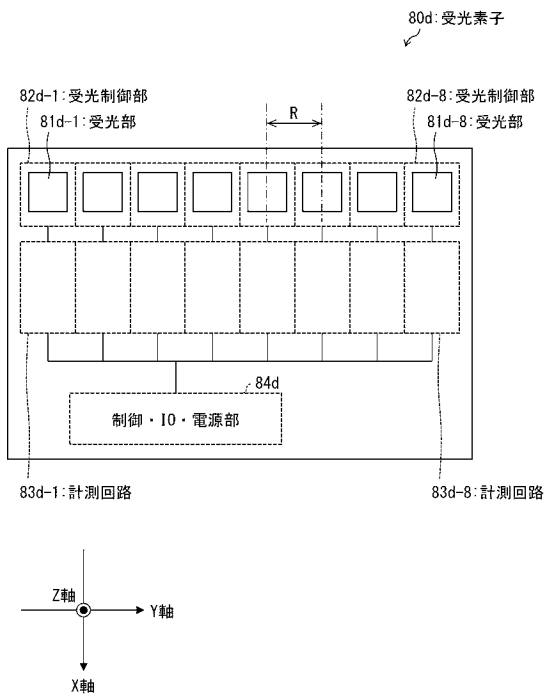
【 図 1 0 】

図 10

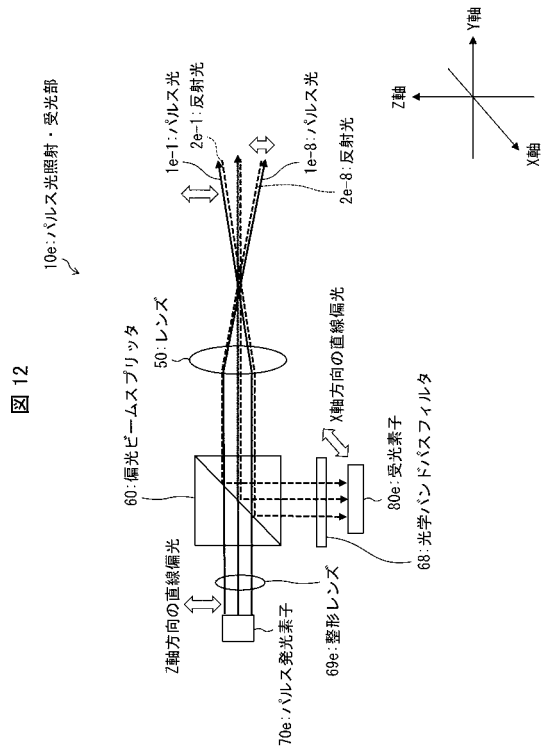


【 図 1 1 】

図 11



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

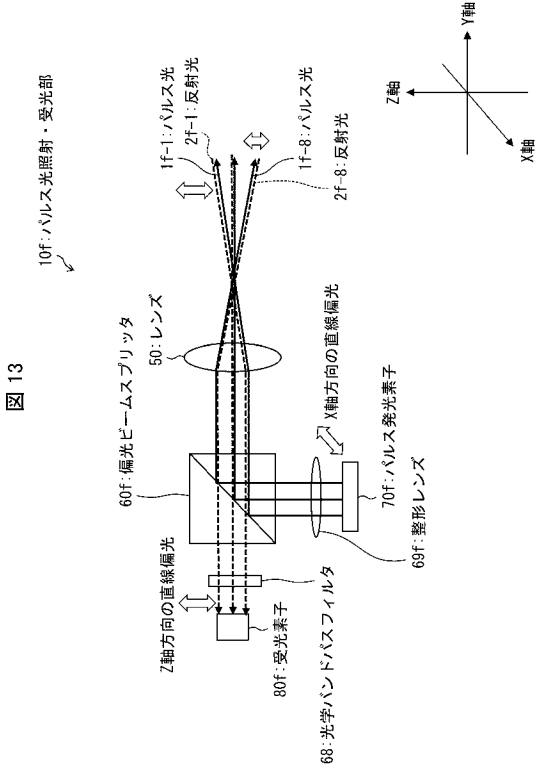


図 13

【 図 1 5 】

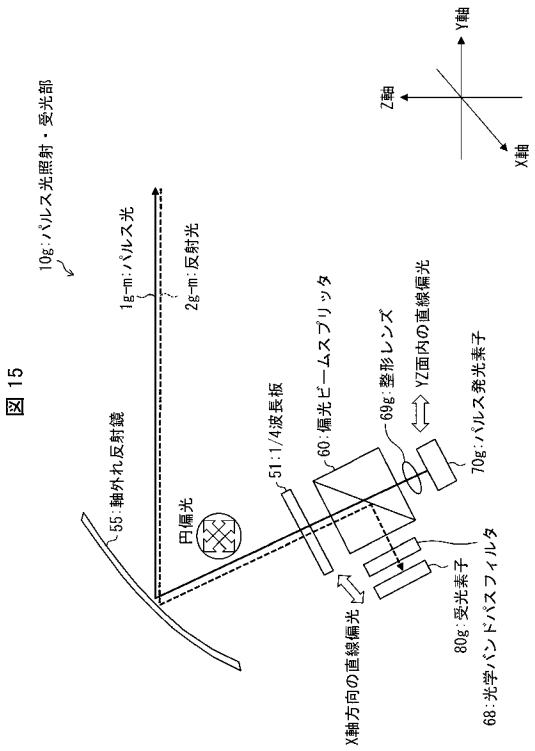


図 15

【 図 1 4 】

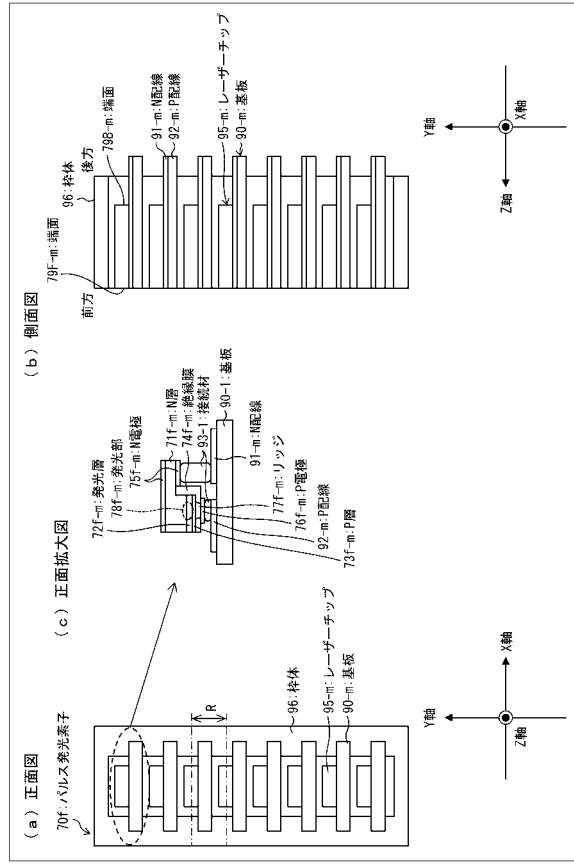


図 14

【 図 1 6 】

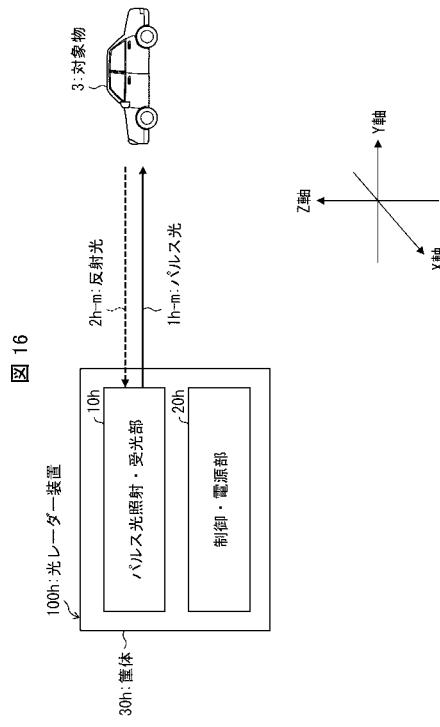
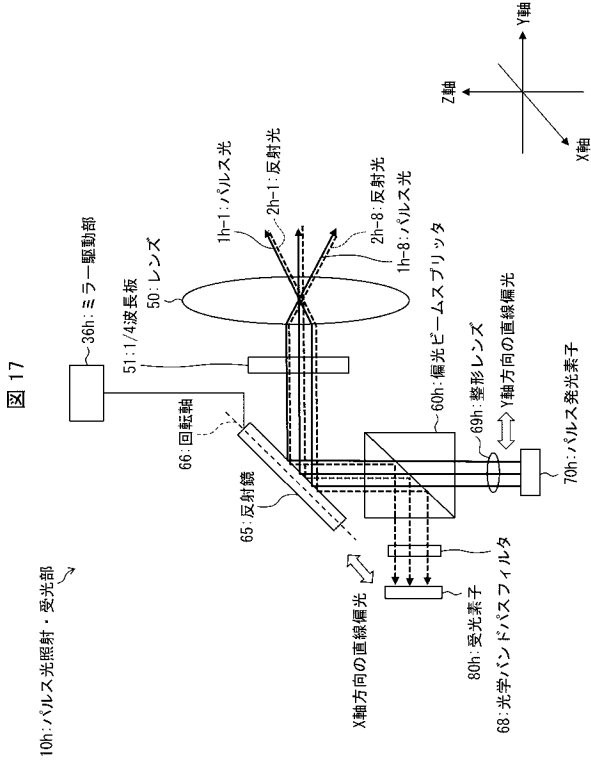
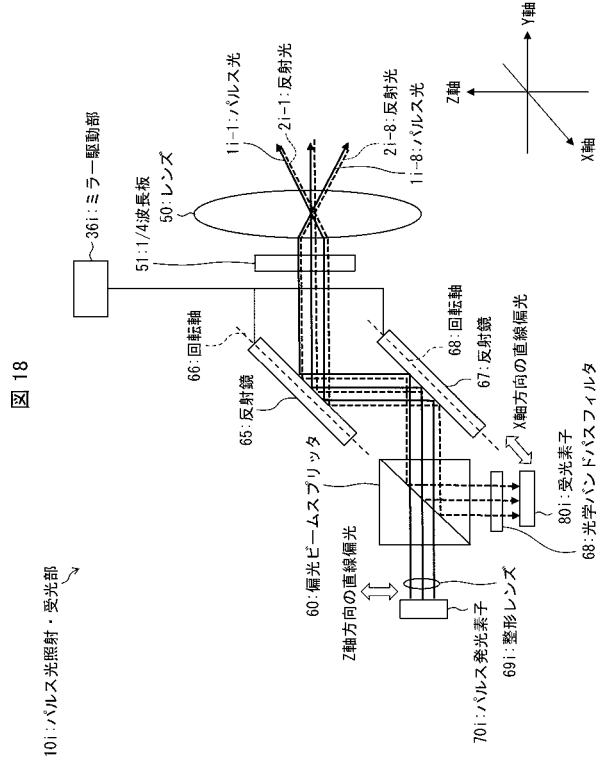


図 16

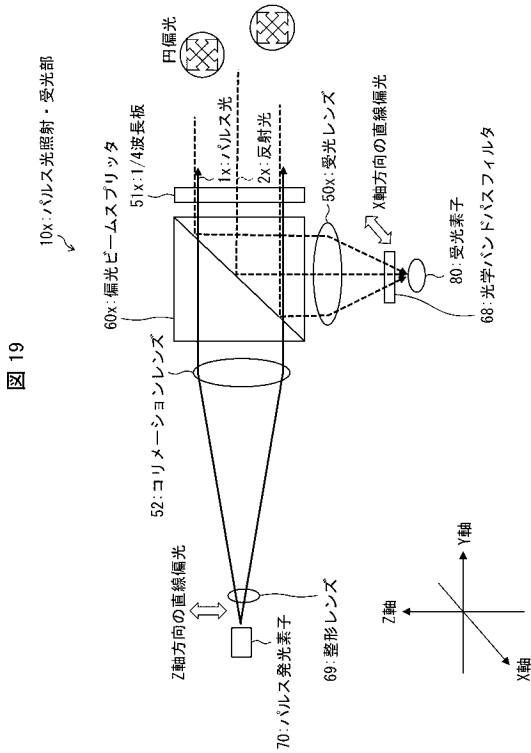
【 図 17 】



【 図 18 】



【 図 19 】



フロントページの続き

(72)発明者 河西 秀典

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

(72)発明者 高橋 幸司

大阪府堺市堺区匠町1番地 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5J084 AA05 AA10 AD01 AD06 AD09 BA04 BA07 BA13 BA14 BA20
BA36 BA40 BA41 BB02 BB04 BB07 BB15 BB16 BB20 BB23
BB26 BB28 CA03 DA01 EA02 EA07 EA40