

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6314418号
(P6314418)

(45) 発行日 平成30年4月25日 (2018. 4. 25)

(24) 登録日 平成30年4月6日 (2018. 4. 6)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 S 17/10 (2006.01) GO 1 S 17/10
GO 1 S 17/93 (2006.01) GO 1 S 17/93

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-217397 (P2013-217397)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成25年10月18日 (2013. 10. 18)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2015-78953 (P2015-78953A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成27年4月23日 (2015. 4. 23)	(74) 代理人	110000578
審査請求日	平成28年2月22日 (2016. 2. 22)		名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	東 謙太
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	尾崎 憲幸
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	木村 禎祐
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を照射する光照射手段 (2) と、

前記光照射手段から照射された光である照射光を、予め設定された照射光走査方向に沿って走査する走査手段 (3) と、

複数の受光部を二次元行列状に配列することで構成され、複数の前記受光部 (26) のそれぞれについて、前記光照射手段から照射された光の反射光を検出する反射光検出手段 (5) と、

前記光照射手段が光を照射してから前記反射光検出手段の前記受光部が前記反射光を検出するまでの時間である飛行時間を測定する時間測定手段 (6) とを備え、

前記光照射手段は、

前記照射光走査方向に対して垂直な方向に沿った長さが、前記照射光走査方向に沿った長さよりも長くなるように成形された光を照射し、

前記照射光走査方向に沿った前記照射光の走査に対応して、前記反射光が、複数の前記受光部が二次元行列状に配列されている受光面において走査される方向を、反射光走査方向として、

前記反射光走査方向に沿って 1 個の前記受光部に前記反射光が照射されるとともに、前記反射光走査方向に対して垂直な方向に沿って複数の前記受光部に前記反射光が照射されるように、前記照射光を照射し、

前記受光部は、

10

20

複数の受光素子（５１）と、複数の前記受光素子のそれぞれについての動作を制御する制御部とを備え、

複数の前記受光素子は、前記照射光走査方向に対して二次元行列状に配列され、

前記受光部は、前記受光素子から検出信号を読み出し、前記検出信号をデジタルパルス信号に変換する読出回路（５２）を、前記受光素子に隣接して備え、

前記受光素子は、アバランシェフォトダイオードであり、ガイガーモードで動作することを特徴とするレーダ装置（１）。

【請求項２】

前記反射光検出手段は、

前記照射光の走査による前記反射光の位置に応じて、複数の前記受光部のうち、前記反射光が照射される前記受光部の動作を許可する一方、前記反射光が照射されない前記受光部の動作を禁止する

ことを特徴とする請求項１に記載のレーダ装置。

【請求項３】

前記光照射手段は、

前記照射光走査方向に沿った前記照射光の走査に対応して、前記反射光が、複数の前記受光部が二次元行列状に配列されている受光面において走査される方向を、反射光走査方向として、

１個の前記受光部上を前記反射光が前記反射光走査方向に沿って走査する時間内に複数回、前記照射光を照射する

ことを特徴とする請求項１～請求項２の何れか１項に記載のレーダ装置。

【請求項４】

前記光照射手段は、

前記照射光走査方向に沿った前記照射光の走査に対応して、前記反射光が、複数の前記受光部が二次元行列状に配列されている受光面において走査される方向を、反射光走査方向として、

前記受光面において前記反射光が照射される前記受光部が、前記反射光走査方向に沿って間引かれるように、前記照射光をインターレース方式で走査する

ことを特徴とする請求項１～請求項２の何れか１項に記載のレーダ装置。

【請求項５】

前記受光部は、複数の前記受光素子のそれぞれに対応したパルス整形部からの出力信号の数が予め設定された測定開始判定値以上である場合に、測定開始検出信号を出力する測定開始判定部を備える

ことを特徴とする請求項１～請求項４の何れか１項に記載のレーダ装置。

【請求項６】

前記走査手段は、

複数の前記受光部が二次元行列状に配列されている受光面において前記受光素子が配置されている領域に前記反射光が照射されるときには、前記受光素子が配置されていない領域に前記反射光が照射されるときよりも、前記照射光走査方向に沿って走査する走査速度を遅くする

ことを特徴とする請求項１～請求項５の何れか１項に記載のレーダ装置。

【請求項７】

前記光照射手段が光を照射する毎に、前記時間測定手段が測定した前記飛行時間を示す飛行時間情報を取得する情報取得手段（９９）と、

前記光照射手段による複数回の照射で前記情報取得手段により取得された複数の前記飛行時間情報を用いて、前記飛行時間のヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段（８４）と、

前記ヒストグラム作成手段が作成した前記ヒストグラムに基づいて、前記光照射手段により照射された光を反射した物体までの距離を決定する距離決定手段（８５）とを備える

ことを特徴とする請求項１～請求項６の何れか１項に記載のレーダ装置。

【請求項 8】

前記距離決定手段は、

前記ヒストグラムから、度数が最も大きいピークである最大ピークを抽出し、前記最大ピークの度数と、前記ヒストグラムにおけるその他の部分の度数との差が、予め設定された決定判定値以上である場合に、前記最大ピークに対応する前記飛行時間に基づいて、前記距離を決定する

ことを特徴とする請求項 7 に記載のレーダ装置。

【請求項 9】

前記距離決定手段は、

前記最大ピークの度数が予め設定された許可判定値未満である場合に、前記距離の決定を禁止し、

前記許可判定値は、背景光の照度との間で正の相関を有するように設定される

ことを特徴とする請求項 8 に記載のレーダ装置。

【請求項 10】

前記決定判定値は、

前記最大ピークに対応する前記飛行時間との間で負の相関を有するように設定される

ことを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載のレーダ装置。

【請求項 11】

前記距離決定手段は、

前記最大ピークの度数と、前記ヒストグラムにおけるその他の部分の度数との差が、前記決定判定値未満である場合には、さらに前記距離決定手段による過去の距離決定結果を参照して、前記最大ピークに対応する前記飛行時間に基づいて、前記距離を決定するか否かを判断する

ことを特徴とする請求項 8 ～請求項 10 の何れか 1 項に記載のレーダ装置。

【請求項 12】

当該レーダ装置は車両に搭載され、

前記光照射手段は、前記車両の走行速度に応じて、前記照射光の強度を、前記走行速度と前記強度との間で正の相関を有するように変更する

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 11 の何れか 1 項に記載のレーダ装置。

【請求項 13】

当該レーダ装置は車両に搭載され、

前記走査手段は、前記車両の走行速度に応じて、前記照射光走査方向に沿って走査する走査範囲を、前記走行速度と前記走査範囲との間で負の相関を有するように変更する

ことを特徴とする請求項 1 ～請求項 12 の何れか 1 項に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を照射しその反射光を受光することにより、光を反射した物体に関する情報を取得するレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光を照射し、物体で反射した光を検出することによって、光を反射した物体に関する情報（例えば、物体までの距離）を取得するレーダ装置において、照射光がレーダ装置内を通過するときの光軸（以下、照射光軸という）と、反射光がレーダ装置内を通過するときの光軸（以下、反射光軸という）とが一致している同軸光学系を採用したものが知られている（例えば、非特許文献 1 を参照）。

【0003】

しかし、同軸光学系を採用したレーダ装置では、レーダ装置内を通過する照射光がレーダ装置の内部で反射することにより発生する内部散乱光の影響により、レーダ装置から近い物体までの距離を測定することができないことがある。

【0004】

上記のような内部散乱光の影響を回避するために、照射光軸と反射光軸とを異ならせる異軸光学系を採用したレーダ装置が知られている（例えば、非特許文献2を参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】第19回画像センシングシンポジウムOS2-03

【非特許文献2】OPTICS EXPRESS, Vol. 20, No. 11, pp. 11863-11881

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

しかし、異軸光学系を採用した場合であっても、太陽光などの背景光がレーダ装置内に入射した場合の影響を回避することができない。背景光がレーダ装置内に入射する状況下において物体を精度よく検出するためには、一箇所ですべて光を複数回照射し、反射光を検出した結果を積算する必要がある。

【0007】

しかし、照射光の走査周期および照射周期等によっては一箇所ですべての光照射を行えない場合があり、このような場合には反射光の検出結果を十分に蓄積することができず、光を反射した物体に関する検出結果の検出精度が低下するおそれがあった。

【0008】

20

本発明は、こうした問題に鑑みてなされたものであり、レーダ装置の検出結果の検出精度が低下するのを抑制することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するためになされた本発明のレーダ装置は、光照射手段と、走査手段と、反射光検出手段と、時間測定手段とを備える。

本発明のレーダ装置では、まず光照射手段が、光を照射し、走査手段が、光照射手段から照射された光である照射光を、予め設定された照射光走査方向に沿って走査する。そして、複数の受光部を二次元行列状に配列することで構成された反射光検出手段が、複数の受光部のそれぞれについて、光照射手段から照射された光の反射光を検出する。さらに時間測定手段は、光照射手段が光を照射してから反射光検出手段の受光部が反射光を検出するまでの時間である飛行時間を測定する。また光照射手段は、照射光走査方向に対して垂直な方向に沿った長さが、照射光走査方向に沿った長さよりも長くなるように成形された光を照射する。

30

【0010】

このように構成されたレーダ装置では、複数の受光部が二次元行列状に配列されている受光面に反射光が照射される。そして、この反射光は、照射光走査方向に沿った照射光の走査に対応して反射光が受光面において走査される方向を反射光走査方向として、反射光走査方向に対して垂直な方向に沿った長さが、反射光走査方向に沿った長さよりも長くなる。

40

【0011】

このため、光照射手段による1回の光照射で、反射光走査方向に沿って1個の受光部に反射光を照射させるとともに、反射光走査方向に対して垂直な方向に沿った複数の受光部に向けて同時に反射光を照射させること（すなわち、1個の受光部のみに向けて反射光を照射する場合よりも多くの受光部に反射光を照射させること）が可能となる。

【0012】

例えば、反射光走査方向に対して垂直な方向に沿ってN（Nは2以上の整数）個の受光部が受光面に配置されている場合に、本発明のレーダ装置では、光照射手段による1回の光照射で、反射光走査方向に対して垂直な方向に沿ったN個の受光部に反射光を照射することが可能である。一方、1個の受光部のみに向けて反射光を照射する場合において、反

50

射光走査方向に対して垂直な方向に沿ったN個の受光部に反射光を照射するためには、N回の光照射が必要である。そして本発明のレーダ装置では、光照射手段によりN回の光照射を行わせることで、反射光走査方向に対して垂直な方向に沿ったN個の受光部のそれぞれについて、反射光をN回照射することができる。

【0013】

このため、本発明のレーダ装置によれば、一定時間内で1個の受光部に反射光を照射させる回数を増加させることができ、一定時間内において1個の受光部について蓄積することができる検出結果の数を増加させることができる。これにより、本発明のレーダ装置は、反射光を検出することにより得られたレーダ装置の検出結果の検出精度が低下するのを抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】レーダ装置1の構成を示すブロック図である。

【図2】レーダ装置1の斜視図と、所定走査角度範囲および走査周期を示す図である。

【図3】光源2から照射されたレーザ光の経路を示す図である。

【図4】画素26の概略構成を示す平面図である。

【図5】受光素子51とリードアウトサーキット52の構成を示す回路図である。

【図6】画素データ処理部31の構成を示すブロック図である。

【図7】ヒストグラムの一例を示すイメージ図である。

【図8】レーダ装置1と光切断法とを比較する図表である。

20

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に本発明の実施形態を図面とともに説明する。

レーダ装置1は、車両に搭載され、図1に示すように、光源2、一次元スキャナ3、走査制御部4、光検出部5および処理部6を備える。

【0016】

光源2は、例えば半導体レーザダイオードで構成されており、パルスレーザ光をレーダ波として照射する。

一次元スキャナ3は、不図示の駆動源から駆動力の供給を受けて、ミラー11（図3を参照）を回転軸12（図3を参照）を中心にして振動させることにより、光源2から照射されたレーザ光の一次元走査を所定走査角度範囲R1（図3を参照）で行う。なお、一次元スキャナ3の走査機構は、MEMS（Micro Electro Mechanical System）またはマイクロモータ等により構成される。

30

【0017】

走査制御部4は、一次元スキャナ3の走査角度を検出し、この検出結果に基づいて、光源2によるレーザ光照射と、一次元スキャナ3によるレーザ光走査を制御する。また走査制御部4は、レーダ装置1が搭載された車両の走行速度（以下、車速という）を示す車速信号を車速センサから入力し、車速に応じて、光源2と一次元スキャナ3を制御する。なお、走査制御部4による光源2と一次元スキャナ3の制御についての詳細は後述する。

【0018】

40

光検出部5は、二次元画素アレイ21とデコーダ22を備える。二次元画素アレイ21は、複数の画素26を二次元行列状に配列することで構成されている。画素26は、その受光面にレーザ光が入射すると、検出信号を出力する。なお、画素26の回路構成は後述する。

【0019】

デコーダ22は、レーザ光の検出のために用いる画素26を選択するための回路である。デコーダ22は、複数の画素26により構成される行列の列毎に設けられた選択制御線CLを備える。選択制御線CLは、対応する列に配置されている画素26の全てに接続される。デコーダ22は、選択制御線CLに選択制御電圧 V_{SEL} を印加することにより、画素26を列単位で選択する。

50

【0020】

処理部6は、光源2がパルスレーザー光を照射した時刻と、反射レーザー光を光検出部5が検出した時刻との差に基づいて、レーザー光を反射した物体までの距離を計測するための処理を行う。

【0021】

処理部6は、複数の画素データ処理部31を備える。画素データ処理部31は、複数の画素26により構成される行列の行毎に設けられている。画素データ処理部31は、対応する行に配列されている複数の画素26のそれぞれからの検出信号を入力する。なお、画素データ処理部31の構成とデータ処理についての詳細は後述する。

【0022】

図2(a)に示すように、レーダ装置1は、走査方向SD1に対して垂直な方向が長手方向となる矩形状に成形されたレーザー光を照射する(スキャン光SLを参照)。またレーダ装置1は、本実施形態では例えばパルス幅が4nsであり発光周期が4μsであるパルスレーザー光を照射する。

【0023】

本実施形態の所定走査角度範囲R1は、図2(b)に示すように、 $-27^{\circ} \sim +27^{\circ}$ である。また、本実施形態の走査周期は50msであり、40msで -27° から $+27^{\circ}$ まで走査した後に、10msで $+27^{\circ}$ から -27° に戻る。

【0024】

また図3に示すように、光源2は、コリメートレンズ41を介して一次元スキャナ3へ向けてレーザー光を照射する(光L1を参照)。そして、一次元スキャナ3に到達したレーザー光は、ミラー11で反射することにより、ミラー11の走査角度に応じた方向に向けてレーダ波として照射される(光L2を参照)。その後、車両の前方に向けて照射されたレーザー光が、車両前方に位置する物体(以下、前方物体ともいう)に到達すると(スキャン光SLを参照)、レーザー光がこの前方物体で反射する。そして、反射したレーザー光(以下、反射光ともいう)は、受光レンズ42を通過した後に、二次元画素アレイ21に到達する(光L3を参照)。

【0025】

なお、上述のようにレーザー光は矩形状に成形されている。このため、二次元画素アレイ21の受光面RP上には、反射光の走査方向SD2に対して垂直な方向が長手方向となる矩形状に成形された反射光が到達する(反射光RLを参照)。

【0026】

そして、矩形状に成形された反射光の長手方向長さが、矩形状に形成されている受光面RPの短手方向長さよりも長くなるように、レーダ装置1から照射される照射光の長手方向長さが設定されている。

【0027】

また図4に示すように、画素26は、4個の受光素子51と、4個の受光素子51のそれぞれに対応して設けられたリードアウトサーキット(Read Out Circuit)52とを備える。なお本実施形態の受光素子51は、SPAD(Single Photon Avalanche Diode)である。SPADは、ガイガーモードで動作するアバランシェフォトダイオードであり、単一光子の入射を検出することができる。SPADのアノードとカソードの間には、降伏電圧以上となるように予め設定された逆電圧 V_{SPAD} が印加される(図5を参照)。この状態でSPADの受光部56に光子が入射すると、SPADでアバランシェ電流が発生する。このためSPADは、光子が入射すると、その入射を検知したことを示す信号を出力することができる。

【0028】

またリードアウトサーキット52は、レーザー光が受光素子51に入射することにより受光素子51が出力する信号をデジタルパルス信号に変換する回路である。なお、リードアウトサーキット52の回路構成は後述する。

【0029】

また4個の受光素子51は、その受光部56が列方向に2個配置されるとともに行方向に2個配置されるようにして二次元行列状に配列されている。さらに、4個のリードアウトサーキット52は、対応する受光素子51に対して、行方向D1に沿って隣接するように配置されている。但しリードアウトサーキット52は、同じ行に配列されている2個のリードアウトサーキット52の間に、行方向D1に沿って2個の受光素子51が配置されるようにして配置される。すなわち、4個の受光素子51は画素26の中央部に配置され、4個のリードアウトサーキット52は画素26の周辺部に配置されている。

【0030】

なお本実施形態では、レーダ装置1は、1個の画素26において4個の受光素子51が配置されている領域E1を反射光が走査方向SD2に沿って走査する時間内に、例えば16回のパルスレーザ光の発光を行う。

10

【0031】

また図5に示すように、リードアウトサーキット52は、クエンチ抵抗61、デジタル変換器62、インバータ63、バッファ64およびセクタ65を備える。

クエンチ抵抗61はNチャネル型MOSFET（以下、N型トランジスタという）である。クエンチ抵抗61を構成するN型トランジスタのドレインは、受光素子51を構成するSPADのアノードに接続され、ソースはセクタ65を介して接地される。また、N型トランジスタのゲートには、N型トランジスタをクエンチ抵抗として作用させるために予め設定されたクエンチ電圧 V_{QCH} が印加される。

20

【0032】

デジタル変換器62は、抵抗71とN型トランジスタ72を備える。N型トランジスタ72のドレインは抵抗71を介して電源電圧 V_{DD} が印加され、ソースは接地される。また、N型トランジスタ72のゲートは、SPADのアノードとクエンチ抵抗61との接続点CP1に接続される。

【0033】

インバータ63は、Pチャネル型MOSFET（以下、P型トランジスタという）73とN型トランジスタ74を備える。P型トランジスタ73のドレインは電源電圧 V_{DD} が印加され、ソースはN型トランジスタ74のドレインに接続される。P型トランジスタ73のゲートとN型トランジスタ74のゲートは、N型トランジスタ72のドレインと抵抗71との接続点CP2に接続される。N型トランジスタ74のソースは接地される。

30

【0034】

バッファ64は、インピーダンス変換のための回路である。そしてバッファ64の入力端子は、P型トランジスタ73のソースとN型トランジスタ74のドレインとの接続点CP3に接続される。

【0035】

セクタ65はN型トランジスタである。セクタ65を構成するN型トランジスタのドレインは、クエンチ抵抗61を構成するN型トランジスタのソースに接続され、ソースは接地される。また、N型トランジスタのゲートはデコーダ22に接続されている。セクタ65は、デコーダ22から選択制御電圧 V_{SEL} が印加されるとオン状態になる。

【0036】

次に、このように構成されたリードアウトサーキット52の動作を説明する。

40

まず、セクタ65がオン状態である場合に逆電圧 V_{SPAD} がSPADに印加されることにより、受光素子51が動作可能状態となる。一方、セクタ65がオフ状態である場合には、逆電圧 V_{SPAD} がSPADに印加されず、受光素子51の動作が禁止される。

【0037】

そして、セクタ65がオン状態であるときに、受光素子51に反射光が入射してアバランシェ電流が発生すると、クエンチ抵抗61にアバランシェ電流が流れ、接続点CP1の電圧が上昇する。そして、接続点CP1の電圧がN型トランジスタ72のオン電圧より高くなると、N型トランジスタ72がオン状態となり、接続点CP2の電圧が電源電圧 V

50

V_{DD} から 0 V に変化する。

【0038】

これにより、P型トランジスタ73がオフ状態からオン状態に変化するとともにN型トランジスタ74がオン状態からオフ状態に変化するため、接続点CP3の電圧が0Vから電源電圧 V_{DD} に変化する。

【0039】

これにより、バッファ64の出力端子の電圧 V_{OUT} がハイレベルになる。

その後、接続点CP1における電圧上昇が継続すると、SPADのアノードとカソードの間に印加されている電圧が降伏電圧より小さくなり、アバランシェ電流が止まる。これにより、接続点CP1の電圧が低下してN型トランジスタ72がオフ状態となり、バッファ64の出力端子の電圧 V_{OUT} がローレベルになる。

10

【0040】

このように、リードアウトサーキット52は、反射光が入射してアバランシェ電流が発生することによりN型トランジスタ72がオン状態になってから、アバランシェ電流が止まってN型トランジスタ72がオフ状態になるまでの間ハイレベルになるデジタルパルス信号を出力する。

【0041】

また図6に示すように、画素データ処理部31は、パルス整形部81、測定開始判定部82、時間計測部83、ヒストグラム作成部84、距離決定部85およびデータ記憶部86を備える。

20

【0042】

パルス整形部81は、画素26を構成する複数の受光素子51のそれぞれに対応して設けられた複数のD型フリップフロップ回路91と、複数のD型フリップフロップ91のそれぞれに対応して設けられた複数の遅延回路92とを備える。

【0043】

そしてD型フリップフロップ回路91は、入力端子Dとクロック端子CLKと出力端子Qとリセット端子CLRを備える。そして、入力端子Dにはハイレベルが印加される。またクロック端子CLKには、対応する受光素子51の上記デジタルパルス信号がリードアウトサーキット52を介して入力する。このためD型フリップフロップ回路91は、上記デジタルパルス信号がクロック端子CLKに入力したタイミングで、出力端子Qから、ハイレベルの信号の出力を開始する。

30

【0044】

またリセット端子CLRには、出力端子Qから出力された信号が遅延回路92を介して入力する。遅延回路92は、入力した信号を、予め設定された遅延時間だけ遅延させて出力する。このため、リセット端子CLRには、出力端子Qからハイレベルの信号が出力されてから上記遅延時間が経過した後に、ハイレベルの信号が入力する。そして、ハイレベルの信号がリセット端子CLRに入力すると、D型フリップフロップ回路91は、ハイレベルの信号の出力を停止する。すなわちD型フリップフロップ回路91は、対応する受光素子51の上記デジタルパルス信号が入力すると、上記遅延時間継続してハイレベルとなるパルス信号を出力する。以下、このパルス信号を受光検出信号という。

40

【0045】

測定開始判定部82は、入力数判定回路93と、複数のD型フリップフロップ回路94と、加算回路95とを備える。

入力数判定回路93は、パルス整形部81を構成するD型フリップフロップ回路91のそれぞれからの受光検出信号を入力する。そして入力数判定回路93は、入力した受光検出信号の数が予め設定された測定開始判定値（本実施形態では2）以上である場合に、予め設定された一定時間継続してハイレベルとなるパルス信号を出力する。以下、このパルス信号を測定開始検出信号という。

【0046】

D型フリップフロップ回路94は、パルス整形部81を構成する複数のD型フリップフ

50

ロップ回路 9 1 のそれぞれに対応して設けられている。なお図 6 では、図示の簡略化のために、1 個の D 型フリップフロップ回路 9 4 を示す。

【0047】

D 型フリップフロップ回路 9 4 は、入力端子 D とクロック端子 C L K と出力端子 Q を備える。そして入力端子 D には、対応する D 型フリップフロップ回路 9 1 の上記受光検出信号が入力する。またクロック端子 C L K には、入力数判定回路 9 3 の上記測定開始検出信号が入力する。このため D 型フリップフロップ回路 9 4 は、上記測定開始検出信号がクロック端子 C L K に入力したタイミングで上記受光検出信号が入力端子 D に入力している場合に、ハイレベルの信号を出力する。

【0048】

加算回路 9 5 は、測定開始判定部 8 2 を構成する複数の D 型フリップフロップ回路 9 4 のそれぞれについて、出力端子 Q から出力される信号を入力する。そして加算回路 9 5 は、入力した信号のうち、ハイレベルになっている信号の数を計り、その計数値を示すデジタル信号を出力する。以下、上記計数値を示す信号を受光数信号という。

【0049】

なお図 6 では、受光素子 5 1 の数が 4 個であるため、上記計数値は 0, 1, 2, 3, 4 の何れかである。0 ~ 4 の整数値をデジタルで表すためには 3 ビット必要であるため、加算回路 9 5 は、上記計数値を示すデジタル信号を出力するために 3 本の信号出力線を備えている。

【0050】

時間計測部 8 3 は、T D C (Time to Digital Converter) 9 6 と、複数の D 型フリップフロップ回路 9 7 と、遅延回路 9 8 と、データ生成部 9 9 を備える。

T D C 9 6 は、入力数判定回路 9 3 から上記測定開始検出信号を入力する。そして T D C 9 6 は、光源 2 がパルスレーザ光を照射してから、上記測定開始検出信号が入力するまでの時間を計測し、計測した時間を示すデジタル信号を出力する。なお、本実施形態の T D C 9 6 は、11 ビットのデジタル信号を出力するために、11 本の信号出力線を備えている。以下、T D C 9 6 が出力するデジタル信号を時間計測信号という。

【0051】

D 型フリップフロップ回路 9 7 は、加算回路 9 5 が備える複数の信号出力線のそれぞれに対応して設けられている。なお図 4 では、図示の簡略化のために、1 個の D 型フリップフロップ回路 9 7 を示す。

【0052】

D 型フリップフロップ回路 9 7 は、入力端子 D とクロック端子 C L K と出力端子 Q を備える。そして入力端子 D には、対応する信号出力線からの信号が入力する。またクロック端子 C L K には、入力数判定回路 9 3 から出力された上記測定開始検出信号が遅延回路 9 8 を介して入力する。遅延回路 9 8 は、入力した信号を、予め設定された遅延時間だけ遅延させて出力する。なお、遅延回路 9 8 の遅延時間は、加算回路 9 5 からの信号が D 型フリップフロップ回路 9 7 に入力した直後に上記測定開始検出信号が D 型フリップフロップ回路 9 7 に入力するように設定されている。

【0053】

したがって、D 型フリップフロップ回路 9 7 は、上記測定開始検出信号が入力した場合に、加算回路 9 5 による計数結果を示すデジタル信号 (受光数信号) を出力する。

データ生成部 9 9 は、T D C 9 6 から時間計測信号を入力するとともに、D 型フリップフロップ回路 9 7 から受光数信号を入力する。そしてデータ生成部 9 9 は、時間計測信号と、受光数信号を対応付けたデータを生成して出力する。

【0054】

ヒストグラム作成部 8 4 は、1 個の画素 2 6 の受光面上を反射光が走査方向 S D 2 に沿って走査する時間 (以下、単位走査時間という) 毎に、データ生成部 9 9 から入力したデータを集計して、ヒストグラムを作成する。

【0055】

このヒストグラムは、図7に示すように、TDC96により計測された時間を横軸とし、画素26の受光素子51が受光を検出した数を単位走査時間内で積算した値（以下、受光積算値という）を縦軸としたものである。

【0056】

距離決定部85は、ヒストグラム作成部84が作成したヒストグラムを用いて、車両前方に位置する物体（前方物体）までの距離を決定する。具体的には、まず、ヒストグラムからピークを抽出する（図7では、ピークPK1、PK2、PK3が抽出される）。その後、最も高いピーク（図7ではピークPK1）の受光積算値と、その他のピーク（図7ではピークPK2、PK3）の受光積算値との差が、予め設定された決定判定値以上である場合に、最も高いピークに対応する時間に基づいて距離を算出する。そして、この算出距離が、前方物体までの距離であると決定し、前方物体までの距離を示す距離データを出力する。

10

【0057】

また距離決定部85は、ヒストグラムにおけるピーク以外の部分（図7の背景光BGを参照）を背景光として、この部分の受光積算値に基づいて、背景光の照度を算出する。そして距離決定部85は、背景光の照度と許可判定値との間の対応関係が予め設定された許可判定値テーブルを参照して、許可判定値を決定する。許可判定値テーブルでは、背景光の照度が大きくなるほど、許可判定値が大きくなるように設定されている。

【0058】

さらに距離決定部85は、最も高いピーク（図7ではピークPK1）の受光積算値が許可判定値以上であるか否かを判断する。ここで、最も高いピークの受光積算値が許可判定値未満である場合には、物体が存在しないとして出力を行う。

20

【0059】

データ記憶部86は、データ生成部99が出力したデータ（時間計測信号が示す時間と、受光数信号が示す計数値とを対応付けたデータ）を、距離決定部85が距離を決定するまでの間、一時的に記憶する。

【0060】

また走査制御部4は、二次元画素アレイ21の受光面RP（図3を参照）において4個の受光素子51が配置されている領域E1（図4を参照）を反射光が走査方向SD2に沿って走査しているときには、上記領域E1以外の領域を反射光が走査しているときよりも、走査方向SD2に沿って走査する走査速度を遅くする。

30

【0061】

また走査制御部4は、車速に応じて、光源2の発光強度を変更する。具体的に走査制御部4は、車速が小さい場合には発光強度を下げ、車速が大きい場合には発光強度を上げる。

【0062】

また走査制御部4は、車速に応じて、一次元スキャナ3の所定走査角度範囲R1を変更する。具体的に走査制御部4は、車速が小さい場合には所定走査角度範囲R1を大きくし、車速が大きい場合には所定走査角度範囲R1を小さくする。

【0063】

また光検出部5は、走査制御部4から一次元スキャナ3の走査角度を示す走査角度情報を取得し、この走査角度情報に基づいて、二次元画素アレイ21の受光面RP上において反射光が照射される列を決定する。その後、光検出部5は、決定した列に対応した選択制御線CLに選択制御電圧 V_{SEL} を印加する。

40

【0064】

このように構成されたレーダ装置1は、光源2と、一次元スキャナ3と、光検出部5と、処理部6とを備える。

レーダ装置1では、まず光源2が、レーザ光を照射し、一次元スキャナ3が、光源2から照射されたレーザ光である照射光を走査方向SD1に沿って走査する。そして、複数の画素26を二次元行列状に配列することで構成された光検出部5が、複数の画素26のそ

50

れぞれについて、光源 2 から照射されたレーザ光の反射光を検出する。さらに処理部 6 は、光源 2 がレーザ光を照射してから光検出部 5 の画素 2 6 が反射光を検出するまでの飛行時間を測定する。また光源 2 は、走査方向 S D 1 に対して垂直な方向に沿った長さが、走査方向 S D 1 に沿った長さよりも長くなるように矩形状に成形されたレーザ光を照射する。

【0065】

このように構成されたレーダ装置 1 では、複数の画素 2 6 が二次元行列状に配列されている受光面 R P に反射光が照射される。そして、この反射光は、走査方向 S D 1 に沿った照射光の走査に対応して反射光が受光面 R P において走査される走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿った長さが、走査方向 S D 2 に沿った長さよりも長くなる。

10

【0066】

このため、光源 2 による 1 回のレーザ光照射で、走査方向 S D 2 に沿って 1 個の画素 2 6 に反射光を照射させるとともに、走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿った複数の画素 2 6 に向けて同時に反射光を照射させること（すなわち、1 個の画素 2 6 のみに向けて反射光を照射する場合よりも多くの画素 2 6 に反射光を照射させること）が可能となる。

【0067】

例えば、走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿って N（N は 2 以上の整数）個の画素 2 6 が受光面 R P に配置されている場合に、レーダ装置 1 では、光源 2 による 1 回のレーザ光照射で、走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿った N 個の画素 2 6 に反射光を照射することが可能である。一方、1 個の画素 2 6 のみに向けて反射光を照射する場合において、走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿った N 個の画素 2 6 に反射光を照射するためには、N 回のレーザ光照射が必要である。そしてレーダ装置 1 では、光源 2 により N 回の光照射を行わせることで、走査方向 S D 2 に対して垂直な方向に沿った N 個の画素 2 6 のそれぞれについて、反射光を N 回照射することができる。

20

【0068】

このため、レーダ装置 1 によれば、一定時間内で 1 個の画素 2 6 に反射光を照射させる回数を増加させることができ、一定時間内において 1 個の画素 2 6 について蓄積することができる検出結果の数を増加させることができる。これによりレーダ装置 1 は、反射光を検出することにより得られたレーダ装置 1 の検出結果の検出精度が低下するのを抑制することができる。

30

【0069】

また光検出部 5 は、反射光が照射される画素 2 6 の動作を、対応する選択制御線 C L に選択制御電圧 V_{SEL} を印加することにより許可する一方、反射光が照射されない画素 2 6 の動作を、対応する選択制御線 C L に選択制御電圧 V_{SEL} を印加しないことにより禁止する。これにより、反射光が照射されない画素 2 6 において誤検出に起因して出力される検出信号が、光検出部 5 の検出結果に及ぼす影響を低減することができる。

【0070】

また光源 2 は、1 個の画素 2 6 上を反射光が走査方向 S D 2 に沿って走査する単位走査時間内に複数回（本実施形態では 16 回）、レーザ光を照射する。このため処理部 6 では、ヒストグラム作成部 8 4 が、単位走査時間内でヒストグラムを作成することができる。このため、時間計測部 8 3 からヒストグラム作成部 8 4 へ出力されるデータは、単位走査時間が経過する毎に破棄することが可能である。すなわち、データ記憶部 8 6 の記憶容量は、二次元行列状に構成されている二次元画素アレイ 2 1 の 1 列分のデータを、単位走査時間内のパルスレーザ発光回数（積算回数）分記憶することができる程度でよい。

40

【0071】

また画素 2 6 は、複数（本実施形態では 4 個）の受光素子 5 1 を備える。これにより、複数（例えば 2 個）の受光素子 5 1 で同時に光を検出したときに、画素 2 6 で反射光を検出したという検出方法を採用することができる。これにより、画素 2 6 の誤検出を低減することができる。複数の受光素子 5 1 が同時に誤検出する可能性は低いからである。

【0072】

50

また画素26は、受光素子51からの信号を読み出すリードアウトサーキット52を備え、4個の受光素子51はそれぞれ、隣接する受光素子51との間にリードアウトサーキット52が位置しないようにして配置される。これにより、反射光が、少なくとも2つの受光素子51に同時に入射する可能性を高めることができる。

【0073】

一次元スキャナ3は、受光面RPにおいて受光素子51が配置されている領域E1に反射光が照射されるときには、受光素子51が配置されていない領域に反射光が照射されるときよりも、走査速度を遅くする。これにより、単位走査時間内で、反射光が受光素子51に照射される回数を増加させることができる。

【0074】

またデータ生成部99は、光源2がレーザ光を照射する毎に、TDC96が測定した時間計測信号と、D型フリップフロップ回路97から出力された受光数信号とを対応付けたデータを取得する。そしてヒストグラム作成部84は、データ生成部99により取得したTDC分解能時間ごとの受光数信号をレーザ光の発光回数分だけ積算し、ヒストグラムを作成する。さらに距離決定部85は、ヒストグラム作成部84が作成したヒストグラムに基づいて、光源2により照射されたレーザ光を反射した物体までの距離を決定する。このように複数回レーザ光を照射した結果を積算しヒストグラムを作成すると、作成したヒストグラムにおいて、反射光に基づいて検出された受光数信号の度数は、その他の受光数信号の度数よりも高くなる。これは、反射光に基づいて検出される時間計測信号は、複数回の照射にわたってほぼ一定の値になるのに対して、背景光に基づいて検出される時間計測信号はランダムに変化するからである。このため、距離の決定において、背景光の影響を低減することができる。

【0075】

また、SPADの特性上、光が入射しない場合でも応答する可能性や、光が入射しても応答しない可能性がある。このような特性が検出結果に及ぼす影響を低減するためにも、複数回の照射で得られたTDC分解能時間ごとの受光数信号を用いて、ヒストグラムを作成する必要がある。

【0076】

また距離決定部85は、ヒストグラムから、度数が最も大きいピークである最大ピークを抽出し、最大ピークの度数（受光積算値）と、ヒストグラムにおけるその他の部分の度数との差が、予め設定された決定判定値以上である場合に、最大ピークに対応する飛行時間に基づいて、距離を決定する。これにより、決定判定値以上であるか否かという簡便な方法で、反射光に基づいて検出された飛行時間であるか否かを判断することができる。

【0077】

また距離決定部85は、最大ピークの度数が予め設定された許可判定値未満である場合に、距離の決定を禁止し、許可判定値は、背景光の照度との間で正の相関を有するように設定される。なお、「背景光の照度と許可判定値との間で正の相関を有する」とは、背景光の照度の増大に伴い連続的に許可判定値が増大することだけではなく、背景光の照度の増大に伴い段階的に許可判定値が減少することも含む。これにより、背景光の照度が大きいほど、反射光に基づいて検出された飛行時間であると判断されるための最大ピークの度数が大きくなる。このため、背景光の照度が大きくなることに起因して、背景光に基づいて検出された飛行時間が、反射光に基づいて検出された飛行時間であると判断される事態の発生を抑制することができる。

【0078】

また光源2は、車速に応じて、レーザ光の強度を、車速とレーザ光の強度との間で正の相関を有するように変更する。なお、「車速とレーザ光の強度との間で正の相関を有する」とは、車速の増大に伴い連続的にレーザ光の強度が増大することだけではなく、車速の増大に伴い段階的にレーザ光の強度が減少することも含む。これにより、車速が小さく、車両の周辺に歩行者が存在する可能性を考慮する必要がある状況ではレーザ光の強度が小さくなり、強度の大きいレーザ光が歩行者に照射されるという事態を回避することができ

る。また、車速が大きく、一般に前方の車両の存在をできるだけ早く検知する必要がある状況ではレーザ光の強度が大きくなり、遠くの車両を検知することができる。

【0079】

また一次元スキャナ3は、車速に応じて、所定走査角度範囲R1を、車速と所定走査角度範囲R1との間で負の相関を有するように変更する。なお、「車速と所定走査角度範囲R1との間で負の相関を有する」とは、車速の増大に伴い連続的に所定走査角度範囲R1が減少することだけではなく、車速の増大に伴い段階的に所定走査角度範囲R1が減少することも含む。これにより、車速が小さく、車両の周辺に歩行者が存在する可能性を考慮する必要がある状況では所定走査角度範囲R1が大きくなり、周辺の歩行者を可能な限り早く検知することができる。また、車速が大きく、一般に前方の車両を検知する必要がある状況では所定走査角度範囲R1が小さくなり、前方に車両が存在しない可能性が高い領域を走査範囲から除外することができるため、遠くの車両を可能な限り早く検知することができる。

10

【0080】

以上説明した実施形態において、光源2は本発明における光照射手段、一次元スキャナ3は本発明における走査手段、光検出部5は本発明における反射光検出手段、処理部6は本発明における時間測定手段、画素26は本発明における受光部、リードアウトサーキット52は本発明における読出回路、データ生成部99は本発明における情報取得手段、ヒストグラム作成部84は本発明におけるヒストグラム作成手段、距離決定部85は本発明における距離決定手段である。

20

【0081】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の形態を採ることができる。

例えば上記実施形態では、決定判定値が一定値であるものを示した。しかし、決定判定値は、最も高いピーク（図7ではピークPK1）に対応する飛行時間との間で負の相関を有するように設定されるようにしてもよい。なお、「飛行時間と決定判定値との間で負の相関を有する」とは、飛行時間の増大に伴い連続的に決定判定値が減少することだけではなく、飛行時間の増大に伴い段階的に決定判定値が減少することも含む。例えば、決定判定値が、飛行時間（すなわち距離）に反比例したり、飛行時間（すなわち距離）の2乗に反比例したりするようにしてもよい。これにより、レーダ装置付近に位置する前方物体についての誤検出を低減することができるとともに、レーダ装置の遠方に位置する前方物体についての検出確率を向上させることができる。

30

【0082】

また上記実施形態では、最も高いピーク（図7ではピークPK1）の受光積算値と、その他のピーク（図7ではピークPK2，PK3）の受光積算値との差が、決定判定値以上である場合に、最も高いピークに対応する時間に基づいて距離を算出するものを示した。しかし、上記の差が決定判定値未満である場合にであっても、過去の距離決定結果（例えば、走査の1周期前から現時点までの結果）を参照して、同じ距離に物体が存在していた場合には、最も高いピークに対応する時間に基づいて距離を算出するようにしてもよい。

【0083】

また上記実施形態では、複数の画素26を二次元行列状に配列することで構成されている二次元画素アレイ21における1個の画素26を反射光が走査方向SD2に沿って走査する時間（単位走査時間）内に、複数回（本実施形態では16回）のパルスレーザ光の発光を行うものを示した。この場合には、上述のように、二次元行列状に構成されている二次元画素アレイ21の1列分のデータを、単位走査時間内のパルスレーザ発光回数（積算回数）分記憶することができる記憶容量が必要である。

40

【0084】

これに対し、一次元スキャナ3の走査速度が速く、単位走査時間内で例えば1回のパルスレーザ光の発光を行う場合には、ヒストグラム作成部84がヒストグラムを作成するためには、積算回数×走査周期の時間が必要である。このため、この積算回数×走査周期の

50

時間が経過するまで、時間計測部 8 3 からヒストグラム作成部 8 4 へ出力されるデータを破棄することができない。すなわち、二次元行列状に構成されている二次元画素アレイ 2 1 の全列分のデータを、積算回数分記憶することができる記憶容量が必要である。

【0085】

このためレーダ装置 1 は、一次元スキャナ 3 の走査速度が速く、単位走査時間内でのパルスレーザ光の発光回数が少ない場合には、二次元画素アレイ 2 1 の受光面 R P 上において反射光が照射される列を間引くように、インターレース方式で照射光を走査するようになるとよい。これにより、間引かれた列分のデータを記憶する必要がなくなり、データ記憶部 8 6 における記憶容量の増大を抑制することができる。

【0086】

また上記実施形態において、背景光の影響を除去するために、パルスレーザ光の波長に対応したバンドパスフィルタを備えるようにしてもよい。

また上記実施形態において、リードアウトサーキット 5 2 を構成する要素の一部（例えばインバータ 6 3 およびバッファ 6 4）を、配線で延長することにより、二次元画素アレイ 2 1 の受光面 R P の外側に設置するようにしてもよい。また、配線で延長することにより信号の遅延が大きくなり、画素データ処理部 3 1 に接続されている同一の行の画素 2 6 間でも、画素 2 6 と画素データ処理部 3 1 との間を伝達する信号の伝達時間の差が大きくなるおそれがある。このため、同一の行の画素 2 6 間での上記伝達時間の差を補正する機構を設けるようにしてもよい。

【0087】

また上記実施形態において、リードアウトサーキット 5 2 を構成する要素の一部を、貫通ビア（Through Silicon Via）または裏面照射（Back Side Illumination）等により、二次元画素アレイ 2 1 の受光面 R P の裏側に設置するようにしてもよい。

【0088】

また上記実施形態では、矩形状に成形されたレーザ光を照射するものを示したが、楕円状に成形されたレーザ光を照射するようにしてもよい。

また、上記実施形態におけるレーダ装置 1 の構成は、図 8 に示すように、光切断法に類似している。しかし、レーダ装置 1 と光切断法とでは、測距方式が異なるために回路構成が異なる。また光切断法では、領域全体のメモリが必要となる。

【符号の説明】

【0089】

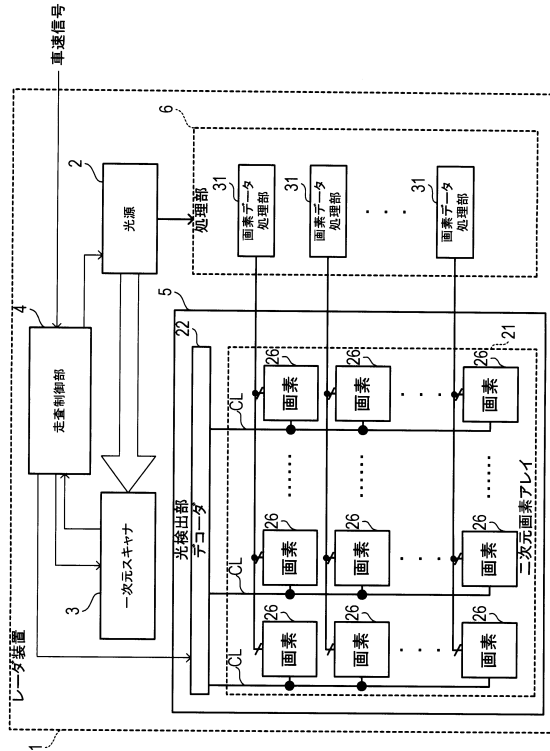
1 …レーダ装置、2 …光源、3 …一次元スキャナ、4 …走査制御部、5 …光検出部、6 …処理部、2 6 …画素

10

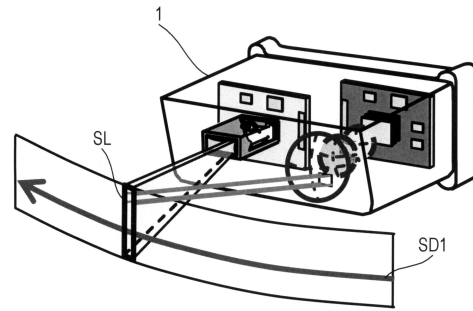
20

30

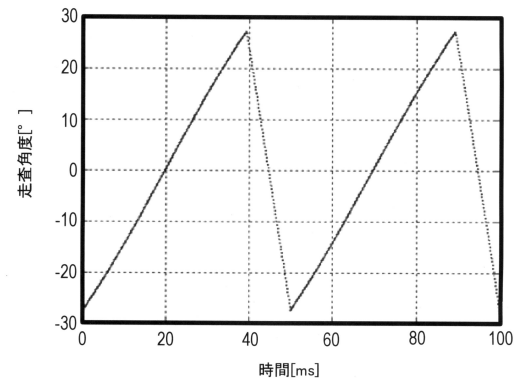
【図 1】



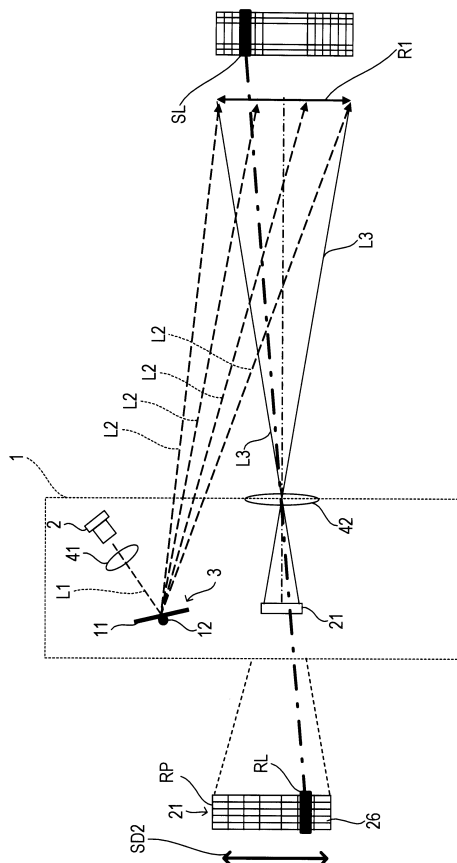
【図 2】



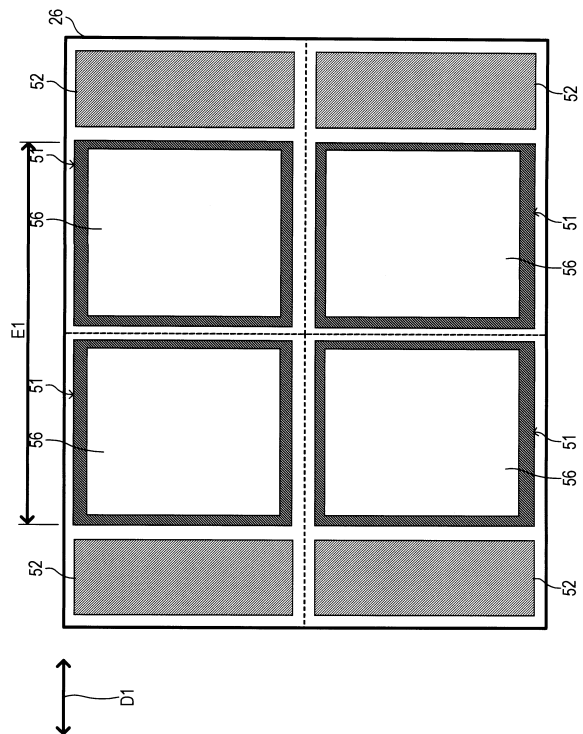
(b)



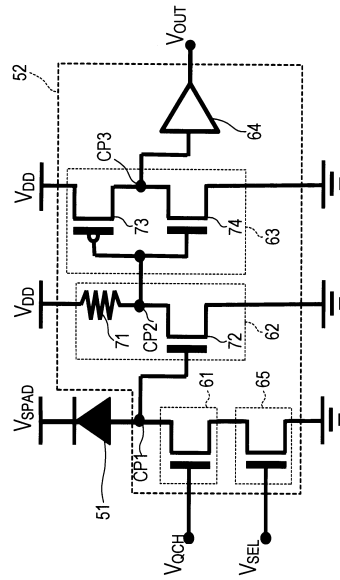
【図 3】



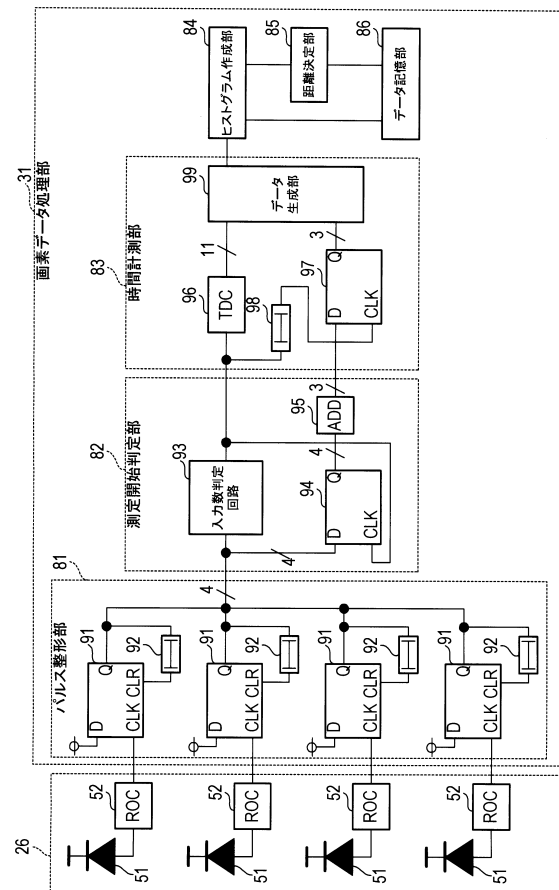
【图 4】



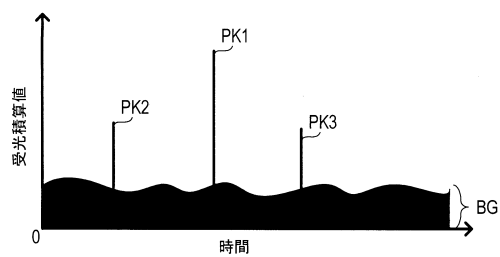
【図 5】



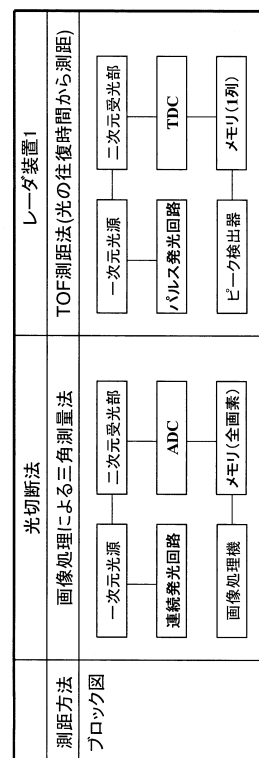
【図 6】



【图 7】



【图 8】



フロントページの続き

審査官 請園 信博

- (56)参考文献 特開2002-323561 (JP, A)
特開2012-060012 (JP, A)
特開平10-170221 (JP, A)
特開2013-206903 (JP, A)
特開2010-091377 (JP, A)
特開2005-077379 (JP, A)
特開2008-096112 (JP, A)
国際公開第2012/085151 (WO, A1)
米国特許出願公開第2012/0153120 (US, A1)
特開2002-328166 (JP, A)
特開2001-050723 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S	7/48	—	7/51
	17/00	—	17/95