

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4044435号
(P4044435)

(45) 発行日 平成20年2月6日(2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 S 7/48 (2006.01) GO 1 S 7/48 A

請求項の数 10 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-532958 (P2002-532958)	(73) 特許権者	503126681
(86) (22) 出願日	平成13年10月1日 (2001.10.1)		エムビーディーイー・ユーカー・リミテッド
(65) 公表番号	特表2004-510988 (P2004-510988A)		ド
(43) 公表日	平成16年4月8日 (2004.4.8)		イギリス国、エスジー1・2ディーイー、
(86) 国際出願番号	PCT/GB2001/004375		ハートフォードシャー、スティーブンエイ
(87) 国際公開番号	W02002/029436		ジ、シックス・ヒルズ・ウェイ (番地なし)
(87) 国際公開日	平成14年4月11日 (2002.4.11)	(74) 代理人	100058479
審査請求日	平成15年7月31日 (2003.7.31)		弁理士 鈴江 武彦
(31) 優先権主張番号	0024587.8	(74) 代理人	100091351
(32) 優先日	平成12年10月5日 (2000.10.5)		弁理士 河野 哲
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パルスシフトアレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光ファイバの一方の端部を備える少なくとも1つのアレイを具備するレーザーダ受信機であって、前記アレイの前記光ファイバの対応する対向端部は同一の電磁放射線検出器手段に接続され、前記光ファイバの各々は、パルス電磁放射線が前記光ファイバの前記一方の端部に入射して前記少なくとも1つの電磁放射線検出器手段に伝送されるまでの時間に所定の異なる遅延をもたらす異なる物理的特性をもち、前記光ファイバのそれぞれは、少なくともその長さの一部に沿って、前記パルス電磁放射線に対して第1の経路と第2の経路を提供し、前記電磁放射線のパルスは前記第1の経路を通るパルスと前記第2の経路を通るパルスとに分離され、前記第1の経路は前記第2の経路と異なる物理的特性を持つことにより、前記電磁放射線のパルスが前記第1の経路を移動するのに要する時間は、前記電磁放射線のパルスが前記第2の経路を移動するのに要する時間と異なっているレーザーダ受信機。

10

【請求項 2】

前記各光ファイバの第1の経路はそれぞれ互いに異なる物理的特性をもち、前記各光ファイバの第2の経路はそれぞれ互いに異なる物理的特性をもち請求項1に記載のレーザーダ受信機。

【請求項 3】

前記物理的特性はファイバ長を含む請求項1または2に記載のレーザーダ受信機。

【請求項 4】

20

前記物理的特性はファイバ屈折率を含む請求項 1 または 2 に記載のレーザレーダ受信機。

【請求項 5】

前記物理的特性はファイバ材料を含む請求項 1 または 2 に記載のレーザレーダ受信機。

【請求項 6】

ピクセルアレイを備えたパルス電磁放射線を受信するレーザレーダ受信機であって、各ピクセルは、前記ピクセルアレイに入射される電磁放射線を受信するための光ファイバの端部を構成し、前記アレイは複数のスレーブピクセルと、1つのマスタピクセルとからなり、前記アレイの光ファイバは、電磁放射線検出器手段に対して直列の形態で接続され、前記マスタピクセルの光ファイバは、電磁放射線検出器手段に接続されるとともに、複数のスレーブピクセルのうち、第1のスレーブピクセルの光ファイバは、前記マスタピクセルの前記光ファイバに光学的に直列に接続され、複数のスレーブピクセルのうち、第2のスレーブピクセルの光ファイバは、前記第1のスレーブピクセルの光ファイバに光学的に直列に接続され、これによって前記アレイのすべてのスレーブピクセルの各光ファイバは光学的に直列に接続され、前記構成によって、前記ピクセルアレイの各ピクセルから前記電磁放射線検出器手段に伝送される電磁放射線の伝送時間が異なる時間遅延となるレーザレーダ受信機。

10

【請求項 7】

前記アレイは等角アレイを形成する請求項 1 から 6 のいずれかに記載のレーザレーダ受信機。

20

【請求項 8】

前記アレイはフォーカルプレーンアレイを形成する請求項 1 から 6 のいずれかに記載のレーザレーダ受信機。

【請求項 9】

前記光ファイバの前記一方の端部は、前記検出器手段に伝送されるレーザエネルギーの波長を選択的にフィルタリングするための手段を具備する請求項 1 から 8 のいずれかに記載のレーザレーダ受信機。

【請求項 10】

前記アレイは複数のより小さい個々のアレイを具備する請求項 1 から 9 のいずれかに記載のレーザレーダ受信機。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

この発明は、レーザレーダイメージング及びこれに関連するセンサ技術の分野に関連する。

【0002】

従来のアクティブレーザレーダイメージングシステムは物体または目標のイメージを獲得するために光学的な合成を行うセンサ素子のアレイを提供する。物体あるいは目標を照射するのにレーザなどのアクティブなあるいはパルス光源を使用することは、戻り光 (optical return) を改善することができ、シーンの3次元イメージを獲得することを可能にする。そのようなイメージは方位角 (azimuth)、仰角 (elevation)、範囲 (range) に関

40

【0003】

要求された戻り光を生成するためにレーザをアクティブなあるいはパルス光源として使用するとき、センサシステムによって要求されるエネルギーレベルを低減するのに助けるために短時間のレーザパルスを使用することが有益である。そのようなレーザの使用は大きなレンジ解像度を達成することを助ける。

【0004】

アクティブなまたはパルス光源とともに使用される従来のセンサアレイ検出器素子はしばしば比較的大きな時定数を持ち、短時間パルスを合成して長パルスにすることを要求する。このことは、システム全体のレンジ解像度の低下につながる。大きなレンジ解像度を達

50

成する手段としてアクティブパルス光源を使用することは、Qスイッチングの使用により可能になり、これによって、レーザ光源はナノ秒のパルス周期を達成することができる。従来のアレイ検出器素子に関連する合成の問題を克服するのを助けるために、アパランシェフォトダイオード (APD) が使用されてきた。APDは要求された光検出と短周期パルスの処理を容易に行うことができるが、APDをアレイ内に製造することに関連した問題が残る。SPIEエアロセンス (AeroSense) 会議 (1997年4月20~25日、オランダ、フロリダ州) で提出された論文NO. 3065-04において、プロトタイプのアクティブイメージングレーザレーダ受信機が提案された。この受信機はファイバ結合マルチチャネル受信機のアレイに組み込まれ、単一のレーザパルスからイメージを獲得することを可能にする。従来の走査型レーザレーダイメージング受信機は、全イメージを組み立てるために多数のパルスを必要とし、プラットフォームまたは標的の不安定性及び他の環境要因によって引き起こされるジッタやイメージ分裂の問題をかかえる。上記論文は単一パルスを使用することによりひずみを除去して高品質、高速のレンジをベースとしたイメージを提供できることを提案した。

【0005】

当該論文において提示された受信機は、先端が研磨されたマルチモードファイバで形成されるフォーカルプレーンアレイからなる。各ファイバは光バケツとして作用し、光信号を捕捉し、この信号を一連の検出器素子に中継する。次に、端部研磨されたそれぞれの光ファイバによって形成されたピクセルによって捕捉された光を検出して処理するためにAPDアレイ (APD) が使用された。

【0006】

上記の参考論文において提示されたイメージングレーザレーダ受信機の構成は、光ファイバアレイの各ピクセルが関連するAPD検出器を備えることを必要とする。したがって、例えば、 24×24 アレイのピクセルは、全部で576個のAPD検出器及び処理素子を必要とすることになる。このことは受信機が相対的に大型になり、かつ、APD及び関連する電子回路の数が増大して高価なものになってしまう。システムを開発する上でのそのような物理サイズとコストの問題に加えて、1kHzの一般的なパルス反復レートが使用されるならばAPD検出及び処理に関する電子回路が不作動状態になってしまう問題がある。これは、検出器が2, 3ナノ秒のパルスに回答する必要があり、その後、残りの1ミリ秒のパルス周期では不作動状態にとどまるからである。

【0007】

本発明は、各検出器に時間シフトパルスを供給するために光ファイバ遅延線を使用することによって、実質的により少ない数の検出器 (及び関連する処理用電子回路) で実現できるイメージングレーザレーダ受信機を提供するものである。検出器の数を低減することは、物理的により小さくよりコンパクトな受信機システムを提供することができるとともに、必要とされるAPDの数に関連したコストをも低減することにつながる。さらに、本発明は、検出器及び関連する電子回路の物理的位置に関して柔軟性を提供することができ、梱包及びホストコンテナや自動車内の余分な空間を活用する上で都合がよい。

【0008】

従って、複数の光ファイバの一方の端部を備えるアレイをを具備するレーザレーダ受信機が提供される。前記光ファイバの対応する対向端部は、少なくとも1つの電磁放射線検出器手段に接続され、前記光ファイバの各々は、パルス電磁放射線が前記光ファイバの前記一方の端部に入射して前記少なくとも1つの電磁放射線検出器手段に伝送されるまでの時間に所定の遅延をもたらす異なる物理特性をもつ。

【0009】

以下に、添付の図面を参照して本発明の一実施形態を説明する。

【0010】

図1は、9つの光ファイバケーブル端部 (ピクセル) 4のアレイを示し、それぞれが光信号をAPD 8の対応するアレイに伝送するための光ファイバ伝送経路6をもつ。光源情報1がピクセルアレイ2に入射するとき、各ファイバは光ばけつとして機能して光源情報1

10

20

30

40

50

を捕獲してそれを光ファイバ伝送線 6 を介して各ケーブルのための専用の A P D 8 に中継する。各 A P D 8 は、光源情報 1 の光検出及び処理のための手段を提供する。各 A P D 8 は光源情報を入力端末 1 2 を介してさらなる処理手段 1 0 に供給するために対応する出力伝送線 9 をもつ。さらなる処理手段 1 0 は光源によって照射される物体の 3 次元イメージを構成するのに使用される。各光ファイバ伝送線 6 実質的に同じ長さであり、これによってピクセル 4 のいずれかに入射するすべての光源情報 1 は A P D 8 に供給される。

【 0 0 1 1 】

図 2 は、図 1 に示す例と同じ数のピクセル 4 をもつ本発明に従ったイメージングレーザ受信機を示しているが、光伝送ケーブル 1 4 の各々が単一の A P D 1 8 へ光源情報を伝送する点が異なっている。本発明は時間シフトされたパルスを送る A P D 1 8 に供給するために光ファイバ伝送線 1 4 における遅延を利用する。図 2 に示されるピクセルの 3 × 3 “クラスタ”において、9 つすべてのピクセルが単一の A P D 1 8 に光を伝送する。中央のピクセル 2 4 は光源情報 1 を A P D 1 8 に伝送するための最短の光ファイバ伝送ケーブル 2 6 を有する。残りの周囲のピクセルは、それぞれが対応する遅延 1 6 をもつ光ファイバ伝送線 1 4 によって A P D 1 8 に接続されている。各遅延 (d 1、d 2、d 3 ... d 8) は異なっており、これはこの例ではファイバの長さを異ならせることによって提供される。この構成は 9 つのピクセルからの光源情報 1 が A P D 1 8 に集結されることを可能にしている。

【 0 0 1 2 】

中央のピクセルを A P D に対する最短の伝送経路をもつピクセルとして選択することは単なる一例であり、本発明の特徴をこれに限定するものではない。したがって、アレイにおいて、任意の 1 つのピクセルを最短時間の伝送経路に選択することができる。

【 0 0 1 3 】

図 1 で説明されたシステムを図 2 に示すシステムと比較するとわかるように、図 2 に示す 3 × 3 の例は、プロセッサユニット 2 0 によって次の処理を行うために同一の光源情報 1 を A P D に供給するのに要する A P D の数が 8 つ少なく済む構成を提供している。この考え方は、同じ利点を維持しながらピクセルの種々のアレイに適合するように変更して適用することができる。例えば 5 × 5 アレイならば、2 4 の残りのピクセルによって囲まれた 1 つの中央ピクセルを使用することが可能であり、それぞれが各光伝送線における遅延 1 6 を利用する。図 1 で説明した考え方によって現在の 5 × 5 アレイシステムを考えると、図 2 で説明した本発明に従ったシステムでは、A P D 素子の数が 2 4 だけ少ないものとなる。

【 0 0 1 4 】

図 2 に示される本発明を説明するのに使用される一般的な値の例について以下に説明する。3 × 3 アレイでは、遅延線 1 6 は整数値 (例えば 4 0 m、8 0 m、1 2 0 m、1 6 0 m ...) の長さをもつことが仮定される。1 . 5 の屈折係数をもつ 4 0 m ファイバを介して移動する光源情報 1 が、ピクセルから A P D 1 8 へ移動するのに 2 0 0 n s の時間を要する。隣接ピクセルがマスタピクセルに対して 3 0 m (すなわち 4 0 × 1 . 5 ÷ 2) よりも近い物体を撮像する場合以外は、アレイから伝送される最初のパルスは中央のピクセルからのパルスとなる。このような状態は “レンジあいまいさ (range ambiguity)” として知られ、本発明のパルスシフトアレイによる方法を使用することの結果である。まれなことではあるがそのようなあいまいさが起こったときには処理ユニット 2 0 は 2 0 0 n s 内に 1 つではなく 2 つのパルスを検出し、レンジあいまいさの問題あるいは “にせのアラーム” が存在することを知らせる。

【 0 0 1 5 】

アレイ内のすべてのピクセルが光信号を捕捉しない場合には他のタイプのレンジあいまいさが発生する。これは例えば、アレイが物体またはターゲットの端部に向けられていたり、すべてのピクセルが反射されたパルスを受信しなかったときに発生する。

【 0 0 1 6 】

この例において、レンジあいまいさが存在しないことを仮定するならば、A P D 1 8 は中

10

20

30

40

50

央ピクセルからのパルスを観察し、周囲のピクセルからの8つのパルスが順番に後に続く。各パルスは、ピクセルのアレイの平面と光源に対する角度との物理的な関係に依存して200 nsあるいは約200 ns間隔で発生する。すなわち、9つのパルス列は約1.6 μ s (すなわち、8 × 200 ns) 内に検出される。1 kHzのフレームレートでの一般的なイメージングを仮定すると、上記の例においてはさらに多くの周囲ピクセルのパルスが検出されることが明らかである。この場合、1 kHzの反復レートは1ミリ秒(1000 μ s)の窓を意味する。それが中央ピクセルであるか周囲のピクセルであるかとは無関係に、物体に対するレンジが各ピクセルに対して決定され、照射された物体の3次元イメージが構成される。

【0017】

図2に示される例に関して考慮すべきさらなる側面は、要求される光ファイバケーブルの全長である。この例において最初の周囲ピクセルは関連する40 mのファイバを有し、最後(すなわち8番目の)ピクセルは320 mのファイバを有する。図2に従って説明された本発明を使用する各3 × 3アレイに対して要求されるファイバ長は1.44 kmである。図2の構成を24 × 24ピクセルの拡大された代表的なアレイサイズに適用した場合、9つのピクセルに対して1つのAPDを使用するならば64個の3 × 3構成が必要となる。したがって、24 × 24ピクセルアレイに対して要求される光ファイバケーブルの全長は等しく92 kmとなる。100 μ mの外径をもつファイバを使用して78% (すなわち1/4)の充填密度を想定するならば、このことは900 ccの光ファイバの容積が必要となる。

【0018】

50 μ m直径のファイバが使用されたならば、この容積は4の因数だけさらに低減することができる。同一構成の端部ファイバを使用して2パス“スタブ”遅延線を製造することによりファイバ容積に対する要求をさらに低減することが可能である。そのような2パススタブ遅延線の導入により、ファイバ伝送線14の物理的な長さを事実上半分にすることができる。

【0019】

上記したようなレンジあいまいさが存在するならば、このことは本発明による装置に関連した既知のレンジファインダを使用することによって解決できる。一方、この装置はレンジあいまいさを除去するのに適している。これはどのピクセルがAPDに対してどの信号を伝送するかを特定することによって達成される。これは図3を参照して以下に説明する方法を含む種々の異なる方法によって達成される。

【0020】

図3は図2に示すものと類似のイメージングレーザレーダ受信機であるが、ここでは説明をわかりやすくするために3つのピクセルからの光ファイバ伝送ケーブル14のみが示されている。各ピクセルは光源情報を単一のAPD18に伝送するための光ファイバ伝送ケーブル14を有する。光ファイバ伝送ケーブル14の各々は図2に示されるものと異なる長さのものである。それらはそれぞれ代わりの経路14aを有している点において図2のものとは異なっている。光ファイバ伝送ケーブル14に沿って移動する光は結合部に到着し、本来の光ファイバ伝送ケーブル14に沿って移動するかあるいは代わりの経路14aに沿って移動する。代わりの経路14aは本来の光ファイバ伝送ケーブル14の特性と同じか類似の特性をもつ光ファイバ伝送ケーブルである。代わりの経路14aはAPD18に到着する前に本来の光ファイバ伝送ケーブル14と結合される。代わりの経路14aは本来の光ファイバ伝送ケーブル14の対応する部分14bとは異なる長さとなっている。より長い経路(この例では14a、しかし、代わりの経路を本来の経路よりも短くすることが可能である)に沿って移動する光は、より短い経路(この例では14b)に沿って移動する光よりも遅い時間にAPD18に到着する。経路の相異はdである。APD18における任意の1つのピクセルからの2つの光パルスのAPD18への到着時間の相異dは好ましくは、異なるピクセルからの光パルスの到着時間の相異(例えばd1とd8間の相異)と比べて大変小さいことが望ましい。各ピクセルは他のピクセルとは異なる長さの

10

20

30

40

50

代わりの経路を有しており、これによって、相異 d はそれぞれのピクセルから伝送される2つの光パルスの中で相異している。このことはプロセッサユニット20がどのピクセルが反射光を受信したかを特定することを可能にする。

【0021】

図4a及び図4bは、レンジあいまいさが図3に関して説明した装置を使用してどのようにして取り除くことができるかを説明する助けとなる。レンジは、光パルスが物体又はターゲットを往復するのに要する時間と、光パルスが光ファイバ伝送ケーブル14に沿って移動する時間との和の関数である。

【0022】

パルス列50は図2の装置が使用されるときにAPD18によって受信されるものである。時間 T_0 は最初の光源データ1がピクセルによって受信される時間である。ADPに到達する信号の遅れはケーブル長に相異があるために各ピクセルごとに異なる。

10

【0023】

光が実質的に同じ時間で他のピクセルにより受信され、かつ、レンジあいまいが存在しないことを仮定すると、パルス列50が発生する。何らかのレンジあいまいが起こった場合には、パルスが予期されているのとは異なった順番になるか、あるいはフルセットのパルス(この例では9)よりも少ない数のパルスが受信され、この場合、プロセッサはどのピクセルが光源データを受信したのかを知ることができない。したがって、プロセッサはこれらのピクセルに対するケーブル長さすなわち物体のレンジを知ることが出来ない。

【0024】

20

図3の装置が同じ状況で使用されたならば、パルス列52が発生することになる。1つのピクセルから受信した信号間の相異 d は各ピクセル(d_1 、 d_2 など)ごとに異なっており、光源データを受信する各ピクセルはプロセッサによって特定可能である。どのようなレンジあいまいであっても、フルセットのパルスよりも少ないパルスが受信されることになり、プロセッサは光源データを受信するピクセルを特定することができる。したがってプロセッサはピクセルのケーブル長を知ることができ、物体のレンジを計算できるので、レンジの計算の妨げとはならない。

【0025】

代わりの経路14aとして異なる長さの光ファイバケーブルを使用する代わりに、異なる特性をもつケーブル14aを各ピクセルごとに使用することができる。

30

【0026】

レンジあいまいさの問題は種々の異なる方法により解決することができる。

【0027】

図5は、本発明の第2実施形態を示しており、ここでは、異なる構成の光ファイバ遅延線30, 32...が提供される。ここでは‘マスタピクセル’と呼ばれるピクセル24は、図2に示されるのと類似の方法により光ファイバ伝送線28を介してAPD18に接続される。‘スレーブ’ピクセル f_1 から延在する遅延線30はマスタピクセル24の遅延線28に接続される。残りの‘スレーブ’ピクセル f_2 、 f_3 、...、 f_8 も同様にして直列に接続され、ピクセル f_2 からの遅延線32は光ファイバ f_1 の遅延線30、さらには光ファイバ伝送線28へと接続されている。光ファイバ遅延線を各関連するピクセルから隣接ピクセルに接続する手順は、例えばピクセル f_8 に入射する光源情報1は光ファイバ遅延線44、さらにはピクセル f_7 に関連する光ファイバ遅延線42を介し、さらに、ピクセル f_6 に関連する光ファイバ遅延線40を介して当該信号がマスタピクセル光ファイバ伝送線28を介して最終的にAPD18に伝送されるまで移動する、遅延線構造を提供する。

40

【0028】

図5に示すような‘直列(in series)’遅延線構成を使用することにより、最終的にAPD18に伝送されるスレーブパルスに対する時間シフト効果が得られることは明らかである。より高い順位のスレーブピクセルからの信号と、遅延線ファイバの長さに沿った多元反射によるゴーストパルスからは、より大きな接続及びインタフェース損失が予想される

50

。

【0029】

‘直列な’構成を使用する 24×24 ピクセルアレイを実現するのに要するファイバの長さを比較すると、64のAPD検出器素子はそれぞれが 8×40 メートルの光ファイバ伝送ケーブルをもち、結果的に20.5kmの全体のファイバ長が必要となる。図2で説明した実施形態で与えられた例で使用されたもの同一のファイバ外径及び充填密度（すなわち、 $100 \mu\text{m}$ OD ファイバ及び $1/4$ 充填密度）に基づいて考えると、これは200ccのファイバ充填容積に対応する。

【0030】

本発明に従って上記したレーザレーダ受信機の光伝送線に遅延が導入される他の方法は、光ファイバ材料の屈折率の変更及び異なる材料の光ファイバの使用を含むが、それらに限定されないことは勿論である。

10

【0031】

さらに、光ファイバ2の切断端部4は、バンドパス、ハイパスまたはローパスフィルタなどのフィルタ（これらのフィルタに限定されない）として機能する材料により塗布されるかあるいはそのような材料で包囲することが可能であり、これによって、システムを特定範囲の電磁エネルギー波長に応答するように設計することができる。

【0032】

上記した本発明ではフォーカルプレーンアレイアセンブリを代わりに使用可能である。

【0033】

上記した例は、真四角の素子（すなわち、 3×3 、 4×4 、 5×5 など）に形成されるピクセル素子のアレイに関連する。この特徴は本発明を真四角形状のアレイパターンに限定するものではない。本発明に従ったアレイは規則的または不規則あるいはランダムなレイアウトに形成されたピクセルを具備し、それらは平面または非平面（すなわち2次元的又は3次元的）である。アレイは、当該アレイが自動車や物体などの外表面に集積される必要があるアプリケーションでは等角（conformal）である。

20

【0034】

さらに、アレイサイズは、1つのクラスタのピクセルに限定されることはない。本発明に従って全アレイを生成するために任意の数のクラスタが組み合わされる。大きなアレイは図1, 2あるいは3あるいはそれらの組み合わせにおいて説明された任意形状のピクセルのクラスタを具備する。

30

【0035】

短時間の離散パルスが望ましいが、パルス間隔よりも長い時間をもつパルスなどの、より長い時間のパルスを受信することも可能である。この場合、APDは当該APDがピクセルから光信号を受信するたびにステップ増加を示す電流を受信するであろう。

【0036】

本発明を使用することから得られる情報の品質は、与えられた時間のパルスの数と、これらのパルスの時間を調整することによって、個々のアプリケーションに適合させることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】 現在のイメージングレーザレーダ受信機を示す図である。

【図2】 本発明の第1実施形態に従ったイメージングレーザレーダ受信機を示す図である。

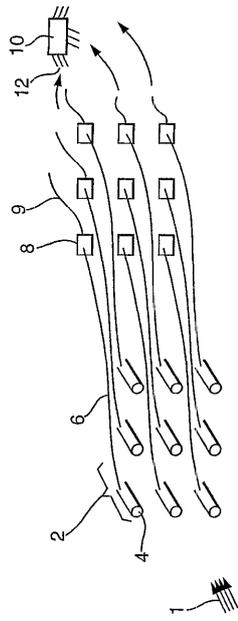
【図3】 図2に示される構成の変形例を示すイメージングレーザレーダ受信機を示す図である。

【図4a】 図2の装置によって受信されるパルス列を示す図である。

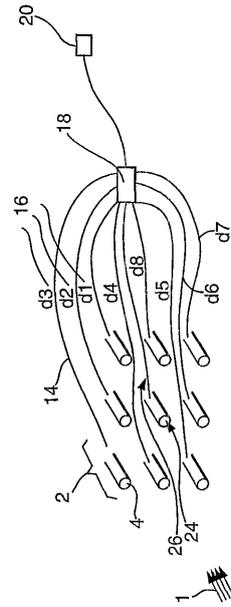
【図4b】 図3の装置によって受信されるパルス列を示す図である。

【図5】 本発明の第2実施形態に従ったイメージングレーザレーダ受信機を示す図である。

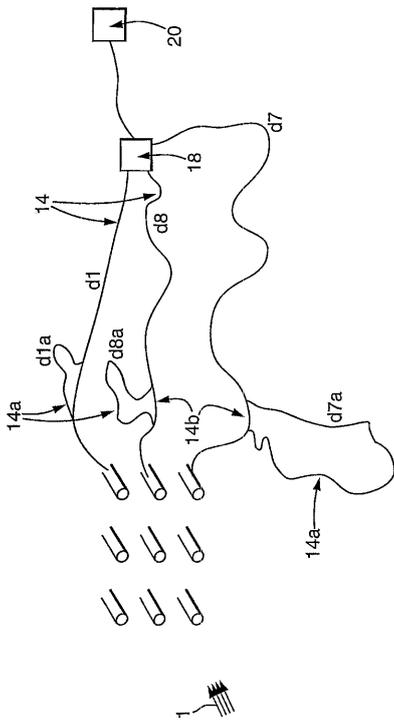
【 図 1 】



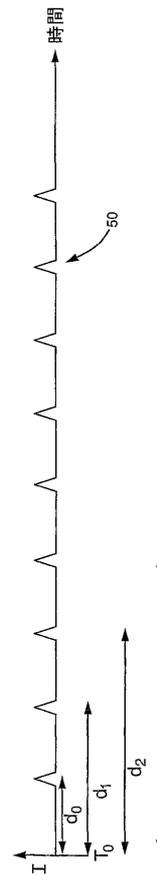
【 図 2 】



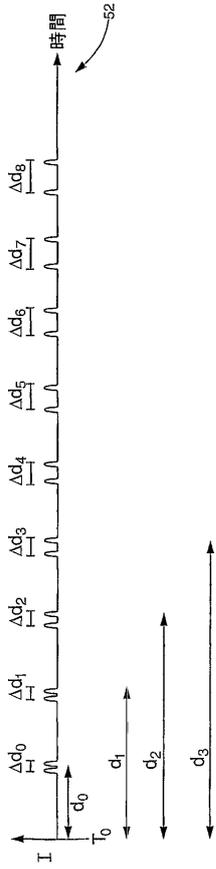
【 図 3 】



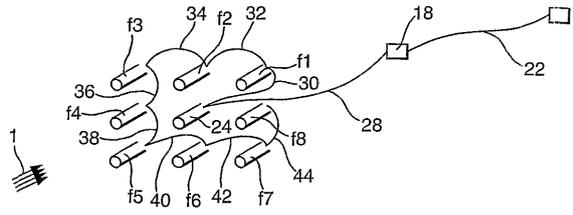
【 図 4 a 】



【 図 4 b 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (72)発明者 ジェニングス、マーティン・ロバート
イギリス国、ビーエス32・9ディーピー、ブリストル、ブラッドリー・ストーク、ウィートフィールド・ドライブ 26
- (72)発明者 ミラー、リー・ダグラス
イギリス国、ビーエス20・7ディーエイチ、ノース・ソマーセット、ポータイスヘッド、ヘロン・ガーデンズ 7

審査官 川瀬 徹也

- (56)参考文献 米国特許第06246822(US, B1)
米国特許第06163372(US, A)
米国特許第04164373(US, A)
米国特許第05760852(US, A)
米国特許第05953110(US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 7/48-7/51
G01S 17/00-17/95