

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6847325号  
(P6847325)

(45) 発行日 令和3年3月24日(2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月4日(2021.3.4)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 S 7/493	(2006.01)	GO 1 S 7/493	
GO 1 S 7/481	(2006.01)	GO 1 S 7/481	Z
GO 1 S 17/95	(2006.01)	GO 1 S 17/95	

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2020-551605 (P2020-551605)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86) (22) 出願日	令和2年5月22日(2020.5.22)	(74) 代理人	110003166 特許業務法人山王内外特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2020/020339	(72) 発明者	亀山 俊平 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日	令和2年9月24日(2020.9.24)	(72) 発明者	小竹 論季 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2019-106475 (P2019-106475)	(72) 発明者	梶山 裕 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(32) 優先日	令和1年6月6日(2019.6.6)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コヒーレントライダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光信号を大気中に送信し、前記光信号の散乱光を受信する送受信部と、  
前記送受信部によって受信された前記散乱光から生成された受信信号をデジタル信号に変換するA/D変換器と、

前記デジタル信号を処理する信号処理部と、  
前記送受信部および前記A/D変換器の動作を制御する制御部と、  
を備え、

前記信号処理部は、前記デジタル信号を時間的に区分する時間区間によって、前記光信号の一部が装置内部で散乱して受信された内部散乱成分の信号を抽出し、抽出した前記内部散乱成分の信号を解析して、装置からの距離が0メートルに相当する、前記受信信号の時間軸上の位置を決定すること

を特徴とするコヒーレントライダ装置。

【請求項2】

光信号を大気中に送信し、前記光信号の散乱光を受信する送受信部と、  
前記送受信部によって受信された前記散乱光から生成された受信信号をデジタル信号に変換するA/D変換器と、

前記デジタル信号を処理する信号処理部と、  
前記送受信部および前記A/D変換器の動作を制御する制御部と、  
を備え、

前記信号処理部は、前記デジタル信号を時間的に区分する時間区間によって、前記光信号の一部が装置内部で散乱して受信された内部散乱成分の信号を抽出し、抽出した前記内部散乱成分の信号を解析して、ドップラー速度が0メートル毎秒に相当する、前記受信信号の周波数軸上の位置を決定すること

を特徴とするコヒーレントライダ装置。

【請求項3】

光信号を大気中に送信し、前記光信号の散乱光を受信する送受信部と、前記送受信部によって受信された前記散乱光から生成された受信信号をデジタル信号に変換するA/D変換器と、

前記デジタル信号を処理する信号処理部と、

前記送受信部および前記A/D変換器の動作を制御する制御部と、  
を備え、

前記信号処理部は、前記デジタル信号を時間的に区分する時間区間によって、前記光信号の一部が装置内部で散乱して受信された内部散乱成分の信号を抽出し、抽出した前記内部散乱成分の信号を解析して、前記光信号の強度または線幅のいずれかまたは両方を検出すること

を特徴とするコヒーレントライダ装置。

【請求項4】

前記受信信号を時間的に2つに分ける第1のスイッチと、前記第1のスイッチによって分けられた2つの信号を互いに異なる増幅率で増幅するアンプ部と、

前記アンプ部によって異なる増幅率で増幅された前記2つの信号を1つに合わせる合波部と、

を備え、

前記A/D変換器は、前記合波部によって1つに合わせられた信号をデジタル信号に変換し、

前記制御部は、前記送受信部、前記第1のスイッチ、前記合波部および前記A/D変換器の動作を制御すること

を特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のコヒーレントライダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、大気中の風速を計測するコヒーレントライダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1に記載されたコヒーレントライダ装置は、レーザ光である送信光を大気中に送信し、送信光がエアロゾルで散乱された散乱光をコヒーレント検波により受信し、受信信号のスペクトルを解析することで、ドップラー周波数シフトを計測する。ドップラー周波数シフトは、レーザ光の送信方向におけるエアロゾルのドップラー速度、すなわちドップラー風速に変換される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2002/093193号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

なお、コヒーレントライダ装置においては、距離の校正とドップラー風速の校正が重要である。距離の校正とは、コヒーレントライダ装置からの距離が0メートルに相当する、受信信号の時間軸上での位置を決定することであり、ドップラー風速の校正は、ドップラ

10

20

30

40

50

ー速度が0メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位置を決定することである。

【0005】

通常、コヒーレントライダ装置に受信された信号のうち、装置内部で送信光が散乱して受信された信号成分（以下、内部散乱成分と記載する）の信号は、大気中のエアロゾルで送信光が散乱された信号成分（以下、大気からの散乱成分と記載する）の信号よりも顕著に大きい。このため、両方の成分の信号が増幅された場合に、内部散乱成分の信号が飽和して風速を計測できなくなる“ブラインドゾーン”が発生する。

【0006】

特許文献1に記載されたコヒーレントライダ装置は、マイクロ波スイッチを用いて受信信号を内部散乱成分の信号と大気からの散乱成分の信号に分割し、内部散乱成分の信号をA/D変換して信号処理する系統と、大気からの散乱成分の信号をA/D変換して信号処理する系統に分配している。これにより、内部散乱成分の信号が飽和することは回避されるが、信号処理に2つのA/D変換器が必要であるという課題があった。

【0007】

本開示は、上記課題を解決するものであり、内部散乱成分の信号を飽和させることなく1系統のA/D変換器で信号処理することができるコヒーレントライダ装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示に係るコヒーレントライダ装置は、光信号を大気中に送信し、光信号の散乱光を受信する送受信部と、送受信部によって受信された散乱光から生成された受信信号をデジタル信号に変換するA/D変換器と、デジタル信号を処理する信号処理部と、送受信部およびA/D変換器の動作を制御する制御部を備え、信号処理部は、デジタル信号を時間的に区分する時間区間によって、光信号の一部が装置内部で散乱して受信された内部散乱成分の信号を抽出し、抽出した内部散乱成分の信号を解析して、装置からの距離が0メートルに相当する、受信信号の時間軸上の位置を決定する。

【発明の効果】

【0009】

本開示によれば、内部散乱成分の信号を飽和させることなく1系統のA/D変換器で信号を処理することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1に係るコヒーレントライダ装置の構成を示すブロック図である。

【図2】マイクロ波スイッチに入力される受信信号の例を示す図である。

【図3】マイクロ波スイッチ、マイクロ波アンプおよびA/D変換器に入出力される信号を示す図である。

【図4】内部散乱成分の信号および大気からの散乱成分の信号と、これらの信号に設定される時間区間を示す図である。

【図5】実施の形態1に係るコヒーレントライダ装置の信号処理の概要を示す概要図である。

【図6】実施の形態2に係るコヒーレントライダ装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1

図1は、実施の形態1に係るコヒーレントライダ装置100の構成を示すブロック図である。図1に示すコヒーレントライダ装置100は、送信光を大気中に送信し、送信光がエアロゾルで散乱された散乱光をコヒーレント検波によって受信し、散乱光から生成される受信信号のスペクトル（受信スペクトル）を解析することで、エアロゾルのドップラー風速を計測する。コヒーレント検波は、ホモダイン検波またはヘテロダイン検波である。

10

20

30

40

50

コヒーレントライダ装置 100 は、図 1 に示すように、光源 1、光分配器 2、パルス変調器 3、光増幅器 4、サーキュレータ 5、送受光学系 6、光合波器 7 および光受信機 8 を有する送受信部 30 と、マイクロ波スイッチ 9 と、マイクロ波アンプ 10 と、マイクロ波スイッチ 11 と、A/D変換器 12 と、信号処理部 13 と、制御部 14 を備える。

【0012】

また、図 1 において、光源 1 と光分配器 2 との間、光分配器 2 とパルス変調器 3 および光合波器 7 との間、パルス変調器 3 と光増幅器 4 との間、光増幅器 4 とサーキュレータ 5 との間、サーキュレータ 5 と送受光学系 6 との間、サーキュレータ 5 と光合波器 7 との間、光合波器 7 と光受信機 8 との間は、全て、光ファイバによって接続されている。さらに、制御部 14 は、パルス変調器 3、マイクロ波スイッチ 9、マイクロ波スイッチ 11 および A/D変換器 12 のそれぞれに電気信号線で接続されている。

10

【0013】

図 1 に示すコヒーレントライダ装置 100 の風速計測の原理は、いわゆるコヒーレント方式である。コヒーレント方式の風速計測については、例えば、下に示す参考文献 1 に記載されている。なお、図 1 には、構成要素同士が光ファイバで接続された送受信部 30 を示すが、コヒーレントライダ装置 100 は、この構成に限定されるものではない。例えば、一部の構成要素の間は電気配線であってもよい。さらに、図 1 に示すコヒーレントライダ装置 100 では、より遠くの位置で風速を計測するために光増幅器 4 を用いて送信光を増幅しているが、風速を計測する対象領域が近距離領域であれば、光増幅器 4 を省略してもよい。

20

(参考文献 1) T. Ando et al., "All-fiber coherent Doppler technologies at Mitsubishi Electric Corporation", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1, 2008.

【0014】

光源 1 は、連続波である光信号を生成する。光分配器 2 は、光源 1 が出力する光信号を、パルス変調器 3 と光合波器 7 に分配する。パルス変調器 3 は、光分配器 2 によって分配された一方の光信号をパルス変調する。なお、パルス変調器 3 によるパルス変調は、制御部 14 によって制御される。光増幅器 4 は、パルス変調器 3 によってパルス変調された光信号を増幅する。サーキュレータ 5 は、光増幅器 4 によって増幅された光信号を送受光学系 6 に送り、送受光学系 6 によって大気から受信された光信号を光合波器 7 に送る。送受光学系 6 は、サーキュレータ 5 から送られた光信号を大気中に送信して、光信号が大気中のエアロゾルで散乱された散乱光を受信する。光合波器 7 は、光分配器 2 によって分配された他方の光信号とサーキュレータ 5 からの光信号とを合波する。光受信機 8 は、光合波器 7 から出力される光信号を電気信号に変換する。

30

【0015】

マイクロ波スイッチ 9 は、送受信部 30 が受信する受信信号を、時間的に 2 つに分けてマイクロ波アンプ 10 とマイクロ波スイッチ 11 とに供給する第 1 のスイッチである。マイクロ波アンプ 10 は、マイクロ波スイッチ 9 から供給される信号を決められた増幅率で増幅する。マイクロ波スイッチ 11 は、マイクロ波アンプ 10 で増幅された信号と、マイクロ波スイッチ 9 から供給される信号とをタイミング信号に応じて切り替えることで時間的につなげる第 2 のスイッチである。マイクロ波アンプ 10 は、マイクロ波スイッチ 9 によって分配された 2 つの信号を互いに異なる増幅率で増幅するアンプ部である。マイクロ波スイッチ 11 は、マイクロ波アンプ 10 によって異なる増幅率で増幅された 2 つの信号を 1 つの信号に合わせる合波部である。A/D変換器 12 は、マイクロ波スイッチ 11 によって 1 つに合わせられた信号をデジタル信号に変換する。信号処理部 13 は、A/D変換器 12 から出力されるデジタル信号を処理する。制御部 14 は、送受信部 30 が有する、パルス変調器 3、マイクロ波スイッチ 9、マイクロ波スイッチ 11 および A/D変換器 12 の動作を制御する。

40

50

## 【 0 0 1 6 】

次に、図 1 に示すコヒーレントライダ装置 1 0 0 による風速計測について詳細に説明する。制御部 1 4 は、パルス変調器 3 にパルス変調信号を出力するとともに、パルス変調信号に同期したトリガ信号を、マイクロ波スイッチ 9、マイクロ波スイッチ 1 1 および A / D 変換器 1 2 にそれぞれ出力する。また、制御部 1 4 は、受信信号の時間波形のうち、内部散乱成分が含まれる時間の範囲の信号を切り出すタイミング信号を、マイクロ波スイッチ 9 およびマイクロ波スイッチ 1 1 に出力する。

## 【 0 0 1 7 】

内部散乱成分が含まれる（受信される）時間の範囲は、パルス変調信号から概ね把握できるので、内部散乱成分が含まれる時間の範囲の信号を切り出すことは可能である。ただし、コヒーレントライダ装置 1 0 0 内部の伝送路の長さを正確に把握できていない場合、内部散乱成分が受信された正確な時間を把握できない。

10

## 【 0 0 1 8 】

光分配器 2 は、光源 1 が出力する連続波の光信号を、ローカル光と送信光とに分配し、ローカル光を光合波器 7 に出力し、送信光をパルス変調器 3 に出力する。パルス変調器 3 は、光分配器 2 によって分配された送信光に対して、パルス変調とともに、光周波数シフトをかけることで、中間周波数の信号を生成する。例えば、パルス変調器 3 は、A O ( A c o u s t o - O p t i c ) 周波数シフタである。

## 【 0 0 1 9 】

パルス変調器 3 によってパルス変調された送信光は、光増幅器 4 によって増幅された後に、サーキュレータ 5 および送受光学系 6 を通じて大気中に送信される。大気中のエアロゾルによって送信光が散乱された散乱光は、送受光学系 6 によって受信され、受信光は、サーキュレータ 5 によって光合波器 7 に送られる。光合波器 7 は、ローカル光と受信光を合波して光受信機 8 に出力する。光受信機 8 は、光合波器 7 からの光信号をコヒーレント検波し、検波された信号を受信信号としてマイクロ波スイッチ 9 に出力する。

20

## 【 0 0 2 0 】

図 2 は、マイクロ波スイッチ 9 に入力される受信信号の例を示す図である。図 2 に示すように、受信信号には、送信光の一部が送受光学系 6 で散乱されて生じた内部散乱成分 A が含まれる。内部散乱成分 A は、コヒーレントライダ装置 1 0 0 の内部で散乱されて生じるので、コヒーレントライダ装置 1 0 0 からの距離が 0 メートルに相当する、受信信号の時間軸上での位置に存在する。内部散乱成分 A は、図 2 に示すように、大気からの散乱成分 B よりも極めて大きいレベルである。内部散乱成分 A は、受信信号においてほぼ既知の時間の範囲に存在するが、大気からの散乱成分 B は、コヒーレントライダ装置 1 0 0 がパルス光を送受するため、内部散乱成分 A とは異なる時間の範囲に存在する。

30

## 【 0 0 2 1 】

ここで、マイクロ波スイッチ 9 に受信信号が入力されてから、信号が A / D 変換器 1 2 に入力されるまでの動作について詳細に説明する。

図 3 は、マイクロ波スイッチ 9、1 1、マイクロ波アンプ 1 0 および A / D 変換器 1 2 に入出力される信号を示す図である。光受信機 8 は、図 3 の吹き出し ( 1 ) に示す受信信号を、マイクロ波スイッチ 9 に出力する。マイクロ波スイッチ 9 は、制御部 1 4 からのタイミング信号に基づいて、当該受信信号から、図 3 の吹き出し ( 2 ) に示す内部散乱成分 A を含む時間の範囲の信号を抽出し、抽出した信号をマイクロ波スイッチ 1 1 に出力する。なお、内部散乱成分 A を含む時間の範囲の信号は、増幅されずにマイクロ波スイッチ 1 1 に出力される。

40

## 【 0 0 2 2 】

さらに、マイクロ波スイッチ 9 は、制御部 1 4 からのタイミング信号に基づいて、受信信号のうち、図 3 の吹き出し ( 3 ) に示す内部散乱成分 A を含まない時間の範囲の信号（大気からの散乱成分 B）を、マイクロ波アンプ 1 0 に出力する。マイクロ波アンプ 1 0 は、マイクロ波スイッチ 9 から入力される大気からの散乱成分 B の信号を増幅することで、図 3 の吹き出し ( 4 ) に示す大気からの散乱成分 B 1 の信号をマイクロ波スイッチ 1 1 に

50

出力する。大気からの散乱成分 B 1 の信号は、大気からの散乱成分 B の信号がマイクロ波アンプ 1 0 によって増幅された信号である。すなわち、大気からの散乱成分 B の信号の増幅率は、内部散乱成分 A を含む時間の範囲の信号よりも大きい。このように、マイクロ波アンプ 1 0 は、マイクロ波スイッチ 9 によって時間的に分けられた 2 つの信号に対して互いに異なる増幅率で増幅する。なお、増幅しない内部散乱成分 A は、増幅率 = 1 で増幅されていると考える。

#### 【 0 0 2 3 】

マイクロ波スイッチ 1 1 には、制御部 1 4 からタイミング信号が出力されている。マイクロ波スイッチ 1 1 は、タイミング信号に同期することで、同一の受信信号からそれぞれ得られた、増幅されていない内部散乱成分 A を含む時間の範囲の信号と、マイクロ波アンプ 1 0 によって増幅された大気からの散乱成分 B 1 の信号とを入力する。マイクロ波スイッチ 1 1 は、これらの信号を時間軸上で並べて 1 つの時間領域の信号に合わせることによって図 3 の吹き出し ( 5 ) に示す信号を生成し、生成された信号を A / D 変換器 1 2 に出力する。図 3 の吹き出し ( 5 ) に示す信号において、レベルの大きい内部散乱成分 A の信号は、増幅されておらず、レベルが小さい大気からの散乱成分 B の信号は増幅されているので、これらの成分の信号は互いに同等なレベルになっている。

#### 【 0 0 2 4 】

前述したように、内部散乱成分 A の信号は、大気からの散乱成分 B の信号よりも極めてレベルが大きい。そのため、マイクロ波アンプ 1 0 により、内部散乱成分 A の信号と大気からの散乱成分 B の信号が同等のレベルになるように増幅することが重要である。例えば、マイクロ波スイッチ 9 とマイクロ波スイッチ 1 1 との間にもマイクロ波アンプ 1 0 を設けて、マイクロ波アンプ 1 0 が、内部散乱成分 A の信号に対して大気からの散乱成分 B よりも小さい増幅率で増幅することで、内部散乱成分 A の信号と大気からの散乱成分 B の信号が同等のレベルになるようにしてもよい。また、内部散乱成分 A の信号のレベルが極端に大きい場合は、マイクロ波スイッチ 9 とマイクロ波スイッチ 1 1 との間にマイクロ波減衰器を設けて内部散乱成分 A の信号を減衰させてもよい。アンプ部は、少なくとも 1 個の増幅器を有して構成される。アンプ部は、信号を減衰させる減衰器を有してもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

続いて、A / D 変換器 1 2 に信号が入力されてから、信号処理部 1 3 が実行する信号処理までの処理を詳細に説明する。

図 4 は、内部散乱成分 A の信号および大気からの散乱成分 B 1 の信号と、これらの信号に設定される時間区間 G 0 ~ G 5 とを示す図である。A / D 変換器 1 2 は、制御部 1 4 からのトリガ信号に同期して、図 3 の吹き出し ( 5 ) に示す受信信号を A / D 変換することで、受信信号をデジタル信号に変換する。時間区間は、デジタル信号である受信信号を時間で区分した区間である。

#### 【 0 0 2 6 】

信号処理部 1 3 は、A / D 変換器 1 2 によってデジタル信号に変換された受信信号を、各計測距離に相当する時間軸上での位置にそれぞれ設定された時間区間 G 0 ~ G 5 に区切る。このとき、信号処理部 1 3 は、図 4 に示すように、内部散乱成分 A が含まれる時間の範囲に、時間的に最初の時間区間 G 0 を設定する。続いて、信号処理部 1 3 は、大気からの散乱成分 B 1 を含んだ時間の範囲に対して時間区間 G 1 ~ G 5 を順次設定する。

#### 【 0 0 2 7 】

信号処理部 1 3 は、デジタル信号に時間区間 G 0 を設定して抽出した内部散乱成分 A の信号の時間波形を解析することで、コヒーレントライダ装置 1 0 0 からの距離が 0 メートルに相当する、受信信号の時間軸上での位置を決定する。例えば、内部散乱成分 A の信号の時間波形の絶対値を求めて、この絶対値が最大となる時間軸上での位置を、コヒーレントライダ装置 1 0 0 からの距離が 0 メートルに相当する位置として決定する。

#### 【 0 0 2 8 】

図 5 は、実施の形態 1 に係るコヒーレントライダ装置 1 0 0 の信号処理の概要を示す概要図であり、ドップラー速度が 0 メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位

10

20

30

40

50

置を決定する処理を示している。信号処理部 13 は、図 5 に示すように、時間区間 G0 を設定して抽出した内部散乱成分 A の信号に対して、フーリエ変換（図 5 の例では、高速フーリエ変換（FFT））してスペクトルを求める。

【0029】

内部散乱成分 A は、光信号の一部がコヒーレントライダ装置 100 の内部で散乱して受信された信号成分である。内部散乱成分 A は、移動速度を持たない散乱点で散乱された信号である。内部散乱成分 A は、ドップラー周波数シフトを有していない。従って、内部散乱成分 A の信号を FFT により処理して求められたスペクトルでピークとなる周波数は、ドップラー速度が 0メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位置に相当する周波数となる。信号処理部 13 は、内部散乱成分 A の信号のスペクトルを解析して、スペクトルにおいてピークとなる周波数を算出することで、ドップラー速度が 0メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位置を決定する。

10

【0030】

次に、信号処理部 13 は、デジタル信号に時間区間 G1 ~ G5 を設定して抽出した、大気からの散乱成分 B1 の各信号を FFT により処理して、各距離に対応する受信スペクトルを算出する。例えば、コヒーレントライダ装置 100 が、規定回数だけ送信光のパルスを大気中に送信して、その都度、信号処理部 13 が、受信スペクトルを算出し、算出したスペクトルを積算することで、SN比が改善する。

【0031】

信号処理部 13 は、積算された受信スペクトルのピーク周波数からドップラー周波数を求める。大気からの散乱成分 B1 に対応するドップラー周波数は、受信スペクトルのピーク周波数と、ドップラー速度が 0メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位置に相当する周波数との差に相当する。ここで、大気からの散乱成分 B1 に対応するドップラー周波数を  $f_d$  とし、送信光の波長を  $\lambda$  とする。大気中の散乱体（例えば、エアロゾル）の移動速度、すなわち、ドップラー風速  $V$  は、下に示す式（1）を用いて算出される。

20

$$V = f_d \times \lambda \div 2 \quad \dots (1)$$

【0032】

信号処理部 13 は、デジタル信号に時間区間 G1 ~ G5 を設定して抽出した各信号に対応する大気中の距離  $D$  を、下に示す式（2）に従って算出する。式（2）において、時間軸上の各時間区間 G1 ~ G5 のいずれかである  $G_j$  における区間の中心の位置を  $T_j$  とし、内部散乱成分 A の信号の時間波形の絶対値がピークとなる時間軸上での位置を  $T_0$  とし、光速を  $c$  としている。大気中の距離  $D_j$  は、コヒーレントライダ装置 100 から風速が計測される位置までの距離である。

30

$$D_j = (T_j - T_0) \times c \div 2 \quad \dots (2)$$

【0033】

信号処理部 13 は、内部散乱成分 A の信号の時間波形に基づいて、送信光の状態、例えば、時間波形の振幅から送信光の強度を、相対的に検出する。ここで、信号処理部 13 は、内部散乱成分 A の信号の時間波形の振幅が予め設定された規定値よりも小さい場合に、光源 1 が生成する光信号（大気中に送信される光信号）の強度が異常であると判定し、内部散乱成分 A の信号の時間波形の振幅が規定値以上の場合には、光信号の強度が正常であると判定する。なお、受信信号における内部散乱成分 A と大気からの散乱成分 B との両方を飽和させることなく、同等のレベルで 1 つの時間領域の信号に合わせることにより、前述した光信号の強度の検出が可能となる。

40

【0034】

また、信号処理部 13 は、内部散乱成分 A の信号に FFT を適用して得られたスペクトルの拡がりから、光源 1 が生成する光信号の線幅（コヒーレンシー）が正常であるか否かを検出する。光信号の線幅は、コヒーレント検波において重要な要素である。例えば、信号処理部 13 は、図 5 に示すようにスペクトルの周波数幅  $W$  が規定値以上に広がっていれば、光信号の線幅が異常であると判定し、周波数幅  $W$  が規定値未満である場合は、光信号

50

の線幅は正常であると判定する。なお、受信信号における内部散乱成分 A と大気からの散乱成分 B との両方を飽和させることなく、同等のレベルで 1 つの時間領域の信号に合わせるにより、前述した光信号の線幅の検出が可能となる。

**【 0 0 3 5 】**

コヒーレントライダ装置 1 0 0 では、距離およびドップラー速度の校正を実施しながら、大気中の風速を計測する。コヒーレントライダ装置は、風速を計測しないときに、校正を行うものでもよい。例えば、コヒーレントライダ装置 1 0 0 は、送受光学系 6 の送信光の出射端がシャッターで遮光された状態であっても、距離およびドップラー速度を校正することができる。すなわち、コヒーレントライダ装置 1 0 0 は、製造段階で距離およびドップラー速度を校正して校正値を信号処理部 1 3 に設定しておくことで、風速を正確に計測することが可能となる。さらに、コヒーレントライダ装置 1 0 0 は、製造段階で光信号の強度および線幅が正常か否かを判定することができる。

10

**【 0 0 3 6 】**

以上のように、コヒーレントライダ装置 1 0 0 は、受信信号を 2 つに分配し、分配された 2 つの信号に互いに異なる増幅率で増幅してから 1 つの信号に合わせ、1 つに合わせられた信号をデジタル信号に変換する。これにより、1 系統の A / D 変換器で信号を処理することができる。すなわち、コヒーレントライダ装置 1 0 0 は、内部散乱成分と大気からの散乱成分のいずれも飽和させずに同等のレベルの信号として、これらの信号を 1 つの時間領域の信号に合わせる。この時間領域の信号は、1 系統の A / D 変換器でデジタル信号に変換され、信号処理部 1 3 は、このデジタル信号を解析することによって、コヒーレントライダ装置 1 0 0 からの距離が 0 メートルに相当する、受信信号の時間軸上での位置を決定し、ドップラー速度が 0 メートル毎秒に相当する、受信信号の周波数軸上での位置を決定する。

20

**【 0 0 3 7 】**

実施の形態 2 .

図 6 は、実施の形態 2 に係るコヒーレントライダ装置 1 0 0 A の構成を示すブロック図である。図 6 に示すコヒーレントライダ装置 1 0 0 A は、送信光を大気中に送信し、送信光がエアロゾルで散乱された散乱光をコヒーレント検波によって受信し、受信信号のスペクトルを解析することにより、エアロゾルのドップラー風速を計測する。このコヒーレントライダ装置 1 0 0 A は、図 1 に示すコヒーレントライダ装置 1 0 0 と基本的な構成は共通しているが、マイクロ波スイッチ 1 1 の代わりに、マイクロ波合波器 1 5 を備える点で異なる。

30

**【 0 0 3 8 】**

図 1 に示すマイクロ波スイッチ 1 1 は、制御部 1 4 からのタイミング信号に同期することで、同一の受信信号からそれぞれ得られた、増幅されていない内部散乱成分 A を含む時間の範囲の信号と、マイクロ波アンプ 1 0 によって増幅された大気からの散乱成分 B 1 の信号とを、時間軸上で連続するようにつなげていた。これに対し、マイクロ波合波器 1 5 は、制御部 1 4 からのタイミング信号とは無関係に、入力された信号を合波する合波器である。従って、制御部 1 4 とマイクロ波合波器 1 5 との間は、電気信号線で接続されていない。合波とは、2 つの信号を重ね合わせることである。

40

**【 0 0 3 9 】**

以上のように、コヒーレントライダ装置 1 0 0 A は、受信信号を 2 つに分配し、分配された 2 つの信号に互いに異なる増幅率で増幅してから、マイクロ波合波器 1 5 によって 1 つの信号に合わせ、1 つに合わせられた信号をデジタル信号に変換する。これにより、コヒーレントライダ装置 1 0 0 と同様の効果が得られ、さらに、制御部 1 4 からのタイミング信号をマイクロ波合波器 1 5 に送る電気信号線を省略することができるので、装置構成をコヒーレントライダ装置 1 0 0 よりも簡易にすることができる。

**【 0 0 4 0 】**

なお、各実施の形態の組み合わせまたは実施の形態のそれぞれの任意の構成要素の変形もしくは実施の形態のそれぞれにおいて任意の構成要素の省略が可能である。

50

【産業上の利用可能性】

【0041】

本開示に係るコヒーレントライダ装置は、例えば、大気中の風速の計測に利用可能である。

【符号の説明】

【0042】

1 光源、2 光分配器、3 パルス変調器、4 光増幅器、5 サーキュレータ、6 送受光学系、7 光合波器、8 光受信機、9 マイクロ波スイッチ、10 マイクロ波アンプ、11 マイクロ波スイッチ(合波部)、12 A/D変換器、13 信号処理部、14 制御部、15 マイクロ波合波器(合波部)、30 送受信部、100、100A コヒーレントライダ装置。

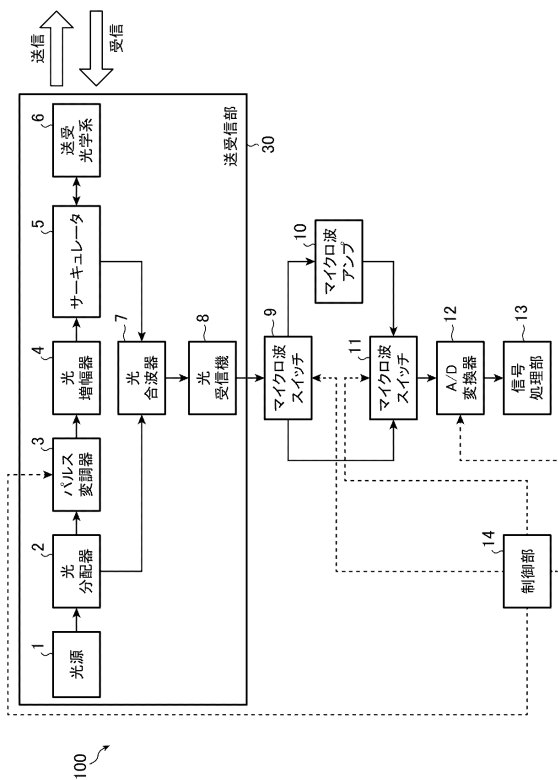
10

【要約】

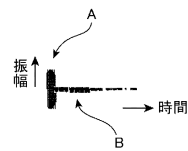
コヒーレントライダ装置(100)は、光信号を大気中に送信し、光信号の散乱光を受信する送受信部(30)と、送受信部(30)によって受信された散乱光から生成された受信信号を時間的に2つに分ける第1のスイッチ(9)と、第1のスイッチ(9)によって分けられた2つの信号を互いに異なる増幅率で増幅するマイクロ波アンプ(10)と、マイクロ波アンプ(10)によって異なる増幅率で増幅された2つの信号を1つの信号に合わせるマイクロ波スイッチ(11)と、マイクロ波スイッチ(11)によって1つに合わせられた信号をデジタル信号に変換するA/D変換器(12)と、デジタル信号を処理する信号処理部(13)と、送受信部(30)、第1のスイッチ(9)、マイクロ波スイッチ(11)およびA/D変換器(12)の動作を制御する制御部(14)を備える。

20

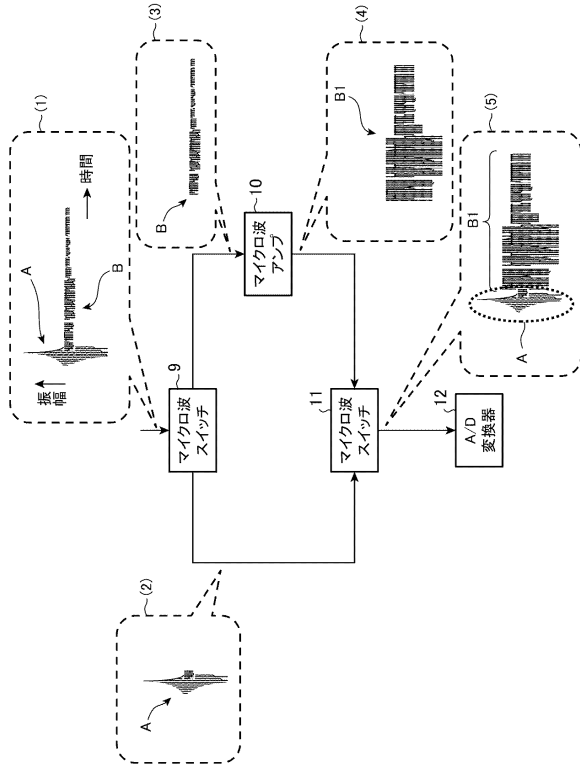
【図1】



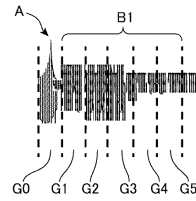
【図2】



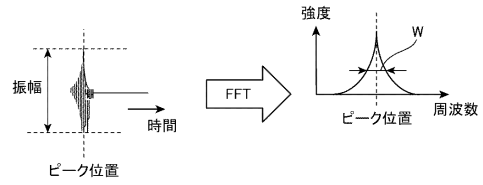
【図3】



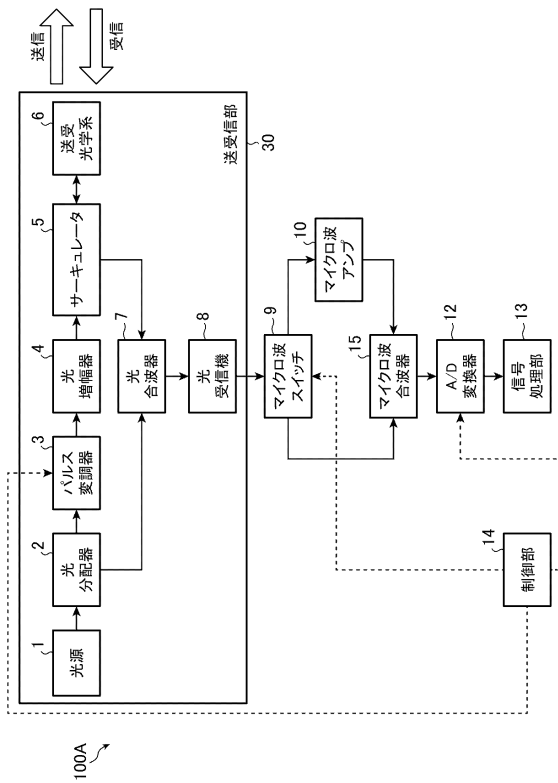
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 崎村 武司  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 高林 幹夫  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 大 瀬 裕久

(56)参考文献 国際公開第2004/106971(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - 7/51  
17/00 - 17/95