

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5310680号
(P5310680)

(45) 発行日 平成25年10月9日(2013.10.9)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 C 3/06 (2006.01) GO 1 C 3/06 I 1 O A
GO 1 B 11/00 (2006.01) GO 1 B 11/00 B

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2010-202953 (P2010-202953)	(73) 特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 801番地
(22) 出願日	平成22年9月10日(2010.9.10)	(74) 代理人	100078916 弁理士 鈴木 由充
(65) 公開番号	特開2012-58125 (P2012-58125A)	(74) 代理人	100142114 弁理士 小石川 由紀乃
(43) 公開日	平成24年3月22日(2012.3.22)	(72) 発明者	飯田 雄介 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	平成23年8月5日(2011.8.5)	(72) 発明者	滝政 宏章 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検出用の光を投光する投光部と、投光部からの光に対する対象物からの反射光を受光して、その受光状態を示す受光量データを生成する受光部と、前記投光部および受光部による検出処理を繰り返しながら、毎回の検出処理により得た受光量データを用いて対象物の変位量を計測する計測手段と、前記検出処理における感度を調整する感度調整手段とを具備する変位センサであって、

前記受光部には、受光素子と、この受光素子から出力される受光量信号にそれぞれ異なる倍率を適用して前記受光量データを生成する複数の信号処理部とが含まれており、

前記計測手段は、前記複数の信号処理部のうちの特定の信号処理部により生成された受光量データを用いて前記変位量の計測処理を実行し、

前記感度調整手段は、前記検出処理に応じて前記複数の信号処理部により生成された受光量データの中から所定の許容値より高く、かつ飽和していない受光量データを1つ選択し、前記特定の信号処理部に適用された倍率に対する前記選択された受光量データを生成した信号処理部に適用された倍率の比率と当該選択された受光量データとに基づき、前記特定の信号処理部により生成された受光量データの値とあらかじめ定められた適正值との相対関係を求め、この相対関係に基づいて以後の検出処理における感度を調整する、ことを特徴とする変位センサ。

【請求項2】

前記感度調整手段は、前記特定の信号処理部による受光量データの値が前記許容値から

飽和レベルまでの範囲にある場合には当該受光量データを選択し、前記特定の信号処理部による受光量データの値が前記許容値を下回る場合には特定の信号処理部よりも高い倍率が適用された信号処理部による受光量データを選択し、前記特定の信号処理部による受光量データが前記飽和レベルに達している場合には特定の信号処理部よりも低い倍率が適用された信号処理部による受光量データを選択する、請求項 1 に記載された変位センサ。

【請求項 3】

前記感度調整手段は、前記複数の信号処理部により生成された受光量データのうち、前記適正值に最も近い受光量データを選択する、請求項 1 に記載された変位センサ。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載された変位センサであって、

前記受光素子として複数の画素を有する撮像素子が設けられ、

前記特定の信号処理部において前記撮像素子の全画素の受光量を表す受光量データが生成されると共に、その他の信号処理部において前記撮像素子の各画素の受光量のうちの少なくともピーク値を表す受光量データが生成され、

前記感度調整手段は、選択された受光量データのピーク値と、前記特定の信号処理部に適用された倍率に対する前記選択された受光量データを生成した信号処理部に適用された倍率の比率とに基づき、前記特定の信号処理部による受光量データのピーク値と前記適正值との相対関係を求め、

前記計測手段は、前記特定の信号処理部による受光量データを用いて前記撮像素子において受光量のピーク値が得られた位置を特定し、この特定された位置に基づき前記変位量を計測する、変位センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学的な検出処理により対象物の変位量を計測する変位センサに関するもので、特に、検出処理や計測処理を繰り返しながら検出の感度を調整する機能を有する変位センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の変位センサは、レーザダイオード等の発光素子を含む投光部と、PSD, CCD, CMOS等の受光素子を含む受光部とを具備し、投光部から検出対象物に向けて光を射出すると共に検出対象物からの反射光を受光する処理（この明細書では、この処理を「検出処理」という。）と、受光部により生成された受光量データを用いて対象物の変位量を計測する処理とを繰り返し実行する。計測方式としては、受光素子に対する反射光の入射位置を用いる三角測距方式が多いが、このほかに、投光から受光までの時間の長さを用いるTOF (Time of Flight) 方式、投光した光と受光した反射光との位相差を利用する位相差測距方式、PN符号により強度変調を施した光を投光し、その光と反射光との相関演算結果を用いた計測を行うPNコード式測距方式などがある。

【0003】

また、従来の変位センサには、検出対象物の移動経路に配備されて、検出処理や計測処理を繰り返しながら、反射光の受光状態に応じて検出の感度を調整する機能を持つものがある。その従来例を示す文献として特許文献 1 をあげる。

【0004】

特許文献 1 に記載された変位センサには、発光素子としてレーザダイオードが、受光素子としてCCDが、それぞれ導入される。CCDから出力された画像信号は、増幅回路やAD変換回路などにより処理されて、計測処理に使用される。

この特許文献 1 には、画像中に現れた受光量のピーク値（具体的には各水平ラインの濃度最大値の平均値）に対する当該ピーク値の最適値の比率を求め、その比率に基づいて検出処理の感度を定めるパラメータ（増幅回路のゲイン、レーザダイオードの発光時間および発光強度、CCDのシャッタ時間）を調整することが記載されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

さらに、特許文献 1 には、画像の受光量のピーク値が飽和レベルに達した場合には、そのピーク値を演算により推定して、そのピーク値の推定値に対する最適値の比率を用いて感度調整処理を行うことや、ピーク値が不足している場合には感度の設定を初期状態に戻すことが、記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 1 - 2 8 0 9 5 1 号公報

【 発明の概要 】

10

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

感度調整機能を有する従来の変位センサでは、検出処理の都度、その処理により取得した受光量データと最適値との比率を求め、その比率に基づき次回の検出処理の感度を調整するが、この調整方法は、次の検出処理でも受光部に前回とほぼ同じ強度の反射光が入射することを前提とするものである。検出対象物が入れ替わって受光部への入射光量が大幅に変動した場合には、適切な感度調整が困難になる。

【 0 0 0 8 】

上記の問題点を、図 7 を用いて具体的に説明する。

図 7 (1) は、複数の部品 2 0 1 が搭載された基板 2 0 0 の搬送経路の上方に変位センサ 3 0 0 を配置して、移動中の基板 2 0 0 に対する計測を行う例を示す。図 7 (2) は、上記の処理により得られる計測値の時間軸に沿った変化を、グラフとして示す。なお、ここに示す計測値は、センサ 3 0 0 から検出対象物までの距離を所定の基準面から見た高さに置き換えたもので、グラフ中の値の低い箇所は基板 2 0 0 を対象にした計測値を示し、グラフ中の値の高い箇所は部品 2 0 1 を対象にした計測値を示す。

20

【 0 0 0 9 】

この例では、基板 2 0 0 と部品 2 0 1 との反射率が大きく異なるため、センサ 3 0 0 の検出対象が基板 2 0 0 から部品 2 0 1 に替わったときや、検出対象が部品 2 0 1 から基板 2 0 0 に替わったときに、直前に調整された感度が適切でない状態となる。

たとえば、基板 2 0 0 より部品 2 0 1 の方が反射率が高いものとする、基板 2 0 0 に合わせて感度を高く設定している状態下で検出対象が部品 2 0 1 に替わった場合には、大幅に増加した反射光が高い感度で検出されるため、受光量データが飽和するおそれがある。また、部品 2 0 1 に合わせて感度を低く設定している状態下で検出対象が基板 2 0 0 に替わると、受光量データの値が非常に低くなり、反射光の入射の有無を認識するのが困難になる。

30

【 0 0 1 0 】

このように受光量データに飽和や不足が生じると、受光量データと最適値との比率を正しく求めることができないため、感度の調整が困難になる。このため、複数サイクルにわたる感度調整が必要になり、その間の計測が不安定になったり、計測エラーが生じたりする可能性がある。

40

【 0 0 1 1 】

図 7 (2) のグラフでは、感度が適切に調整された状態で得られた計測データを極太実線で示すと共に、感度の調整が不十分であるために計測が不安定または計測エラーとなる期間 a , b , c , d , e , f において、理論上得られるはずの計測値を点線により示している。これら 2 種類の線により示されるように、検出対象が替わった直後には、感度が適切でないために計測が不安定となることがあるので、この計測が不安定な期間 a ~ e が長くなると、物体の表面形状の変化を正しく認識するのが困難になる。また、物体が高速で移動する場合や微小な物体を計測対象とする場合には、感度が調整される間に物体がセンサ 3 0 0 の検出エリアから出てしまい、完全な計測もれが生じるおそれがある。

【 0 0 1 2 】

50

特許文献1に記載された発明では、受光量が飽和している場合には、その受光量を推定して感度を調整するが、推定の結果は必ずしも正しいとは限らず、感度を迅速に調整できない可能性がある。また受光量が不足している場合に初期の感度に戻しても、計測に適した受光量が得られるとは考えにくい。したがって、特許文献1に記載された発明でも、上記の問題を完全に解決するまでには至らない。

【0013】

本発明は上記の問題点に着目し、検出対象が切り替わるなどして、計測処理に用いられる受光量データに飽和や不足が生じた場合でも、受光量データが速やかに適切な状態に復帰するような感度調整を行うことを、課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明による変位センサは、検出用の光を投光する投光部と、投光部からの光に対する対象物からの反射光を受光して、その受光状態を示す受光量データを生成する受光部と、投光部および受光部による検出処理を繰り返しながら、毎回の検出処理により得た受光量データを用いて対象物の変位量を計測する計測手段と、検出処理における感度を調整する感度調整手段とを具備する。

【0015】

受光部には、受光素子と、この受光素子から出力される受光量信号にそれぞれ異なる倍率を適用して受光量データを生成する複数の信号処理部とが含まれる。計測手段は、これら複数の信号処理部のうちの特定の信号処理部により生成された受光量データを用いて変位量の計測処理を実行する。

【0016】

感度調整手段は、検出処理に応じて複数の信号処理部により生成された受光量データの中から所定の許容値より高く、かつ飽和していない受光量データを1つ選択する。そして、特定の信号処理部に適用された倍率に対する前記選択された受光量データを生成した信号処理部に適用された倍率の比率と当該選択された受光量データとに基づき、前記特定の信号処理部により生成された受光量データの値とあらかじめ定められた適正值との相対関係を求め、この相対関係に基づいて以後の検出処理における感度を調整する。なお、相対関係としては、受光量データと適正值との比率または両者の差を求めることができる。

【0017】

上記の構成によれば、受光素子から出力された受光量信号を複数の信号処理部により処理することによって、それぞれ異なる倍率が適用された複数の受光量データが生成される。計測処理には特定の信号処理部による受光量データが用いられるので、毎回の計測結果を整合させることができ、受光量データが飽和したり、大きく低下することがない限り、安定した計測が可能になる。

【0018】

一方、感度の調整処理では、特定の信号処理部以外の信号処理部により生成された受光量データを選択して、特定の信号処理部に適用された倍率に対する選択された信号処理部に適用された倍率の比率と当該選択された受光量データとに基づき、特定の信号処理部による受光量データの値と適正值との相対関係を求め、この関係に基づいて次の検出処理における感度を調整することができる。したがって、特定の信号処理部による受光量データに飽和や不足が生じている場合でも、受光素子に入射した反射光が適切な値で表されている受光量データを選択することにより、以後の検出処理における感度を適切に調整することができる。

なお、上記の感度の調整は、毎回の検出処理に応じて実行されるのが望ましいが、特定の信号処理部による受光量データが適正值を含む所定の数値範囲に含まれる間は、実質的な感度調整処理をスキップしてもよい。

【0019】

上記の変位センサの好ましい一実施態様では、感度調整手段は、特定の信号処理部による受光量データの値が前記許容値から飽和レベルまでの範囲にある場合には当該受光量デ

10

20

30

40

50

ータを選択する。一方、特定の信号処理部による受光量データの値が許容値を下回る場合には特定の信号処理部よりも高い倍率が適用された信号処理部による受光量データを選択する。また特定の信号処理部による受光量データが飽和レベルに達している場合には、特定の信号処理部よりも低い倍率が適用された信号処理部による受光量データを選択する。

【0020】

上記の構成によれば、計測処理に使用される受光量データの値を正しく取得することができる場合には、当該受光量データを選択して感度調整を行うことによって、受光量データを適切な状態で維持することができる。一方、計測処理に使用される受光量データが許容値を下回ったり、飽和したために、受光量データの正しい値を得ることが困難な場合には、特定の信号処理部とは異なる倍率による信号処理により適切な値が得られている受光量データを使用することによって、適切な感度調整を行うことができる。

10

【0021】

他の好ましい実施態様では、感度調整手段は、複数の信号処理部により生成された受光量データのうち、適正值に最も近い受光量データを選択する。このようにすれば、複数の受光量データの中で感度調整に最も適したデータを選択して、確度の高い感度調整を行うことが可能になる。

【0022】

他の好ましい実施態様による変位センサでは、受光素子として複数の画素を有する撮像素子が設けられる。また、特定の信号処理部において撮像素子の全画素の受光量を表す受光量データが生成されると共に、その他の信号処理部において撮像素子の各画素の受光量のうちの少なくともピーク値を表す受光量データが生成される。

20

感度調整手段は、選択された受光量データのピーク値と、特定の信号処理部に適用された倍率に対する前記選択された受光量データを生成した信号処理部に適用された倍率との比率とに基づき、特定の信号処理部による受光量データのピーク値と適正值との相対関係を求める。また、計測手段は、特定の信号処理部による受光量データを用いて撮像素子において受光量のピーク値が得られた位置を特定し、この特定された位置に基づき変位量を計測する。

【0023】

上記の構成によれば、複数の受光量データのうち受光量のピーク値が適切な強度を示しているものを選択して感度の調整処理を行うことにより、特定の信号処理部による受光量データにおけるピーク値を十分な大きさに調整することができる。よって、撮像素子においてこのピーク値に対応する位置を精度良く特定し、高精度の変位量計測を行うことが可能になる。

30

【発明の効果】

【0024】

本発明では、受光素子より出力される受光量信号からそれぞれ異なる倍率が適用された複数の受光量データを生成し、これらの受光量データの中で感度の調整に適したものを選択して調整処理を行うことができる。よって、検出対象物が入替わるなどして直前に調整された感度では計測に適した受光量データを得ることができなくなった場合でも、速やかに感度を変更し、受光量データを適切な状態に復帰させることができる。よって、高速で移動する物体や微小な物体を検出対象とする場合にも、計測処理を支障なく行うことが可能になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】変位センサの外観および使用状態を示す斜視図である。

【図2】第1実施例にかかるセンサの回路構成を示すブロック図である。

【図3】センサの動作手順を示すフローチャートである。

【図4】第1実施例の感度調整処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】第2実施例にかかるセンサの回路構成を示すブロック図である。

【図6】第2実施例の感度調整処理の手順を示すフローチャートである。

50

【図7】従来の感度調整機能を有する変位センサの使用例を示す図、およびこのセンサによる計測に生じる問題点を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0026】

図1は、本発明が適用される変位センサの外観および使用状態を示す。

この実施例の変位センサ1は、検出対象のワークWに対してレーザビームL1を投光すると共にこのレーザビームL1に対するワークWからの反射光L2を受光し、三角測距の原理に基づき、センサ1からワークWの表面までの距離を変位量として計測する。この処理のために、センサ1の筐体10の内部には、図2に示す発光素子11および撮像素子12や、処理回路が搭載された制御基板などが設けられる。

10

【0027】

図2は、上記の変位センサ1の主要な回路構成を示す。

この変位センサ1の投光部101は、発光素子11としてレーザダイオードを使用する。投光部1には、このほか、図示しない投光用のレンズや発光素子11の駆動回路が含まれる。受光部102には、受光用のレンズ(図示せず。)、2次元の撮像素子12(CMOSまたはCCDを使用する。)、および撮像素子12から出力される画像信号(反射光の受光量を示す画像となるので、以下では「受光量信号」という。)を処理する受光回路13が含まれる。

【0028】

受光回路13は、前述した制御基板に搭載される。制御基板には、このほか、CPU14(メモリと共にワンチップ化されたもの)、FPGA(Field Programmable Gate Array)15、入出力インターフェース16などが搭載される。

20

【0029】

受光回路13には、3つの信号処理部C1, C2, C3が含まれる。

撮像素子12からの出力ラインは2つに分かれ、一方のラインは信号処理部C1に接続され、他方のラインは信号処理部C3に接続される。

【0030】

信号処理部C1には、アンプ21, 23とAD変換回路41とが含まれる。アンプ21のゲインは約10倍に設定されている。アンプ23は可変ゲインアンプであって、1倍から100倍までの範囲でゲインgを変更することができる。撮像素子12の各画素から出力された受光量信号は、これらのアンプ21, 23により増幅された後にAD変換回路41に導かれ、デジタル変換される。これにより、撮像素子12の全画素における受光状態を示す画像が生成される。この画像はFPGA15に入力される。

30

【0031】

可変ゲインアンプ23からAD変換回路41への出力ラインは分岐されており、その分岐ラインに信号処理部C2が接続される。

信号処理部C2には、アンプ22とピークホールド回路32とAD変換回路42とが含まれる。アンプ22のゲインは約100倍に設定される。信号処理部C1のアンプ21, 23により増幅された受光量信号は、このアンプ22によりさらに増幅されて、ピークホールド回路32に入力される。ピークホールド回路32でホールドされた最大レベルの受光量信号はAD変換回路42によりデジタル変換される。この変換処理により抽出されたピーク値はCPU14に入力される。

40

【0032】

信号処理部C3には、ピークホールド回路33とAD変換回路43とが含まれる。ピークホールド回路33には、撮像素子12の各画素から出力された受光量信号が増幅されずに入力される。ピークホールド回路33でホールドされた最大レベルの受光量信号はAD変換回路43によりデジタル変換される。この変換処理により抽出されたピーク値もCPU14に入力される。

なお、信号処理部C2, C3のAD変換回路42, 43は、CPU14と同じチップに一体化することも可能である。

50

【0033】

上記の構成によれば、信号処理部C1の処理により生成されてFPGA15に入力された画像が示す値は元の値（撮像素子12から出力された受光量）の $(10 \times g)$ 倍となる。また、信号処理部C2により抽出されたピーク値は元の値の $(1000 \times g)$ 倍となる。一方、信号処理部C3により抽出されたピーク値は、元の値をそのまま示すことになる。すなわち倍率は1倍である。

【0034】

CPU14は、発光素子11および撮像素子12の動作を制御すると共に、可変ゲインアンプ23のゲイン g を変更する処理を行う。また、CPU14は、入出力インターフェース16を介して外部に対する入出力処理を実行する。

10

【0035】

FPGA15は、信号処理部C1のAD変換回路41から入力された画像を処理して、当該画像において受光量のピーク値が発生している位置の座標を特定し、その座標に基づきワークWの変位量を計測する。ピーク値の位置を特定する処理では、たとえば、画像中の反射光の入射位置の変動が生じる方向に沿うライン毎に、そのラインにおける受光量のピーク位置の座標を抽出し、これらの座標の平均値を求める。また、ピーク値に関しては、ライン毎のピーク値の平均値または最大値を求めることができる。

【0036】

FPGA15による計測結果はCPU14に出力され、さらにCPU14から入出力インターフェース16を介して図示しない外部装置や表示部などに出力される。

20

【0037】

上記構成の変位センサ1では、受光回路13内の可変ゲインアンプ23のゲイン g のほか、発光素子11の発光強度 q や、検出処理の露光時間 t を感度調整のパラメータとしている。なお、この実施例では、発光素子11を発光させる期間と撮像素子12の露光の期間とを同期させて、これらの期間の長さを露光時間 t とする。

【0038】

図3は、上記の変位センサ1における動作の流れを示す。

この処理は、センサ1に電源が投入されて、CPU14およびFPGA15が起動することにより開始される。まず、最初のステップAでは、CPU14により感度調整に係る各パラメータ g 、 q 、 t が初期設定される。その後は、CPU14とFPGA15との協働により、ステップB、C、Dによる無限ループを繰り返す。

30

【0039】

ステップBでは、パラメータ q および t に基づき発光素子11および撮像素子12の動作を制御して検出処理（投光および受光）を行う。これに応じて、受光回路13の各信号処理部C1、C2、C3が動き、FPGA15に画像データが入力されると共に、CPU14に2種類のピーク値が入力される。

【0040】

ステップCでは、上記のステップBで生成された画像からピーク値を抽出し、そのピーク値の座標を用いて変位量を計測する。なお、この計測処理には、CPU14による計測結果の出力処理も含まれる。

40

【0041】

ステップDでは、次の検出処理における感度を調整する。具体的には、直前のステップCの計測処理に用いられたピーク値があらかじめ定めた適正範囲から逸脱している場合に、そのピーク値に対する最適値 R の比率 V を求める。そして、次回の検出処理でFPGA15に入力される画像の強度が比率 V に対応する量だけ増加または減少するように、各パラメータ g 、 q 、 t を調整する。なお、この調整処理のために、CPU14の内部メモリには、感度調整のための比率 V （以下、「感度調整値 V 」という。）の値を複数の数値範囲に分けて、それぞれの範囲毎に各パラメータ g 、 q 、 t の具体的な調整値を対応づけたテーブルが設けられる。

【0042】

50

上記の感度調整値Vは、原則として、計測処理に用いられたピーク値（信号処理部C1よりFPGA15に入力された画像から抽出されたもの）を用いて算出される。しかし、検出対象物が入れ替わった直後などに反射光の強度が急激に変化すると、それまでの感度設定では、AD変換回路41に入力されるピークレベルが0に近い値になったり、その反対にAD変換の最大値を超える（飽和）状態となって、感度調整値Vを求めるのが困難になることがある。そこで、この実施例では、信号処理部C1により生成された計測用の画像から抽出されたピーク値のほか、信号処理部C2により抽出された高倍率のピーク値と、信号処理部C3により抽出された低倍率のピーク値とを用いて、感度調整値Vを算出するようにしている。

【0043】

ここで、信号処理部C1により生成された画像から抽出されるピーク値を基準値P1（以下、「基準ピーク値P1」という。）とし、信号処理部C2により抽出されるピーク値をP2とすると、図2に示した回路構成によれば、ピーク値P2は基準ピーク値P1の約100倍となる。よって、基準ピーク値P1が0に近い値となっても、ピーク値P2はある程度の高さの値を示すので、このピーク値P2を用いて感度調整値Vを算出することができる。

【0044】

また、信号処理部C3により抽出されるピーク値をP3とすると、このピーク値P3は、増幅前の受光量信号におけるピーク値に相当する。よって、信号処理部C1による画像中の基準ピーク値P1が飽和しても、増幅前の受光量のピーク値P3が飽和レベルに達していない場合には、このピーク値P3を用いて感度調整値を算出することができる。

【0045】

図4は、感度調整処理（ステップD）の詳細な手順を示す。

この実施例のCPU14の内部メモリには、感度の調整処理のために、基準ピーク値P1の適正範囲を示す数値範囲（最適値Rを含む。）が登録されている。ステップD1では直前の計測処理に用いられた基準ピーク値P1をこの適正範囲と照合し、P1が適正範囲を逸脱している場合に、感度の調整処理を行うようにしている。

【0046】

基準ピーク値P1の値が適正範囲を下回っている場合には、次回の検出処理における感度を上げる（AD変換回路41に入力される信号レベルを上げる）調整が必要となる。この場合に、基準ピーク値P1が0に近似する値でなければ（たとえばP1=1）、ステップD2からステップD4に進む。

【0047】

ステップD4では、基準ピーク値P1に対する最適値Rの比率 $R/P1$ を求め、これを感度調整値Vとする。この後はステップD7に進み、感度調整値Vの値に基づいて、可変ゲインg、発光強度q、および露光時間tの各パラメータを調整する。

【0048】

一方、基準ピーク値P1が0に近似する場合には、ステップD2からステップD5に進む。このステップD5では、最適値Rをピーク値P2のレベルに応じた値（ $R \times 100$ ）に変換し、この変換後の最適値のピーク値P2に対する比率を求めることにより、感度調整値Vを算出する。

この後はステップD7に進み、感度調整値Vの値に基づいて、各パラメータg, q, tを調整する。

【0049】

つぎに、基準ピーク値P1の値が適正範囲を上回っている場合には、次回の検出処理における感度を下げる（AD変換回路41に入力される信号レベルを下げる）調整が必要となる。基準ピーク値P1が飽和していない場合には、ステップD3からステップD4に進み、先に述べた演算式： $V = R/P1$ により感度調整値Vを算出する。しかる後にステップD7に進み、各パラメータg, q, tを調整する。

【0050】

10

20

30

40

50

一方、基準ピーク値 P_1 が飽和している場合には、ステップ D_3 からステップ D_6 に進む。このステップ D_6 では、最適値 R をピーク値 P_3 のレベルに応じた値 ($R / (10 \times g)$) に変換し、当該最適値のピーク値 P_3 に対する比率を求める演算により、感度調整値 V を算出する。この後はステップ D_7 に進み、感度調整値 V の値に基づいて、各パラメータ g, q, t を調整する。

【0051】

上記の処理によれば、基準ピーク値 P_1 が飽和または0に近似するために正しい値を取得できない場合でも、他のピーク値 P_2, P_3 が基準ピーク値 P_1 に対応する値を適切に表している場合には、ステップ D_5 またはステップ D_6 により、感度調整値 V を精度良く求めることができる。よって、この感度調整値 V に基づき調整されたパラメータ g, q, t を用いて次の検出処理が行われたときに、FPGA15に入力される画像における基準ピークを適正範囲に収めることが可能になる。

10

【0052】

上記の変位センサ1によれば、たとえば、反射率の異なる複数種のワークが高速で搬送されるような現場でも、検出対象のワークが替わったことに応じて速やかに感度を変更し、計測に適した画像をFPGA15に入力することができる。よって、ワーク W の移動に追従して精度の良い計測処理を行うことができる。また、図7に示した基板200および部品201のように、一体物であるが、反射率が異なる複数の部位を有するワークを計測対象とする場合にも、同様に、検出対象の部位の反射率が変わったことに応じて速やかに感度を変更することができるので、表面形状の認識に適した計測データを得ることができる。また、微小な物体で移動するものを検出対象とする場合にも、その物体が検出対象となったときに速やかに感度を調整することができ、計測の取りこぼしをなくすることができる。

20

【0053】

なお、図3の手順によれば、この実施例の変位センサ1では、検出処理(ステップB)および計測処理(ステップC)を実行してから感度の調整処理(ステップD)を行っているが、感度の調整処理を計測処理より前に行うようにしてもよい。または、FPGA15が計測処理を担当し、CPU14が感度の調整処理を担当するようにして、各処理を並列で実施してもよい。

【0054】

30

また、上記の実施例の変位センサ1では、変位量を精度良く計測するために、全画素の受光量データをFPGA15に入力して、基準ピーク値 P_1 およびその座標を抽出する一方、その他のピーク値 P_2, P_3 をピークホールド回路32, 33を用いて抽出しているが、これはCPU14がFPGA15より処理速度が遅いことを考慮したためである。これに代えて、信号処理部C2, C3においてもそれぞれ全画素を対象にしたAD変換処理を実行し、生成された画像をFPGA15に導いて、ピーク値 P_2, P_3 を抽出するようにしてもよい。

【0055】

図5は、本発明が適用される第2の変位センサ1Aの回路構成を示す。

この実施例のセンサ1Aにも、図2の例と同様に、発光素子11を含む投光部101、撮像素子12を含む受光部102、CPU14、FPGA15、および入出力インターフェース16が含まれる。ただし、受光部102には、先の実施例とは異なる構成の受光回路13Aが設けられる。

40

【0056】

具体的に、この実施例の受光回路13Aには、撮像素子12からの出力を受ける可変ゲインアンプ30と、可変ゲインアンプ30とFPGA15との間に並列状態で介装される5個の信号処理部E1, E2, E3, E4, E5とが含まれる。

【0057】

各信号処理部E1~E5は、それぞれアンプ51~55とAD変換回路61~65とにより構成される。各アンプ51~55のゲイン k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 は固定され

50

ているが、アンプ1のゲイン k_1 が最も小さく、以下、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 の順に大きくなる。

【0058】

CPU14は、第1実施例と同様に、発光素子11および撮像素子12の動作を制御する。また、可変ゲインアンプ30のゲイン g を変更したり、入出力インターフェース16を介して外部との入出力処理を行う。

撮像素子12の各画素から出力された受光量信号は、可変ゲインアンプ30を介して各信号処理部E1～E5に入力され、それぞれのアンプ51～55およびAD変換回路61～65により処理される。これによりFPGA15には、受光量の波形の振幅が異なる5枚の画像が入力されることになる。

10

【0059】

FPGA15では、上記5枚の入力画像のうち、中間位置のゲイン k_3 が適用された信号処理部E3からの画像を用いて変位量の計測処理を実行する。この計測結果はCPU14に出力され、さらにCPU14から入出力インターフェース16を介して外部装置などに出力される。

【0060】

FPGA15は、その他の信号処理部E1、E2、E4、E5からの画像に対しても、それぞれピーク値を抽出する。さらに、CPU14とFPGA15とが協働して、図6に示すような手順で感度調整処理を実行する。

【0061】

この処理の最初のステップD11では、各信号処理部E1～E5による画像から抽出されたピークの中から、計測用のピーク値の最適値 R に最も近いピーク P_i (i は1, 2, 3, 4, 5のうちのいずれか)を選択する。

20

【0062】

つぎのステップD12では、選択されたピーク値 P_i および最適値 R と、ピーク値 P_i に対応する信号処理部E i に適用された倍率 k_i と、ピーク値 P_3 に対応する信号処理部に適用された倍率 k_3 とを用いて、演算式： $V = R \times (k_i / k_3) \times (1 / P_i)$ を実行する。

【0063】

この実施例において、最適値 R は計測に用いられるピーク P_3 にとっての最適値である。上記の演算式は、最適値 R をピーク値 P_i に対応するレベルに変換してから、変換後の最適値の P_i に対する比率を算出するものである。よって、直前の計測処理に用いられたピーク値 P_3 が飽和または0に近いために、その値を正しく特定することが困難な場合でも、上記の演算により、現在の受光状態を適切な受光状態にするのに適した感度調整値 V を得ることができる。

30

【0064】

ステップD13では、この感度調整値 V に基づき、可変ゲインアンプ30のゲイン g 、発光素子11の発光強度 q 、および露光時間 t の各パラメータを調整する。これにより次の検出処理では、信号処理部E3からの画像におけるピーク値 P_3 を最適値 R に近い状態にすることができる。

40

【0065】

なお、図6の手順では、ピーク値 P_3 が適正範囲内であるか否かに関わらず、常にステップD12およびD13を実行しているが、この場合にも、まずピーク値 P_3 が適正範囲内にあるか否かをチェックし、 P_3 が適正範囲内であれば、ステップD12およびD13をスキップしてもよい。

また、ピーク値 P_3 を適正範囲と照合しない場合でも、ピーク値 P_3 が最適値 R 付近にある場合には、ステップD11においてピーク値 P_3 が選択され、ステップD12で求められる感度調整値 V が1に近い値となる。したがって、値1に対する感度調整値 V の差が所定の許容値以内となったことをもって、ステップD13をスキップしてもよい。

【0066】

50

また、図5の回路構成では、受光回路13Aの信号処理部を5つとしたが、信号処理部の数はこれに限らず、3以上の任意の数の信号処理部を設け、その中の中間位置でゲインが設定されている信号処理部を計測に使用しつつ、上記と同様の方法で感度調整を行うことができる。また、上記の実施例では、全ての信号処理部E1～E5を、各画素の受光量信号を増幅してからAD変換するような構成にしたが、撮像素子12からの受光量信号を直接入力して、これを増幅せずにデジタル変換する構成の信号処理部(倍率1倍が適用されている信号処理部)を設けてもよい。

【0067】

また、上記した2つの実施例の変位センサ1, 1Aは、受光量のピーク値が現れた位置を用いて三角測距の原理に基づく計測を行っているが、これとは異なる原理で変位量を計測するセンサにおいても同様に、受光素子から出力された受光量信号をそれぞれ異なる倍率が適用された複数の信号処理部により処理し、各信号処理部により生成された受光量データのうちの特定のデータを計測に使用すると共に、適切な受光量を示す受光量データを選択して、感度調整値を求める演算を行うことができる。このようにすれば、検出対象が替わった直後に適切な受光量が得られずに計測に失敗したとしても、その計測に用いられた受光量データ以外の受光量データを用いて次の検出処理における感度を適切に調整することができるので、速やかに計測が可能な状態に復帰することができる。よって、対象物が高速で移動する場合や微小な対象物を計測する場合にも、各対象物に応じた感度を迅速に設定して、計測を行うことが可能になる。

【符号の説明】

【0068】

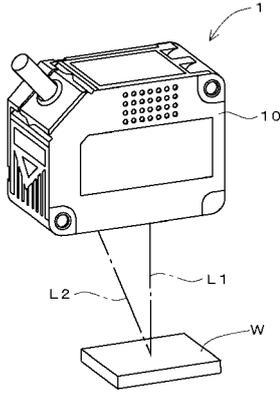
- 1, 1A 変位センサ
- 11 発光素子
- 12 撮像素子
- 13, 13A 受光回路
- 14 CPU
- 15 FPGA
- 101 投光部
- 102 受光部
- C1～C3, E1～E5 信号処理部

10

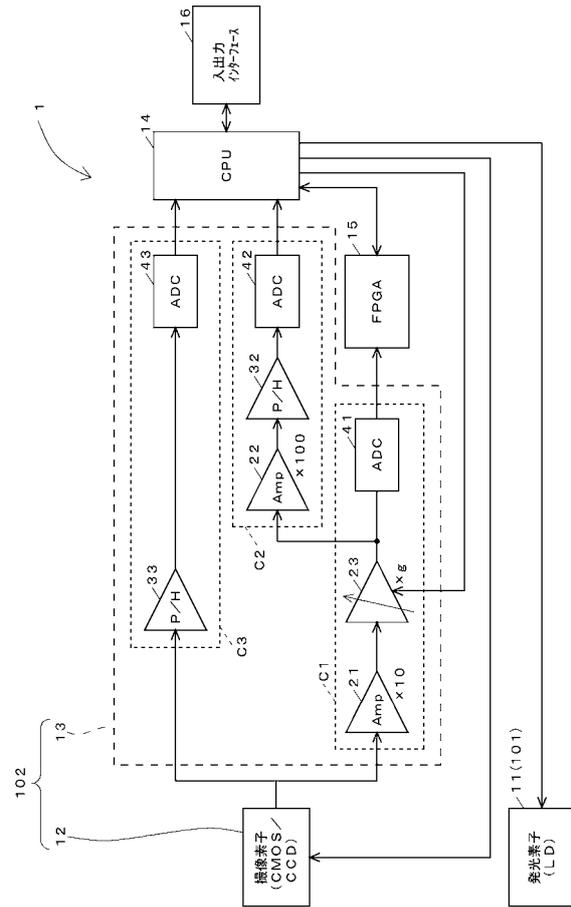
20

30

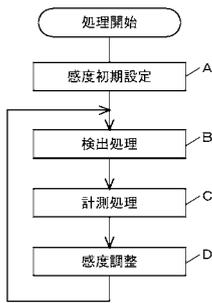
【図1】



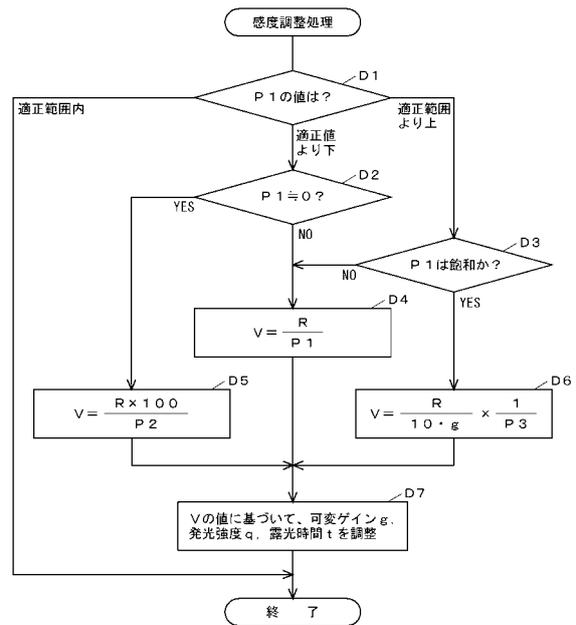
【図2】



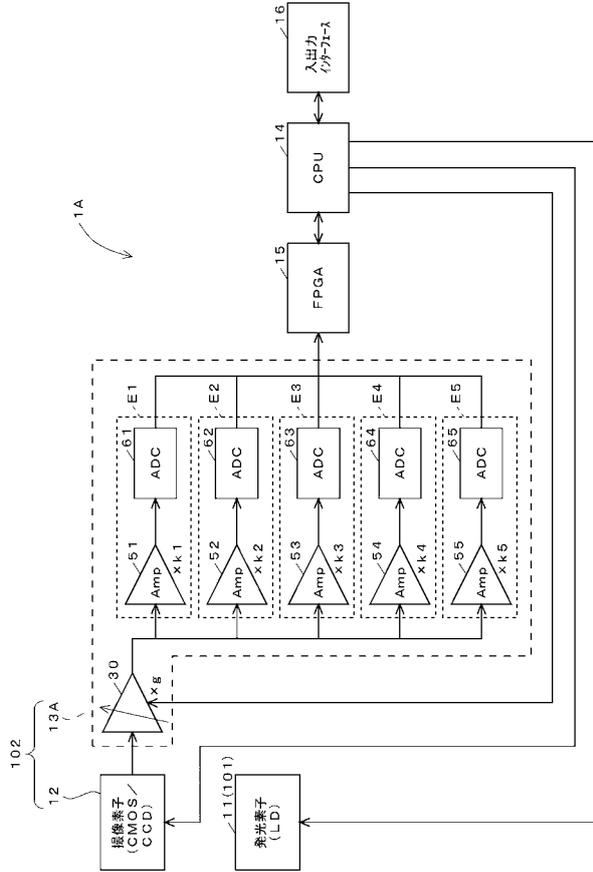
【図3】



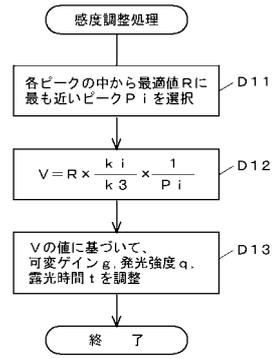
【図4】



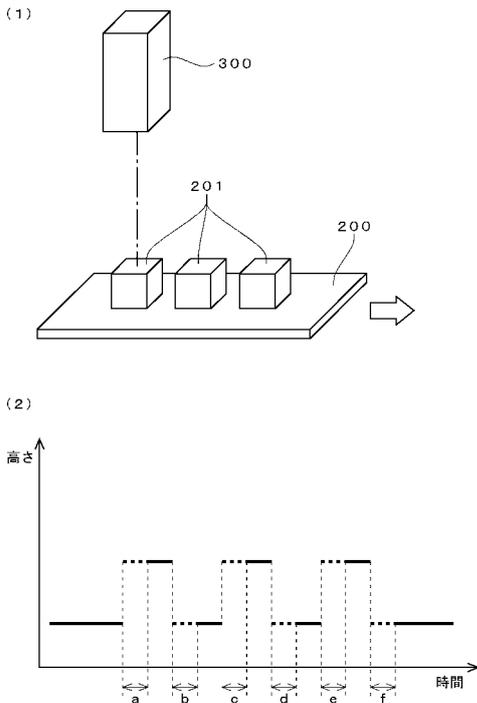
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 須中 栄治

(56)参考文献 特開2010-122127(JP,A)
特開2001-188005(JP,A)
特開昭63-154911(JP,A)
特開平06-109465(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C3/00-3/32
G01B11/00-11/30
G01S7/48-7/51; 17/00-17/95
G02B7/09; 7/28-7/40
H01H35/00