

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6168762号  
(P6168762)

(45) 発行日 平成29年7月26日(2017.7.26)

(24) 登録日 平成29年7月7日(2017.7.7)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 D 5/36 (2006.01)

G O 1 D 5/36 W

G O 1 D 5/347 (2006.01)

G O 1 D 5/347 I I O N

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-274051 (P2012-274051)  
 (22) 出願日 平成24年12月14日(2012.12.14)  
 (65) 公開番号 特開2014-119326 (P2014-119326A)  
 (43) 公開日 平成26年6月30日(2014.6.30)  
 審査請求日 平成27年12月14日(2015.12.14)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100076428  
 弁理士 大塚 康德  
 (74) 代理人 100112508  
 弁理士 高柳 司郎  
 (74) 代理人 100115071  
 弁理士 大塚 康弘  
 (74) 代理人 100116894  
 弁理士 木村 秀二  
 (74) 代理人 100130409  
 弁理士 下山 治  
 (74) 代理人 100134175  
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アブソリュートエンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アブソリュートエンコーダであって、

第1マークと第2マークとが配列されたスケールと、

前記スケールからの光を検出して、前記第1マークに対応する第1ピーク値と前記第2マークに対応する前記第1ピーク値より小さい第2ピーク値とを含むピーク値が周期的に現れる周期信号を出力する検出部と、

前記検出部から出力される周期信号における前記第1ピーク値及び前記第2ピーク値を2値化して符号列を得る処理部と、を有し、

前記処理部は、前記第1ピーク値が前記2値化のための閾値より大きく、且つ、前記第2ピーク値が前記閾値より小さくなるように、校正を行う機能を有し、

前記機能は、

前記周期信号の各周期の最大値のうち、最も大きな第1最大値と、最も小さな第2最大値と、前記第1最大値より小さく、且つ、前記第1最大値と前記第2最大値との間の第1値より大きくて前記第1値に最も近い第3最大値と、前記第2最大値より大きく、且つ、前記第1値より小さくて前記第1値に最も近い第4最大値とを特定し、

前記第3最大値の補正により得られた値が前記閾値より大きな第1基準値以上となり、前記第4最大値の補正により得られた値が前記閾値より小さな第2基準値以下となるように、前記校正を行う、

ことを特徴とするアブソリュートエンコーダ。

10

20

**【請求項 2】**

前記第 1 値は、前記第 1 最大値と前記第 2 最大値との平均値である、ことを特徴とする請求項 1 に記載のアブソリュートエンコーダ。

**【請求項 3】**

前記機能は、前記スケールを照射する光の強度、前記検出部から出力される前記周期信号を増幅する増幅率、前記検出部に含まれている、前記スケールからの光を光電変換して前記周期信号を出力する光電変換素子の蓄積時間、および前記閾値のうちのいずれかを設定することにより、前記校正を行う、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアブソリュートエンコーダ。

**【請求項 4】**

前記機能は、前記スケールを照射する光の強度、前記検出部から出力される前記周期信号を増幅する増幅率、前記検出部に含まれている、前記スケールからの光を光電変換して前記周期信号を出力する光電変換素子の蓄積時間、および前記閾値のうちのいずれかを設定することにより、前記第 3 最大値の前記補正および前記第 4 最大値の前記補正を行う、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のアブソリュートエンコーダ。

**【請求項 5】**

前記スケールには、前記第 1 マーク及び前記第 2 マークとは異なる第 3 マークが間隙をもって配列され、該間隙のそれぞれに前記第 1 マーク及び前記第 2 マークのうちのいずれかが配置されている、ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項に記載のアブソリュートエンコーダ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、アブソリュートエンコーダに関する。

**【背景技術】****【0002】**

産業用装置（加工装置）や計測装置では、位置又は角度を計測するエンコーダが用いられている。例えば、光学式のエンコーダは、光源からの光をスケールに照射し、スケールからの透過光又は反射光を光電変換素子で検出する。光源及び光電変換素子は、移動又は回転する計測対象物に取り付けられ、スケールは、基準となる構造体に取り付けられる。また、計測対象物にスケールを取り付け、構造体に光源及び光電変換素子を取り付けてもよい。

**【0003】**

エンコーダは、一般的に、インクリメンタルエンコーダとアブソリュートエンコーダとに大別される。ここで、インクリメンタルエンコーダは、相対位置を計測するインクリメンタルリニアエンコーダや相対角度を計測するインクリメンタルロータリーエンコーダを含む。アブソリュートエンコーダは、絶対位置を計測するアブソリュートリニアエンコーダや絶対角度を計測するアブソリュートロータリーエンコーダを含む。

**【0004】**

インクリメンタルエンコーダでは、スケールに等間隔で透過膜又は反射膜が形成され、光電変換素子から出力される光強度信号は一定周期の正弦波信号となる。そして、信号処理部において、かかる正弦波信号の波数をカウントすると共に、周期内の位相を詳細に分割して計測分解能及び精度を向上させている。一方、アブソリュートエンコーダでは、スケールに透過膜又は反射膜で擬似乱数コードが形成され、光電変換素子から擬似乱数コードに応じた光強度信号が出力される。そして、信号処理部において、擬似乱数コードと絶対位置又は絶対角度との対応関係を表すテーブルを参照して、光電変換素子から出力された光強度信号に対応する絶対位置又は絶対角度を算出する。この際、光強度信号に含まれる擬似乱数コードの位相を詳細に分割することで、インクリメンタルエンコーダと同様に、計測分解能及び精度を向上させることが可能である。

**【0005】**

このように、エンコーダは、光源、スケール、光電変換素子及び信号処理部で構成されるが、光電変換素子から出力される光強度（光強度信号）は、様々な要因によって所定の値にならない。例えば、光源から射出される光の光強度は、駆動電流値や温度により変化し、且つ、経時変化により低下する傾向がある。また、スケールに形成される透過膜又は反射膜には、製造工程によりばらつきが生じるため、同一のスケールでも透過率又は反射率のばらつきが生じる。更に、個々のスケール間でも透過率又は反射率のばらつきが生じるため、光強度は所定の値にはならない。また、スケールや光源及び光電変換素子の取り付けによっても光強度は変化するため、所定の値にはならない。

【 0 0 0 6 】

そこで、インクリメンタルエンコーダの光電変換素子から出力される光強度信号を安定化させる技術が提案されている（特許文献 1 及び 2 参照）。特許文献 1 には、90°の位相差を有する 2 つの光強度信号、即ち、A 相信号と B 相信号の自乗和平方根を演算し、その値が一定値となるように光源を制御する技術が開示されている。また、特許文献 2 には、A 相信号及び B 相信号の正負のピーク値を抽出し、かかるピーク値と基準値との比較結果に基づいて光強度信号のゲインを調整して振幅を所定の値に制御する技術が開示されている。

【 0 0 0 7 】

一方、アブソリュートエンコーダについては、M 系列符号などの擬似乱数系列を表すスケールとして、その透過率又は反射率を 0 % 及び 1 0 0 % の 2 値ではなく、0 %、5 0 % 及び 1 0 0 % の 3 値とするものが提案されている（特許文献 3 参照）。かかるエンコーダでは、5 0 % と 1 0 0 % との間に閾値を設定して光強度信号を 0 又は 1 に 2 値化し、それによって得られた符号列（コード）をデコードして絶対位置又は絶対角度を計測する。この場合、光強度信号は擬似乱数系列に従うため、通常のインクリメンタルエンコーダのような一定振幅を有する正弦波信号にはならない。換言すれば、5 0 % 及び 1 0 0 % の透過率又は反射率の領域が擬似乱数としてスケールに形成されているため、得られる光強度信号には、5 0 % 及び 1 0 0 % のピーク値がランダムに現れる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 8 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 3 1 1 6 3 0 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 1 2 7 1 4 1 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 2 - 3 7 3 9 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

産業用装置や計測装置に用いられるエンコーダは、環境変化（温度変化）、経時変化、スケールや光源及び光電変換素子の取り付け、スケールの製造ばらつきなどに関わらず、光強度信号を安定化して位置又は角度を高精度に計測する必要がある。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、特許文献 3 では、上述したように、光電変換素子から出力される光強度信号は、特許文献 1 及び 2 に開示されているような一定振幅を有する正弦波信号ではなく、例えば、2 種類の振幅がランダムに現れる信号となる。従って、環境変化、経時変化、取り付け、製造のばらつきなどによらずに光強度信号を所定の値に調整しようとしても、特許文献 1 や特許文献 2 に開示された技術を適用することができない。

【 0 0 1 1 】

本発明は、計測精度の点で有利なアブソリュートエンコーダを提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としてのアブソリュートエンコーダは、第

10

20

30

40

50

1 マークと第 2 マークとが配列されたスケールと、前記スケールからの光を検出して、前記第 1 マークに対応する第 1 ピーク値と前記第 2 マークに対応する前記第 1 ピーク値より小さい第 2 ピーク値とを含むピーク値が周期的に現れる周期信号を出力する検出部と、前記検出部から出力される周期信号における前記第 1 ピーク値及び前記第 2 ピーク値を 2 値化して符号列を得る処理部と、を有し、前記処理部は、前記第 1 ピーク値が前記 2 値化のための閾値より大きく、且つ、前記第 2 ピーク値が前記閾値より小さくなるように、校正を行う機能を有し、前記機能は、前記周期信号の各周期の最大値のうち、最も大きな第 1 最大値と、最も小さな第 2 最大値と、前記第 1 最大値より小さく、且つ、前記第 1 最大値と前記第 2 最大値との間の第 1 値より大きくて前記第 1 値に最も近い第 3 最大値と、前記第 2 最大値より大きく、且つ、前記第 1 値より小さくて前記第 1 値に最も近い第 4 最大値とを特定し、前記第 3 最大値の補正により得られた値が前記閾値より大きな第 1 基準値以上となり、前記第 4 最大値の補正により得られた値が前記閾値より小さな第 2 基準値以下となるように、前記校正を行う、ことを特徴とする。

10

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施形態によって明らかにされるであろう。

#### 【発明の効果】

#### 【 0 0 1 4 】

本発明によれば、例えば、計測精度の点で有利なアブソリュートエンコードを提供することができる。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態におけるアブソリュートエンコードの構成を示す概略ブロック図である。

【図 2】図 1 に示すアブソリュートエンコードの光源から検出部までの構成の一例、及び、検出部から出力される光強度信号の一例を示す図である。

【図 3】図 1 に示すアブソリュートエンコードの検出部から出力された光強度信号が正常である場合と、異常である場合とを示す図である。

【図 4】図 1 に示すアブソリュートエンコードの校正部による校正を説明するためのフローチャートである。

30

【図 5】本発明の第 2 の実施形態におけるアブソリュートエンコードの構成を示す概略ブロック図である。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態におけるアブソリュートエンコードの構成を示す概略ブロック図である。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態におけるアブソリュートエンコードの構成を示す概略ブロック図である。

【図 8】本発明の第 5 の実施形態におけるアブソリュートエンコードの構成を示す概略ブロック図である。

【図 9】図 8 に示すアブソリュートエンコードの検出部から出力される光強度信号の一例を示す図である。

40

【図 10】図 8 に示すアブソリュートエンコードの校正部による校正を説明するためのフローチャートである。

【図 11】図 8 に示すアブソリュートエンコードの検出部から出力される光強度信号の一例を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【 0 0 1 6 】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

#### 【 0 0 1 7 】

#### < 第 1 の実施形態 >

50

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ 1 A の構成を示す概略ブロック図である。アブソリュートエンコーダ 1 A は、産業用装置（加工装置）や計測装置に好適に用いられる。アブソリュートエンコーダ 1 A は、本実施形態では、位置（絶対位置）を計測するリニアエンコーダであるが、角度（絶対角度）を計測するロータリーエンコーダであってもよい。

【 0 0 1 8 】

アブソリュートエンコーダ 1 A は、図 1 に示すように、光源 1 0 と、スケール 2 0 と、検出部 3 0 と、増幅部 4 0 と、A/D 変換部 5 0 と、処理部 1 0 0 とを有する。

【 0 0 1 9 】

光源 1 0 は、LED などを含み、ドライバ 6 0 によって駆動されてスケール 2 0 を照射する光を射出する。スケール 2 0 には、擬似乱数コード、例えば、M 系列巡回符号が透過膜又は反射膜で形成されているため、スケール 2 0 を通過した光は、擬似乱数コードに応じた光強度となる。検出部 3 0 は、例えば、CMOS イメージセンサや CCD センサなどの光電変換素子で構成され、スケール 2 0 からの光を検出する。

【 0 0 2 0 】

検出部 3 0 から出力された信号（光強度信号）は、電流 / 電圧変換アンプ（不図示）によって電圧信号に変換される。かかる電圧信号は、必要に応じて、増幅部 4 0 で増幅される。A/D 変換部 5 0 は、増幅部 4 0 から出力されたアナログ信号をデジタル信号に変換する。処理部 1 0 0 は、A/D 変換部 5 0 から出力されたデジタル信号（即ち、検出部 3 0 から出力される信号）に基づいて、スケール 2 0 の絶対位置を求めるための信号処理を行う。

【 0 0 2 1 】

処理部 1 0 0 は、FPGA (Filed Programmable Allay) や DSP (Digital Signal Processor) などの高速デジタル信号処理器で構成される。処理部 1 0 0 は、補正部 1 1 0 と、校正部 2 0 0 と、スケール 2 0 の絶対位置を算出する算出部 3 0 0 とを有する。また、校正部 2 0 0 は、本実施形態では、抽出部 2 1 0 と、特定部 2 2 0 と、設定部 2 3 0 とを含む。算出部 3 0 0 は、比較部 1 2 0 と、位置算出部 1 3 0 とを含む。

【 0 0 2 2 】

補正部 1 1 0 は、必要に応じて、A/D 変換部 5 0 から出力された信号にオフセット補正やゲイン補正を施す。比較部 1 2 0 は、補正部 1 1 0 から出力された信号を閾値と比較して、閾値よりも大きい小さいかを表す 2 値信号（0 又は 1 の信号）に変換する。位置算出部 1 3 0 は、比較部 1 2 0 からの 2 値信号に基づいて、スケール 2 0 の絶対位置を算出する。

【 0 0 2 3 】

ここで、図 2 を参照して、アブソリュートエンコーダ 1 A の光源 1 0 から検出部 3 0 までの構成の一例、及び、検出部 3 0 から出力される光強度信号の一例を説明する。

【 0 0 2 4 】

光源 1 0 から射出された光は、コリメータレンズ 1 2 を介して平行光となり、スケール 2 0 に照射される。本実施形態では、スケール 2 0 には、互いに透過率の異なる第 1 マーク 2 2、第 2 マーク 2 4 及び第 3 マーク 2 6 が形成（配列）されている（即ち、3 値の透過率を有する）。例えば、第 1 マーク 2 2 は、1 0 0 % の透過率を有し、第 2 マーク 2 4 は、5 0 % の透過率を有し、第 3 マーク 2 6 は、0 % の透過率を有する。この場合、検出部 3 0 から出力される光強度信号は、第 1 マーク 2 2（を透過した光）に対応する第 1 ピーク値と、第 2 マーク 2 4（を透過した光）に対応する第 2 ピーク値と、第 3 マーク 2 6 に対応する最低値とを含む。このような光強度信号は、図 2 に示すように、第 1 ピーク値と第 2 ピーク値とを含むピーク値が周期的に現れる周期信号である。

【 0 0 2 5 】

検出部 3 0 から出力される光強度信号（第 1 ピーク及び第 2 ピーク）は、比較部 1 2 0 において、閾値と比較され、閾値以上であれば 1、閾値以下であれば 0 とする 2 値信号に

変換される。換言すれば、検出部 30 から出力される光強度信号における第 1 ピーク値及び第 2 ピーク値を 2 値化して符号列を得る。かかる 2 値信号は、スケール 20 の位置に応じた擬似乱数コードを示し、位置算出部 130 において、擬似乱数コードと絶対位置との対応関係を表すテーブルを参照することで、スケール 20 の絶対位置を算出する。光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期は、一定であり、通常、数  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$  程度の間隔である。光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期が短いほど、絶対位置の分解能は向上し、光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期が長いほど、絶対位置の分解能は低下する。

#### 【0026】

例えば、光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期が  $100\ \mu\text{m}$ 、擬似乱数コードが 16 bit である場合、絶対位置の分解能は  $100\ \mu\text{m}$  であり、最大計測可能レンジは  $100\ \mu\text{m}$  の 16 bit 倍に相当する  $6.5536\text{ m}$  となる。また、光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期が  $100\ \mu\text{m}$ 、擬似乱数コードが 12 bit である場合には、絶対位置の分解能は  $100\ \mu\text{m}$  であるが、最大計測可能レンジは  $0.4096\text{ m}$  となる。

#### 【0027】

光強度信号に含まれるピーク値の周期又は最低値の周期に対して複数の光電変換素子が配置されるように、検出部 30 は構成されている。例えば、1 周期に対して 10 個の光電変換素子が配置されるように検出部 30 を構成する場合、擬似乱数コードを 16 bit とすると、検出部 30 を構成する光電変換素子の数は 160 個となる。

#### 【0028】

3 値の透過率（又は反射率）を有するスケール 20 を用いたアブソリュートエンコーダ 1A の詳細については、特許文献 3 に開示されている。アブソリュートエンコーダ 1A では、スケール 20 からの光の光強度を 3 値としているため、アブソリュートエンコーダとして絶対位置を計測すると共に、位相分割によりインクリメンタルエンコーダと同等の計測分解能及び精度を実現することができる。このように、アブソリュートエンコーダ 1A は、擬似乱数コードによる 2 値の透過率を有するアブソリュートスケール及び規則正しく周期的な強度変化を繰り返す 2 値の透過率を有するインクリメントスケールの 2 つのスケールを有していない。但し、アブソリュートエンコーダ 1A は、3 値の透過率を有するスケール 20 を有しているため、1 つのスケールであっても、高計測分解能、且つ、高精度なアブソリュートエンコーダを構成することが可能である。

#### 【0029】

アブソリュートエンコーダ 1A において、3 値の透過率を有するスケール 20 による擬似乱数コードに従った光強度信号は、通常のインクリメンタルエンコーダのような一定振幅を有する正弦波信号とはならない。スケール 20 には、100% の透過率を有する第 1 マーク 22 と 50% の透過率を有する第 2 マーク 24 とが乱数として形成されている。従って、検出部 30 では、第 1 マーク 22 に対応する第 1 ピーク値と第 2 マーク 24 に対応する第 2 ピーク値とがランダムに検出される。

#### 【0030】

一方、上述したように、産業用装置や計測装置に用いられるエンコーダは、環境変化（温度変化）、経時変化、スケールや光源及び検出部（光電変換素子）の取り付け、スケールの製造ばらつきなどに関わらず、位置又は角度を高精度に計測する必要がある。従って、環境変化、経時変化、スケールや光源及び検出部の取り付け、スケールの製造ばらつきなどに関わらず、検出部から出力され、処理部で処理される光強度信号を安定化することが必要となる。

#### 【0031】

例えば、検出部 30 から出力された光強度信号が正常である場合と、検出部 30 から出力された光強度信号が異常である場合（環境変化、経時変化、スケールや光源及び検出部の取り付け、スケールの製造ばらつきなどの影響を受けている場合）とを図 3 に示す。

#### 【0032】

図3(a)は、検出部30から出力される光強度信号が正常である場合を示している。この場合、比較部120において、光強度信号(に含まれる第1ピーク値及び第2ピーク値)と閾値とを比較すると、かかる光強度信号は、正常な2値信号に変換される。具体的には、図3(a)に示すように、光強度信号に含まれる1番目のピーク値 $P_{k1}$ 及び2番目のピーク値 $P_{k2}$ (第1ピーク値)は閾値よりも大きいため、比較部120から出力される2値信号は、「1」、「1」となる。一方、光強度信号に含まれる3番目のピーク値 $P_{k3}$ 及び4番目のピーク値 $P_{k4}$ (第2ピーク値)は閾値よりも小さいため、比較部120から出力される2値信号は、「0」、「0」となる。また、光強度信号に含まれる5番目のピーク値 $P_{k5}$ (第1ピーク値)は閾値よりも大きいため、比較部120から出力される2値信号は、「1」となる。従って、比較部120から出力される2値信号は、「1、1、0、0、1」となる。

10

#### 【0033】

図3(b)は、検出部30から出力される光強度信号が小さい場合を示している。この場合、比較部120において、光強度信号と閾値とを比較すると、光強度信号に含まれる全てのピーク値 $P_{k1}$ 乃至 $P_{k5}$ が閾値未満となるため、比較部120から出力される2値信号は、「0、0、0、0、0」となる。このように、比較部120から誤った2値信号が出力されると、位置算出部130は、誤った絶対位置を算出してしまう。

#### 【0034】

図3(c)は、検出部30から出力される光強度信号が大きい場合を示している。この場合、比較部120において、光強度信号と閾値とを比較すると、光強度信号に含まれる全てのピーク値 $P_{k1}$ 乃至 $P_{k5}$ が閾値を超えているため、比較部120から出力される2値信号は、「1、1、1、1、1」となる。このように、比較部120から誤った2値信号が出力されると、位置算出部130は、誤った絶対位置を算出してしまう。

20

#### 【0035】

そこで、アブソリュートエンコーダ1Aは、上述したような絶対位置の算出処理(算出部300による算出処理)が正しく行われるように、校正部200を有する。校正部200は、光強度信号に含まれる第1ピーク値が閾値よりも大きく、且つ、第2ピーク値が閾値よりも小さくなるように、検出部30から出力される光強度信号と閾値との関係を校正する。換言すれば、校正部200は、光強度信号に含まれる第1ピーク値が2値化のための閾値よりも大きく、且つ、第1ピーク値より小さい第2ピーク値が2値化のための閾値より小さくなるように、校正を行う機能を有する。

30

#### 【0036】

図1、図3及び図4を参照して、校正部200による校正について具体的に説明する。上述したように、スケール20には、100%の透過率を有する第1マーク22と50%の透過率を有する第2マーク24とが乱数として形成されている。従って、検出部30では、第1マーク22に対応する第1ピーク値(最大ピーク値)と第2マーク24に対応する第2ピーク値(中間ピーク値)とがランダムに検出される。ここで、光強度信号に含まれる最低値と次の最低値との間隔、或いは、ピーク値と次のピーク値との間隔は、スケール20に形成されるマークの間隔によって決定され、それらの周期は一定である。本実施形態では、それらの周期を光強度信号の1周期とする。

40

#### 【0037】

図4に示すように、S402において、抽出部210は、検出部30からの光強度信号(本実施形態では、補正部110からのオフセット補正やゲイン補正が施された信号)の1周期ごとに最大値(ピーク値)を抽出する。例えば、図3(a)乃至図3(c)に示す光強度信号に対して、抽出部210は、1周期ごとの最大値、即ち、最低値から次の最低値までの間隔におけるピーク値 $P_{k1}$ 乃至 $P_{k5}$ を抽出する。

#### 【0038】

S404において、特定部220は、S402で抽出した最大値から、最も大きな最大値(第1最大値) $V_{max}$ と、最も小さな最大値(第2最大値) $V_{min}$ とを特定する。例えば、図3(b)及び図3(c)では、特定部220は、ピーク値 $P_{k1}$ 乃至 $P_{k5}$ が

50

ら、ピーク値  $Pk1$  を最も大きな最大値  $V_{max}$  として特定し、ピーク値  $Pk4$  を最も小さな最大値  $V_{min}$  として特定する。

#### 【0039】

S406において、設定部230は、S404で特定された最も大きな最大値  $V_{max}$  と予め定められた基準値（第1基準値） $V_L$  とを比較し、S404で特定された最も小さな最大値  $V_{min}$  と予め定められた基準値（第2基準値） $V_H$  とを比較する。ここで、基準値  $V_L$  は、閾値よりも大きな値であり、基準値  $V_H$  は、閾値よりも小さな値である。また、S406では、S404で特定された最も大きな最大値  $V_{max}$  及び最も小さな最大値  $V_{min}$  と閾値とを比較してもよい。

#### 【0040】

S408において、設定部230は、S406での比較結果に基づいて、最大値  $V_{max}$  が基準値  $V_L$  以上（第1基準値以上）となり、最大値  $V_{min}$  が基準値  $V_H$  以下（第2基準値以下）となるように、光源10から射出される光の強度を設定する。

#### 【0041】

例えば、図3(b)では、設定部230は、最も大きな最大値  $V_{max}$  が、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となるように、光源10を駆動する電流値の下限値  $I_L$  を決定する。また、設定部230は、最も小さな最大値  $V_{min}$  が、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となるように、光源10を駆動する電流値の上限値  $I_H$  を決定する。ここで、光源10を駆動する電流値と光の強度との関係は、予め計測して取得してもよいし、設計値を用いてもよい。また、基準値  $V_L$  及び  $V_H$  ではなく、閾値からの比率によって下限値及び上限値を決めておき、電流値の下限値  $I_L$  及び上限値  $I_H$  を決定してもよい。そして、設定部230は、このように決定した下限値  $I_L$  以上、且つ、上限値  $I_H$  以下となるように、光源10の駆動電流値をドライバ60に設定する。例えば、光源10の駆動電流値は、下限値  $I_L$  と上限値  $I_H$  との平均値としてもよい。

#### 【0042】

このように光源10の駆動電流値が設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  は、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値  $V_{min}$  は、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となる。従って、図3(a)に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $Pk1$  乃至  $Pk5$  が正しく2値に変換され、比較部120から出力される2値信号は、「1、1、0、0、1」となる。

#### 【0043】

これにより、アブソリュートエンコーダ1Aでは、環境変化、経時変化、スケール20や光源10及び検出部30の取り付け、スケール20の製造ばらつきなどに関わらず、検出部30から出力され、処理部100で処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ1Aは、スケール20の絶対位置を高精度に計測することができる。

#### 【0044】

本実施形態では、スケール20に形成する透過率（又は反射率）を0%、50%及び100%の3値としたが、これらの値に限定されるものではなく、任意の3値でよい。例えば、スケール20に0%や100%の透過率を容易に形成することができない場合には、スケール20に形成する透過率を10%、40%及び90%や20%、40%及び80%などとしてもよい。この場合にも、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  及び最も小さな最大値  $V_{min}$  を特定して、3値の比率に応じた下限値及び上限値を決定し、その条件を満足するように光源10の駆動電流値を設定する。これにより、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $Pk1$  乃至  $Pk5$  が正しく2値に変換され（即ち、比較部120から正しい2値信号が出力され）、スケール20の絶対位置を高精度に計測することが可能となる。例えば、スケール20に形成する透過率が20%、40%及び80%である場合、最大ピーク値は80%付近の光強度となり、中間ピーク値は40%付近の光強度となる。そこで、閾値を60%とし、下限値を65%、上限値を55%としてこれを

10

20

30

40

50



満足するように光源 10 の駆動電流値を設定することで、光強度信号を安定化してスケール 20 の絶対位置を高精度に計測することができる。

【0045】

このように、アブソリュートエンコーダ 1 A によれば、光強度信号が一定振幅を有する正弦波信号ではなく、例えば、3 値を有するランダム信号であっても、スケール 20 の位置を高精度に計測することができる。

【0046】

< 第 2 の実施形態 >

図 5 は、本発明の第 2 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ 1 B の構成を示す概略ブロック図である。アブソリュートエンコーダ 1 B は、アブソリュートエンコーダ 1 A と比較して、処理部 100 B、詳細には、校正部 200 B が異なる。校正部 200 B は、本実施形態では、抽出部 210 と、特定部 220 と、ゲイン設定部 240 とを含む。

【0047】

図 3 及び図 5 を参照して、校正部 200 B による校正について具体的に説明する。第 1 の実施形態と同様に、抽出部 210 は、光強度信号の 1 周期ごとに最大値を抽出し、特定部 220 は、抽出部 210 で抽出された最大値から、最も大きな最大値  $V_{max}$  と、最も小さな最大値  $V_{min}$  とを特定する。

【0048】

ゲイン設定部 240 は、特定部 220 で特定された最も大きな最大値  $V_{max}$  と予め定められた基準値  $V_L$  とを比較し、特定部 220 で特定された最も小さな最大値  $V_{min}$  と予め定められた基準値  $V_H$  とを比較する。また、ゲイン設定部 240 は、その比較結果に基づいて、基準値  $V_L$  を最大値  $V_{max}$  で除算した値以上、且つ、基準値  $V_H$  を最大値  $V_{min}$  で除算した値以下となるように、増幅部 40 における信号の増幅率（ゲイン）を設定する。

【0049】

例えば、図 3 (b) では、ゲイン設定部 240 は、最も大きな最大値  $V_{max}$  から、基準値  $V_L$  を下限値とする下限ゲイン  $G_L = V_L / V_{max}$  を算出し、最も小さな最大値  $V_{min}$  から、基準値  $V_H$  を上限値とする上限ゲイン  $G_H = V_H / V_{min}$  を算出する。そして、ゲイン設定部 240 は、下限ゲイン  $G_L$  以上、且つ、上限ゲイン  $G_H$  以下となるように増幅部 40 におけるゲインを設定する。例えば、増幅部 40 におけるゲインは、下限ゲイン  $G_L$  と上限ゲイン  $G_H$  との平均値としてもよい。

【0050】

このように増幅部 40 におけるゲインが設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  は、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値  $V_{min}$  は、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となる。従って、図 3 (a) に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $Pk1$  乃至  $Pk5$  が正しく 2 値に変換され、比較部 120 から出力される 2 値信号は、「1、1、0、0、1」となる。

【0051】

アブソリュートエンコーダ 1 B によれば、環境変化、経時変化、スケール 20 や光源 10 及び検出部 30 の取り付け、スケール 20 の製造ばらつきなどに関わらず、検出部 30 から出力され、処理部 100 B で処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ 1 B は、スケール 20 の絶対位置を高精度に計測することができる。

【0052】

< 第 3 の実施形態 >

図 6 は、本発明の第 3 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ 1 C の構成を示す概略ブロック図である。アブソリュートエンコーダ 1 C は、アブソリュートエンコーダ 1 A と比較して、処理部 100 C、詳細には、校正部 200 C が異なる。校正部 200 C は、本実施形態では、抽出部 210 と、特定部 220 と、時間設定部 250 とを含む。

## 【 0 0 5 3 】

図 3 及び図 6 を参照して、校正部 2 0 0 C による校正について具体的に説明する。第 1 の実施形態と同様に、抽出部 2 1 0 は、光強度信号の 1 周期ごとに最大値を抽出し、特定部 2 2 0 は、抽出部 2 1 0 で抽出された最大値から、最も大きな最大値  $V_{max}$  と、最も小さな最大値  $V_{min}$  とを特定する。

## 【 0 0 5 4 】

時間設定部 2 5 0 は、特定部 2 2 0 で特定された最も大きな最大値  $V_{max}$  と予め定められた基準値  $V_L$  とを比較し、特定部 2 2 0 で特定された最も小さな最大値  $V_{min}$  と予め定められた基準値  $V_H$  とを比較する。また、時間設定部 2 5 0 は、その比較結果に基づいて、基準値  $V_L$  を最大値  $V_{max}$  で除算した値以上、且つ、基準値  $V_H$  を最大値  $V_{min}$  で除算した値以下となるように、検出部 3 0 を構成する光電変換素子の蓄積時間を設定する。

10

## 【 0 0 5 5 】

例えば、図 3 ( b ) では、時間設定部 2 5 0 は、最も大きな最大値  $V_{max}$  から、基準値  $V_L$  を下限値とする下限蓄積時間比率  $T_L = V_L / V_{max}$  を算出する。同様に、時間設定部 2 5 0 は、最も小さな最大値  $V_{min}$  から、基準値  $V_H$  を上限値とする上限蓄積時間比率  $T_H = V_H / V_{min}$  を算出する。そして、時間設定部 2 5 0 は、下限蓄積時間比率  $T_L$  以上、且つ、上限蓄積時間比率  $T_H$  以下となるように検出部 3 0 を構成する光電変換素子の蓄積時間を設定する。例えば、検出部 3 0 を構成する光電変換素子の蓄積時間は、下限蓄積時間比率  $T_L$  と上限蓄積時間比率  $T_H$  との平均値としてもよい。光電変換素子の蓄積時間を長くすると、検出される光強度は増加し、光電変換素子の蓄積時間を短くすると、検出される光強度は低下する。

20

## 【 0 0 5 6 】

このように光電変換素子の蓄積時間が設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  は、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値  $V_{min}$  は、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となる。従って、図 3 ( a ) に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $Pk1$  乃至  $Pk5$  が正しく 2 値に変換され、比較部 1 2 0 から出力される 2 値信号は、「 1、1、0、0、1 」となる。

## 【 0 0 5 7 】

30

アブソリュートエンコーダ 1 C によれば、環境変化、経時変化、スケール 2 0 や光源 1 0 及び検出部 3 0 の取り付け、スケール 2 0 の製造ばらつきなどに関わらず、検出部 3 0 から出力され、処理部 1 0 0 C で処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ 1 C は、スケール 2 0 の絶対位置を高精度に計測することができる。

## 【 0 0 5 8 】

< 第 4 の実施形態 >

図 7 は、本発明の第 4 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ 1 D の構成を示す概略ブロック図である。アブソリュートエンコーダ 1 D は、アブソリュートエンコーダ 1 A と比較して、処理部 1 0 0 D、詳細には、校正部 2 0 0 D が異なる。校正部 2 0 0 D は、本実施形態では、抽出部 2 1 0 と、特定部 2 2 0 と、閾値設定部 2 6 0 とを含む。

40

## 【 0 0 5 9 】

図 3 及び図 7 を参照して、校正部 2 0 0 D による校正について具体的に説明する。第 1 の実施形態と同様に、抽出部 2 1 0 は、光強度信号の 1 周期ごとに最大値を抽出し、特定部 2 2 0 は、抽出部 2 1 0 で抽出された最大値から、最も大きな最大値  $V_{max}$  と、最も小さな最大値  $V_{min}$  とを特定する。

## 【 0 0 6 0 】

閾値設定部 2 6 0 は、最も大きな最大値  $V_{max}$  よりも小さく、且つ、最も小さな最大値  $V_{min}$  よりも大きくなるように、比較部 1 2 0 における閾値を設定する。例えば、比較部 1 2 0 における閾値は、最も大きな最大値  $V_{max}$  と最も小さな最大値  $V_{min}$  との

50

平均値としてもよい。

#### 【0061】

このように比較部120における閾値が設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値 $V_{max}$ は、閾値以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値 $V_{min}$ は、閾値以下となる。従って、図3(a)に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値 $P_{k1}$ 乃至 $P_{k5}$ が正しく2値に変換され、比較部120から出力される2値信号は、「1、1、0、0、1」となる。

#### 【0062】

アブソリュートエンコーダ1Dによれば、環境変化、経時変化、スケール20や光源10及び検出部30の取り付け、スケール20の製造ばらつきなどに関わらず、検出部30から出力され、処理部100Dで処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ1Dは、スケール20の絶対位置を高精度に計測することができる。

#### 【0063】

<第5の実施形態>

図8は、本発明の第5の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ1Eの構成を示す概略ブロック図である。アブソリュートエンコーダ1Eは、アブソリュートエンコーダ1Aと比較して、処理部100E、詳細には、校正部200Eが異なる。校正部200Eは、本実施形態では、抽出部210と、特定部220と、設定部230と、保持部270とを含む。

#### 【0064】

検出部30から出力される光強度信号は、環境変化、経時変化、スケール20や光源10及び検出部30の取り付けの他に、スケール20の製造ばらつきによっても異なる場合がある。例えば、スケール20に100%の透過率を有する第1マーク22、50%の透過率を有する第2マーク24及び0%の透過率を有する第3マーク26を形成すると、製造ばらつきによって、数%から数十%の透過率のばらつきが生じる場合がある。例えば、スケール20に形成されるマークの透過率のばらつきの最大値を $+P_1$ 及び $-P_2$ とする。これらの透過率のばらつきの最大値は、スケール20を実際に計測してもよいし、設計値を用いてもよい。スケール20に形成されるマークの透過率のばらつきの最大値 $+P_1$ 及び $-P_2$ は、保持部270に保持される。

#### 【0065】

図9は、スケール20に形成されるマークの透過率（又は反射率）のばらつきが生じた場合において、検出部30から出力される光強度信号の一例を示す図である。図9を参照するに、第1マーク22に対応する第1ピーク値であるピーク値 $P_{k1}$ 、 $P_{k2}$ 及び $P_{k5}$ が同じ光強度とならずに、また、第2マーク24に対応する第2ピーク値であるピーク値 $P_{k3}$ 及び $P_{k4}$ が同じ光強度とならずに、ばらついている。

#### 【0066】

図3、図8及び図10を参照して、校正部200Eによる校正について具体的に説明する。 $S_{902}$ 及び $S_{904}$ は、図4に示す $S_{402}$ 及び $S_{404}$ と同様であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

#### 【0067】

$S_{906}$ において、特定部220は、保持部270に保持された透過率のばらつきの最大値 $+P_1$ 及び $-P_2$ に基づいて、最も大きな最大値 $V_{max}$ 及び最も小さな最大値 $V_{min}$ から補正最大値 $V_{max\_min}$ 及び $V_{min\_max}$ を算出する。例えば、特定部220は、最大値 $V_{max}$ に対して、補正最大値 $V_{max\_min} = V_{max} \times (1 - P_2)$ を算出する。補正最大値 $V_{max\_min}$ は、光強度が最も低くなる最大値である。また、特定部220は、最大値 $V_{min}$ に対して、補正最大値 $V_{min\_max} = V_{min} \times (1 + P_1)$ を算出する。補正最大値 $V_{min\_max}$ は、光強度が最も高くなる最小値である。

#### 【0068】

10

20

30

40

50

S 9 0 8において、設定部 2 3 0 は、S 9 0 6 で算出された補正最大値  $V_{max\_min}$  と予め定められた基準値  $V_L$  とを比較し、S 9 0 6 で算出された補正最大値  $V_{min\_max}$  と予め定められた基準値  $V_H$  とを比較する。

【 0 0 6 9 】

S 9 1 0において、設定部 2 3 0 は、S 9 0 8 での比較結果に基づいて、補正最大値  $V_{max\_min}$  が基準値  $V_L$  以上となり、補正最大値  $V_{min\_max}$  が基準値  $V_H$  以下となるように、光源 1 0 から射出される光の強度を設定する。

【 0 0 7 0 】

このように光源 1 0 の駆動電流値が設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  は、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値  $V_{min}$  は、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となる。従って、図 3 ( a ) に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $Pk1$  乃至  $Pk5$  が正しく 2 値に変換され、比較部 1 2 0 から出力される 2 値信号は、「 1、1、0、0、1 」となる。

【 0 0 7 1 】

アブソリュートエンコーダ 1 E によれば、スケール 2 0 に形成されるマークの透過率のばらつき（スケール 2 0 の製造ばらつき）を考慮して、検出部 3 0 から出力され、処理部 1 0 0 B で処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ 1 E は、スケール 2 0 の絶対位置を高精度に計測することができる。

【 0 0 7 2 】

本実施形態では、S 9 1 0において、S 9 0 8 での比較結果に基づいて、光源 1 0 から射出される光の強度を設定しているが、これに限定されるものではない。S 9 1 0においては、S 9 0 8 での比較結果に基づいて、第 2 の実施形態、第 3 の実施形態及び第 4 の実施形態のように、増幅部 4 0 におけるゲイン、光電変換素子の蓄積時間及び比較部 1 2 0 における閾値を設定してもよい。

【 0 0 7 3 】

< 第 6 の実施形態 >

本発明の第 6 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダの構成は、第 5 の実施形態におけるアブソリュートエンコーダ 1 E と同じである。図 1 1 は、スケール 2 0 に形成されるマークの透過率（又は反射率）のばらつきが生じた場合において、検出部 3 0 から出力される光強度信号の一例を示す図である。図 1 1 を参照するに、第 1 マーク 2 2 に対応する第 1 ピーク値であるピーク値  $Pk1$ 、 $Pk2$  及び  $Pk5$  が同じ光強度とならずに、また、第 2 マーク 2 4 に対応する第 2 ピーク値であるピーク値  $Pk3$  及び  $Pk4$  が同じ光強度とならずに、ばらついている。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 を参照して、校正部 2 0 0 E による校正について具体的に説明する。第 5 の実施形態と同様に、抽出部 2 1 0 は、光強度信号の 1 周期ごとに最大値を抽出し、特定部 2 2 0 は、抽出部 2 1 0 で抽出された最大値から、最も大きな最大値  $V_{max}$  と、最も小さな最大値  $V_{min}$  とを特定する（第 1 特定部）。

【 0 0 7 5 】

また、特定部 2 2 0 は、最も大きな最大値  $V_{max}$  と最も小さな最大値  $V_{min}$  との間の中間値（第 1 値） $V_{mid}$  を算出する。そして、特定部 2 2 0 は、抽出部 2 1 0 で抽出された最大値から、最大値  $V_{max}$  よりも小さく、且つ、中間値  $V_{mid}$  よりも大きくて中間値  $V_{mid}$  に最も近い最大値（第 3 最大値） $V_{max\_min}$  を特定する（第 2 特定部）。同様に、特定部 2 2 0 は、抽出部 2 1 0 で抽出された最大値から、最大値  $V_{min}$  よりも大きく、且つ、中間値  $V_{mid}$  よりも小さくて中間値  $V_{mid}$  に最も近い最大値（第 4 最大値） $V_{min\_max}$  を特定する（第 2 特定部）。ここで、中間値  $V_{mid}$  は、例えば、最も大きな最大値  $V_{max}$  と最も小さな最大値  $V_{min}$  との平均値（ $(V_{max} + V_{min}) / 2$ ）とすればよい。

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

例えば、図 11 では、特定部 220 は、ピーク値  $P_{k1}$  乃至  $P_{k5}$  から、ピーク値  $P_{k1}$  を最も大きな最大値  $V_{max}$  として特定し、ピーク値  $P_{k4}$  を最も小さな最大値  $V_{min}$  として特定し、その中間値  $V_{mid}$  を算出する。次いで、特定部 220 は、ピーク値  $P_{k1}$  乃至  $P_{k5}$  から、ピーク値  $P_{k2}$  を最大値  $V_{max}$  よりも小さく、且つ、中間値  $V_{mid}$  よりも大きくて中間値  $V_{mid}$  に最も近い最大値  $V_{max\_min}$  として特定する。同様に、特定部 220 は、ピーク値  $P_{k1}$  乃至  $P_{k5}$  から、ピーク値  $P_{k3}$  を最大値  $V_{min}$  よりも大きく、且つ、中間値  $V_{mid}$  よりも小さくて中間値  $V_{mid}$  に最も近い最大値  $V_{min\_max}$  として特定する。このように、本実施形態では、ピーク値  $P_{k1}$ 、 $P_{k2}$  及び  $P_{k5}$  が同じ光強度とならず、また、ピーク値  $P_{k3}$  及び  $P_{k4}$  が同じ光強度とならない場合であっても、閾値に近い最も大きな最大値と最も小さな最大値とを特定することができる。

10

#### 【0077】

設定部 230 は、特定部 220 で特定された最大値  $V_{max\_min}$  と予め定められた基準値  $V_L$  とを比較し、特定部 220 で特定された最大値  $V_{min\_max}$  と予め定められた基準値  $V_H$  とを比較する。そして、設定部 230 は、その比較結果に基づいて、最大値  $V_{max\_min}$  が基準値  $V_L$  以上となり、最大値  $V_{min\_max}$  が基準値  $V_H$  以下となるように、光源 10 から射出される光の強度を設定する。

#### 【0078】

このように光源 10 の駆動電流値が設定されることで、光強度信号に含まれる最も大きな最大値  $V_{max}$  は、基準値  $V_L$  を下限値としてそれ以上となり、光強度信号に含まれる最も小さな最大値  $V_{min}$  は、基準値  $V_H$  を上限値としてそれ以下となる。従って、図 3 (a) に示すように、閾値に対して、光強度信号に含まれるピーク値  $P_{k1}$  乃至  $P_{k5}$  が正しく 2 値に変換され、比較部 120 から出力される 2 値信号は、「1、1、0、0、1」となる。

20

#### 【0079】

アブソリュートエンコーダ 1E によれば、スケール 20 に形成されるマークの透過率のばらつき（スケール 20 の製造ばらつき）を考慮して、検出部 30 から出力され、処理部 100B で処理される光強度信号を安定化することができる。従って、アブソリュートエンコーダ 1E は、スケール 20 の絶対位置を高精度に計測することができる。

#### 【0080】

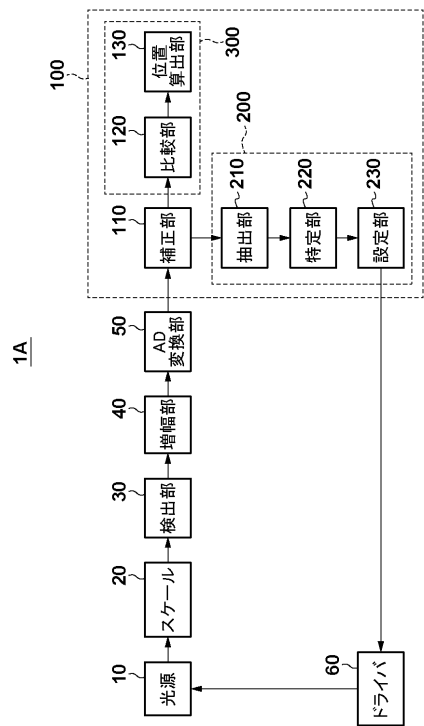
本実施形態では、光源 10 から射出される光の強度を設定しているが、これに限定されるものではない。第 2 の実施形態、第 3 の実施形態及び第 4 の実施形態のように、増幅部 40 におけるゲイン、光電変換素子の蓄積時間及び比較部 120 における閾値を設定してもよい。

30

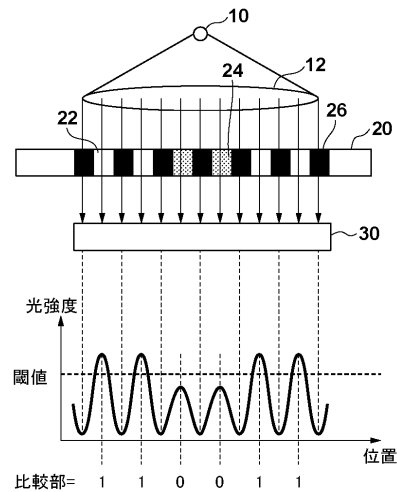
#### 【0081】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

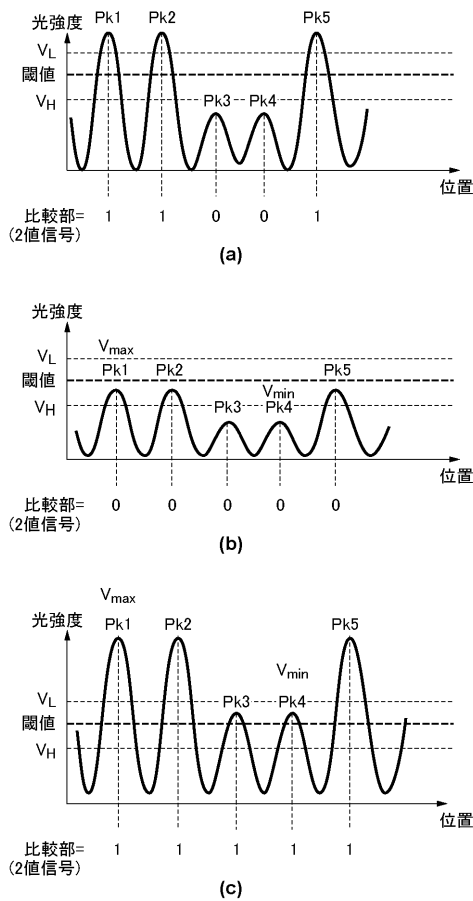
【図 1】



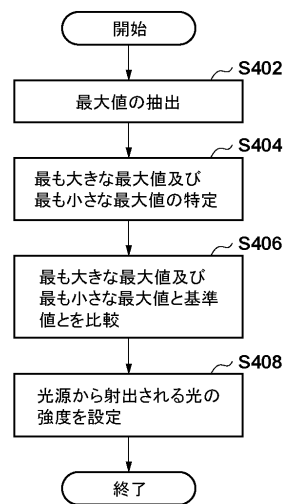
【図 2】



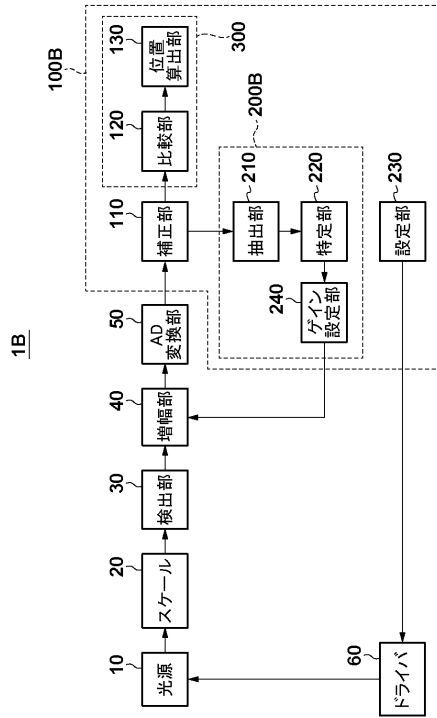
【図 3】



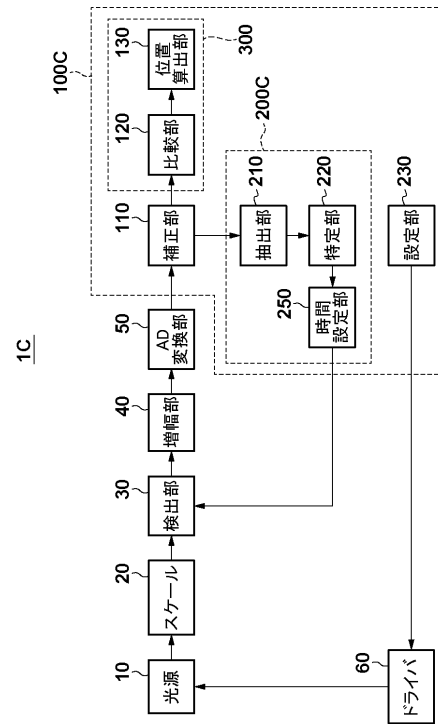
【図 4】



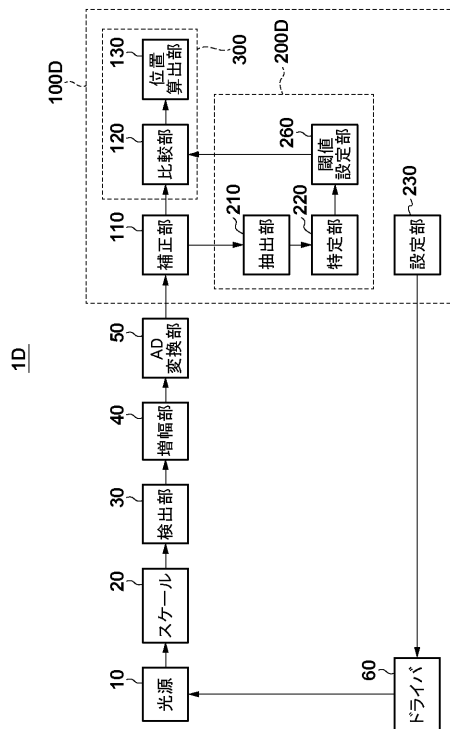
【図 5】



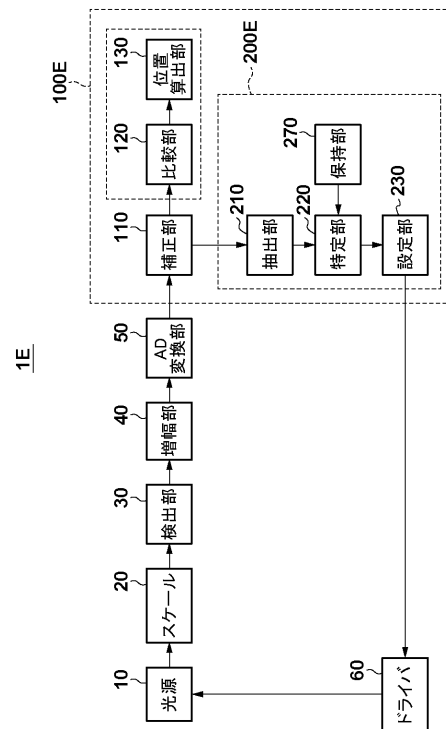
【図 6】



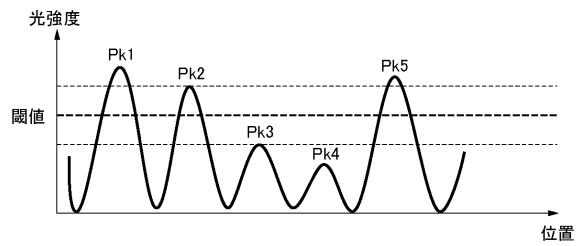
【図 7】



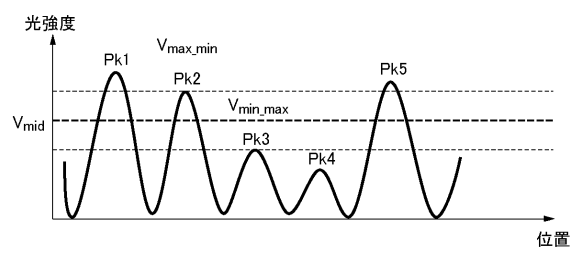
【図 8】



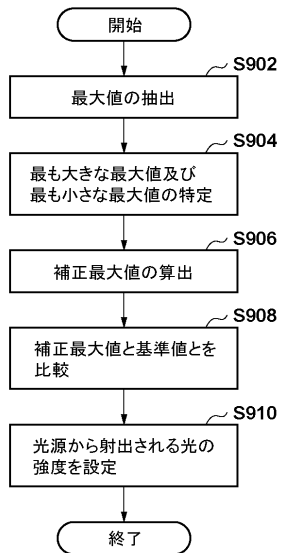
【図 9】



【図 11】



【図 10】





---

フロントページの続き

(72)発明者 岡田 芳幸

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 吉田 久

(56)参考文献 特開2012-127820(JP,A)

特開2011-176979(JP,A)

特開2008-96121(JP,A)

特開2005-337843(JP,A)

米国特許第6898744(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/38

G01B 11/00 - 11/30