

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5159663号
(P5159663)

(45) 発行日 平成25年3月6日 (2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月21日 (2012.12.21)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 D 5/36 (2006.01)

GO 1 D 5/36 X

GO 1 D 5/38 (2006.01)

GO 1 D 5/38 B

請求項の数 13 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2009-31396 (P2009-31396)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成21年2月13日 (2009.2.13)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-185834 (P2010-185834A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成22年8月26日 (2010.8.26)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成24年2月13日 (2012.2.13)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	石塚 公
			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	眞岩 久恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原点検出装置、変位測定装置および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源と、

前記光源に対して相対的に移動可能であり、互いに格子ピッチの異なる第1の回折格子部及び第2の回折格子部を有するスケールと、

前記光源から射出され、前記第1の回折格子部において異なる次数で回折した複数の回折光によって生じる第1の干渉光、及び前記第2の回折格子部において異なる次数で回折した複数の回折光によって生じる第2の干渉光を受光し、前記第1の干渉光の強度に基づいた第1の周期信号及び前記第2の干渉光の強度に基づいた第2の周期信号を出力する受光部と、

前記第1及び第2の周期信号に基づいて、前記スケールの変位の原点を示す原点信号を出力する演算部と、を有する原点検出装置において、

前記第2の回折格子部は、前記スケールが前記原点に位置する場合に前記第2の周期信号が極値をとるように構成されており、

前記第1の周期信号は、位相が互いに異なる複数相の信号を含み、かつ、前記第2の周期信号は、前記複数相とはそれぞれ同相の複数相の信号を含み、

前記演算部は、前記複数相のそれぞれについて前記第1の周期信号と前記第2の周期信号との間の差を求め、前記複数相についてそれぞれ得られた複数の前記差のうち最大のものと最小のものととの差に基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする原点検出装置。

【請求項 2】

前記演算部は、前記最大のものと最小のものとの差と、予め定められた上限値との比較に基づいて、前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 1 に記載の原点検出装置。

【請求項 3】

前記演算部は、前記比較によって得られる矩形信号に基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 2 に記載の原点検出装置。

【請求項 4】

前記演算部は、前記第 1 の周期信号の位相が予め定められた値となる位置を示す信号と前記矩形信号との論理積に基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 3 に記載の原点検出装置。

10

【請求項 5】

前記第 2 の回折格子部は、前記原点を含む領域に前記第 1 の回折格子部より狭い幅で形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置。

【請求項 6】

前記第 2 の回折格子部を構成するスリットの幅は、前記原点から遠ざかるにつれて狭くなる或いは広くなるように形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置。

【請求項 7】

前記スケールは、前記第 1 及び第 2 の回折格子部とは格子ピッチが異なる第 3 の回折格子部を有し、

20

前記受光部は、第 3 の回折格子部において異なる次数で回折した複数の回折光によって生じる第 3 の干渉光を受光して、前記第 3 の干渉光の強度に基づいた第 3 の周期信号を出力し、

前記第 3 の回折格子部は、前記スケールが前記原点に位置する場合に前記第 3 の周期信号が極値をとるように構成されており、

前記第 3 の周期信号は、前記複数相とはそれぞれ同相の複数相の信号を含み、

前記演算部は、前記複数相のそれぞれについて前記第 1 の周期信号と前記第 3 の周期信号との間の差を求め、前記複数相についてそれぞれ得られた複数の当該差のうち最大のものと最小のものとの差にも基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置。

30

【請求項 8】

前記演算部は、前記第 1 及び第 3 の周期信号に関する前記最大のものと最小のものとの差と、予め定められた上限値との比較にも基づいて、前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 7 に記載の原点検出装置。

【請求項 9】

前記演算部は、前記第 1 及び第 3 の周期信号に関する前記比較によって得られる矩形信号にも基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする請求項 8 に記載の原点検出装置。

【請求項 10】

40

前記第 3 の回折格子部は、前記原点を含む領域に前記第 1 の回折格子部より狭い幅で形成されていることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置。

【請求項 11】

前記第 3 の回折格子部を構成するスリットの幅は、前記原点から遠ざかるにつれて狭くなる或いは広くなるように形成されていることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置によって得られる前記原点信号に基づいて、前記スケールの前記原点からの変位を測定することを特徴とする変位

50

測定装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の原点検出装置、または請求項 1 2 に記載の変位測定装置を有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の相対的な変位を周期信号に変換し周期信号を計数することで物体の変位情報を得るための、変位センサ、エンコーダ、干渉計に関するものである。特に周期信号を計数する基準位置である原点を検出するものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年機械ステージの相対変位等をサブミクロンオーダーの分解能で計測する装置として、相対的に変位するスケールで回折した複数の次数の回折光による干渉光を計測することにより変位を計測する回折干渉型のエンコーダが使用されている。

【0003】

回折干渉型のエンコーダで位置計測を行う場合は、エンコーダの信号の原点（基準位置）を検出しカウンタの値をゼロにリセットして絶対位置信号を出力することが一般的に行われていて、従来原点の検出は以下の方式で行われていた。1つ目は、スリット状のパターンに集光した光束を照明し、そこから発生した反射光束をパルス状に発生させて原点信号を得る方式（方式 1）である。2つ目は、複数のスリット列を不等間隔に配置し、そのスリット列と同じパターンになるように光束を照明し、反射光を一括して検出し、一致した瞬間に鋭いパルス状の信号を生成し、原点信号を得る方式（方式 2）である。3つ目は、異なる周期ピッチの格子を併設し、異なる信号周期の信号を複数生成し、複数の信号の位相差が所定の値（例えば零）となる位置で原点信号を生成する方法（方式 3）であり、この方式について特許文献 1、2 に記載されている。

20

【0004】

しかし、方式 1、方式 2 は、検出原理が幾何光学的な光束の遮断による光量変動を利用しているため、パルス状信号の再現性はせいぜい数 μm であり、サブミクロンの周期信号を出力する回折干渉型のエンコーダの原点の検出には精度が不十分であった。

30

【0005】

また、方式 3 では、方式 1 や 2 に比べて検出精度が高まるが、回折干渉型のエンコーダでは特に信号周期が細かいために位相差が所定の値となる位置が近接して複数発生してしまうために、原点を特定できず、そのままでは実用化することが難しい。特許文献 2 にはこの課題の解決手段として、複数の信号の位相差が所定の値となる位置の間で正弦波周期数を変化させて、この周期数が予め原点と関連付けられた周期数になるのを検知することにより原点を特定する方式が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

40

【特許文献 1】特開 2004-144581 号公報

【特許文献 2】特開 2004-170153 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献 2 に記載の方式では、位相差が所定の値となる位置の間をカウンタにて計数、記憶し、その状態から原点信号を決定している。この手順は、受光部から出力されるアナログ信号を A/D コンバータ等でデジタル信号に変換してから処理する必要があり、さらにデジタル信号をカウンタ等を用いてカウントするため、演算が煩雑である。このような演算には、FPGA (Field Programmable Gate

50

Array)、DSP(Digital Signal Processor)、CPU(Central Processing Unit)等の演算機能、カウンタ、クロック信号等を必要とする上、高速に原点を検出することも難しい。

【0008】

そこで、本発明は、より簡単な演算によって、より高速にかつ高精度に原点を検出することができる原点検出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の原点検出装置は、
光源と、

10

前記光源に対して相対的に移動可能であり、互いに格子ピッチの異なる第1の回折格子部及び第2の回折格子部を有するスケールと、

前記光源から射出され、前記第1の回折格子部において異なる次数で回折した複数の回折光によって生じる第1の干渉光、及び前記第2の回折格子部において異なる次数で回折した複数の回折光によって生じる第2の干渉光を受光し、前記第1の干渉光の強度に基づいた第1の周期信号及び前記第2の干渉光の強度に基づいた第2の周期信号を出力する受光部と、

前記第1及び第2の周期信号に基づいて、前記スケールの変位の原点を示す原点信号を出力する演算部と、を有する原点検出装置において、

前記第2の回折格子部は、前記スケールが前記原点に位置する場合に極値をとるように構成されており、

20

前記第1の周期信号は、位相が互いに異なる複数相の信号を含み、かつ、前記第2の周期信号は、前記複数相とはそれぞれ同相の複数相の信号を含み、

前記演算部は、前記複数相のそれぞれについて前記第1の周期信号と前記第2の周期信号との間の差を求め、前記複数相についてそれぞれ得られた複数の前記差のうち最大のものと最小のものととの差に基づいて前記原点信号を出力することを特徴とする原点検出装置である。

【発明の効果】

【0010】

本発明の原点検出装置により、より簡単な演算によって、より高速にかつ高精度に原点を検出することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1の実施の形態に係る原点検出装置の構成を示す模式図。

【図2】第1の実施の形態に係るスケールに形成されている第1及び第2の回折格子部を示す模式図。

【図3】本発明の受光部を構成する受光ユニットの構成を示す模式図。

【図4】第1の回折格子部による周期信号U1、V1、W1の波形を示す図。

【図5】第2の回折格子部による周期信号U2、V2、W2の波形を示す図。

【図6】第1の実施の形態に係る原点検出装置の演算部を示す回路図。

40

【図7】第1及び第2の周期信号の差の波形を示す図。

【図8】第1及び第2の周期信号の差が最大となる相の値と最小となる相の値との差の波形を示す図。

【図9】第1及び第2の周期信号の差から求められた矩形信号の波形を示す図。

【図10】第2の実施の形態に係る原点検出装置の構成を示す模式図。

【図11】第2の回折格子部による周期信号U2、V2、W2の波形を示す図。

【図12】第3の回折格子部による周期信号U3、V3、W3の波形を示す図。

【図13】第2の実施の形態に係る原点検出装置の演算部を示す回路図。

【図14】第1及び第2の周期信号の差の波形を示す図。

【図15】第1及び第3の周期信号の差の波形を示す図。

50

【図 1 6】第 1 及び第 2 の周期信号の差、及び第 1 及び第 3 の周期信号の差が最大となる相の値と最小となる相の値との差の波形を示す図。

【図 1 7】第 1 及び第 2 の周期信号の差から求められた矩形信号の波形を示す図。

【図 1 8】第 1 及び第 3 の周期信号の差から求められた矩形信号の波形を示す図。

【図 1 9】矩形信号の論理積で得られる矩形信号の波形を示す図。

【図 2 0】本発明のスケールに形成されている第 2 の回折格子部の他の例を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の原点検出装置は、光源と、光源に対して相対的に移動可能な回折格子部を有するスケールと、スケールで異なる次数で回折した複数の回折光による干渉光を受光する受光部と、受光部から出力された信号に基づいて原点信号を出力する演算部を有する。

10

【0013】

スケールは、互いに格子ピッチの異なる第 1 の回折格子部と第 2 の回折格子部を有する。第 1 及び第 2 の回折格子部は、反射部と非反射部で構成されるスリットパターン、或いは透過部と非透過部で構成されるスリットパターンが周期的に交互に形成されているものである。つまり、いわゆる反射型の回折格子であってもよいし、透過型の回折格子であってもよい。そして、第 1 及び第 2 の回折格子部は、格子の配列方向が平行になるように形成されている。光源から射出された光は、第 1 の回折格子部を通過して次数の異なる複数の回折光となり、その一部の回折光は光路が重なって第 1 の干渉光となる。一方、光源から射出され、第 2 の回折格子部を通過した回折光も同様に、一部の回折光の光路が重なって第 2 の干渉光となる。

20

【0014】

ここで、スケールの変位の原点とする位置は、互いに近接する第 1 及び第 2 の回折格子部を構成するスリットパターンが所定の位置関係になる位置として予め設定されている。所定の位置関係とは、例えば、第 1 と第 2 の回折格子部とで格子配列方向におけるスリットパターンの中心が一致する位置等である。

【0015】

受光素子は、第 1 の干渉光、第 2 の干渉光をそれぞれ受光し、第 1 の干渉光に強度に基づいて第 1 の干渉信号を、第 2 の干渉光の強度に基づいて第 2 の干渉信号を出力する。

【0016】

演算部は、第 1 及び第 2 の干渉信号に基づいてスケールの変位の原点を示す原点信号を出力する。

30

【0017】

ここで、第 1 の回折格子部と第 2 の回折格子部とで格子ピッチが異なるため、互いに近接する第 1 及び第 2 の回折格子部を構成するスリットパターンが所定の位置関係になる位置は原点の他にも複数存在する。そのため互いに近接する第 1 及び第 2 の回折格子部を構成するスリットパターンが所定の位置関係になる位置、つまり第 1 及び第 2 の干渉信号の位相差が所定の値となる位置を検出するだけでは、原点を特定できない。

【0018】

そこで、本発明の原点検出装置では、まず第 2 の干渉信号が、スケールが原点に位置する場合に極値をとるように設定されている。そのため、演算部で、第 1 及び第 2 の干渉信号の位相差が所定の値となり、かつ第 2 の干渉信号が極値となる位置を測定することにより原点を特定できる。

40

【0019】

なお、極値とは最大値、最小値、極大値、極小値のいずれであってもよい。例えば、例えば、極値が最大値である場合には、第 2 の干渉信号が、スケールが原点から離れるにつれて振幅が小さくなる、つまり減衰していくように設定される。

【0020】

第 1 及び第 2 の干渉信号の位相差が所定の値となる位置、かつ第 2 の干渉信号が極値となる位置は、受光素子から出力されるアナログ信号を用いて簡単に、より高速に演算する

50

ことができる。そして、干渉信号の位相差に基づいて原点を決定するため、より高精度に原点を検出することができる。なお、第2の干渉信号が極値となる位置を検出することのみによっても原点の検出が可能ではあるが、干渉信号の位相差に基づく検出に比べて検出精度が悪い。そのため、本発明では、干渉信号の位相差が所定の値となり、かつ第2の干渉信号が極値となる位置を求めている。

【0021】

以下、本発明を実施するための形態について図面に基づいて具体的に説明するが、本発明は以下の実施の形態に限られるものではない。

【0022】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る原点検出装置の構成を示す模式図であり、図2は、スケールに形成されている第1及び第2の回折格子部を示す模式図である。図1及び図2において、LDは光源、LNSはコリメータレンズ、APは開口部材、SLはスリット部材、ML及びMRはミラー、WPL及びWPRは1/4波長板、SCはスケール、M1及びM2はミラーである。

【0023】

まず、本実施の形態に係る原点検出装置の構成及び各構成の配置を説明する。

【0024】

スケールSCは、図中の矢印A方向に光源LDに対して相対的に、直線的に移動可能であり、スケールSCには第1の回折格子部GT1、及び第2の回折格子部GT2が一体的に形成されている。第1の回折格子部GT1は格子ピッチがP1（例えば2.8μm）である。第2の回折格子部GT2は格子ピッチがP2（例えば2.94μm）であり、P1とは異なる。そして、第1の回折格子部GT1の中央の格子線（スリットパターン）と第2の回折格子部GT2の中央の格子線（スリットパターン）とが一致するように形成されており（図2中のZ線）、この位置をスケールSCの変位の原点として定めている。本実施の形態では第1の回折格子部GT1を原点からの相対的なスケールの変位を測定するために設けられているものであり、測定可能領域に渡って広く設けられている。一方、第2の回折格子部GT2は、原点の検出を行うために設けられているものであり、第1の回折格子部GT1よりも幅が狭く、原点を含む位置に部分的に形成されている。なお、本実施の形態では、第2の回折格子部GT2の変位方向の幅を約100μm（格子34本）とし、第2の回折格子部GT2に照明される光束の変位方向の幅を約100μmしている。

【0025】

光源LDはレーザーダイオードなどが用いられており、発散光束を射出する。光源LDの下方にはコリメータレンズLNSが配置されており、コリメータレンズLNSの下方には開口AP1及びAP2が形成されている開口部材APが配置されている。開口部材APは、スケールSCと平行な面に配置されている。

【0026】

開口部材APの下方には透過型の1及び第2の回折スリットGBS1、GBS2が一体的に形成されたスリット部材SLが配置されている。第1の回折スリットGBS1は格子ピッチがP1（例えば2.8μm）、第2の回折スリットGBS2は格子ピッチがP2（例えば2.94μm）である。そして、第1の回折スリットGBS1の中央の格子線と第2の回折スリットGBS2の格子線とが一致するように形成されている。

【0027】

スリット部材SLとスケールSCとの間には、ミラーML及びMRと、ミラーM1及びM2が配置されている。ミラーML及びMRは、開口部材AP及びスケールSCの面に対して垂直で、且つ法線方向が矢印A方向になるように配置されており、反射面が互いに對抗するように配置されている。ミラーM1及びM2は、反射面がスケール側に設けられており、その法線方向が開口部材AP及びスケールSCの法線方向と交差するように配置されている。

【0028】

受光部は、ミラーM1及びM2で反射した光束を受光する位置に配置されている。図3は、ミラーM1で反射した光束を受光する受光ユニットの構成を示す模式図であり、ミラーM2で反射した光束を受光する受光ユニットについても同様の構成である。受光部は複数の受光ユニットより構成されている。各受光ユニットは、入射する光束を3つの光束に分割する波面分離素子BS、分割された複数の光束をそれぞれ透過する3つの偏光板を有する偏光板アレイPOLを透過した光束をそれぞれ受光する受光素子アレイPDを有する。偏光板アレイPOLを構成する3つの偏光板は、互いに偏光透過軸を120°ずつずらして配置されている。

【0029】

次に、本実施の形態に係る原点検出装置において光源から射出された光束の光路について説明する。

【0030】

光源LDから射出された発散光束は、直線偏光光束としてコリメータレンズLNSにて平行光束に変換され、2つの開口AP1、AP2によって2つの平行光束に分離される。それらの光束は、第1及び第2の回折スリットGBS1、GBS2を透過して、それぞれ±1次回折光を含む複数の次数の回折光となる。第1及び第2の回折スリットGBS1、GBS2を透過した±1次回折光は、それぞれミラーML、MRで反射され、互いに偏光軸がずれた1/4波長板WPL、WPRを透過する。そして、第1及び第2の回折格子部GT1、GT2に互いに逆回転の円偏光光束として照明される。

【0031】

ミラーMRを経由して第1の回折格子部GT1に照明された光束の+1次反射回折光と、ミラーMLを経由して第1の回折格子部GT1に照明された光束の-1次反射回折光は、互いに平行に重なり合う。そして、両回折光は、互いに逆周りの円偏光を、互いの位相差によって方位を変える直線偏光光束に変換されて射出され、ミラーM1を経由して受光ユニットに導光される。受光ユニットに導光された直線偏光光束は、波面分離素子BSにて3光束に分割され、互いに120°ずつ偏光透過軸をずらして配置した3相偏光板アレイPOLを透過し、それぞれ位相が互いに120°ずつずれた複数相の干渉光を含む第1の干渉光となる。第1の干渉光である複数相の干渉光は、それぞれ受光素子アレイPDの3つの受光素子に入射し、各受光素子からは互いに位相差が120°ずつある周期ピッチがGT1の1/4の3つの正弦波状の第1の周期信号U1、V1、W1が出力される。

【0032】

図4は、第1の回折格子部GT1（格子ピッチP1=2.8μm）による周期信号U1、V1、W1の波形である。そして、図4(a)は、周期信号U1、V1、W1の原点の±10μmの領域の波形であり、図4(b)は、周期信号Vの原点の-100~+500μm領域の波形である。図4(b)は、波形が密であるため塗りつぶしになっている。なお、横軸は0を原点としたスケールの変位を表しており、縦軸は周期信号の規格化した値を表している。以下信号の波形を示す図面において、縦軸と、横軸は同じものを示すものとする。また、以下に説明する図面における(a)、(b)はそれぞれ原点の±10μmの領域の波形と、原点の-100~+500μm領域の波形を示すものとする。

【0033】

同様に、ミラーMRを経由して第2の回折格子部GT2に照明された光束の+1次反射回折光と、ミラーMLを経由して第2の回折格子部GT2に照明された光束の-1次反射回折光は、わずかにずれて互いに平行に重なり合う。そして、両回折光は、互いに逆周りの円偏光を、互いの位相差によって方位を変える直線偏光光束に変換されて射出され、ミラーM2を経由して別の受光ユニットに導光される。受光ユニットでは、第1の回折格子部GT1での回折光と同様に回折光を受光し、各受光素子からは互いに位相差が120°ずつある周期ピッチがGT2の1/4の3つの正弦波状の第2の周期信号U2、V2、W2が出力される。なお、U2、V2、W2は、それぞれU1、V1、W1と同相の周期信号とする。

【0034】

図5は、第2の回折格子部GT2（格子ピッチ $P2 = 2.94 \mu m$ ）による周期信号U2, V2, W2の波形である。図5（b）は、波形が密であるため塗りつぶしになっている。図5（b）に示されるように、第2の回折格子部GT2による周期信号は、原点から離れるにつれて振幅が小さくなることから分かる。本実施の形態では、第2の回折格子部GT2の変位方向の幅、及び、照明される光束の変位方向の幅を約 $100 \mu m$ としているため、第2の回折格子部GT2と照明光束の重なりがずれることで、回折光強度が低下する原理により出現してくることによる。これは、第2の回折格子部GT2が、第1の回折格子部GT1よりも幅が狭く、原点を含む位置に部分的に形成されていることによるものである。

【0035】

10

次に、本実施の形態に係る原点検出装置における信号処理について説明する。

【0036】

図6は、受光部から出力された周期信号に基づいて原点信号を出力する演算部を示す回路図である。図6において、ROは受光部、LOは演算部を示す。

【0037】

演算部LOには、受光部ROから出力された第1の周期信号U1, V1, W1、及び第2の周期信号U2, V2, W2が入力される。

【0038】

そして、演算部LOでは、U, V, Wの各相の周期信号について、図7に示すように第1及び第2の周期信号の差を算出する。図7（a）より、原点において振幅が極小となることから、第1及び第2の周期信号の位相差が零となる、つまり第1及び第2の周期信号の位相が一致することが分かる。そして、原点の他にも振幅が極小となる位置が複数存在し、これらの極小となる位置は第1及び第2の周期信号の位相差が零の位置に対応することが図7（b）に示されている。なお、振幅が極小となる位置は $28 \mu m$ 毎に存在する。

20

【0039】

次に、演算部LOは、図8に示すように第1及び第2の周期信号の差が最大となる相の値と最小となる相の値との差D12を求める。（a）より、原点において最大値と最小値との差D12が零となることが分かる。また、（b）より、原点の他にも最大値と最小値との差D12が極小となる位置が複数存在するが、原点以外における値は零とはならないことが分かる。例えば、原点から $28 \mu m$ 離れた位置の極小値は0.2程度である。

30

【0040】

次に、演算部LOは、図9に示すように第1及び第2の周期信号の差の最大値と最小値の差D12が予め定められた所定の値以下であるか否かによって信号を2値化し、矩形信号R12を出力する。例えば、ここでは所定の値を0.1と設定しており、最大値と最小値の差D12が0.1以下となる場合に1とし、それ以外で0となる信号を出力する。このように、最大値と最小値の差と所定の値とを比較することにより、原点以外で最大値と最小値との差が極小となる位置を除外することができ、原点を表す原点信号として、この矩形信号を出力することができる。なお、演算部で行う以上の処理は、差、和を求める処理、及び比較器等を用いて最大値、最小値を求める処理のみで行うことができるため、より簡単な回路構成で演算をすることができ、しかもより速い演算をすることができ。

40

【0041】

また、この矩形信号と第1の回折格子部GT1の周期信号（例えばV相）の位相が所定の値（例えば零）となる位置を示す信号との論理積を求めることにより、さらに正確な原点信号を出力することもできる。

【0042】

（第2の実施の形態）

第2の実施の形態に係る原点検出装置は、第1の実施の形態における第1及び第2回折格子部の格子ピッチP1、P2、及び照明光束サイズの設計の事情により、複数の位相差零の箇所から原点を特定することが難しい場合の対策を追加したものである。

【0043】

50

図10は、本発明の第2の実施の形態に係る原点検出装置の構成を示す模式図である。図10では図1と同様の構成については同じ符号を用いている。M3はミラー、GT3は第3の回折格子部、GBS3は第3の回折スリット、AP3は開口である。

【0044】

まず、本実施の形態に係る原点検出装置について、第1の実施の形態と異なる構成及び各構成の配置を説明する。

【0045】

第3の回折格子部GT3は、第1及び第2の回折格子部GT1、GT2と共にスケールSCに一体的に形成されており、第1の回折格子部GT1を挟んで第2の回折格子部GT2に対向する位置に形成されている。第3の回折格子部GT3は、格子ピッチがP3（例えば2.856μm）であり、P1（例えば2.8μm）、P2（例えば2.94μm）とは異なる。第3の回折格子部GT3の中央の格子線（スリットパターン）は、第1及び第2の回折格子部GT1、GT2と一致するように形成されており、この位置をスケールSCの変位の原点として定めている。

【0046】

本実施の形態では第1の回折格子部GT1を原点からの相対的なスケールの変位を測定するために設けられているものであり、測定可能領域に渡って広く設けられている。一方、第2及び第3の回折格子部GT2、GT3は、原点の検出を行うために設けられているものであり、第1の回折格子部GT1よりも幅が狭く、原点を含む位置に部分的に形成されている。なお、本実施の形態では、第2及び第3の回折格子部GT2、GT3の変位方向の幅を約500μmとし、第2及び第3の回折格子部GT2、GT3に照明される光束の変位方向の幅を約500μmしている。

【0047】

開口部材APには、開口AP1を挟んで開口AP2に対向する位置に開口AP3が形成されている。

【0048】

スリット部材SLには、第1の回折スリットGBS1を挟んで第2の回折スリットGBS2に対向する位置に第3の回折スリットGBS3が、一体的に形成されている。第3の回折スリットGBS3は、格子ピッチがP3（例えば2.856μm）で、第1及び第2の回折スリットGBS1、GBS2の中央の格子線と第3回折スリットGBS3の格子線とが一致するように形成されている。

【0049】

ミラーM3は、ミラーM1及びM2と同様に、反射面がスケール側に設けられており、その法線方向が開口部材AP及びスケールSCの法線方向と交差するように配置されている。そして、受光部は、ミラーM1、M2、及びM3で反射した光束を受光する位置に配置されている。

【0050】

次に、本実施の形態に係る原点検出装置において光源から射出された光束の光路について説明する。

【0051】

光源LDから射出した発散光束は、直線偏光光束としてコリメータレンズLNSにて平行光束に変換され、3つの開口AP1、AP2、AP3にて3つの平行光束に分離される。それらの光束は、第1乃至第3の回折スリットGBS1、GBS2、GBS3を透過して、それぞれ±1次回折光を含む複数の次数の回折光となる。第1乃至第3の回折スリットGBS1、GBS2、GBS3を透過した±1次回折光は、それぞれ平行ミラーML、MRにて反射され、互いに偏光軸がずれた1/4波長板WPL、WPRを透過する。そして、第1乃至第3の回折格子部GT1、GT2、GT3に互いに逆回転の円偏光光束として照明される。

【0052】

第1の回折格子部GT1に照明された光束による第1の干渉光は、受光部で互いに位相

10

20

30

40

50

差が位相差が 120° ずつある周期ピッチが $GT1$ の $1/4$ の 3 つの正弦波状の第 1 の周期信号 $U1$, $V1$, $W1$ となって出力される。第 1 の周期信号は、第 1 の実施の形態と同様に図 4 に示す波形となる。

【0053】

一方、第 2 の回折格子部 $GT2$ に照明された光束による第 2 の干渉光は、図 11 に示す第 2 の周期信号 $U2$, $V2$, $W2$ となって出力されるが、(b) より第 1 の実施の形態に比べて、原点から離れても減衰が小さいことが分かる。これは、第 2 及び第 3 の回折格子部 $GT2$ 、 $GT3$ の変位方向の幅、及び、照明される光束の変位方向の幅をそれぞれ約 $500\mu m$ としているため、所定の変位に対して第 2 の回折格子部 $GT2$ と照明光束の重なり of りのずれの割合が小さいことによる。

10

【0054】

また、第 3 の回折格子部 $GT3$ に照明された光束による第 3 の干渉光は、第 1 及び第 2 の回折格子部 $GT1$ 、 $GT2$ に照明された光束と同様の光路を経て受光ユニットに入射し、図 12 に示す第 3 の周期信号 $U3$, $V3$, $W3$ となって出力される。(b) より第 3 の周期信号 $U3$, $V3$, $W3$ についても、第 2 の周期信号 $U2$, $V2$, $W2$ と同様程度の減衰となることが分かる。なお、第 1 乃至第 3 の周期信号において $U1$, $U2$, $U3$ は同相の周期信号であるものとし、 V 、 W についても同様である。

【0055】

次に、本実施の形態に係る原点検出装置における信号処理について説明する。

【0056】

20

図 13 は、受光部から出力された周期信号に基づいて原点信号を出力する演算部を示す回路図である。図 13 において、 RO は受光部、 LO は演算部を示す。

【0057】

演算部 LO には、受光部 RO から出力された第 1 の周期信号 $U1$, $V1$, $W1$ 、第 2 の周期信号 $U2$, $V2$, $W2$ 、及び第 3 の周期信号 $U3$, $V3$, $W3$ が入力される。

【0058】

そして、演算部 LO では、 U , V , W の各相の周期信号について、図 14 に示すように第 1 及び第 2 の周期信号の差を、図 15 に示すように第 1 及び第 3 の周期信号の差を算出する。図 14 (a) より原点において振幅が極小となることから、第 1 及び第 2 の周期信号の位相が一致し、図 15 (a) より第 1 及び第 3 の周期信号の位相が一致することが分かる。そして、原点の他にも振幅が極小となる位置が複数存在し、これらの極小となる位置は第 1 及び第 2 の周期信号の位相差が零の位置に対応することが図 14 (b) 、図 15 (b) に示されている。なお、振幅が極小となる位置は、図 14 (b) では $28\mu m$ 毎に、図 15 (b) では $70\mu m$ 毎に存在する。

30

【0059】

次に、演算部 LO は、図 16 に示すように第 1 及び第 2 の周期信号の差が最大となる相の値と最小となる相の値との差 $D12$ と、第 1 及び第 3 の周期信号の差が最大となる相の値と最小となる相の値との差 $D13$ を求める。図 16 (a) より、 $D12$ と $D13$ のいずれについても原点において最大値と最小値との差が零となることが分かる。また、図 16 (b) より、 $D12$ と $D13$ のいずれについても原点の他にも最大値と最小値との差が極小となる位置が複数存在するが、原点以外における値は零とはならないことが分かる。

40

【0060】

次に、演算部 LO は、図 17 に示すように第 1 及び第 2 の周期信号の差の最大値と最小値の差 $D12$ が予め定められた所定の値以下であるか否かによって信号を 2 値化し、矩形信号 $R12$ を出力する。また、第 1 及び第 3 の周期信号についても同様に図 18 に示すように矩形信号 $R13$ を出力する。例えば、ここでは所定の値を 0.1 と設定しており、最大値と最小値の差が 0.1 以下となる場合に 1 とし、それ以外で 0 となる信号を出力する。

【0061】

ところが、本実施の形態では、第 2 及び第 3 の回折格子部 $GT2$ 、 $GT3$ の変位方向の

50

幅、及び、照明される光束の変位方向の幅が広く、信号の減衰が小さいため、矩形信号 R 1 2, R 1 3 は原点とその周辺で複数立ち上がる。そこで、本実施の形態では、図 1 9 に示すように、第 1 及び第 2 の周期信号によって得られる矩形信号 R 1 2 と、第 1 及び第 3 の周期信号によって得られる矩形信号 R 1 3 との論理積を求めている。このことにより、原点以外で立ち上がる矩形信号を除外することができ、原点を表す原点信号として、矩形信号を出力することができる。なお、演算部で行う以上の処理は、差、和を求める処理、及び比較器等を用いて最大値、最小値を求める処理のみで行うことができるため、より簡単な回路構成で演算をすることができ、しかもより速い演算をすることができる。

【0062】

また、この矩形信号と第 1 の回折格子部 G T 1 の周期信号（例えば V 相）の位相が所定の値（例えば零）となる位置を示す信号との論理積を求めることにより、さらに正確な原点信号を出力することもできる。

10

【0063】

以上、本発明の原点検出装置について実施の形態を例として説明したが、本発明は実施の形態に限られず、他の構成でも実現できる。

【0064】

以上の実施の形態では、第 2 の周期信号及び第 3 の周期信号が、スケールが原点から離れるにつれて振幅が小さくなるように設定しているが、スケールが原点から離れるにつれて振幅が大きくなるように設定してもよい。この場合、第 2 及び第 3 の回折格子部は、原点付近には形成されておらず、それ以外の部分に形成される。本発明では、原点付近の振幅が他の部分の振幅とは異なることにより、原点を特定するものであるため、周期信号が極値を有するように設定すればよい。

20

【0065】

以上の実施の形態では、第 2 の周期信号及び第 3 の周期信号が、スケールが原点から離れるにつれて振幅が小さくなるようにするために、回折格子部の幅を狭くしているが、それ以外の方法により達成してもよい。例えば、図 2 0 に示すように、第 2 または第 3 の回折格子部を構成する各スリットのスリット幅が、原点から遠ざかるにつれて狭くなる或いは広くなるように形成されていてもよい。

【0066】

以上の実施の形態では、第 1 乃至第 3 の回折格子部を反射型としたが、透過型の回折格子部としてもよい。この場合、スリット部材、及びミラー M L, M R, M 1 乃至 M 3 を設けずに、スケールを透過した次数の異なる回折光（例えば ± 1 次回折光）による干渉光を受光部で受光して、原点信号を出力する。

30

【0067】

以上の実施の形態では、第 1 乃至第 3 の回折格子部は、スケールに一体的に形成されているが、それぞれ別々のスケールに形成されていてもよい。この場合には、各スケールは同期して同じ方向に変位するようにする。ただし、各スケールを厳密に位置合わせすることは容易ではないため、実施の形態に記載のように一体に形成する方が検出精度が高まる。さらに、本実施の形態では、スケールだけでなく、ミラー、スリット部材、コリメータレンズ、光源等も各回折格子部に共通の部材を用いているため、厳密に位置合わせする必要がなく、検出精度が高い。

40

【0068】

以上の実施の形態では、1 つの光源から射出される光束を開口部材によって複数の光束に分離しているが、複数の光源を用いてもよい。

【0069】

以上の実施の形態では、第 1 乃至第 3 の回折格子部は変位方向に対して並列に形成されているが、第 2 または第 3 の回折格子部は、第 1 の回折格子部の端部に直列に形成されていてもよい。

【0070】

以上の実施の形態では、第 2 及び第 3 の回折格子部は原点を含む位置に設けられている

50

が、第2または第3の回折格子部が、それぞれ第1の回折格子部の両端に分かれて形成されていてもよい。例えば第2の回折格子部が分かれて形成されている場合には、両端の第2回折格子部で得られた信号を平均化することで、スケールの変位方向と回折格子部の格子方向とが平行ではない場合にも、検出誤差を緩和することができる。

【0071】

以上の実施の形態では、周期信号を120°ずつずれた3相(U, V, W)の信号として出力しているが、90°ずつずれた2相、あるいは4相の信号として出力してもよい。

【0072】

以上の実施の形態では、2つ或いは3つの回折格子部から得られる干渉光から原点信号を出力しているが、4つ以上の回折格子部から得られる干渉光から原点信号を出力するようにしてもよい。複数の矩形信号の論理積により得られる矩形信号の幅を狭め、より精度の高い原点信号を出力することができる。

10

【0073】

以上の実施の形態では、スケールの直線的な変位を測定するための装置(リニアエンコーダ)として用いているが、スケールがその中心を軸として回転し、スケールの角度変位を測定するための装置(ロータリーエンコーダ)として用いてもよい。この場合、回折格子部の格子方向は円周方向になり、回折格子のスリットパターンは放射状に形成される。

【0074】

その他、第1乃至第3の回折格子部の格子ピッチ、第1乃至第3の回折格子部の幅は異なる値、異なる組み合わせにしてもよい。

20

【0075】

また、本発明は、上記原点検出装置によって得られる原点信号に基づいて、スケールの原点からの変位(絶対位置)を測定する変位測定装置(アブソリュートエンコーダ)とすることもできる。

【0076】

さらに、本発明の原点検出装置または変位測定装置は、様々な電子機器に適用することができる。例えば、サブナノメートルの変位を検出する必要がある産業用機械ステージ、高精度形状測定装置、顕微鏡ステージ、高精度機械加工装置、半導体露光装置、半導体製造装置等の電子機器に適用することができる。また、撮像装置、電子写真方式あるいはインクジェット方式の画像形成装置等にも適用することができる。

30

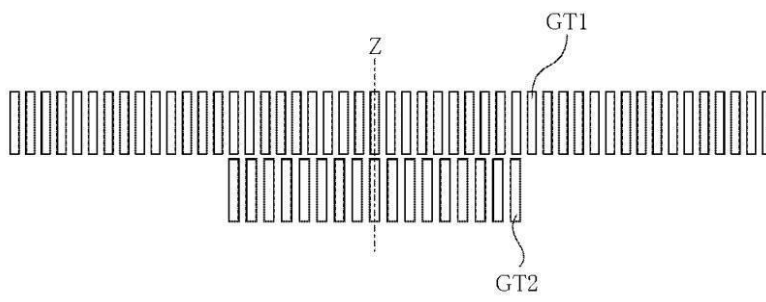
【符号の説明】

【0077】

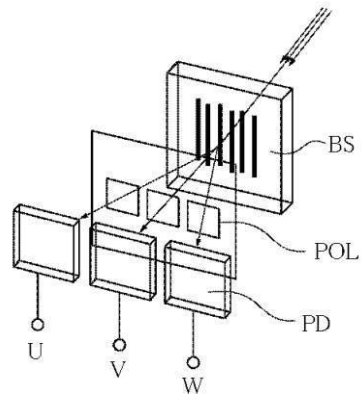
LD 光源
 LNS レンズ
 AP 開口部材
 SL スリット部材
 MR、ML、M1、M2 ミラー
 WPL、WPR 1/4波長板
 SC スケール
 RO 受光部
 LO 演算部

40

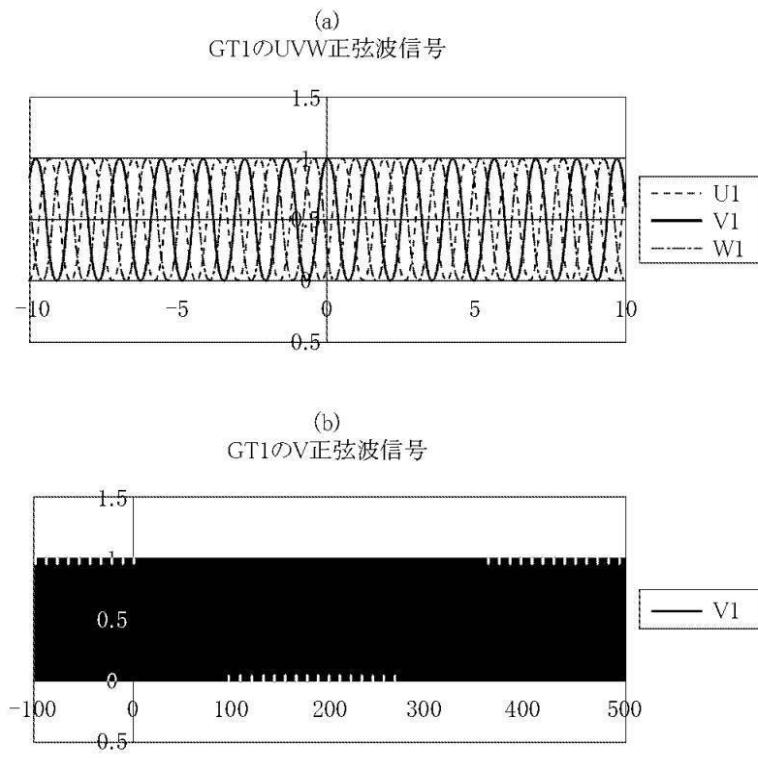
【図 2】



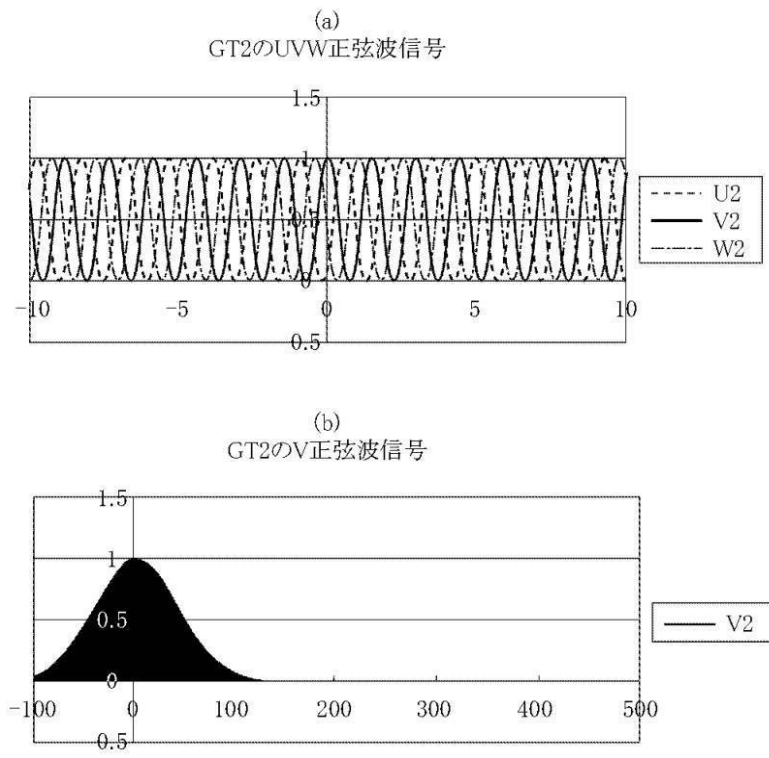
【図 3】



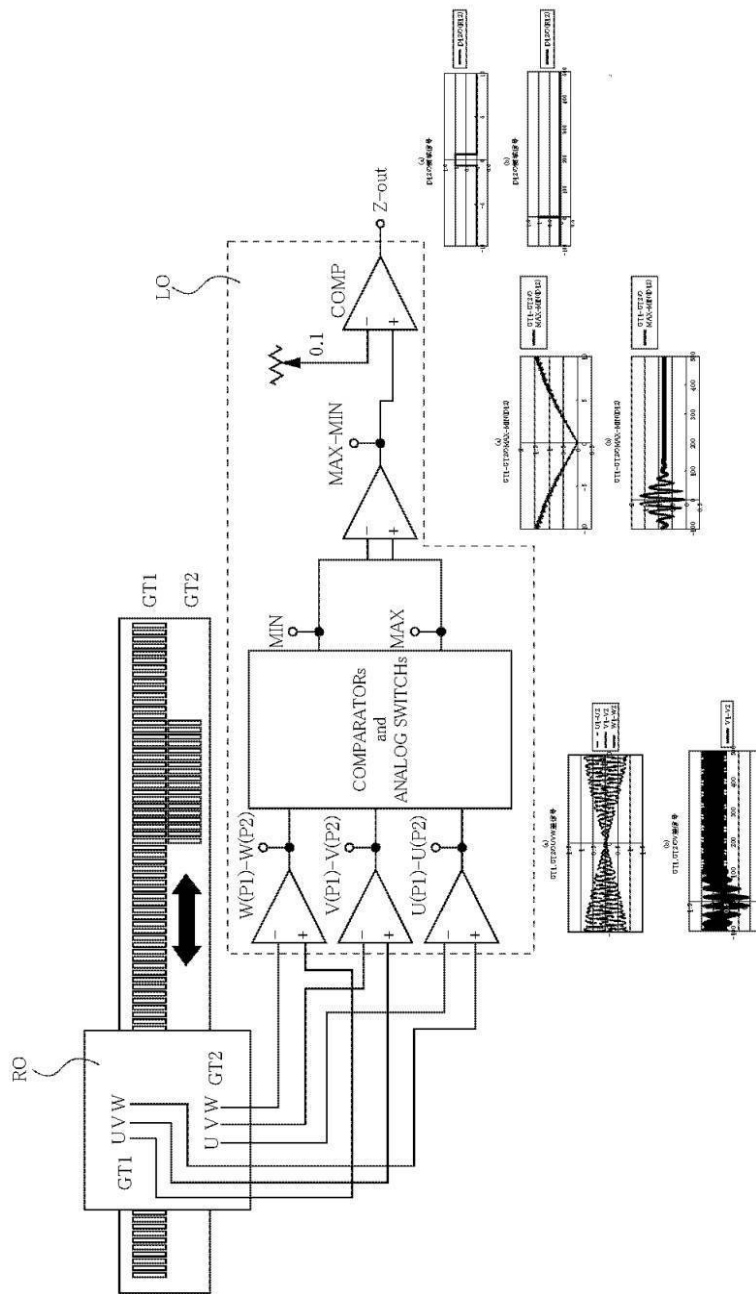
【図 4】



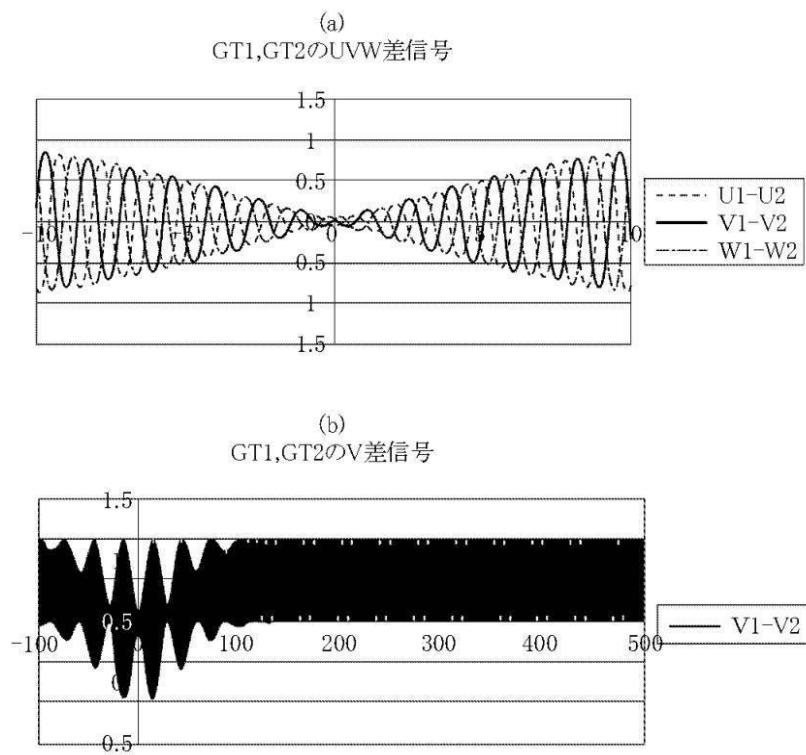
【図 5】



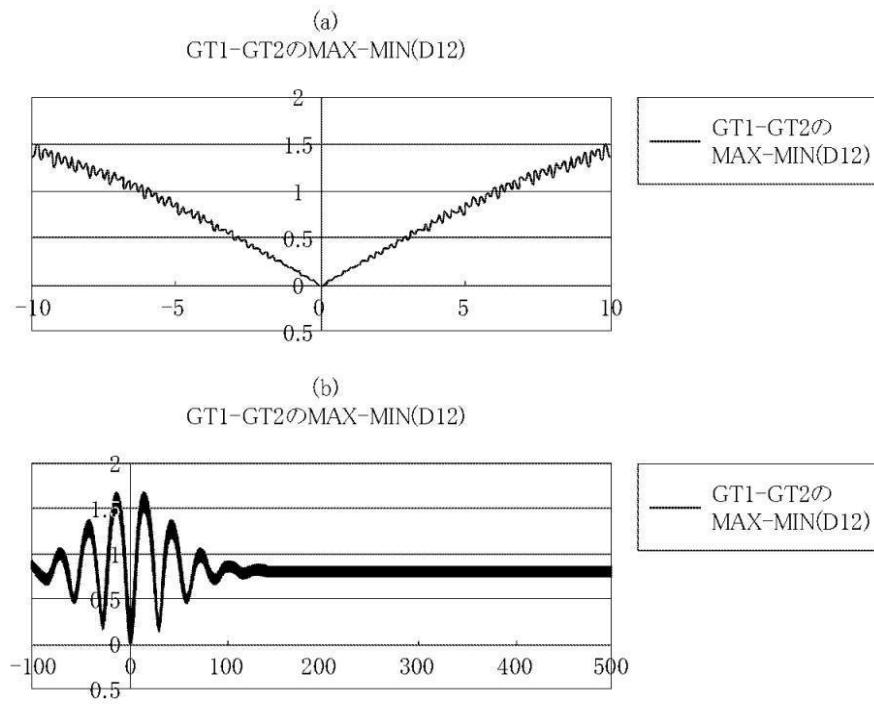
【図 6】



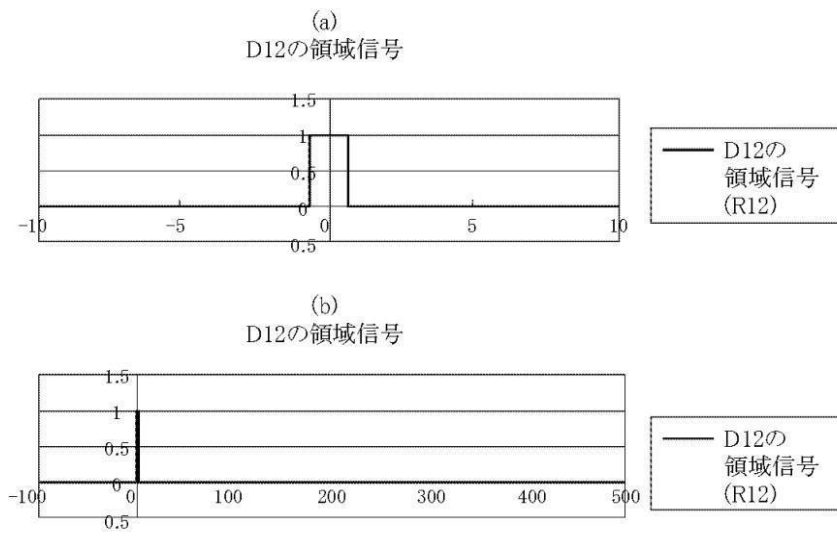
【図 7】



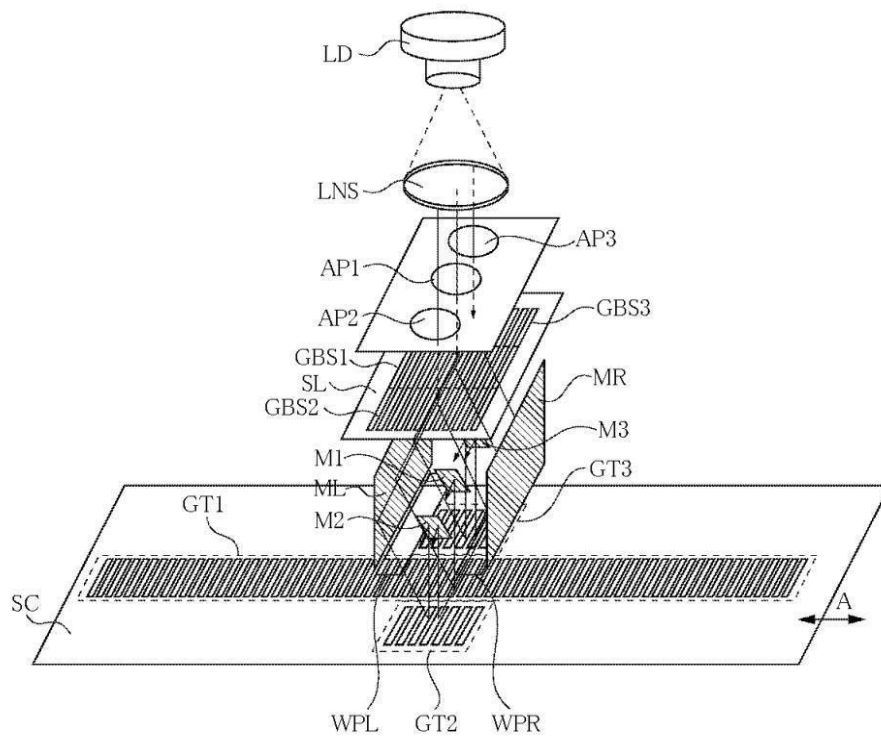
【図 8】



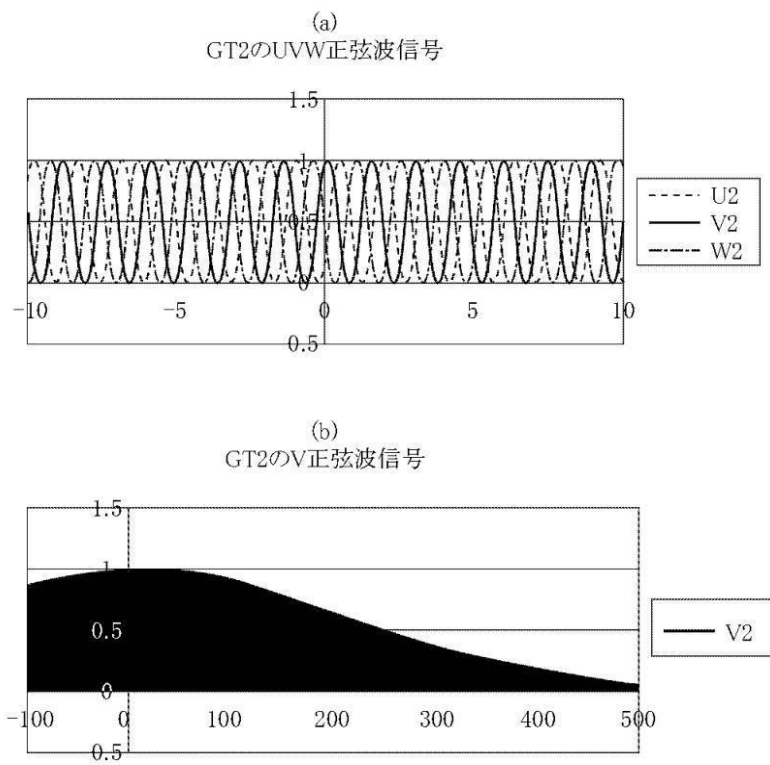
【図 9】



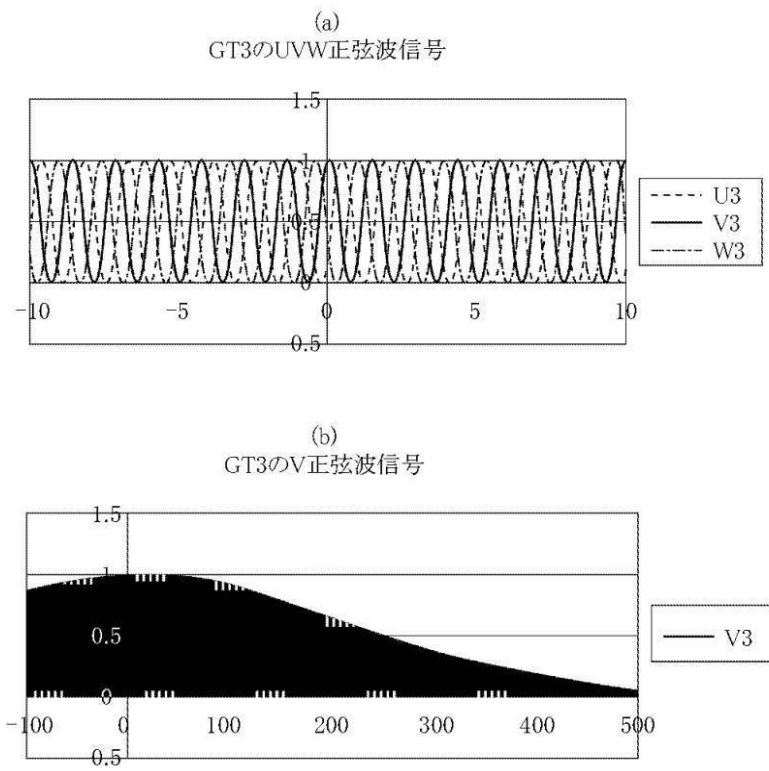
【図 10】



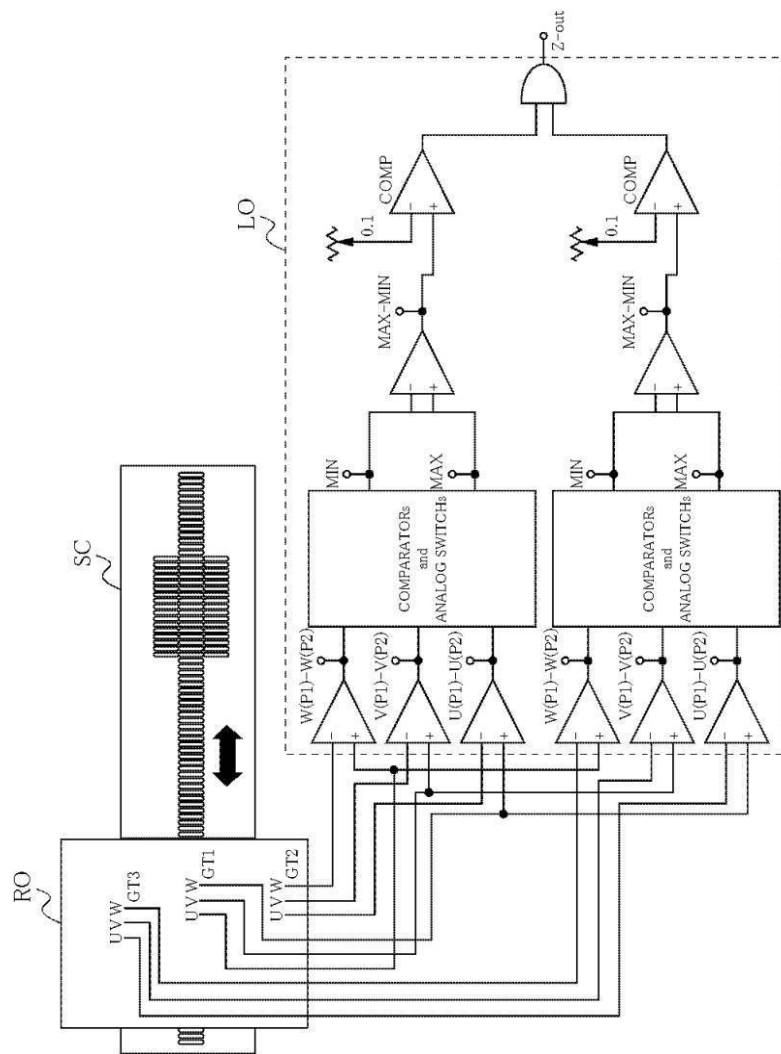
【図 1 1】



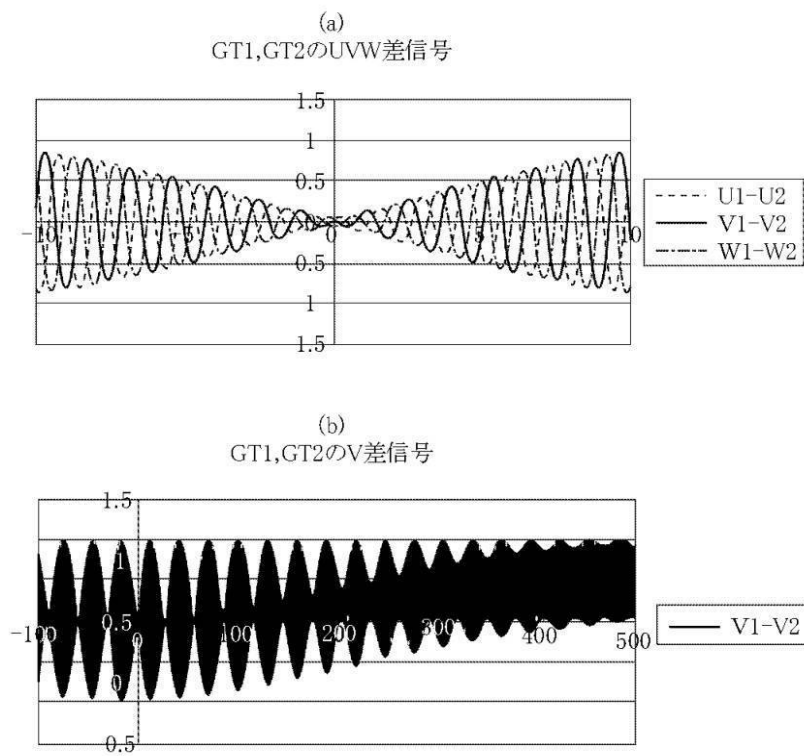
【図 1 2】



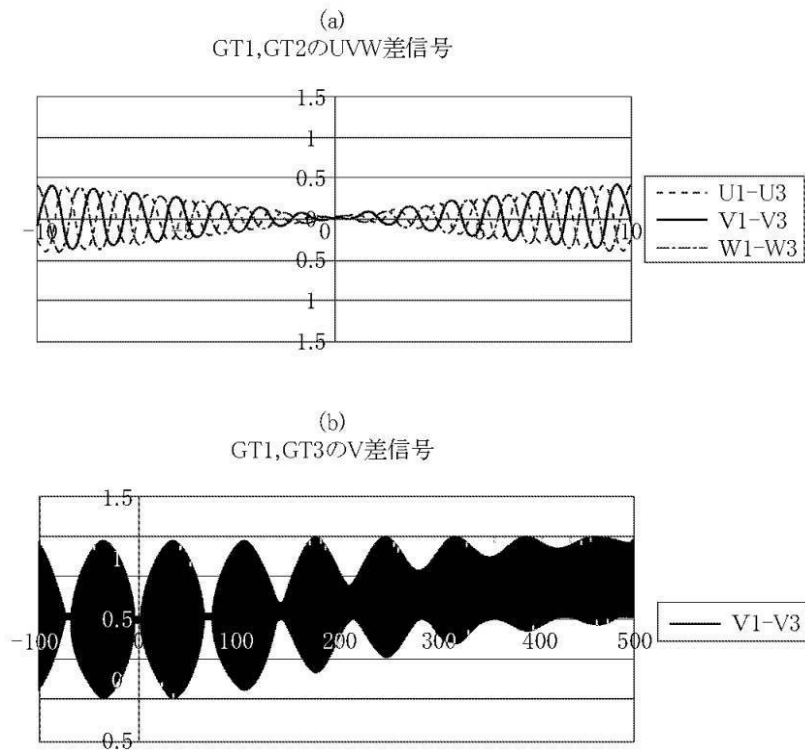
【図 13】



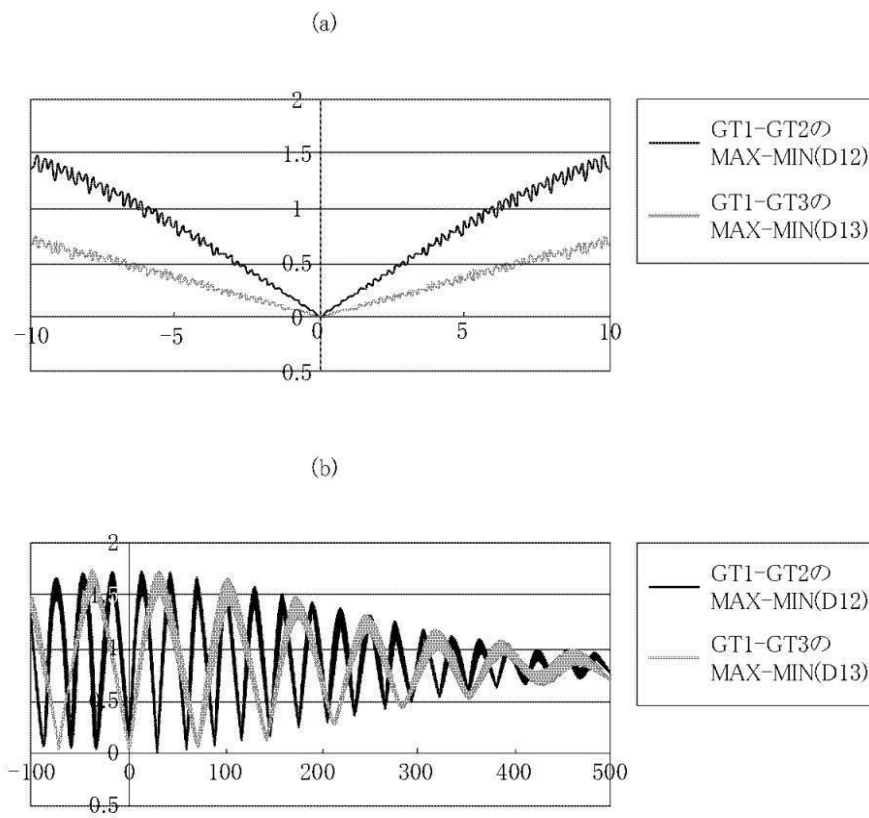
【図 1 4】



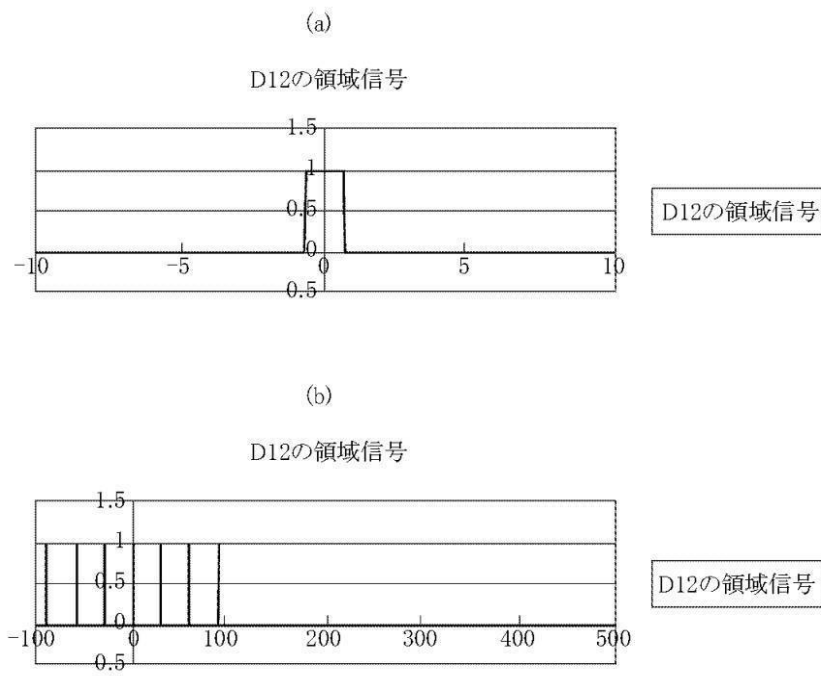
【図 15】



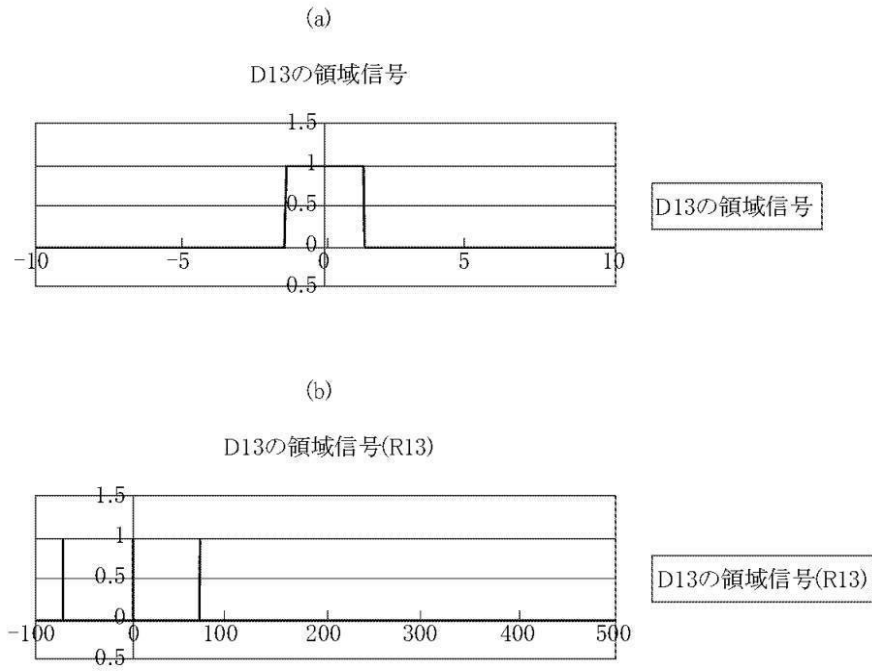
【図 16】



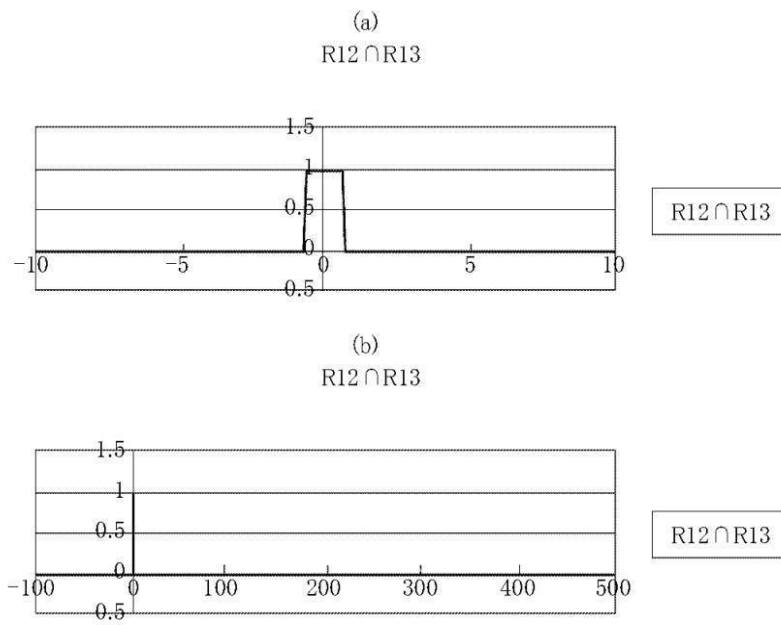
【図 17】



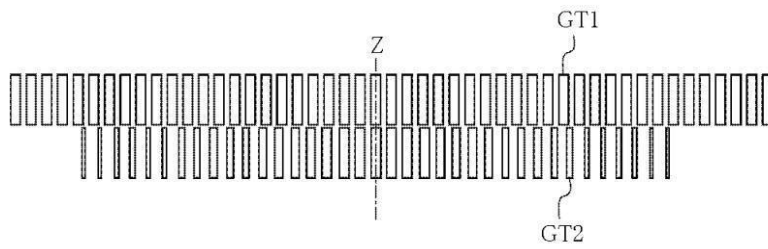
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-170153 (JP, A)
特開2001-317963 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D 5/26-5/38