

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4995016号
(P4995016)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 1 D 5/36

(2006.01)

G O 1 D 5/36

X

G O 1 D 5/38

(2006.01)

G O 1 D 5/38

B

G O 1 B 9/02

(2006.01)

G O 1 B 9/02

G O 1 B 11/00

(2006.01)

G O 1 B 11/00

G

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2007-240135 (P2007-240135)

(22) 出願日

平成19年9月14日 (2007.9.14)

(65) 公開番号

特開2009-69083 (P2009-69083A)

(43) 公開日

平成21年4月2日 (2009.4.2)

審査請求日

平成22年9月6日 (2010.9.6)

(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 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(74) 代理人 100104628

弁理士 水本 敦也

(72) 発明者 瀬尾 雄三

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 岡田 卓弥

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】絶対位置の計測装置及び計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、

前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、
を出力する出力手段と、

前記出力手段が前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力手段が前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算器と、

前記第一の期間に前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算器と、 10

前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算器で算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算器と、

前記減算器から出力された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算手段と、

前記位相差演算手段で求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出手段と、を有することを特徴とする絶対位置の計測装置。

【請求項 2】

被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、

前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第 20

一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれを重畠させた複数の重畠信号と、
を出力する出力手段と、

前記出力手段が前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を
算出し、前記出力手段が前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位
相を算出する位相演算器と、

前記第一の期間に前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出
する回帰演算器と、

前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算器
で算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算器と、

前記減算器から出力された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位
置を求める位相差演算手段と、

前記位相差演算手段で求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対
位置算出手段と、を有し、

前記回帰演算器は、前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相に、計測時刻か
 らの経過時間に応じた指數関数的重み係数を乗じて前記回帰係数を算出することを特徴と
 する絶対位置の計測装置。

【請求項 3】

前記出力手段にて検出された前記第一の信号及び前記重畠信号は、一つのアナログ／デジタル変換器に入力され、

前記第一の信号は、常時、前記アナログ／デジタル変換器に入力され、
 前記重畠信号は、一定期間毎に、前記第一の信号に前記第二の信号を重畠することによ
 り前記アナログ／デジタル変換器に入力され、

前記アナログ／デジタル変換器は、前記第一の信号及び前記重畠信号を時間的に交互に
 処理し、

前記位相演算器に入力される前記第二の信号は、前記重畠信号から、前記回帰係数を用
 いて算出した第一の信号を減算することにより算出されることを特徴とする請求項 1 又は
 2 記載の絶対位置の計測装置。

【請求項 4】

前記絶対位置の計測装置は、前記第二の信号の振幅の大きさを検出する振幅検出手段を
 有し、

前記第一の信号の位相と前記第二の信号の位相との位相差、及び、前記第二の信号の振
 幅の大きさを利用して、前記被測定物の原点位置を求ることを特徴とする請求項 1 乃至
 3 のいずれか一に記載の絶対位置の計測装置。

【請求項 5】

前記位相差演算手段は、前記第一の信号と前記第二の信号の位相差を前記第一の信号の一
 周期の間で合計又は平均した値を、該第一の信号の周期毎に複数保持し、

前記合計又は平均した値のうち、隣接する周期での値の符号が反転したことを検出して
 被測定物の原点位置を求ることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一に記載の絶対
 位置の計測装置。

【請求項 6】

被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、

前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一
 の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれを重畠させた複数の重畠信号と、
 を出力する出力ステップと、

前記出力ステップにおいて前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号
 の位相を算出し、前記出力ステップにおいて前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に
 前記第二の信号の位相を算出する位相演算ステップと、

前記第一の期間に前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相の回帰係数
 を算出する回帰演算ステップと、

前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算ス

10

20

30

40

50

ステップで算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算ステップと、

前記減算ステップによって算出された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算ステップと、

前記位相差演算ステップで求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出ステップと、を有することを特徴とする絶対位置の計測方法。

【請求項 7】

被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、

前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、10

を出力する出力ステップと、
前記出力ステップにおいて前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力ステップにおいて前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算ステップと、

前記第一の期間に前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算ステップと、

前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算ステップで算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算ステップと、

前記減算ステップによって算出された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算ステップと、

前記位相差演算ステップで求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出ステップとを有し、20

前記回帰演算ステップは、前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相に、計測時刻からの経過時間に応じた指數関数的重み係数を乗じて前記回帰係数を算出することを特徴とする絶対位置の計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は絶対位置の計測装置に係り、特に、エンコーダやレーザ干渉計など、位置もしくは角度の変動に伴って位相が変化する信号を出力する絶対位置の計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

エンコーダは、一般的に、一定のピッチで光の透過部と遮光部が設けられたスケールを透過する光量を計測するものである。また、レーザ干渉計は、一般的に、レーザ光線を二つの光束に分岐し、一方は可動部に設けられた鏡にて反射させ、他方は固定部に設けられた鏡にて反射させ、これらの干渉光の強度を計測するものである。30

【0003】

エンコーダ及びレーザ干渉計のいずれの装置においても、被測定物の位置もしくは角度の変動に従い、正弦波状の出力信号の位相が変化する。これらには、正弦波関数及び余弦波関数で近似される、位相が互いに 90° 異なる二相信号を出力する計測装置や、位相が 120° 每に異なる三相信号を出力する計測装置などが知られている。このように、エンコーダ及びレーザ干渉計は、一般的に、位相が異なる複数の信号を出力する。40

【0004】

また、エンコーダ及びレーザ干渉計に用いられる信号処理装置は、位相が異なる複数の出力信号に対して、例えばアークタンジェント演算などの処理を施すことにより、出力信号の位相を求める。このような演算処理により、被測定物の微細な位置情報を得て、出力信号の波数を求め、粗い位置信号を得る。

【0005】

エンコーダやレーザ干渉計などの計測装置では、被測定物の粗い位置もしくは角度は、信号の波数を求ることにより計測される。しかしながら、いずれの点が原点であるか、すなわち絶対的な位置もしくは角度は、一般的なエンコーダやレーダ干渉計の出力信号50

からだけでは求めることができない。

【0006】

このため、エンコーダでは、一般的に、原点信号を出力する手段が別途設けられている。特に、スケールピッチの狭いエンコーダにおいては、狭い範囲でのみ信号を出力する原点信号を形成することは困難である。

【0007】

また、レーザ干渉計においては、原点信号を得るため、リミットスイッチなどの他の手段を用いて粗々の原点を設定する手法が採られている。しかし、干渉信号の1周期に対応する狭い範囲で再現性の高い原点信号を出力することは、技術的に困難な課題であり、仮にそれができたところで、高価な装置となる。

10

【0008】

ところで、特開2007-33318号公報（特許文献1）には、原点計測可能なレーザ干渉計が開示されている。本文献では、波長と干渉性の異なる二つの光源を用いてレーザ干渉計が構成されている。また本文献には、干渉性の低い方の干渉信号が充分な強度を有し、かつ、双方の干渉信号の位相差がゼロとなった点を原点と判定するレーザ干渉計が開示されている。

【特許文献1】特開2007-33318号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

20

しかしながら、特許文献1に開示される方法で原点を計測する装置の場合、その装置の構成が極めて複雑になる。また、干渉性の低い光源から得られる干渉信号は、一般的に大きな歪みを有する。このため、干渉信号の位相差がゼロとなる点は一点に定まらない。したがって、この方式に基づいて絶対位置の計測装置を実際に構成することは困難である。

【0010】

本発明は、簡易な構成で信頼性の高い絶対位置の計測装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一側面としての絶対位置の計測装置は、被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、を出力する出力手段と、前記出力手段が前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力手段が前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算器と、前記第一の期間に前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算器と、前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算器で算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算器と、前記減算器から出力された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算手段と、前記位相差演算手段で求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出手段とを有する。

30

本発明の別の側面としての絶対位置の計測装置は、被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、を出力する出力手段と、前記出力手段が前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力手段が前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算器と、前記第一の期間に前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算器と、前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算器で算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算器と、前記減算器から出力さ

40

50

れた前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算手段と、前記位相差演算手段で求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出手段と、を有し、前記回帰演算器は、前記位相演算器で算出された前記第一の信号の位相に、計測時刻からの経過時間に応じた指数関数的重み係数を乗じて前記回帰係数を算出する。

本発明の更に別の側面としての絶対値の計測方法は、被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、を出力する出力ステップと、前記出力ステップにおいて前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力ステップにおいて前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算ステップと、前記第一の期間に前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算ステップと、前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算ステップで算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算ステップと、前記減算ステップによって算出された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算ステップと、前記位相差演算ステップで求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出ステップと、を有する。

本発明の更に別の側面としての絶対値の計測方法は、被測定物の位置に応じて位相が変化する複数の第一の信号と、前記複数の第一の信号のそれぞれに、前記被測定物の位置に応じて位相が変化し前記第一の信号とは周期が異なる複数の第二の信号のそれぞれを重畠させた複数の重畠信号と、を出力する出力ステップと、前記出力ステップにおいて前記複数の第一の信号を出力する第一の期間に前記第一の信号の位相を算出し、前記出力ステップにおいて前記複数の重畠信号を出力する第二の期間に前記第二の信号の位相を算出する位相演算ステップと、前記第一の期間に前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相の回帰係数を算出する回帰演算ステップと、前記回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と前記第二の期間に前記位相演算ステップで算出された第二の信号の位相との位相差を算出する減算ステップと、前記減算ステップによって算出された前記位相差の符号が反転する位置から前記被測定物の原点位置を求める位相差演算ステップと、前記位相差演算ステップで求めた前記原点位置から前記被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出ステップとを有し、前記回帰演算ステップは、前記位相演算ステップで算出された前記第一の信号の位相に、計測時刻からの経過時間に応じた指数関数的重み係数を乗じて前記回帰係数を算出する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、簡易な構成で信頼性の高い絶対位置の計測装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

本実施例における絶対位置の計測装置は、位置又は角度の変化に対応して位相が変化する二つの信号の組を用いる。それぞれの信号の組は、従来のエンコーダ又はレーザ干渉計と同様の二相信号、又は、三相信号からなる。二つの信号の組は、位置又は角度の変化に対する位相の変化速度すなわち周期がわずかに異なる。また、第二の信号は、被測定物の原点付近で振幅が大きく、原点から離れるに従い振幅が減少する。

【0015】

このような計測装置の基本的なハード構成部分は、公知の技術を用いて容易に構成される。例えば、光学式のエンコーダであれば、ピッチがわずかに異なる二つのスケールを用いることにより達成される。第二のスケールは、原点付近において正常な開口を有する

10

20

30

40

50

一方、原点から離れるに従い開口度又は幅を縮小することにより所望の信号が出力される。

【 0 0 1 6 】

レーザ干渉計においては、波長のわずかに異なる二つの光源を用い、第二の光源に干渉性の低い低可干渉性の光源を選択すればよい。

(エンコーダ 2 0 0 の構成)

本発明の計測装置の一例として用いられるエンコーダについて、図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、エンコーダの構成の概略図である。

【 0 0 1 7 】

エンコーダ 2 0 0 は、光学式のリニアエンコーダであり、直線的な機械変位量を測定するものである。エンコーダ 2 0 0 は、可動スケール 9 0 、固定スケール 1 2 0 、発光素子（発光ダイオード）1 4 0 - 1 、1 4 0 - 2 、及び、受光素子（フォトダイオード）1 5 0 からなる。10

【 0 0 1 8 】

可動スケール 9 0 は被測定物とともに直線的に移動可能に構成されている。一方、固定スケール 1 2 0 は固定されている。エンコーダ 2 0 0 は、発光素子 1 4 0 - 1 、1 4 0 - 2 と受光素子 1 5 0 の間に可動スケール 9 0 及び固定スケール 1 2 0 を配置した構成となっている。

【 0 0 1 9 】

可動スケール 9 0 には、移動した距離を計測するために、一定幅のスリット 1 0 0 が設けられている。また、可動スケール 9 0 には、被測定物の原点を計測するために、原点付近で幅が拡大するスリット 1 1 0 が設けられている。20

【 0 0 2 0 】

固定スケール 1 2 0 は、可動スケール 9 0 に対向して配置されており、同一ピッチの固定スリット 1 3 0 を有する。固定スケール 1 2 0 の右半分と左半分は、位相が 9 0 ° 異なる位置、すなわちスケールピッチの 1 / 4 だけ異なる位置に開口が設けられている。固定スケール 1 2 0 の裏面、すなわち可動スケール 9 0 が配置されている側の面とは反対の面には、受光素子 1 5 0 が設けられている。受光素子 1 5 0 は、固定スケールの右半分と左半分の位置に対応する、二つの受光部を有し、それぞれ A 相信号および B 相信号を出力する。30

【 0 0 2 1 】

可動スケール 9 0 の裏面、すなわち固定スケール 1 2 0 が配置されている側の面とは反対の面には、二つの発光素子 1 4 0 - 1 、1 4 0 - 2 が設けられている。被測定物の変位長さを計測するために、一定幅のスリット 1 0 0 の裏面に設けられた発光素子 1 4 0 - 1 は常時点灯する。一方、被測定物の原点を計測するために、原点付近で幅が拡大するスリット 1 1 0 の裏面に設けられた発光素子 1 4 0 - 2 は、原点計測時において点滅させて用いられる。

【 0 0 2 2 】

発光素子 1 4 0 - 1 、1 4 0 - 2 の光は、可動スケール 9 0 が移動することにより、透過又は遮断する。40

【 0 0 2 3 】

スリット 1 0 0 に基づく A 相、B 相の出力信号は、互いに位相が 9 0 ° 異なり、後述の第一の信号の組（ C 1 、 S 1 ）として扱われる。また、スリット 1 1 0 に基づく A' 相、B' 相の出力信号は、互いに位相が 9 0 ° 異なり、後述の第二の信号の組（ C 2 、 S 2 ）として扱われる。

【 0 0 2 4 】

受光素子の出力信号（ A 相、B 相）は、後述のように、図 1 に示される計測部により処理される。被測定物の原点位置では、固定スケール 1 2 0 に対向するスリット 1 1 0 の幅が最大の点で第二の信号（ C 2 、 S 2 ）の強度が最大となる。この結果、被測定物の原点を正確に計測することが可能になる。50

【0025】

なお、エンコーダ200には、受光素子の出力信号を処理するため、後述の位置計測部400が設けられている。

(レーザ干渉計300の構成)

次に、本発明の計測装置の一例として用いられるレーザ干渉計の構成について、図5を参照しながら説明する。図5(A)はレーザ干渉計の側面図、図5(B)はレーザ干渉計の正面図である。

【0026】

レーザ干渉計300には、高可干渉性のシングルモード半導体レーザLD(半導体レーザLD)として、レーザ波長 λ が安定な0.85μmの面発光(VCSEL)レーザが用いられる。また、低可干渉性のレーザSLDとして、スペクトル半値幅 $\Delta\lambda$ が約15nmで中心波長 λ' が約0.82μmのスーパーラミネッセントダイオードSLD(ダイオードSLD)が用いられる。

【0027】

半導体レーザLDからの光LDのパワースペクトルは0.85μmの輝線である。ダイオードSLDからの光SLDのパワースペクトルは中心波長0.82μmで半値幅が15nmのローレンツ型のパワースペクトルに近似したものである。光SLDの中心波長(0.82μm)からの波長ずれ $\Delta\lambda$ に対するパワースペクトル $S(\Delta\lambda)$ は次式による。

【0028】

$S(\Delta\lambda) = (\pi / 2)^2 / \{ 1 + (\Delta\lambda / 2)^2 \} \dots \quad \text{(1式)}$: $\Delta\lambda$ は半値幅を示し、ここでは15nmである。

【0029】

半導体レーザLDとダイオードSLDからの光束は、それぞれコリメータレンズCOL1、COL2によりコリメート光(平行光)になる。そして、ダイクロイックミラーDM1で同一光軸上に合波し、レンズLNS1にハーフミラーNBSを介し、レンズLNS2の焦点面の位置P1に集光照明する。

【0030】

半導体レーザLDとダイオードSLDのスペクトルは、上述のとおりとおりである。このため、ダイクロイックミラーDM1は波長0.84μm近傍に透過、反射特性の境界を持つことにより、これらの光束はダイクロイックミラーDM1で合波される。

【0031】

位置P1からの光束を、レンズLNS2より、光軸がわずかに斜めの平行光束を射出させ、偏光ビームスプリッタ(光分割手段)PBSにて偏光成分にて2光束に分離する。偏光ビームスプリッタPBSからの反射光(S偏光)を参照ミラー(参照面)M1に入射させ、偏光ビームスプリッタPBSからの透過光(P偏光)を被測定対象面としての測定(ミラー(測定面))M2に入射させる。

【0032】

そして、それぞれの反射光を、偏光ビームスプリッタPBSを介して合成し、レンズLNS2の焦点面の位置P2に集光照明し、その近傍に設けられた反射膜M0により、元の光路に戻す。位置P2からの反射光は、レンズLNS2より平行光束として射出させ、偏光ビームスプリッタPBSにて2光束に分離し、反射光(S偏光)で参照ミラーM1を照明し、透過光(P偏光)で被測定面(ミラー)M2を照明する。

【0033】

それぞれの反射光は、偏光ビームスプリッタPBSを介して、レンズLNS2の焦点面の位置P1を集光照明する。

【0034】

そこから光源側に光束を取り出す。(S偏光は、参照面M1とビームスプリッタPBSの間を2往復し、P偏光は、被測定面M2とビームスプリッタPBSの間を2往復する)。これらの光束は、非偏光ビームスプリッタ(ハーフミラー)NBSにより、受光系側に取り出し、1/4波長板QWPを透過させて、位相差の変化に応じて偏光方位回転する

10

20

30

40

50

直線偏光に変換する。

【 0 0 3 5 】

この光束を集光レンズ C O N、アパー チャー A P を介してビーム分割素子 G B S にて 3 光束に分割する。この 3 光束は、互いに 60° ずつ透過軸をずらして配置した偏光素子 アレイ 3 C H - P O L に入射する。偏光素子アレイ 3 C H - P O L を通過した光は、3 分割受光素子 P D A の受光部に入射する。これにより、被測定対象面（ミラー）M 2 の面外変位に基づく位相が 120 度ずつずれたそれぞれ 3 つの干渉信号 U V W が検出される。

【 0 0 3 6 】

レーザ干渉計 300 は、二つの光源からの干渉信号を用いている。しかし、干渉計本体及びアナログデジタル変換部は、双方の光源で共用される。このため、干渉計本体には第二の光源を導入する手段のみを設ければよい。したがって、原点検出機能の追加が低コストで実現され、調整などの手間もほとんど不要である。ただし、その一方で、信号処理装置 S P C において、これら二つの干渉信号を分離する手続きが必要となる。10

【 0 0 3 7 】

二つの干渉信号の分離は、（1）第二の光源を点滅させること、（2）第二の光源が点灯中の第一の光源による干渉信号を、第二の光源が消灯中の第一の光源による干渉信号の位相を時間回帰して予想すること、によって行われる。

【 0 0 3 8 】

第二の光源が点灯している期間には、第一の光源を消灯する手法もありえる。しかし、本実施例のように、光源に半導体レーザが用いられる場合、光源を点滅させると、温度が変化して波長安定性が悪化する。このため、通常の計測にも用いられる第一の光源（半導体レーザ L D）は常時点灯させ、第二の光源（ダイオード S L D）は点滅させることが好ましい。20

【 0 0 3 9 】

この場合、第一の光源（半導体レーザ L D）による信号が出力される期間と、双方の光源による信号が重畳されて出力される期間が存在することになる。このため、重畳信号から第一の光源（半導体レーザ L D）による信号分を減算して、第二の光源（ダイオード S L D）による信号を算出する必要がある。第一の光源による信号分は、第一の光源のみが点灯していたときの位相と、後述するように、位相と時間との間の回帰係数を用いて第一の光源による信号位相を求め、これに三角関数の演算処理を施すことによって予想される。30

【 0 0 4 0 】

レーザ干渉計 300 の演算手段 S P C には、後述の位置計測部 400 が設けられている。位置計測部 400 は、第一の光源（半導体レーザ L D）のみが点灯している第一の期間には、第一の光源による第一の干渉信号（C 1、S 1）の位相を計測する。第二の光源（ダイオード S L D）も点灯している第二の期間には、受光素子は、第一の干渉信号（C 1、S 1）と第二の光源による第二の干渉信号（C 2、S 2）とが重畳された重畳信号を検出する。位置計測部 400 は、第二の期間には、重畳信号から第一の干渉信号を差し引くことにより第二の干渉信号を得て、その第二の干渉信号の位相を計測する。40

【 0 0 4 1 】

原点は、第二の信号の振幅が充分に大きく、かつ、第一の信号の位相と第二の信号の位相の差の符号が反転するときの位置として検出される。

【 0 0 4 2 】

しかしながら、第一の信号の位相変化と第二の信号の位相変化が近い場合は、その差の精度は劣化し、位相差の符号の反転位置を再現性よく検出することは困難となる。一般に、演算処理により位相を算出する場合、信号に含まれる歪み成分、すなわち正弦波からの偏倚が誤差要因となる。このような誤差は、信号一周期毎に同じ誤差が繰り返される。このため、位相差を信号一周期にわたって平均すれば、信号歪みによる誤差を効率よく除去することができる。すなわち、信号一周期にわたる位相差の平均値を求め、この符号が反転する位置を被測定物の原点とすればよい。50

【 0 0 4 3 】

ところで、ここで参照しているのは平均値の符号である。しかし、平均値の符号は合計値の符号と同一である。したがって、信号一周期にわたる位相差の合計の符号の反転する位置を原点とすることで、同一の結果を得ることができる。このように構成することで、平均値を求めるための除算演算処理を省略することができる。

(位置計測部 400 の構成)

次に、絶対位置の計測装置における位置計測部 400 について、詳細に説明する。図 1 は、位置計測部のブロック図である。

【 0 0 4 4 】

図 1 における加算器 8 - 1、8 - 2 は、重畠信号を分かり易く示すために概念的に表示したものである。実際の測定装置においては、エンコーダ本体もしくは干渉計本体でこのような加算処理が行なわれている。10

【 0 0 4 5 】

エンコーダ 200 又はレーザ干渉計 300 の出力信号において、A 相はコサイン信号 C1、B 相はサイン信号 S1、A' 相はコサイン信号 C2、B' 相はサイン信号 S2 として表される。また、コサイン信号 C1 及びサイン信号 S1 は第一の信号の組 (C1, S1) として表される。同様に、コサイン信号 C2 及びサイン信号 S2 は第二の信号の組 (C2, S2) として表される。

【 0 0 4 6 】

15 - 1 は仮想的な第一の出力手段であり、上述のエンコーダ 200 又はレーザ干渉計 300 からの第一の信号の組 (C1, S1) を出力する。15 - 2 は仮想的な第二の出力手段であり、エンコーダ 200 又はレーザ干渉計 300 からの第二の信号の組 (C2, S2) を出力する。20

【 0 0 4 7 】

第一の信号の位相及び第二の信号の位相を求めるには、アナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ / デジタル変換器 1 - 1、1 - 2 が用いられる。しかし、アナログ / デジタル変換器は一般に高価である。このため、第一の信号及び第二の信号を同一のアナログ / デジタル変換器でデジタル化の処理を行うことが好ましい。これは、第一の信号の組 (C1, S1) と第二の信号の組 (C2, S2) を、時間的に交互に計測することで実現される。本実施例において、第一の信号の組 (C1, S1) が計測される期間を第一の期間と定義し、第二の信号の組 (C2, S2) の計測される期間を第二の期間と定義する。30

【 0 0 4 8 】

コサイン信号 C1 とコサイン信号 C2 は加算器 8 - 1 にて重畠されることにより、アナログ / デジタル変換器 1 - 1 に入力され、デジタル信号へ変換される。また、サイン信号 S1 とサイン信号 S2 は加算器 8 - 2 にて重畠されることにより、アナログ / デジタル変換器 1 - 2 に入力され、デジタル信号へ変換される。

【 0 0 4 9 】

ここで、第二の信号の組 (C2, S2) は、短い周期でオン / オフ制御される。本実施例では、オン / オフ制御の周期を 10 kHz に設定されている。ただし、特にこの周期に限定されるものではなく、他の周期でオン / オフ制御するものでもよい。また、第二の信号の組 (C2, S2) は、被測定物の原点位置に相当する基準点において振幅が最大となる。

【 0 0 5 0 】

なお、第一の信号の組 (C1, S1) は、通常の位置検出を行う際に用いられる信号である。一方、第二の信号の組 (C2, S2) は、被測定物の原点位置を検出する際に特別に用いられる信号である。

【 0 0 5 1 】

仮想的に表示されているアナログスイッチ 7 - 1、7 - 2 は、第一の信号の組 (C1, S1) に第二の信号の組 (C2, S2) を重畠させる場合には、導通状態（オン状態）4050

に制御される。この期間は第二の期間であり、第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）の重畠信号がアナログ／デジタル変換器1-1、1-2に入力される。一方、アナログスイッチ7-1、7-2は、第二の信号の組（C2、S2）の出力を遮断させる場合には、遮断状態（オフ状態）に制御される。この期間は第一の期間であり、第一の信号の組（C1、S1）のみがアナログ／デジタル変換器1-1、1-2に入力される。このように、第二の信号は、一定期間毎に、第一の信号に重畠されることによりアナログ／デジタル変換器1-1、1-2に入力される。

【0052】

上記のとおり、第二の信号の組（C2、S2）の出力のオン／オフ制御は、図1ではアナログスイッチ7-1、7-2を用いる形に表示している。実際には、アナログスイッチ7-1、7-2に代えて、例えば、出力信号の元となる光源をオン／オフ制御することで同様の効果が実現されている。10

なお、図1において、参照符号「*」は、第二の信号の組（C2、S2）の重畠の有無を示す選択信号を表している。この選択信号に基づいて、各部の動作は制御される。

【0053】

アナログスイッチ7-1、7-2が遮断状態で、第二の信号の組（C2、S2）の出力が遮断されている場合には、アナログ／デジタル変換器1-1、1-2には第一の信号の組（C1、S1）のみが入力される。このとき、アナログ／デジタル変換器1-1、1-2から出力される第一の信号の組（C1、S1）のデジタル信号は、そのまま位相演算器3に入力される。20

【0054】

一方、アナログスイッチ7-1、7-2が導通状態の場合、アナログ／デジタル変換器1-1、1-2には第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）の重畠信号が入力される。このため、アナログ／デジタル変換器1-1、1-2が出力するデジタル信号は、第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）の重畠信号を示す。

【0055】

ここで、後述のように、前回更新された第一の信号の組（C1、S1）の位相を用いて、第一の信号の組（C1、S1）の現在の値を予想する。第一の信号の組（C1、S1）の予想値は、予想器2-1、2-2にて算出される。30

【0056】

マルチプレクサ11-1、11-2は、第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）が重畠されている場合、予想器2-1、2-2の信号を選択して減算器9-1、9-2に出力する。一方、マルチプレクサ11-1、11-2は、第二の信号の組（C2、S2）の出力が遮断されている場合、ゼロ信号を選択して減算器9-1、9-2に出力する。

【0057】

第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）を重畠した重畠信号の値は、予想器2-1、2-2にて算出された第一の信号の組（C1、S1）の予想値を用いて、減算器9-1、9-2にて減算される。このような演算処理を行うことにより、第一の信号の組（C1、S1）及び第二の信号の組（C2、S2）が重畠されている期間には、位相演算器3に対して第二の信号の組（C2、S2）のデジタル信号が入力される。40

【0058】

以上のとおり、アナログスイッチ7-1、7-2が遮断状態で、第二の信号の組（C2、S2）の出力が遮断されている場合には、第一の信号の組（C1、S1）のデジタル信号が位相演算器3に入力される。一方、アナログスイッチ7-1、7-2が導通状態で、第二の信号の組（C2、S2）が重畠されている場合には、第二の信号の組（C2、S2）のデジタル信号が位相演算器3に入力される。位相演算器3は、第一の信号又は第二の信号の位相を算出する。50

【0059】

位相演算器3において算出された第一の信号の位相は、回帰演算器5に入力される。回帰演算器5は、位相演算器3で算出された第一の信号の位相に基づいて、第一の信号の位相の計測時刻に対する回帰係数を算出する。回帰係数は、計測値である第一の信号の位相に、計測時刻からの経過時間に応じた指數関数的重み係数を乗じて算出される。回帰演算器5にて算出された回帰係数は、予想器2-1、2-2に入力される。予想器2-1、2-2は、上述のとおり、第一の信号の組(C1、S1)及び第二の信号の組(C2、S2)が重畳されているときに、第一の信号の組(C1、S1)の現在の予想値を算出する。このように、重畳期間における第一の信号の位相は、第一の信号の回帰係数を用いて算出される。

10

【0060】

また、位相演算器3において算出された第一の信号の位相は、マルチプレクサ12を介して、内部レジスタ4に入力される。内部レジスタ4に入力された第一の信号の位相は、内部レジスタ4に保持される。第一の信号の位相は、位相演算器3により第一の信号の位相が算出されるたびに更新される。なお、内部レジスタ4は、第一の信号の位相情報を保持するのに必要なビット長より長いビット長を備えている。内部レジスタ4の上位ビットには、第一の信号の波数(周期)が保持される。

【0061】

第一の信号の組(C1、S1)が位相演算器3に入力されている場合には、減算器10において、位相演算器3の出力値から内部レジスタ4の保持値を減算する。減算した値は、内部レジスタ4の保持値に加算される。

20

【0062】

一方、第二の信号の組(C2、S2)が位相演算器3に入力されている場合には、加算器16を用いて、回帰演算器5から出力される変化速度(回帰係数)を内部レジスタ4の値に加算する。このとき、第一の信号の組(C1、S1)の位相及び波数情報は更新される。なお、内部レジスタ4への加算時には、内部レジスタ4のビット長に適合するよう符号拡張が行われる。

【0063】

重畳期間(第二の期間)において、位相演算器3から出力された第二の信号の組(C2、S2)の位相は、減算器10において、内部レジスタ4に保持又は更新された第一の信号の位相により減算される。この減算値は、第二の信号と第一の信号の位相差に相当する。すなわち、減算器10は、回帰係数を用いて算出された第一の信号の位相と第二の期間において位相演算器3で算出された第二の信号の位相との位相差を算出する。減算器10にて算出された位相差は、位相差加算処理装置6に入力される。以下、位相差加算処理装置6について詳細に説明する。

30

【0064】

図2は、位相差加算処理装置6のブロック図を示したものである。位相差加算処理装置6は、減算器10から出力された位相差の符号が反転する位置から被測定物の原点位置を求める位相差演算手段である。

【0065】

40

位相差加算処理装置6は、第一の信号の組(C1、S1)と第二の信号の組(C2、S2)とが重畳されている重畳期間にのみ動作する。

【0066】

第二の信号と第一の信号の位相差は、加算器20を介して五個の領域を有するシフトレジスタ6-1に保持され、シフトレジスタ6-1の略中央の領域において積算される。第一の信号の組(C1、S1)の位相を保持する内部レジスタ4の上位ビットには、第一の信号の組の波数(周期)が保持されている。

【0067】

内部レジスタ4に保持されている第一の信号の位相及び波数(周期)は、更新前に、レジスタ6-4に保持される。レジスタ6-4に保持された更新前の第一の信号の周期は

50

、比較器 6 - 5において、内部レジスタ 4に保持された更新後の第一の信号の周期と比較される。比較器 6 - 5での比較結果は、シフトレジスタ 6 - 1及びRSフリップフロップ 6 - 2へ伝達される。

【0068】

シフトレジスタ 6 - 1に保持された値は、第一の信号の組(C1, S1)の周期が正に変化した場合、下方へシフトされる。一方、シフトレジスタ 6 - 1に保持された値は、第一の信号の組の周期が負に変化した場合、上方へシフトされる。

【0069】

シフトレジスタ 6 - 1が下方にシフトされると、シフトレジスタ 6 - 1の最上部にゼロ値がシフトインされる。一方、シフトレジスタ 6 - 1が上方にシフトされると、シフトレジスタ 6 - 1の最下部にゼロ値がシフトインされる。10

【0070】

シフトレジスタ 6 - 1が最後に上方にシフトされたのか、又は、下方にシフトされたのかという情報は、RSフリップフロップ 6 - 2に入力され保持される。RSフリップフロップ 6 - 2が、シフトレジスタ 6 - 1が最後に上方にシフトされたことを示している場合には、シフトレジスタ 6 - 1の上方の二つの領域に保持された値の符号が比較される。一方、RSフリップフロップ 6 - 2が、シフトレジスタ 6 - 1が最後に下方にシフトされたことを示している場合には、シフトレジスタ 6 - 1の下方の二つの領域に保持された値の符号が比較される。20

【0071】

シフトレジスタ 6 - 1において、選択した二つの領域に保持された値の符号が異なる場合には、次のように判断される。

【0072】

シフトレジスタ 6 - 1の上方の二つの領域で比較された場合は、現在の積算位置より2周期上の位置に原点があることを意味する。また、シフトレジスタ 6 - 1の下方の二つの領域で比較された場合は、積算位置より一周期下の位置に原点があることを意味する。現在の信号の周期は、第一の信号位相を保持する内部レジスタ 4の上位拡張部分である上位ビットに保持されている。このため、内部レジスタ 4の上位ビットに2を加えた値又は1を減じた値を、マルチプレクサ 13及び加算器 117を介して、バイアスレジスタ 6 - 3に保持する。加算器 117は、位相差加算処理装置 6で求めた原点位置から被測定物の絶対位置を算出する絶対位置算出手段である。30

【0073】

バイアスレジスタ 6 - 3は、比較値の符号が異なる場合、論理回路 19 - 1、19 - 2、マルチプレクサ 18を介して入力された信号に基づいて、上記値を保持する。この値を減算器 17で内部レジスタ 4に保持された波数(周期)から減じた値が、被測定物の絶対位置を表すことになる。

【0074】

また、位相差加算処理装置 6は、位相演算器 3により算出された第一の信号と第二の信号の位相差を、第一の信号の一周期にわたって合計又は平均するように構成してもよい。この合計値又は平均値は、第一の信号の周期毎に複数保持される。そして、隣接する周期における蓄積値の符号が反転したことを検出することにより、被測定物の原点位置を求める。このような構成により、符号の反転位置を再現性よく検出することが可能になる。40

【0075】

次に、回帰演算器 5について詳細に説明する。回帰演算器 5は第一の信号の位相の回帰係数を算出するものである。回帰係数は、各計測値に計測時刻からの経過時間に対応した指數関数的重み係数を乗じて算出される。

【0076】

図 3は、回帰演算器 5の内部ブロック図を示したものである。図 3に示される構成は、一般にカルマンフィルタとして知られている。ここでは、その原理の説明を省略し、構成の一例のみを示す。回帰演算器 5のレジスタ群は、第一の信号の組(C1, S1)のみ50

が入力されているときに更新される。

【0077】

D P は、第一の信号の組 (C 1 、 S 1) の最新の位相と前回の位相との差である。 P D P は位相の差 D P を格納するためのレジスタである。レジスタ P D P は、所定の P ビットだけ右シフトして、位相の差 D P を格納する。

【0078】

レジスタ P D P の値からレジスタ F X の値を減算した値は、レジスタ Q に格納される。次に、レジスタ Q の値を P ビットだけ右シフトした値をレジスタ P Q に格納する。また、レジスタ Q の値からレジスタ P Q の値を減算した値がレジスタ F X に格納される。

【0079】

レジスタ P Q の値にレジスタ V X の値を加算した値は、レジスタ B に格納される。レジスタ B は第一の信号の組 (C 1 、 S 1) の位相の変化速度に対応する値である。第一の信号の組 (C 1 、 S 1) に第二の信号の組 (C 2 、 S 2) が重畠されているとき、第一の信号の組 (C 1 、 S 1) の位相を更新するために用いられる。

【0080】

レジスタ B の値を P ビットだけ右シフトした値は、レジスタ P B に格納される。次に、レジスタ B の値からレジスタ P B の内容を減算した値が、レジスタ V X に格納される。

【0081】

レジスタ F X の値からレジスタ V X の値を減算した値 C は、回帰演算における回帰式の定数項となる。この定数項は、計測された第一の信号の組 (C 1 、 S 1) の位相に含まれるノイズを除去する目的にも利用できる。

【0082】

被測定物の原点は、第一の信号と第二の信号の位相差に基づいて決定される。このため、第一の信号及び第二の信号の一方の信号の計測中に、他方の信号の位相を予想する必要がある。本実施例では、第一の信号の位相の計測時刻に対する回帰係数を算出し、第二の信号の位相の計測時刻における第一の信号の位相を、回帰係数を用いて算出する。このとき、回帰係数は各計測値に計測時刻からの経過時間に対応した指數関数的重み係数を乗じて算出される。

【0083】

従来の一般的な回帰演算は、数十ないし数百のデータの組を用い、これらのデータに等しい重みを与えて行われる。しかし、このような演算方法は多数の記憶領域が必要であり、演算も複雑である。

【0084】

これに対し、本実施例のように、経過時間に対応して指數関数的に減少する重み係数を乗じる回帰演算は、最新の積算値のみを記憶し、新しい値が得られる毎にこれを更新する。このため、記憶領域の量及び演算手段の負荷を大幅に減少することが可能である。

【0085】

第一の干渉信号と第二の干渉信号の位相差は、位置の変化に伴って概ね直線的に変化する。この周期は、第一の干渉信号の周期 1 で位置を表示するとき、 $1 / (1 - 2)$ となる。ここで、 2 は第二の干渉信号の周期である。

【0086】

第一の光源及び第二の光源の波長が極めて接近している場合は、位相差変動の周期は極めて長くなる。しかし、この場合は、位置の変化に対する位相差の変化が小さく、符号の反転する位置の検出に際してノイズや波形歪の影響を受け易くなる。一方、双方の光源の波長差が大きい場合は、位置の変化に対する位相差の変化が大きく、符号の反転する位置の検出は容易となる。ただし、位相差変動の周期が短くなり、第二の光源が干渉信号を出力する位置範囲内において、位相差がゼロとなる点が複数存在するようになる。

【0087】

ところで、本実施例の計測装置では、第二の信号の組 (C 2 、 S 2) は、被測定物の原点に相当する基準点において振幅が最大となる。このため、第二の信号の組 (C 2 、 S 2) は、被測定物の原点に相当する基準点において振幅が最大となる。

10

20

30

40

50

2) の振幅が所定値を超えた場合に被測定物の原点であることの条件にすることができる。このとき、本実施例の計測装置には、第二の信号の振幅の大きさ、すなわち振幅が所定値を超えているか否かを検出するための振幅検出手段が設けられる。計測装置は、第一の信号の位相と第二の信号の位相との位相差、及び、第二の信号の振幅の大きさを利用して、被測定物の原点位置を求めることができる。このように、第一の信号と第二の信号の位相差の条件とともに、第一の信号の振幅の大きさの条件を加えることにより、より信頼性の高い計測装置を提供することができる。

【0088】

以上詳細に説明したように、本発明の絶対位置の計測装置によれば、簡素なハードウェア構成で、正確な被測定物の原点計測が可能となる。このため、安価で高精度の絶対位置の計測装置を提供することができる。10

【0089】

また、位置計測部（論理演算部）はLSI化が容易である。このため、速度が要求されない計測装置の場合には、マイクロプロセッサ又はDSPを用いてソフトウェアにより実現することも可能である。このような構成を採用する場合には、さらに安価で高精度な計測装置を構成することができる。

【0090】

以上のとおり、本発明を実施例に基づいて具体的に説明した。ただし、本発明は上記実施例にて説明した具体的構成に限定されるものではなく、技術思想の同一性の範囲内で適宜変更が可能である。20

【図面の簡単な説明】

【0091】

【図1】本発明における位置計測部のブロック図である。

【図2】本発明における位相差加算処理装置のブロック図である。

【図3】本発明における回帰演算器のブロック図である。

【図4】本発明に適用されるエンコーダの概略図である。

【図5】(A) 本発明に適用されるレーザ干渉計の側面図、(B) レーザ干渉計の正面図である。

【符号の説明】

【0092】

1 - 1、1 - 2 アナログ／デジタル変換器

2 - 1、2 - 2 予想器

3 位相演算器

4 内部レジスタ

5 回帰演算器

6 位相差加算処理装置

6 - 1 シフトレジスタ

6 - 2 RSフリップフロップ

6 - 3 バイアスレジスタ

15 - 1 第一の出力手段

15 - 2 第二の出力手段

200 エンコーダ

300 レーザ干渉計

400 位置計測部

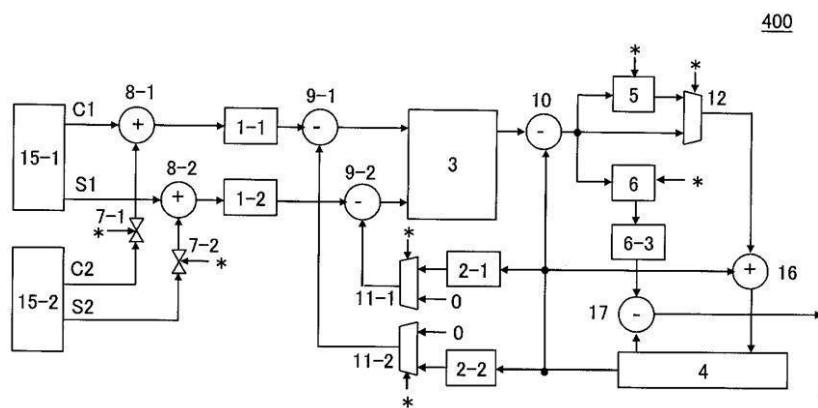
10

20

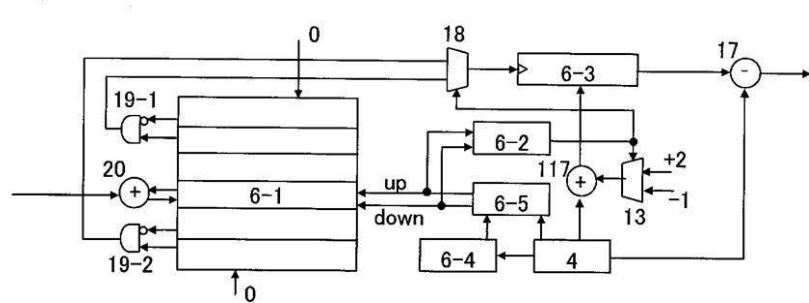
30

40

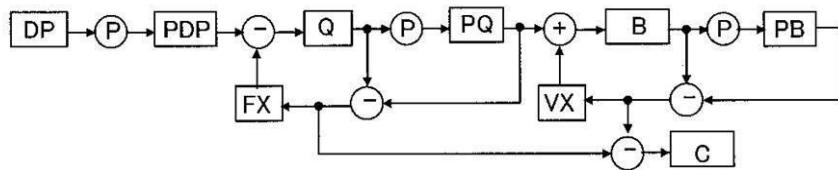
【図1】



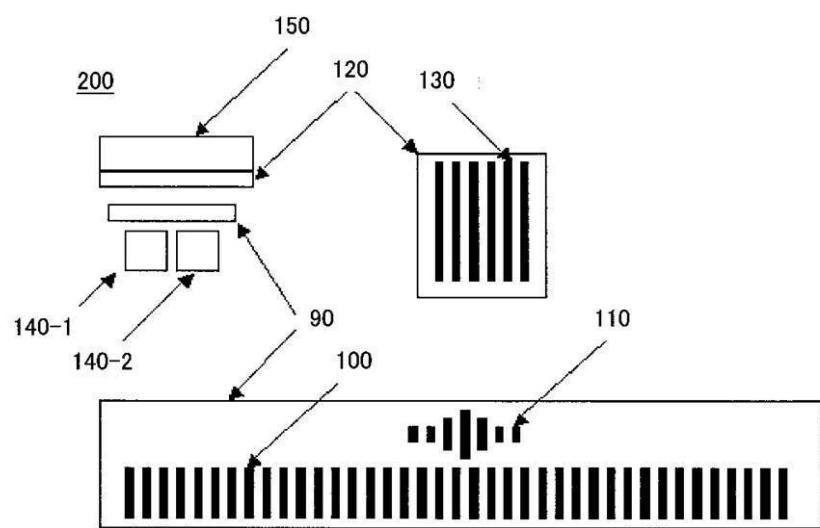
【図2】



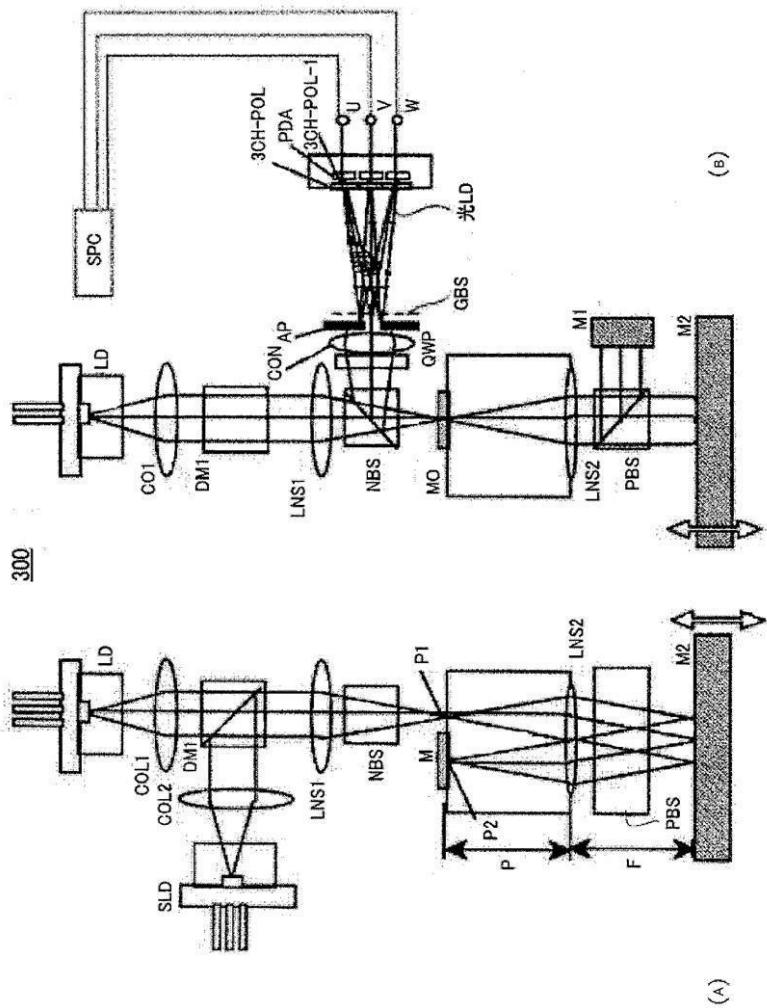
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-337368(JP,A)

特開平8-261795(JP,A)

特開平8-213300(JP,A)

特開平3-105225(JP,A)

特開昭60-315(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00 - 5/62

G01B 7/00 - 11/30