

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5562077号
(P5562077)

(45) 発行日 平成26年7月30日 (2014. 7. 30)

(24) 登録日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 D 5/36 (2006. 01)
 G O 1 D 5/38 (2006. 01)
 G O 1 B 9/02 (2006. 01)
 G O 1 B 11/00 (2006. 01)

G O 1 D 5/36 Q
 G O 1 D 5/38 B
 G O 1 B 9/02
 G O 1 B 11/00 G

請求項の数 22 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-52652 (P2010-52652)
 (22) 出願日 平成22年3月10日 (2010. 3. 10)
 (65) 公開番号 特開2011-185810 (P2011-185810A)
 (43) 公開日 平成23年9月22日 (2011. 9. 22)
 審査請求日 平成25年3月8日 (2013. 3. 8)

(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 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 岡田 卓弥

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学式エンコーダ、エンコーダ、干渉計測装置、計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動可能な格子スケールと、

光束を照射された前記格子スケールからの反射光または透過光を受光して、互いに位相が異なるN相信号 (Nは6以上の整数) を生成する受光素子アレイと、

前記受光素子アレイで生成されたN相信号に対して、互いに異なるM組 (Mは2以上の整数) の係数群のそれぞれに関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに関して求めてM相信号を生成する生成手段と、を有し、

前記M組の係数群は、

$$G1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$GN(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

(但し、k = 1、2、...、M)

で表されることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 2】

前記M相信号を用いて内挿処理を行う内挿手段を有する、ことを特徴とする請求項1に記載の光学式エンコーダ。

【請求項 3】

前記受光素子アレイ中の $N - 1$ 個置きの 2 つの受光素子は、受光される光の強度分布の 1 周期分だけ離れており、前記 N 相信号のそれぞれは、前記受光素子アレイ中の $N - 1$ 個置きの複数の受光素子により生成される、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学式エンコード。

【請求項 4】

前記受光素子アレイは、前記格子スケールからの光の干渉により得られた光を受光する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の光学式エンコード。

【請求項 5】

前記生成手段は、増幅器またはデジタル処理回路を含む、ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項に記載の光学式エンコード。

【請求項 6】

格子スケールと、

前記格子スケールからの信号を検出して、互いに位相が異なる N 相信号 (N は 6 以上の整数) を生成する検出素子アレイと、

前記検出素子アレイで生成された N 相信号に対して、互いに異なる M 組 (M は 3 以上の整数) の係数群のそれぞれに関して N 個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該 M 組のそれぞれに関して求めて M 相信号を生成する生成手段と、を有することを特徴とするエンコード。

【請求項 7】

前記 M 組の係数群は、

$$G_1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$G_N(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

(但し、 $k = 1, 2, \dots, M$)

で表されることを特徴とする請求項 6 に記載のエンコード。

【請求項 8】

前記 M 相信号を用いて内挿処理を行う内挿手段を有する、ことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のエンコード。

【請求項 9】

前記検出素子アレイ中の $N - 1$ 個置きの 2 つの検出素子は、検出される信号の強度分布の 1 周期分だけ離れており、前記 N 相信号のそれぞれは、前記検出素子アレイ中の $N - 1$ 個置きの複数の検出素子により生成される、ことを特徴とする請求項 6 乃至 8 のうちいずれか 1 項に記載のエンコード。

【請求項 10】

前記検出素子アレイは、前記格子スケールからの光を検出する、ことを特徴とする請求項 6 乃至 9 のうちいずれか 1 項に記載のエンコード。

【請求項 11】

前記検出素子アレイは、前記格子スケールからの光の干渉により得られた光を検出する、ことを特徴とする請求項 10 に記載のエンコード。

【請求項 12】

格子スケールと、

前記格子スケールからの信号を検出して、互いに位相が異なる N 相信号 (N は 6 以上の整数) を生成する検出素子アレイと、

前記検出素子アレイで生成された N 相信号に対して、互いに異なる M 組 (M は 2 以上の整数) の係数群のそれぞれに関して N 個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該 M 組のそれぞれに関して求めて M 相信号を生成する生成手段と、を有し、

前記 M 組の係数群は、

$$G_1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} G_2(k) &= \{ 1 + \sin(2/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2 \\ G_3(k) &= \{ 1 + \sin(3/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2 \end{aligned}$$

...

$$G_N(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

(但し、 $k = 1, 2, \dots, M$)

で表されることを特徴とするエンコード。

【請求項 13】

前記生成手段は、増幅器またはデジタル処理回路を含む、ことを特徴とする請求項 6 乃至 12 のうちいずれか 1 項に記載のエンコード。

【請求項 14】

移動可能な面からの光を他の光と干渉させて得られた光を受光して、互いに位相が異なる N 相信号 (N は 6 以上の整数) を生成する受光素子アレイと、

前記受光素子アレイで生成された N 相信号に対して、互いに異なる M 組 (M は 2 以上の整数) の係数群のそれぞれに関して N 個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該 M 組のそれぞれに関して求めて M 相信号を生成する生成手段と、を有し、

前記 M 組の係数群は、

$$G_1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$G_N(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

(但し、 $k = 1, 2, \dots, M$)

で表されることを特徴とする干渉計測装置。

【請求項 15】

移動可能な面からの光を他の光と干渉させて得られた光を受光して、互いに位相が異なる N 相信号 (N は 6 以上の整数) を生成する受光素子アレイと、

前記受光素子アレイで生成された N 相信号に対して、互いに異なる M 組 (M は 3 以上の整数) の係数群のそれぞれに関して N 個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該 M 組のそれぞれに関して求めて M 相信号を生成する生成手段と、を有することを特徴とする干渉計測装置。

【請求項 16】

前記 M 組の係数群は、

$$G_1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$G_N(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2 + x(k-1)/M) \} / 2$$

(但し、 $k = 1, 2, \dots, M$)

で表されることを特徴とする請求項 15 に記載の干渉計測装置。

【請求項 17】

前記 M 相信号を用いて内挿処理を行う内挿手段を有する、ことを特徴とする請求項 15 または 16 に記載の干渉計測装置。

【請求項 18】

前記生成手段は、増幅器またはデジタル処理回路を含む、ことを特徴とする請求項 14 乃至 17 のうちいずれか 1 項に記載の干渉計測装置。

【請求項 19】

変位または位置を計測する計測方法であって、

検出素子アレイを用いて格子スケールからの信号を検出して、互いに位相が異なる N 相信号 (N は 6 以上の整数) を生成し、

前記 N 相信号に対して、互いに異なる M 組 (M は 3 以上の整数) の係数群のそれぞれに

10

20

30

40

50

関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに
関して求めてM相信号を生成する、ことを特徴とする計測方法。

【請求項20】

変位または位置を計測する計測方法であって、

検出素子アレイを用いて格子スケールからの信号を検出して、互いに位相が異なるN相
信号（Nは6以上の整数）を生成し、

前記N相信号に対して、互いに異なるM組（Mは2以上の整数）の係数群のそれぞれに
関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに
関して求めてM相信号を生成し、

前記M組の係数群は、

$$G1(k) = \{1 + \sin(1/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

$$G2(k) = \{1 + \sin(2/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

$$G3(k) = \{1 + \sin(3/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

...

$$GN(k) = \{1 + \sin(N/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

（但し、 $k = 1, 2, \dots, M$ ）

で表されることを特徴とする計測方法。

10

【請求項21】

変位または位置を計測する計測方法であって、

移動可能な面からの光を他の光と干渉させて得られた光を受光して、互いに位相が異な
るN相信号（Nは6以上の整数）を生成し、

前記N相信号に対して、互いに異なるM組（Mは3以上の整数）の係数群のそれぞれに
関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに
関して求めてM相信号を生成する、ことを特徴とする計測方法。

20

【請求項22】

変位または位置を計測する計測方法であって、

移動可能な面からの光を他の光と干渉させて得られた光を受光して、互いに位相が異な
るN相信号（Nは6以上の整数）を生成し、

前記N相信号に対して、互いに異なるM組（Mは2以上の整数）の係数群のそれぞれに
関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに
関して求めてM相信号を生成し、

30

前記M組の係数群は、

$$G1(k) = \{1 + \sin(1/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

$$G2(k) = \{1 + \sin(2/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

$$G3(k) = \{1 + \sin(3/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

...

$$GN(k) = \{1 + \sin(N/N \times 2\pi + x(k-1)/M)\} / 2$$

（但し、 $k = 1, 2, \dots, M$ ）

で表されることを特徴とする計測方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学式エンコーダおよび干渉計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、移動可能な透過スリットに対して光源から光束が照射され、この光束
が透過スリットに周期的に遮断され受光素子アレイに入射する光学式エンコーダが開示さ
れている。受光素子アレイ上ではスリットの周期にて明暗分布が生じているが、スリット
の回折の影響により、三角波状や台形状の高調波成分が含まれた複雑な波形になっている
。

50

【 0 0 0 3 】

このような高調波成分が含まれた複雑な波形の明暗分布光を4相の受光素子で検出してA、B相の差動信号に変換し、オシロスコープ等でリサージュ波形を観測すると、円形ではない波形が得られる。特に、3次の高調波成分の量および位相によって、リサージュ波形は台形状や三角波状になる。エンコーダの周期信号は、2相の正弦波および余弦波信号（A、B相信号）であるとしてA、B相信号のアーктンジェントを演算するために用いられる。しかしリサージュ波形が円形でない場合（A、B相信号に歪みが多い場合）、計測誤差が発生する。

【 0 0 0 4 】

特許文献2では、発光部の形状をマスクにて補正し、受光素子アレイ上に照明される明暗分布の波形を正弦波に近づける構成が開示されている。しかしこの明暗分布の状態は、光源の発光部のサイズや形状以外にも、波長の広がり、光源からの光束の照明方法、スリットのエッジの状態、スリットと受光素子の間の距離などのパラメータで変動する。このため、特にスリットと受光素子の間の距離の状態が変動する環境下において、安定した補正が困難であった。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献1 】 特開 2 0 0 5 - 2 0 7 8 2 2 号 公 報

【 特許文献2 】 特開平 0 3 - 1 2 8 4 1 8 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

このようにエンコーダ信号や干渉計測装置には、振幅、オフセット、位相、高調波歪の誤差が含まれるため、高精度計測するためには信号補正が必要である。特にスリット透過型エンコーダや干渉縞投影型エンコーダの場合には、スケールと受光素子の間の間隔変動により高調波歪成分が大きく変動する。このため、内挿による高精度計測が困難であった。また、正弦波信号に内在する高調波歪を除去する技術をマイケルソン干渉測長装置の分野でも要望されていた。

【 0 0 0 7 】

そこで本発明は、高精度な光学式エンコーダ、エンコーダ、干渉計測装置、計測方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一側面としての光学式エンコーダは、移動可能な格子スケールと、光束を照射された前記格子スケールからの反射光または透過光を受光して、互いに位相が異なるN相信号（Nは6以上の整数）を生成する受光素子アレイと、前記受光素子アレイで生成されたN相信号に対して、互いに異なるM組（Mは2以上の整数）の係数群のそれぞれに関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに関して求めてM相信号を生成する生成手段と、を有し、前記M組の係数群は、

$$G_1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

$$G_3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$G_N(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + \pi(k-1)/M) \} / 2$$

（但し、k = 1、2、...、M）

で表されることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の他の側面としての干渉計測装置は、移動可能な面からの光を他の光と干渉させて得られた光を受光して、互いに位相が異なるN相信号（Nは6以上の整数）を生成する

受光素子アレイと、前記受光素子アレイで生成されたN相信号に対して、互いに異なるM組（Mは2以上の整数）の係数群のそれぞれに関してN個の係数をそれぞれ乗算し、該乗算して得られた値の総和を該M組のそれぞれに関して求めてM相信号を生成する生成手段と、を有し、前記M組の係数群は、

$$G1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + x(k-1)/M) \} / 2$$

$$G3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + x(k-1)/M) \} / 2$$

...

$$GN(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + x(k-1)/M) \} / 2$$

（但し、 $k = 1, 2, \dots, M$ ）

で表されることを特徴とする。

【0010】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、高精度な光学式エンコーダ、エンコーダ、干渉計測装置、計測方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態における光学式エンコーダの概略構成図である。

【図2】第1実施形態における受光素子アレイの波形図である。

【図3】第1実施形態における波形図である。

【図4】第2実施形態における光学式エンコーダの概略構成図である。

【図5】第3実施形態における光学式エンコーダの概略構成図である。

【図6】第3実施形態における波形図である。

【図7】第4実施形態における光学式エンコーダの概略構成図である。

【図8】第5実施形態における回折干渉型エンコーダの構成図である。

【発明を実施するための形態】

【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。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。

【0014】

〔第1実施形態〕

まず本発明の第1実施形態における光学式エンコーダについて説明する。図1は、本実施形態における光学式エンコーダ10（透過スリット型エンコーダ）の概略構成図である。図1に示されるように、本実施形態の光学式エンコーダ10では、点光源LEDから射出した発散光束がコリメータレンズLNSにて平行光に変換され、この平行光は移動可能な透過スリットを備えたスケールSCL（格子スケール）を照明する。そして、スケールSCLを透過した透過光が受光素子アレイPDA（複数の受光素子）により受光される。受光素子アレイPDAは、各受光素子の出力をN個（Nは6以上の整数。本実施形態ではN=12）ごとに集電する受光素子アレイであり、受光素子アレイPDAの1周期分が明暗分布光の1周期分に対応している。

【0015】

本実施形態において、受光素子アレイPDAは、（正弦波状でない）明暗1周期の（正弦波状ではない）透過光に対してN（本実施形態ではN=12）個の受光素子に分割されている。また、受光素子アレイPDAの各受光素子から出力される周期信号の位相が $360^\circ/N$ （図1では 30° ）ずつ相違するように構成されている。なお、図1では明暗3周期分の透過光を受光素子アレイPDAで受光しているが、本実施形態はこれに限定されるものではなく、2周期分または4周期分以上の透過光を受光するように構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

図2は受光素子アレイPDAの波形図である。図2(a)は受光素子アレイPDAの出力波形図(12相の出力波形)、(b)は受光素子アレイPDAの12相の出力波形のうち4相の出力波形のみを用いて生成したリサージュ波形図である。このように、受光素子アレイPDAの出力波形は厳密には正弦波状ではない。このため、従来のように4相の出力波形のみを用いて生成されたリサージュ波形は厳密には円形状にはならない。

【 0 0 1 7 】

そこで本実施形態の増幅器AMPは、受光素子アレイPDAから得られたN相(Nは6以上の整数。本実施形態ではN=12)の周期信号に対して、位相が互いに異なる第一の係数群(第一の増幅率群)を乗算する(第一の増幅率群で増幅する)。そして増幅器AMPは、第一の係数群を乗算して得られた値の総和から第1相(A相)の正弦波状周期信号を生成する。本実施形態において、N相の周期信号に対する第一の係数群は、例えば以下のように表される。

【 0 0 1 8 】

$$G1(1) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi) \} / 2$$

$$G2(1) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi) \} / 2$$

$$G3(1) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi) \} / 2$$

...

$$GN(1) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi) \} / 2$$

同様に、増幅器AMPは、N相の周期信号を、位相が互いに異なる第二の係数群(第二の増幅率群)を乗算する(第二の増幅率群で増幅する)。そして増幅器AMPは、第二の係数群を乗算して得られた値の総和から第2相(B相)の正弦波状周期信号を生成する。本実施例において、N相の周期信号に対する第二の係数群は、例えば以下のように表される。

【 0 0 1 9 】

$$G1(2) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + \pi/2) \} / 2$$

$$G2(2) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + \pi/2) \} / 2$$

$$G3(2) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + \pi/2) \} / 2$$

...

$$GN(2) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + \pi/2) \} / 2$$

図3は本実施形態における波形図であり、(a)はA相、B相信号波形図、(b)はA相、B相信号から生成されたリサージュ波形図である。このように、増幅器AMPの出力波形は正弦波状(実質的な正弦波状)であり、増幅器AMPの出力波形に基づいて生成されたリサージュ波形は円形状(実質的な円形状)となる。

【 0 0 2 0 】

本実施形態では、A相信号およびB相信号からなる2相信号を利用するが、これに限定されるものではなく、3相以上の信号を利用してもよい。M相信号(Mは2以上の整数)を利用する場合には、M組の係数群(第kの係数群)は、例えば以下のような一般式で表すことができる。

【 0 0 2 1 】

$$G1(k) = \{ 1 + \sin(1/N \times 2\pi + 2\pi \times (k-1)/M) \} / 2$$

$$G2(k) = \{ 1 + \sin(2/N \times 2\pi + 2\pi \times (k-1)/M) \} / 2$$

$$G3(k) = \{ 1 + \sin(3/N \times 2\pi + 2\pi \times (k-1)/M) \} / 2$$

...

$$GN(k) = \{ 1 + \sin(N/N \times 2\pi + 2\pi \times (k-1)/M) \} / 2$$

(但し、k=1、2、...、M)

このとき、増幅器AMPは、N相の周期信号に対して、位相が互いに異なるM組の係数群(第kの係数群)を乗算する(第kの増幅率群で増幅する)。そして増幅器AMPは、M組の係数群(第kの係数群)を乗算して得られた値の総和からM相(第k相)の正弦波状周期信号を生成する。

【 0 0 2 2 】

なお本実施形態において、受光素子の感度バラツキや光学系に起因する光量ムラを考慮し、必要に応じて上記係数群の値を変更してもよい。また光学式エンコーダ 10 は、更に、M 相の正弦波状周期信号を用いて電気内挿処理を行う内挿手段を備えてもよい。

【 0 0 2 3 】

〔 第 2 実施形態 〕

次に、本発明の第 2 実施形態における光学式エンコーダについて説明する。図 4 は、本実施形態における光学式エンコーダ 20（反射スリット型エンコーダ）の概略構成図であり、（a）は正面図、図 4（b）は底面図である。図 4 に示されるように、本実施形態の光学式エンコーダ 20 は、点光源 LED から射出した発散光束を、距離 d だけ離れた位置に配置された相対移動可能な反射スリットを有するスケール SCL（反射 / 非反射の周期を P1 とする）に斜めに照明する。そして、その反射光を拡大しながら受光素子アレイ PDA 上に 2 倍の明暗パターンを投影する。

【 0 0 2 4 】

本実施形態において、受光素子アレイ PDA は、（正弦波状ではない）明暗 1 周期（周期 P2）に対して 12 個の受光素子に分割され、各受光素子は、出力信号の位相が互いに 30° ずつ異なるように配置されている。なお、図 4 に示されるように明暗 2 周期分の反射光を受光素子アレイ PDA で受光すると、明暗信号の 0.5 次の歪成分を効果的に除去することができる。更に好ましくは、受光素子アレイ PDA は、偶数周期である 6 周期分または 12 周期分の反射光を受光するように構成される。受光素子アレイ PDA から出力される信号は、図 2（a）に示される波形と同様である。この出力信号（12 相の信号 CH01、CH02、CH03、...、CH12）は、それぞれ 2 組の増幅器 AMP により、第 1 実施形態と同様に、正弦波状または余弦波状の増幅率の重みをつけて加算され、A 相信号および B 相信号として出力される。

【 0 0 2 5 】

〔 第 3 実施形態 〕

次に、本発明の第 3 実施形態における光学式エンコーダについて説明する。図 5 は、本実施形態における光学式エンコーダ 30（透過スリット型エンコーダ）の概略構成図である。図 5 に示されるように、本実施形態の光学式エンコーダ 30 は、点光源 LED から射出した発散光束を、コリメータレンズ LNS にて平行光に変換し、相対移動可能な透過スリットを有するスケール SCL に照明し、その透過光を受光素子アレイ AMP にて受光する。

【 0 0 2 6 】

受光素子アレイ AMP は、（正弦波状ではない）明暗 1 周期の透過光に対して N 個（本実施形態では N = 6）の受光素子に分割され、各受光素子から出力される信号の位相が 360° / N（本実施形態では 360° / 6 = 60°）ずつ相違するように構成されている。なお、本実施形態では明暗 4 周期分の透過光を受光素子アレイ PDA で受光しているが、これに限定されるものではない。

【 0 0 2 7 】

図 6（a）は、受光素子アレイ PDA の出力波形図（6 相の出力波形）である。このように、受光素子アレイ PDA の出力波形は厳密には正弦波状ではない。そこで本実施形態の増幅器 AMP は、受光素子アレイ PDA から得られた N 相（本実施形態では N = 6）の周期信号に対して、位相が互いに異なる第一の係数群（第一の増幅率群）を乗算する（第一の増幅率群で増幅する）。そして増幅器 AMP は、第一の係数群を乗算して得られた値の総和から第 1 相（A 相）の正弦波状周期信号を生成する。本実施形態において、N 相の周期信号に対する第一の係数群は、例えば以下のように表される。

【 0 0 2 8 】

$$\begin{aligned} G1(1) &= \{ 1 + \sin(1/6 \times 2) \} / 2 \\ G2(1) &= \{ 1 + \sin(2/6 \times 2) \} / 2 \\ G3(1) &= \{ 1 + \sin(3/6 \times 2) \} / 2 \end{aligned}$$

...

$$G_6(1) = \{1 + \sin(6/6 \times 2)\} / 2$$

同様に、増幅器AMPは、N相の周期信号を、位相が互いに異なる第二の係数群（第二の増幅率群）を乗算する（第二の増幅率群で増幅する）。そして増幅器AMPは、第二の係数群を乗算して得られた値の総和から第2相（B相）の正弦波状周期信号を生成する。本実施例において、N相の周期信号に対する第二の係数群は、例えば以下のように表される。

【0029】

$$G_1(2) = \{1 + \sin(1/6 \times 2 + \quad) / 2\} / 2$$

$$G_2(2) = \{1 + \sin(2/6 \times 2 + \quad) / 2\} / 2$$

$$G_3(2) = \{1 + \sin(3/6 \times 2 + \quad) / 2\} / 2$$

...

$$G_6(2) = \{1 + \sin(6/6 \times 2 + \quad) / 2\} / 2$$

図6(b)は、A相、B相信号波形図であり、図6(c)はA相、B相信号から生成されたりサージュ波形図である。このように、増幅器AMPの出力波形は正弦波状（実質的な正弦波状）であり、増幅器AMPの出力波形に基づいて生成されたりサージュ波形は円形状（実質的な円形状）となる。なお本実施形態では、A相信号およびB相信号からなる2相信号を利用するが、これに限定されるものではなく、第1実施形態で説明したように3相以上の信号を利用してもよい。

【0030】

〔第4実施形態〕

次に、本発明の第4実施形態における光学式エンコーダについて説明する。図7は、本実施形態における光学式エンコーダ40（干渉縞投影型エンコーダ）の概略構成図である。なお本光学系の原理は、特開平08-226804号公報に開示されている。本光学系は、凹凸格子を有するスケールを透過した光束が特定の空間にて凹凸格子のピッチの半分のピッチの明暗パターンを発生させ、それを受光素子アレイで検出する方式を採用する。

【0031】

そこで本実施形態の光学式エンコーダ40は、1/2ピッチ明暗パターンに6相の受光素子アレイPDAを6組配置し、その6組の受光素子PDAの出力信号を加算する。6相の信号ch1、ch2、ch3、...、ch6は、前述の実施形態と同様な手法で、それぞれ2組の増幅器AMPにより正弦波状または余弦波状のゲイン（増幅率）の重みをつけて加算され、A相信号およびB相信号として出力される。凹凸格子による1/2明暗投影パターンは歪が多いため、本実施形態の構成は特に有効である。また本実施形態は、凹凸格子以外でも、ツールボット干渉縞投影方式のエンコーダやその変形の明暗パターンを受光素子アレイに投影する方式を採用するエンコーダ光学系にも広く適用可能である。

【0032】

〔第5実施形態〕

次に、本発明の第5実施形態における光学式エンコーダについて説明する。図8は本実施形態における光学式エンコーダ50（回折干渉型エンコーダ）の構成図であり、(a)は光学式エンコーダ50の全体構成図、(b)は受光素子アレイAMPの詳細および信号の重み付け加算の説明図である。光学式エンコーダ50は、スケール回折格子で発生した±1次回折光を光学手段にて干渉させ、所謂ワンカラー（またはモノカラー）の一樣な干渉光を実現する際に偏光差を付与することで、2相または4相の位相差信号光を生成する。そして、生成された位相差信号光を2相または4相の受光素子アレイAMPで受光する。

レーザ光源LDから射出した発散光束（0度方位の直線偏光光束）はコリメータレンズCOLにて平行光束にされ、第一の回折格子GT1（格子ピッチ=P1）にて2光束に分割される。分割された光束は、それぞれ（45°および-45°方位に透過軸を設定した）偏光板POL1またはPOL2を透過し、第二の回折格子GT21またはGT22（格子ピッチ=P2）にて偏向される。そして、相対移動するスケールSCL上の回折格子G

10

20

30

40

50

T 3 (格子ピッチ = P 3) に照明され、 ± 1 次回折光が同軸に合成され、若干光源側と異なる方位に射出される。なお同軸に合成された光束は、互いに直線偏光軸を 90° ずらされていたため、 $1/4$ 波長板 QWP を透過すると互いに逆向きに偏光面が回転する円偏光同士となっていて、ベクトル合成することで、単一の直線偏光光束に変換されている。そしてこの単一の直線偏光光束は、相対移動スケール上の回折格子 GT 3 が 1 ピッチ移動する間に、直線偏光面が半回転する性質になっている。

【0033】

受光素子アレイ PDA は、例えば幅 12 ミクロン、長さ 2000 ミクロンの短冊状の受光面を 15 ミクロン間隔で 660 本配列し、6 つ毎に共通の電極に接続してあり、6 チャンネルの光電流を出力するように構成されている。

10

【0034】

また、受光素子アレイ PDA の受光面の直前には、幅 12 ミクロン、長さ 2000 ミクロンの短冊状の領域に、ワイヤグリッド偏光素子等の偏光素子パターンを形成したものを 15 ミクロン間隔で 660 本配列している。また、6 つ毎にワイヤグリッド偏光板の格子方位を 0° 、 $+30^\circ$ 、 $+60^\circ$ 、 90° 、 120° 、 150° に変えて形成した 6 チャンネル偏光素子アレイ板が挿入され、前記受光素子アレイの短冊状の各領域と重なるように組み合わされている。本実施形態では、これらを「6CH 偏光受光ユニット 6PPDA」という。

【0035】

前述の格子干渉エンコーダ光学系より、スケールの移動に伴い偏光面の方位が変化する直線偏光光束を得て、6CH 偏光受光ユニット 6PPDA に入射させると、スケールが移動するとともに直線偏光の向きが回転するほぼ様な状態の直線偏光として照明される。このため、出力端子から 6 相の (歪が若干加わった) 正弦波信号が得られる。

20

【0036】

これらの 6 相の信号 $ch1$ 、 $ch2$ 、 $ch3$ 、...、 $ch6$ は、それぞれ 2 組の増幅器 AMP にて正弦波状または余弦波状のゲインの重みをつけて加算され、A 相信号および B 相信号として出力される。このような構成により、元の信号に混入された歪は除去される。なお、6 相信号は、受光素子アレイ PDA ではなく、受光素子を複数個配置することでも構成可能である。

【0037】

また、受光素子アレイ PDA は 6 相信号ではなく 8 相信号を出力するように構成することも可能である。この場合、受光素子アレイ PDA の直前の偏光素子アレイの隣同士の偏光透過軸が 22.5° ずつ異なるように構成し、8 ch 毎に電極に集電すればよい。これらの 8 相の信号 $ch1$ 、 $ch2$ 、 $ch3$ 、...、 $ch8$ は、それぞれ 2 組の増幅器 AMP にて正弦波状または余弦波状のゲインの重みをつけて加算され、A 相信号および B 相信号として出力される。格子干渉方式では、 0.5 次、2 次、4 次成分歪が出やすいため特に有効である。

30

【0038】

各実施形態の複数位相差信号検出、2 相合成のシステムを有するスリット透過 / 反射型エンコーダを構成することで、例えばスケールの姿勢が変化してギャップが変動しても正弦波信号の歪が生じない高精度なエンコーダが実現可能となる。また、レーザ干渉計や格子干渉型エンコーダに適用すれば、ミラーやスケールの姿勢変化による迷光の状態の変動による正弦波歪の変動による計測誤差の発生を防止でき、高精度な干渉計測装置を提供することができる。この場合、干渉計測装置は、移動可能な反射面または透過物体に照射した光束の反射光または透過光を他の光と干渉させて得られた干渉信号を光電変換して、互いに位相差が異なる N 相の周期信号を生成する受光素子アレイ PDA を備える。上記各実施形態によれば、高精度な光学式エンコーダおよび干渉計測装置を提供することができる。

40

【0039】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれ前述の実施形態に

50

限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。特に、正弦波状または余弦波状のゲインの重みをつけて加算する部分は、オペアンプではなく同様の機能をデジタル処理回路で実現してもよい。また本発明は、マイケルソンレーザ干渉測長装置や一般的な干渉光学装置における低歪な2相信号生成部にも適用可能である。

【符号の説明】

【0040】

10、20、30、40、50 光学式エンコーダ

SCL スケール

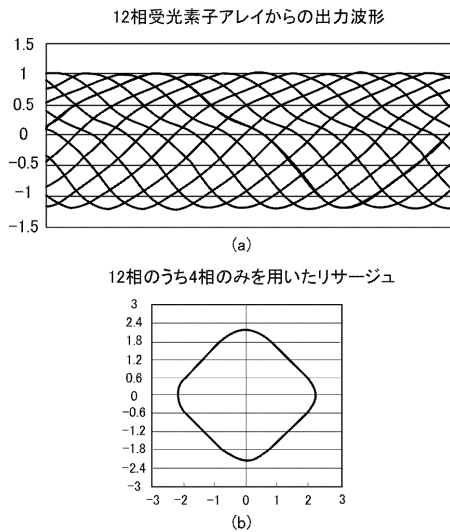
PDA 受光素子アレイ

AMP 増幅器

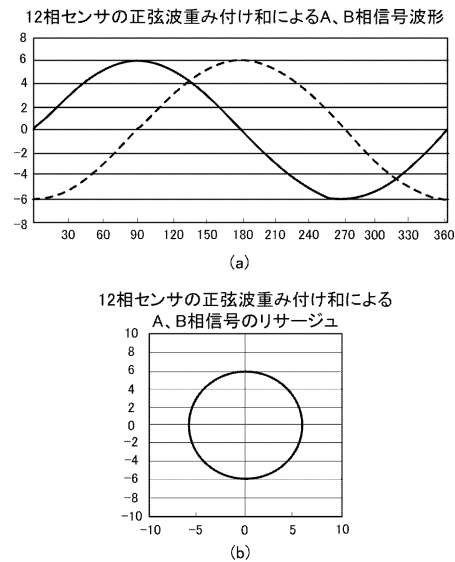
SCL スケール

10

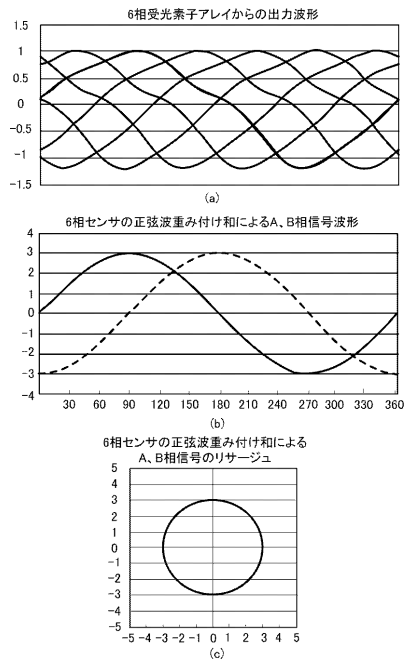
【図2】



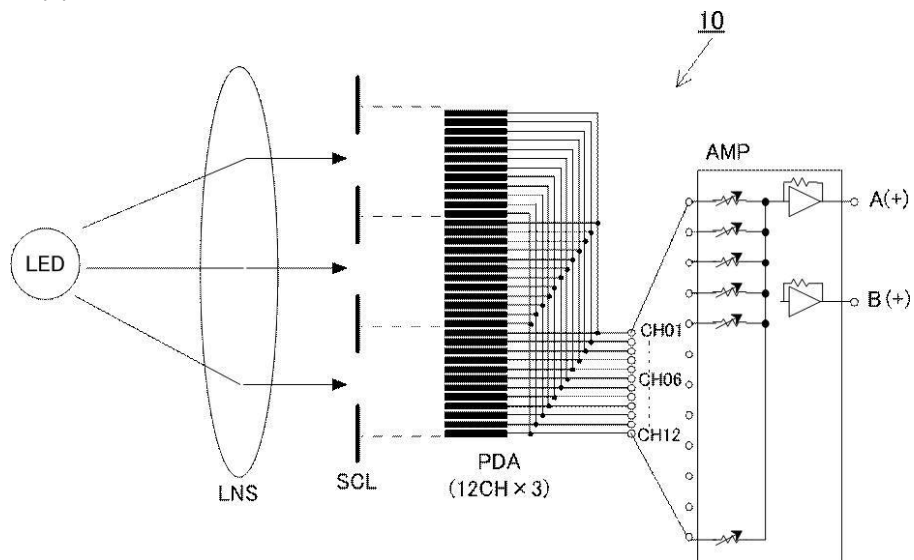
【図3】



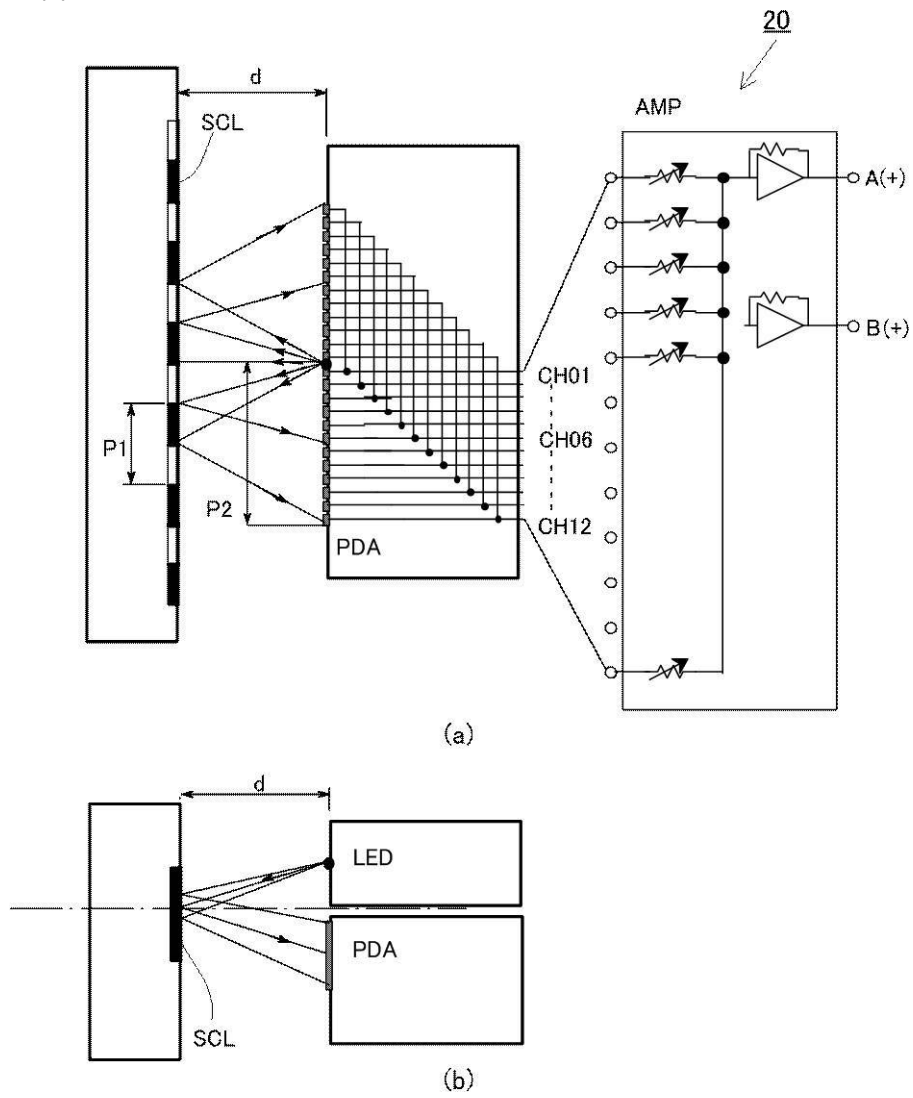
【図 6】



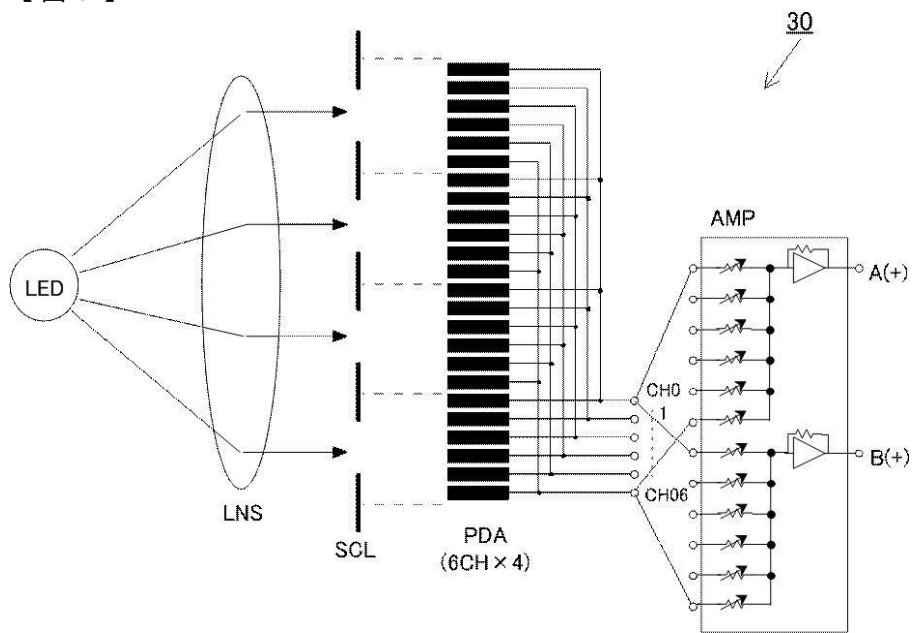
【図 1】



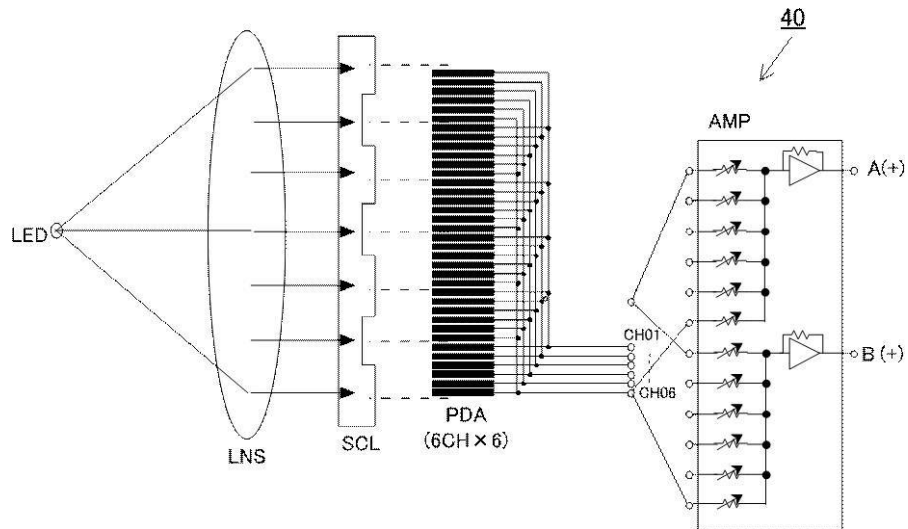
【図 4】



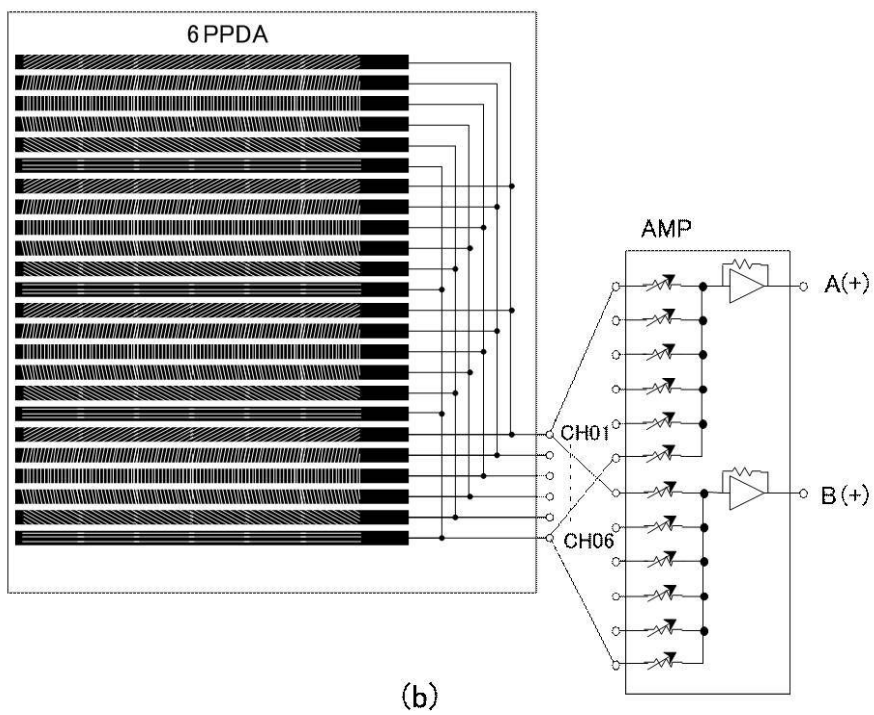
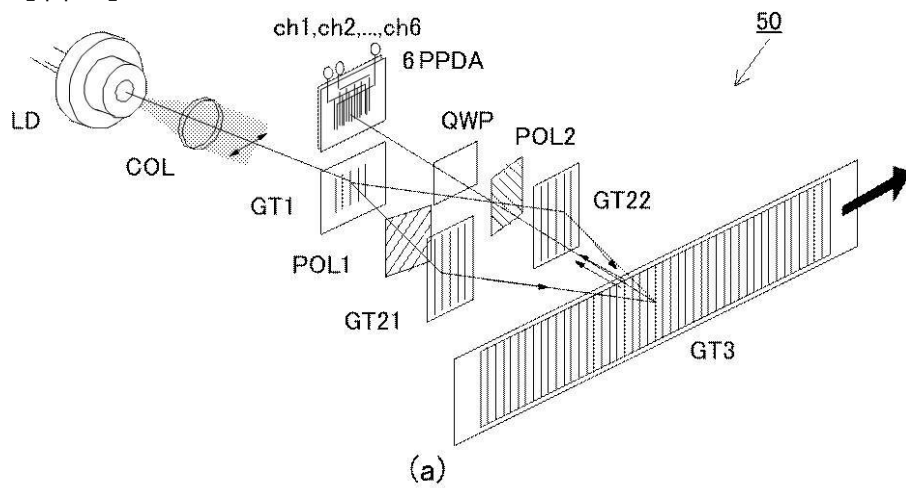
【図 5】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2005-524050(JP,A)
特開2005-207822(JP,A)
特開平3-128418(JP,A)
特開昭63-157016(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/26 - 5/38
G01B 9/00 - 11/30