(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 1 月 29 日(29.01.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/011848 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01) *G01D 5/38* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083291

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 12 日(12.12.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-151577 2013 年 7 月 22 日(22.07.2013) JP

(71) 出願人: 太陽誘電株式会社(TAIYO YUDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100005 東京都台東区上野６丁目１６番２０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 宮澤 冬樹(MIYAZAWA Fuyuki); 〒1100005 東京都台東区上野６丁目１６番２０号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 萩原 康仁(HAGIWARA Yasuhito); 〒1100005 東京都台東区上野６丁目１６番２０号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 浜本 貴樹(HAMAMOTO Takaki); 〒1100005 東京都台東区上野６丁目１６番２０号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP). 小山 勝弘(OYAMA Katsuhiro); 〒1100005 東京都台東区上野６丁目１６番２０号 太陽誘電株式会社内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

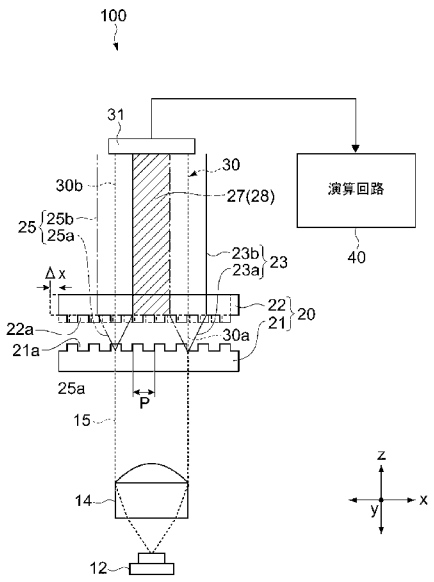
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: DISPLACEMENT MEASUREMENT DEVICE AND DISPLACEMENT MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称 : 変位計測装置及び変位計測方法

[図1]



40 Arithmetic circuit

(57) **Abstract**: A displacement measurement device and displacement measurement method capable of suppressing the narrowing of a detection range are provided. A displacement measurement device (100) is provided with a light source (12), collimator lens (14), diffraction grating pair (20), and photodetector (31). The photodetector detects the interference light (27) of the $-n^{th}$ order diffracted light (where n is a natural number greater than or equal to 1) emitted from a second diffraction grating (22) as a result of $+n^{th}$ order diffracted light from a first diffraction grating (21) entering the second diffraction grating and the $+n^{th}$ order diffracted light emitted from the second diffraction grating as a result of $-n^{th}$ order diffracted light from the first diffraction grating entering the second diffraction grating. An arithmetic circuit (40) calculates the relative displacement of the diffraction grating pair in the direction perpendicular to the optical axis of the diffraction grating pair on the basis of the periodic change in the amount of received interference light obtained from the photodetector. Because the displacement resulting from relative movement along the z direction of the diffraction grating pair is not detected, there is no attenuation of the interference light. As a result, it is possible to suppress the narrowing of a detection range.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/011848 A1

検出レンジが狭くなることを抑えることができる変位計測装置及び変位計測方法を提供する。変位計測装置（１００）、光源（１２）、コリメータレンズ（１４）、回折格子対（２０）、ＰＤ（３１）を備える。ＰＤは、第１の回折格子（２１）による＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数）が第２の回折格子（２２）に入射して第２の回折格子から発生する－ｎ次回折光と、第１の回折格子による－ｎ次回折光が第２の回折格子に入射して第２の回折格子から発生する＋ｎ次回折光との干渉光（２７）を検出する。演算回路（４０）は、ＰＤにより得られる干渉光の周期的な受光量の変化に応じて、回折格子対の光軸に直交する方向における、回折格子対の相対的な変位を算出する。 すなわち、回折格子対のｚ方向の相対的な移動の変位を検出対象としないので、干渉光の減衰が起こらない。これにより、検出レンジの狭小化を抑えることができる。

明　細　書

発明の名称 ： 変位計測装置及び変位計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、光干渉を利用した変位計測装置及び変位計測方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献１には、光干渉を利用した変位計測装置が開示されている。この変位計測装置は、光源側から順に、レーザ光源、コリメータレンズ、第１の回折格子、第２の回折格子及び光センサを備えている。光センサは、第１の回折格子で回折された回折光（例えば１次）と、第１の回折格子を直進した０次光が第２の回折光で回折されて発生する回折光（例えば１次）との干渉光を検出する。この変位計測装置は、光センサで検出される干渉光の明暗による光量の変化に基づき、第１及び第２の回折格子の距離の変化、つまり計測対象となる変位を計測する（例えば、特許文献１の明細書段落［００２０］、［００２３］、［００２７］、図１～３等参照）。

[0003] 特許文献２に記載の光学式エンコーダーは、第１のスリット板と、これに対向する第２のスリット板と、この第２のスリット板と連動する検知器とを備える。第２のスリット板のスリットのピッチは、第１のスリット板のスリットのピッチより小さい。第１のスリット板に対する第２のスリット板の移動により、検知器が、第１及び第２のスリット板のそれぞれ両方のスリットを介して透過する光を検知し、この検知に応じたパルス信号を発生する（例えば、特許文献２の明細書段落［００１１］及び図３参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２０１１／０４３３５４号パンフレット

特許文献2：特開平７－３１８３７２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の変位計測装置は、上述したように、２つの回折格子の光軸に沿う方向における、これら回折格子の相対変位を計測する。このような変位計測装置の場合、回折格子間の距離が大きくなるほど、干渉光を構成する２つの光のそれぞれの光路差が大きくなる。光路差が大きくなると、光源が持つコヒーレンス性によって、干渉光の振幅が低下、つまり振幅が減衰する。すなわち、回折格子間の距離が大きくなるほど、検出レンジが狭くなるという問題がある。

[0006] 本発明の目的は、検出レンジが狭くなることを抑えることができる変位計測装置及び変位計測方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本発明に係る変位計測装置は、光源と、第１の回折格子と、第２の回折格子と、光センサと、演算処理手段とを具備する。

前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子は、前記光源からの光線の進路に沿って配置され、相対移動可能であり、回折光をそれぞれ発生する。

前記光センサは、前記第１の回折格子による＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数）が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する－ｎ次回折光と、前記第１の回折格子による－ｎ次回折光が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する＋ｎ次回折光との干渉光を検出する。

前記演算処理手段は、前記光センサで得られた信号に基づき、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の光軸に直交する方向における、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の相対的な変位を算出する。

[0008] 本発明に係る変位計測方法は、光源からの光線の進路に沿って配置された相対移動可能な第１の回折格子及び第２の回折格子に、前記光源からの光が入射することにより、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子から回折光をそれぞれ発生させることを含む。 前記第１の回折格子による＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数）が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する－ｎ次回折光と、前記第１の回折格子による－ｎ次回折

光が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する＋ｎ次回折光との干渉光が、光センサにより検出される。

前記光センサで得られた信号に基づき、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の光軸に直交する方向における、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の相対的な変位が算出される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本発明の第１の実施形態に係る変位計測装置の基本的な光学系の構成を模式的に示す図である。

[図2]図２は、回折格子対のｘ方向における相対的な変位量と、ＰＤで得られる電圧信号との関係を示すグラフである。

[図3]図３は、演算回路の機能的構成を示すブロック図である。

[図4]図４は、先行文献１に示す光学系において、回折格子間の距離が大きくなるほど干渉光の振幅が低下する例を示す。

[図5]図５Ａ及びＢは、回折格子間の距離を意図的に変えた場合に、ＰＤで得られる信号の強度分布をそれぞれ示す。

[図6]図６Ａ及びＢは、第１の実施形態に係る変位計測装置に、回折格子対の光軸からずれた位置に別のＰＤを加え、そのＰＤで別の干渉光を検出した場合に、それら２つのＰＤで得られる信号の強度分布をそれぞれ示す。

[図7]図７Ａ～Ｄは、回折格子対の光軸上の干渉光を構成する光の光路差に応じて、ＰＤで得られる信号のシミュレーションをそれぞれ示す。

[図8]図８は、第２の実施形態に係る演算回路の機能的構成を示すブロック図である。

[図9]図９は、回折格子対のｘ方向における相対的な変位量と、ＰＤで得られる電圧信号との関係を示す。

[図10]図１０は、本発明の第３の実施形態に係る変位計測装置の構成を示す模式的な斜視図である。

[図11]図１１は、第３の実施形態に係る第２の回折格子の構成を示す。

[図12]図１２は、第３の実施形態に係る演算回路の機能的構成を示すブロッ

ク図である。

[図13]図１３は、ＰＤのy_1受光領域Ａ及びy_2受光領域で得られる信号を示す。

[図14]図１４は、本発明の第４の実施形態に係る変位計測装置の回折格子対のうち、ｚ方向で見た第２の回折格子を示す。

[図15]図１５は、この変位計測装置においてｚ方向で見たＰＤの受光領域を示す。

[図16]図１６は、４つの受光領域からそれぞれ得られる波形信号を示す。

[図17]図１７は、この変位計測装置の演算回路の機能的構成を示すブロック図である。

[図18]図１８は、本発明の第５の実施形態に係る変位計測装置の演算回路の機能的構成を示すブロック図である。

[図19]図１９Ａ～Ｄは、干渉光に含まれる０次光の、それぞれ異なる強度ごとの、ＰＤの各受光領域で得られる３つの波形信号のシミュレーションを示す。

[図20]図２０は、例えば図１に示した光学系を保持する保持機構含む変位計測装置の一実施形態を示す。

発明を実施するための形態

[0010] 上記した発明に係る変位計測装置は、回折格子対の光軸に沿う方向の変位を計測するのではなく、それとは直交する方向に回折格子対を相対的に変位させるので、原理的に干渉光の振幅の低下という問題は起こらない。したがって、検出レンジが狭くなる等の問題も解消できる。

[0011] また、干渉光を構成するそれら２つの回折光には光路差が生じないので、たとえ回折格子間の距離が変動したとしても、その干渉光の振幅に影響を及ぼさず、干渉光の適切な振幅を得ることができる。

[0012] 前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子は、複数の格子線をそれぞれ有し、前記演算処理手段は、前記複数の格子線の配列方向に沿う前記変位を算出してもよい。光センサで得られる干渉光の光量は、複数の格子線の配列

方向における相対的な第１及び第２の回折格子の変位に応じて変化する。したがって、演算処理手段は、その配列方向における変位を算出することができる。

[0013] 前記光センサは、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子を前記光軸に沿って直進する０次光を受けることにより、前記第２の回折格子により発生する前記±ｎ次回折光と、前記０次光との干渉光を検出してもよい。前記±ｎ次回折光と、前記０次光との光路差が、（２ｍ＋１）λ／４（ｍは０以上の整数）を満たすように、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子間の距離が設定されていてもよい。これにより、光センサは、できるだけ光強度の低い干渉光を受けるので、０次光によるノイズを抑制することができる。

[0014] 前記演算処理手段は、前記光センサで得られた、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の検出値を出力する検出値出力部を有してもよい。前記検出値出力部は、前記演算処理手段が前記格子線ピッチより小さい間隔で変位を出力するように設定された所定の検出レベルを有してもよい。これにより、演算処理手段が格子線ピッチより小さい間隔で変位を出力することができる。

[0015] 前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子のうちいずれか一方は、分割されて構成される複数のシフト領域を有してもよい。前記複数のシフト領域は、前記複数の格子線の配列方向に、格子線ピッチの１／２より小さい所定距離分互いにシフトされた格子線パターンをそれぞれ有してもよい。前記光センサは、前記複数のシフト領域から出射されたそれぞれの光を受ける複数の受光領域を有してもよい。これにより、受光領域でそれぞれ得られる信号の位相をシフトさせることができる。

[0016] 前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる信号を、所定のタイミングで選択的に切り替え、選択した１つの信号を演算処理に用いてもよい。受光領域で得られる信号の波形形状によっては、変位量の変化に対する検出感度が低くなる信号領域がある。処理対象の信号を、所定のタイ

ミングで選択的に切り替えることにより、低い検出感度の信号領域を処理対象とする必要がなくなり、計測精度が向上する。

[0017] 前記演算処理手段は、検出値出力部と、切替部とを有してもよい。前記検出値出力部は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の検出値を出力してもよい。前記切替部は、前記波形信号のうち処理対象とされた第１の波形信号の振幅ピーク値より小さい所定の検出値を検出するタイミングで、処理対象を第２の波形信号に切り替えてもよい。

[0018] 前記演算処理手段は、前記第１の波形信号と前記第２の波形信号との交点での検出値、または、前記交点での検出値と同じレベルの検出値を、前記所定の検出値として処理してもよい。

[0019] 前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の交点をカウントするカウント部を有し、前記カウント部によるカウント値に基づき、前記変位を算出してもよい。変位に応じて各波形信号から得られる交点は増えるので、演算処理手段は、交点をカウントすることにより変位を計測することができる。

[0020] あるいは、前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号と、それら波形信号の平均値との交点をカウントするカウント部を有し、前記カウント部によるカウント値に基づき、前記変位を算出してもよい。これにより、光センサが光軸上で進行する０次光を含む干渉光を検出する場合であっても、その０次光によるノイズを抑制することができる。

[0021] 前記変位計測装置は、前記光源及び前記第１の回折格子を保持する第１のホルダと、前記第２の回折格子及び前記光センサユニットを保持する第２のホルダと、前記第１のホルダ及び前記第２のホルダを、前記光軸に直交する方向に沿って相対移動可能に接続する接続部とをさらに具備してもよい。

[0022] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

[0023] １．第１の実施形態

（１）変位計測装置の構成

図１は、本発明の第１の実施形態に係る変位計測装置の基本的な光学系の構成を模式的に示す図である。

[0024] 変位計測装置１００は、光源１２、コリメータレンズ１４、回折格子対２０、光センサであるＰＤ（Photo Detector）３１、演算回路４０を備える。

[0025] 光源１２は、ＬＤ（Laser Diode）、あるいはＬＥＤ（Light Emitting Diode）であり、図示しないドライバにより駆動される。

[0026] コリメータレンズ１４は、光源１２から出射された光を平行光１５にする。少なくともこれら光源１２及びコリメータレンズ１４により、平行光を発生する光学系が構成される。

[0027] 回折格子対２０には、光源１２及びコリメータレンズ１４からの光が入射され、回折光を出射する。回折格子対２０は、例えば透過型の、第１の回折格子２１及び第２の回折格子２２によって構成される。第１の回折格子２１及び第２の回折格子２２は、光源１２及びコリメータレンズ１４からの光線の進路に沿って、ここでは光源１２及びコリメータレンズ１４の光軸に沿って対向して配置されており、後述するように所定方向に相対的に移動可能となっている。

[0028] 第１の回折格子２１は、入射した平行光１５を、回折格子対２０の光軸上で直進する０次光３０ａと、＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数であり、以下同様である。）２３ａと、－ｎ次回折光２５ａとに分けて進行させる。

[0029] 第２の回折格子２２は、第１の回折格子２１から出射して第２の回折格子２２に入射した０次光３０ａを、さらに光軸上で直進する０次光３０ｂとして出射する。また、第２の回折格子２２は、これに入射した＋ｎ次回折光２３ａの－ｎ次回折光２３ｂを発生し、また、これに入射した－ｎ次回折光２５ａの＋ｎ次回折光２５ｂを発生する。

[0030] なお説明の便宜上、図１中、一光線から発生する回折光であってその一光線より右側に折れる回折光の次数を正とする。また、その一光線より左側に折れる回折光の次数を負とする。

[0031] －ｎ次回折光２３ｂ及び＋ｎ次回折光２５ｂは互いに干渉し合い、これにより干渉光２７が発生する。ＰＤ３１は、この干渉光２７を主に検出する位置に配置されている。具体的には、－ｎ次回折光２３ｂ及び＋ｎ次回折光２５ｂは、回折格子対２０の光軸に沿う方向（図１ではｚ方向）に進行し、干渉光２７はその光軸を含む位置で発生する。したがって、その干渉光２７を検出するＰＤ３１は、回折格子２０の光軸上に配置される。

[0032] なお、後述するように光軸上の光には０次光３０も含まれており、この０次光３０も含む干渉光を、説明の便宜上、干渉光２８とする。

[0033] 本実施形態では、典型的には、±ｎ次回折光として±１次回折光が利用されるが、回折格子対２０の光軸上で互いに干渉する光であれば、±２次以降の回折光が利用されてもよい。また、実際には、図１に示す以外にも多数の回折光が存在するが、説明を容易にするため、図示を省略している。

[0034] ＋ｎ次回折光２３ａ及び－ｎ次回折光２３ｂの両方の回折光を、以降では、必要に応じて第１の回折光２３という。また、－ｎ次回折光２５ａ及び＋ｎ次回折光２５ｂの両方の回折光を、以降では、必要に応じて第２の回折光２５という。また、０次光３０ａ及び３０ｂの両方の０次光を、以降では０次光３０という。

[0035] 第１の回折格子２１及び第２の回折格子２２は、実質的に同じ形状及び同じサイズを有する。例えば、回折格子２１（及び２２）は、図１において、ｚ方向に直交するｙ方向に沿った溝である複数の格子線２１ａ（及び２２ａ）を有する。第１の回折格子２１の格子線２１ａのピッチＰと、第２の回折格子２１の格子線２２ａのピッチＰとは実質的に同じに形成されている。格子線２１ａ及び２２ａの例として、ピッチＰが３．３μｍであり、溝深さが４７３μｍである。もちろん、これらの値に限られない。

[0036] 本実施形態に係る変位計測装置１００は、格子線２１ａ及び２２ａの配列方向であるｘ方向における、回折格子対２０の相対的な変位Δｘを計測対象としている。計測可能範囲は、例えばサブマイクロメートル～マイクロメートルオーダの変位である。

[0037] 本明細書では、ｚ方向に直交する２軸をｘ、ｙ軸と定めている。上述したように、各回折格子の格子線２１ａ及び２２ａに沿う方向をｙ方向とし、格子線２１ａ及び２２ａの配列方向をｘ方向としている。

[0038] 後述するように、少なくとも、第２の回折格子２２とＰＤ３１とは一体的に保持され、第１の回折格子２１に対して、ｘ方向に一体的に移動可能とされている。

[0039] 演算処理手段として主に機能する演算回路４０は、ＰＤ３１で得られる信号に基づいて、所定の演算処理を行うことで、変位Δｘを算出する。演算回路４０は、例えばＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）等のハードウェアを主に備える。演算回路４０は、ＭＰＵに加え、またはＭＰＵに代えて、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等のＰＬＤ(Programmable Logic Device)を備えていてもよいし、あるいは、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）等を備えていてもよい。また、演算回路４０は、物理的に分離した複数のチップパッケージや素子等で構成されていてもよい。

[0040] （２）変位計測装置による変位の計測原理

図２は、回折格子対２０のｘ方向における相対的な変位量（μｍ）と、ＰＤ３１で得られる電圧信号との関係を示すグラフである。この例では、回折格子対２０の格子線２１ａ及び２２ａのピッチは、例えば３．３μｍ、光源１２の光の中心波長は、８５０ｎｍとされた。

[0041] このグラフからわかるように、ＰＤ３１は、格子線２１ａ及び２２ａのピッチＰごとに周期性を持つ波形信号を出力する。すなわち、ＰＤ３１は、ピッチＰごとに、それら格子線の明暗のセットを１周期とする光量を得る。周期性を持つ波形信号とは、典型的には、ｓｉｎ波形の信号である。

[0042] 図３は、演算回路４０の機能的構成を示すブロック図である。演算回路４０は、Ａ／Ｄ変換器４１、データ参照部４２及びデータ記憶部４３を主に有する。

[0043] Ａ／Ｄ変換器４１は、ＰＤ３１から出力されたアナログ信号をデジタル値に変換して出力する検出値出力部として機能する。また、Ａ／Ｄ変換器４１は、例えば波形信号の周波数をカウントする等して、入力された信号の波の数をカウントし、このカウント値を出力する。

[0044] データ記憶部４３は、回折格子対２０の相対移動によってＰＤ３１で検出される波形信号の波数値（カウント値に対応）と、回折格子対２０の相対的な変位量とを対応付けるルックアップ用のテーブルデータを記憶する。テーブルデータは、この変位計測装置１００の製造時にメモリに記憶される。

[0045] データ参照部４２は、Ａ／Ｄ変換器４１でカウントされた波数のカウント値に対応する変位量を、データ記憶部４３から抽出し、これを出力する。すなわち、演算回路４０は、各回折格子の格子線２１ａ及び２２ａのピッチ単位で、変位量を計測することができる。

[0046] 回折格子対２０の相対位置が基準位置など初期位置にある時に、ＰＤ３１で得られる信号値が０となり、また、回折格子対２０の相対的な変位量が０となるように、回折格子対２０及びＰＤ３１の形態、配置、演算回路４０の回路及びそのプログラムなどが設計されている。

[0047] 演算回路４０は、回折格子対２０の基準位置での変位量を０とするリセット機能を有していてもよい。これは、変位計測装置１００の経時変化により、例えば回折格子対２０の基準位置における演算回路４０が出力する変位値が０とならなくなった場合の校正方法として有効である。この場合、演算回路４０は、その校正時の情報を利用して、データ記憶部４３のテーブルデータを更新する機能を有していてもよい。

[0048] 以上のように、変位計測装置１００は、回折格子対２０の光軸に沿う方向の変位を計測するのではなく、それとは直交する方向に回折格子対２０を相対的に変位する時の、その変位量を計測する。したがって、原理的に、回折格子２１及び２２間の距離が大きくなるほど干渉光の振幅が低下する（例えば図４参照：図４のグラフの横軸は、回折格子間の距離、つまりｚ方向の距離である。）、という問題は起こらない。したがって、検出レンジが狭くな

る等の問題を解消できる。

[0049] また、本実施形態では、第１の回折光２３及び第２の回折光２５の行路長（光路長）は、実質的に同じであり、つまり光路差が発生しない。したがって、たとえ回折格子２１及び２２間の距離が変動したとしても、その干渉光の振幅に影響を及ぼさず、干渉光の適切な振幅を得ることができる。

[0050] （３）回折格子間の距離の変動による影響

本発明者らは、回折格子２１及び２２間の距離（ｚ方向の距離）を意図的に変えた場合に、ＰＤ３１で得られる信号の変化を実測した。図５Ａは、回折格子２１及び２２間の距離が１５μmの時、図５Ｂは、その距離が２３μmの時に、ＰＤ３１で得られる信号の強度分布を示す。すなわち、縦軸の値は光センサの出力値である光強度を示し、横軸は、図１に示すｘ方向での位置（mm）を示し、光軸が通る位置を０mmとしている。

[0051] 一方、図６Ａ及びＢは、回折格子対２０の光軸からずれた位置に配置された第２のＰＤで、別の干渉光を検出した場合に、その第２のＰＤで得られる信号の強度分布を示し（グラフ中右側の強度分布）、また、光軸上の光軸ＰＤで得られる信号の強度分布を示す（グラフ中、中央の強度分布）。

[0052] 別の干渉光とは、第１の回折格子による０次光が第２の回折格子に入射して第２の回折格子から発生する＋１次回折光と、第１の回折格子による＋１次回折光が第２の回折格子に入射して第２の回折格子から発生する０次光との干渉光である（上記特許文献１の図１を参照）。具体的には、概ね３～５mmの位置で第２のＰＤの受光領域が配置される。

[0053] これらのグラフから分かるように、回折格子間の距離が変わると、光軸ＰＤにより光軸上で得られる光の強度も変わる。これは、回折格子間の距離が変わると、干渉条件、ここでは光路差が変わるからである。

[0054] これに対し、図５Ａ及びＢから分かるように、回折格子２１及び２２間の距離を変えても、光強度は実質的に変わらない。つまり、上述のように、第１の回折光２３及び第２の回折光２５の光路差がないので、回折格子２１及び２２間の距離が変動しても、安定した強度を持つ干渉光を得ることができ

る。

[0055] （４）回折格子間の距離の設定

ところで、図１に示すように、ＰＤ３１は、干渉光２７の他、回折格子対２０の光軸に沿って直進する０次光３０も受光する。すなわち実際には、ＰＤ３１は、第１の回折光２３、第２の回折光２５及び０次光３０の、３つの光の干渉光２８（図１参照）を受光する。しかしながら、この０次光３０は、基本的には変位Δｘの計測処理に不要であり、０次光が、ＰＤ３１の出力信号にノイズとして現れる。

[0056] そこで、この変位計測装置１００は、この０次光３０によるノイズの発生を抑制するために、回折格子２１及び２２間の距離（ｚ方向の距離）が所定の距離に設定されている。その距離は、この干渉光２８を構成する０次光、第１の回折光２３及び第２の回折光２５の３つの光の光路差が、（２ｍ＋１）λ／４（ｍは０以上の整数）を満たすような距離である。上記したように、第１の回折光２３及び第２の回折光２５には光路差は実質的に発生しないので、実質的には、０次光と、第１の回折光２３（または第２の回折光２５）との光路差が上記式を満たせばよい。

[0057] すなわち、光路差が、０．２５λ、０．７５λ、１．２５λ、・・・となるように、第１の回折格子２１及び第２の回折格子２２の配置が設定される。このような回折格子２１及び２２間の距離に設定されることにより、ＰＤ３１は、できるだけ光強度の低い干渉光２８を受けることになり、このことは、０次光によるノイズを抑制していることを意味する。

[0058] 図７Ａ～Ｄは、その光路差が、０．２５λ、０．５λ、０．７５λ及びλである場合の、ＰＤ３１で得られる信号のシミュレーションをそれぞれ示す。なお、これらのグラフ中、破線で示す波形は、回折格子対の相対的な変位に応じて、光軸からずれた位置に配置されたＰＤ（上記第２のＰＤ）で、別の干渉光を検出した場合の波形である。別の干渉光とは、上述したように、第１の回折格子による０次光が第２の回折格子に入射して第２の回折格子から発生する＋１次回折光と、第１の回折格子による＋１次回折光が第２の回

折格子に入射して第２の回折格子から発生する０次光との干渉光である（上記特許文献１の図１を参照）。

[0059] 図７Ａ及びＣからわかるように、上記３つの光の光路差が０．２５λ、０．７５λの場合、ＰＤ３１は、適切な形状の周期性を持つ波形信号を得ることができる。一方、図７Ｂ及びＤでは、当該光路差が０．５λ、λの場合、高い光強度を持つが０次光によるノイズを含む信号が得られる。

[0060] （５）カウント部によるカウント処理の他の形態

この第１の実施形態では、Ａ／Ｄ変換器４１は波形信号の波数をカウントしたが、上ピーク及び下ピークの検出を行うことにより、半波長ごとに１カウントを出力してもよい。これにより、変位計測装置は、格子線ピッチ（例えば３．３μm）の半分（例えば１．６５μm）の分解能で変位を計測することができる。

[0061] ２．第２の実施形態

次に、本発明の第２の実施形態に係る変位計測装置について説明する。

[0062] これ以降の説明では、図１等に示した実施形態に係る変位計測装置１００が含む部材や機能等について同様のものは説明を簡略化または省略し、異なる点を中心に説明する。またこれ以降の各実施形態において、回折格子対による干渉光の発生原理は、上記第１の実施形態と同様である。

[0063] この第２の実施形態に係る変位計測装置の全体を構成するハードウェアとして、典型的には図１に示した変位計測装置１００の構成が用いられる。

[0064] 図８は、この第２の実施形態に係る演算回路の機能的構成を示すブロック図である。

[0065] 図９は、回折格子対２０のｘ方向における相対的な変位量（μm）と、ＰＤ３１で得られる電圧信号との関係を示し、図２のグラフの横軸のスケールより小さいスケールを持つグラフである。図９のグラフの縦軸については、ＰＤ３１の受光量である干渉光の明度（あるいは強度）が１で最大となるように、電圧の波形信号の全体振幅を１として正規化している。

[0066] 本実施形態に係る演算回路１４０は、グラフの縦軸の全体振幅を所定の複

数の電圧レベル（検出レベル）で分割し、それらの電圧レベルで波形信号を監視する。すなわち、Ａ／Ｄ変換器４１は、この演算回路４０が格子線ピッチより小さい間隔で変位を出力するように設定された所定の電圧レベルを有する。

[0067] データ記憶部４３は、そのように分割された電圧レベルごと及び上記波数のカウント値ごとに、それら電圧レベル及びカウント値を、変位量に対応付けて記憶しておく。信号の波形がリニアではなくｓｉｎカーブであるため、例えば記憶される変位量ごとの間隔が一定となるように、不等間隔の電圧値が選択されて記憶される。

[0068] また、本実施形態では、信号の１波長内には２つの同じ電圧値が出現するので、Ａ／Ｄ変換器４１は、周波数の２倍、つまり半波長の波を１つとしてカウントし、このカウント値を出力する。この場合、Ａ／Ｄ変換器４１は、波形信号の上ピーク及び下ピークの両方をカウントすることにより、半波長分を１つとして波数をカウントすることができる。また、Ａ／Ｄ変換器４１は、現在計測中の上記電圧レベル単位での電圧値を出力する。

[0069] データ参照部４２は、Ａ／Ｄ変換器４１でカウントされたカウント値と、Ａ／Ｄ変換器４１から出力される電圧値とを取得する。データ参照部４２は、取得したカウント値及び電圧値とに対応する変位量をデータ記憶部４３から抽出し、これを出力する。これにより、演算回路１４０は、各回折格子の格子線２１ａ及び２２ａのピッチよりも小さい単位、例えば１００㎚単位の精度で、変位量を計測することができる。

[0070] なお、データ記憶部４３は電圧レベルを等間隔で記憶しておき、後述する第３の実施形態のように、演算回路１４０は、波形信号のリニア領域のみを用いるようにして、等間隔の変位量を出力してもよい。

[0071] ３．第３の実施形態

（１）変位計測装置の構成

図１０は、本発明の第３の実施形態に係る変位計測装置の構成を示す模式的な斜視図である。図１１は、この第３の実施形態に係る第２の回折格子の

構成を示す。

[0072] この変位計測装置２００の第２の回折格子１２２の、光が透過する領域は、ｙ方向で複数の領域、例えば２つの領域１２２Ａ及び１２２Ｂに分割されて構成されている。これら２つの領域を、便宜的に「y_1シフト領域」及び「y_2シフト領域」とする。

[0073] 図１１に示すように、y_1シフト領域１２２Ａ及びy_2シフト領域１２２Ｂの各格子線のピッチは、実質的に同一とされている。しかし、y_1シフト領域１２２Ａの格子線パターンは、y_2シフト領域１２２Ｂの格子線パターンに対して、ｘ方向に、格子線１２３のピッチの１／２より小さい所定の距離分シフトされている。例えば、各格子線パターンは、互いに１／４ピッチ分シフトされる位置に形成されている。

[0074] 本実施形態に係る光センサであるＰＤ３３は、このような第２の回折格子１２２の複数の領域に対応するように、ｙ方向で複数の領域、例えば２つの受光領域３３Ａ及び３３Ｂに分割されて構成されている。これらの受光領域を便宜的に「y_1受光領域」及び「y_2受光領域」とする。すなわち、第２の回折格子１２２を出射した干渉光２７（または２８）（図１参照）のうち、y_1シフト領域１２２Ａを出射した光が、y_1受光領域３３Ａに入射する。また、y_2シフト領域１２２Ｂを出射した光が、y_2受光領域３３Ｂに入射する。

[0075] 回折格子対１２０は、第１の実施形態と同様に、ｘ軸方向に相対的に移動可能に構成されている。特に、第２の回折格子１２２は、ＰＤ３３と一体的に移動可能に保持されている。

[0076] 図１２は、本実施形態に係る演算回路の機能的構成を示すブロック図である。演算回路２４０に入力される信号のチャネルとして、ＰＤ３３のy_1受光領域３３Ａで得られた信号が入力されるチャネルをチャネル１（ch.1）とし、y_2受光領域３３Ｂで得られた信号が入力されるチャネルをチャネル２（ch.2）とする。

[0077] 演算回路２４０は、チャネル１及び２について、それぞれ、Ａ／Ｄ変換器４１、データ参照部４２及びデータ記憶部４３を有する。これらのブロック

は、基本的には、上記第２の実施形態（図８参照）で説明した演算回路１４０の各ブロックと同じように機能する。

[0078] また、演算回路２４０は、各データ参照部４２からの出力のON/OFFをそれぞれ切り替えるスイッチ４４及び４５を有し、また、このスイッチ４４及び４５の動作を制御する出力タイミング制御部４６を有する。出力タイミング制御部４６は、チャネル１及び２のそれぞれのカウント値及び電圧値を取得し、これらの値に基づいてスイッチ４４及び４５の動作を制御することにより、チャネル１及び２のうちいずれか一方の変位量を出力する。つまり、出力タイミング制御部４６は、スイッチ４４及び４５を交互に選択的に切り替えることにより、出力する変位量（すなわち演算処理対象）を切り替える切替部として機能する。

[0079] （２）変位の計測方法

図１３は、ＰＤ３３で得られる信号、つまりy_1受光領域３３Ａ及びy_2受光領域３３Ｂからそれぞれ得られる信号（第１の波形信号Ｓ１及び第２の波形信号Ｓ２）を示す。横軸は変位、縦軸は受光量を表す検出値（電圧値）である。y_1シフト領域１２２Ａ及びy_2シフト領域１２２Ｂで格子線パターンが互いに、格子線ピッチの１／４ピッチ分シフトしていることにより、信号Ｓ１及びＳ２の位相も、このように１／４シフトする。

[0080] 例えば回折格子対１２０の変位量が大きくなる方向に回折格子対１２２が相対移動する場合、出力タイミング制御部４６は、図１３に示すように、点Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、・・・の順で、チャネル１と２の出力を相互に切り替える。例えば出力タイミング制御部４６は、点ＢからＣまでは、信号Ｓ２を用いて変位量を出力させ（チャネル２を用い）、点Ｃでのカウント値及び検出値を得るタイミングで、信号Ｓ１を用いて変位量を出力させる（チャネル１を用いる）。もちろん、回折格子対１２２がそれとは逆に相対移動する場合、切り替え順序は点Ｉ、Ｈ、Ｇ、・・・のように逆方向となる。

[0081] 点Ｃ、Ｆ、Ｉ、・・・は、信号Ｓ１及びＳ２の交点である。点Ａは、点Ｃと同じレベルの検出値であり、点Ｄは、点Ｆと同じ検出値であり、また、点

Ｇは、点Ｉと同じ検出値である。点Ｂは、点Ａと同じ変位量を示し、点Ｅは、点Ｄと同じ変位量を示し、また、点Ｈは、点Ｇと同じ変位量を示す。

[0082] このような処理方法を取る趣旨は、次のようなものである。信号Ｓ１及びＳ２は、実質的にｓｉｎ波形であるため、信号の上ピークまたは下ピーク付近では、変位量と検出値との関係が非リニアになる。したがって、これらのピーク付近では、変位量に対しての検出感度が鈍くなり、計測精度が低下する可能性がある。そこで、出力タイミング制御部４６は、信号Ｓ１（またはＳ２）のピークに達する前に（振幅ピーク値より小さい所定の検出値を検出するタイミングで）、信号Ｓ２（または信号Ｓ１）に切り替えて、切り替え後の信号を演算処理対象の信号とする。すなわち、信号Ｓ１及びＳ２の検出値のうち、検出感度の良好な領域であるリニア領域を用いることにより、計測精度を高めることができる。

[0083] なお、交点Ｃ、Ｆ、Ｉ、・・・のタイミングの判断方法として、例えば演算回路２４０は、信号Ｓ１とＳ２との差分を演算し、これが０になるタイミングを交点Ｃ、Ｆ、Ｉ、・・・のタイミングとしてもよい。

[0084] 本実施形態では、格子線パターンのシフト量が１／４とされたが、１／３、１／５等、１／２より小さいシフト量であれば、どのようなシフト量でもよい。

[0085] 点Ａ及びＣ、あるいは点Ｄ及びＦ等は、信号Ｓ１及びＳ２の交点と同じ検出値であったが、交点以外の他の点が、切り替えのタイミングの点として設定されてもよい。

[0086] 本実施形態では、１つの光センサが複数の受光領域を有していたが、物理的に分離した複数の光センサによって複数の受光領域が構成されてもよい。

[0087] ４．第４の実施形態

図１４は、本発明の第４の実施形態に係る変位計測装置の回折格子対のうち、ｚ方向で見た第２の回折格子を示す。図１５は、この変位計測装置においてｚ方向で見たＰＤの受光領域を示す。

[0088] 本実施形態に係る変位計測装置の回折格子対の第２の回折格子２２２は、

ｙ方向に分割されて構成された複数のシフト領域、例えば４つのシフト領域２２２Ａ、２２２Ｂ、２２２Ｃ及び２２２Ｄを有する。これら４つのシフト領域の各格子線２２３のピッチは実質的に同一とされる。

[0089] 例えば、４つのシフト領域のうち３つのシフト領域２２２Ａ、２２２Ｂ及び２２２Ｃの格子線パターンは、格子線ピッチの１／６ずつｘ方向に互いにシフトして配置されている。そして、もう１つのシフト領域２２２Ｄの格子線パターンは、３つのシフト領域２２２Ａ、２２２Ｂ及び２２２Ｃのうち、シフト領域２２２Ａ及び２２２Ｃの格子線パターンに対して、格子線ピッチの１／３分、ｘ方向に互いにシフトして配置されている。説明の便宜上、以降では、シフト領域２２２Ｄを「基準シフト領域」という。

[0090] なお、第２の回折格子内２２２での、その３つのシフト領域２２２Ａ、２２２Ｂ及び２２２Ｃと、基準シフト領域２２２Ｄの配置は限定されない。例えば、３つのシフト領域のうち２つのシフト領域と他の１つのシフト領域との間に、基準シフト領域２２２Ｄが配置されていてもよい。

[0091] 図１５に示すように、ＰＤ３４の受光領域は、以上のように構成された第２の回折格子２２２の各シフト領域２２２Ａ～２２２Ｄに対応するように、複数の受光領域、例えば４つの受光領域３４Ａ～３４Ｄに、ｙ方向に分割されて構成されている。検出対象である干渉光２７（または２８）（図１参照）のうち、シフト領域２２２Ａ～２２２Ｄを出射した光を、ＰＤ３４の受光領域３４Ａ～３４Ｄがそれぞれ検出する。説明の便宜上、以降では、受光領域３４Ｄを「基準受光領域」という。

[0092] 図１６は、これら４つの受光領域からそれぞれ得られる波形信号を示す。図１６において、基準受光領域３４Ｄで得られた波形信号Ｓ４の位相は、受光領域３４Ａ及び３４Ｃで得られた波形信号Ｓ１及びＳ３の位相から、１２０°ずれている。３つの受光領域３４Ａ～３４Ｃで得られた波形信号Ｓ１～Ｓ３の位相は、互いに６０°ずつずれている。

[0093] 図１７は、この変位計測装置の演算回路の機能的構成を示すブロック図である。演算回路３４０は、カウント部３４１、データ参照部３４２及びデー

タ記憶部３４３を有する。

[0094] カウント部３４１には、波形信号Ｓ１～Ｓ４がチャネル１～４を介して入力される。カウント部３４１は、これらの波形信号Ｓ１～Ｓ４の交点をカウントし、演算回路３４０は、そのカウント値に基づいて変位Δｘを算出する。具体的には、カウント部３４１は、例えば信号Ｓ４とＳ１との交点ａのタイミングを判定する場合、信号Ｓ４とＳ１との差分が０（または０に近い閾値以下）となるタイミングを監視する。このようにして、カウント部３４１は、各信号Ｓ１～Ｓ４の交点ａ、ｂ、ｃ、・・・ｋをカウントする。

[0095] なお、カウント部３４１はＡ／Ｄ変換器を含み、デジタル処理を行ってもよいが、Ａ／Ｄ変換器を含まず、アナログ処理でも交点のカウントを実現することができる。

[0096] データ記憶部３４３は、予めカウント値と変位量とを対応付けて記憶している。データ参照部３４２は、カウント部３４１から出力された交点のカウント値に対応する変位量をデータ記憶部３４３から抽出し、これを変位量Δｘとして出力する。

[0097] 図１６に示すように、白で示した点Ｉは、波形信号の交点ではないが、点ｋの次のタイミングで信号Ｓ１が０になるタイミングの点である。カウント部３４１はこの点Ｉも例外的にカウントし、データ参照部３４２は、この点Ｉに対応する変位量を出力することができる。これにより、演算回路３４０は、等間隔の変位量を出力することができる。

[0098] 各信号Ｓ１～Ｓ４の各波長分の変位は、格子線のピッチと同じであるので、演算回路３４０は、格子線のピッチより十分に小さい間隔で変位を出力することができる。すなわち、高精度な変位計測が可能となる。

[0099] 本実施形態では、４つのシフト領域２２２Ａ～２２２Ｄ及び４つの受光領域３４Ａ～３４Ｄから４つの信号Ｓ１～Ｓ４を得た。しかし、第２の回折格子が３つのシフト領域を有し、ＰＤがそれらに対応する３つの受光領域を有していてもよい。この場合、３つのシフト領域の格子線パターンは、互いにｘ方向に、格子線ピッチの１／３シフトしている。そのＰＤは、それらの受

光領域から互いに１２０°ずれた位相を有する３つの波形信号を出力することができる。そして、演算回路は、これら３つの波形信号を取得し、それらの交点をカウントし、このカウント値に基づいて変位量を算出することができる。

[0100] ５．第５の実施形態

図１８は、本発明の第５の実施形態に係る変位計測装置の演算回路の機能的構成を示すブロック図である。この第５の実施形態に係る変位計測装置は、図示しないが、上記のように３つのシフト領域を有する第２の回折格子を備え、また、それらシフト領域に対応する３つの受光領域を有するＰＤを備える。

[0101] 演算回路４４０は、Ａ／Ｄ変換器４１、カウント部３４１、平均値算出部４４４、データ参照部４４２、データ記憶部４４３を備える。

[0102] ３つのＡ／Ｄ変換器４１は、チャネル１～３を介して、ＰＤの３つの受光領域から得られる波形信号を取得して、各波形信号のデジタル値を出力する。

[0103] 平均値算出部４４４は、Ａ／Ｄ変換器４１から取得した各値、すなわち、３つの波形信号の平均値を算出する。カウント部４４１は、Ａ／Ｄ変換器４１から取得したそれぞれの波形信号を形成する値と、平均値との交点をカウントし、そのカウント値を出力する。データ記憶部４４３は、予めカウント値と変位量とを対応付けて記憶している。

[0104] 図１９Ａ～Ｄは、上記１．（４）で述べたたように、ＰＤが０次光３０を含む干渉光２８を検出する場合において、干渉光２８に含まれる０次光３０のそれぞれ異なる強度ごとに、ＰＤの各受光領域で得られる３つの波形信号のシミュレーションを示す。また、これらのグラフには、これら３つの波形信号の平均値も示されている。干渉光２８に含まれる０次光３０の強度の割合は、それぞれ０％、２％、４％及び６％である。

[0105] このシミュレーションから、０次光３０の割合が増えるほど、また、ｘ方向の変位全体範囲内で中央に近いほど、ＰＤによる各波形信号の振幅が低下

する傾向にあることがわかる。

[0106] データ参照部４４２は、カウント部４４１によってカウントされた各交点ａ、ｂ、ｃ、・・・（図１９Ｂ～Ｄ参照）に対応する変位量をデータ記憶部４４３から抽出し、これを出力する。

[0107] 本実施形態では、干渉光２８に０次光が含まれていたとしても、その０次光のノイズに追従するラインである平均値を求めることにより、その平均値の検出レベルで検出された各波形信号の値（交点の値）が、変位方向で正確な間隔で現れる。したがって、演算回路４４０は、これらの交点のカウント値に基づき、正確な変位を算出することができる。

[0108] 上記１．（４）でも述べたように、干渉光２８を構成する光の光路差が（２ｍ＋１）λ／４を満たすような回折格子間の距離が設定されることにより、０次光によるノイズを抑制できる。しかし、例えば回折格子間の距離をそのように設定した場合であっても、例えば０次光が数％残る場合には、本実施形態は特に有効である。

[0109] しかしながらもちろん、上記光路差に基づく回折格子間の距離の設定をしない場合であっても、本実施形態のように回路による処理のみによって、０次光によるノイズを抑制することも可能である。

[0110] 本実施形態に係る変位計測装置は、３つの波形信号を形成したが、上述した実施形態のように、２つまたは４つ以上の波形信号を形成して、これらの波形信号と平均値との交点をカウントし、カウント値に基づき変位を出力してもよい。

[0111] ６．変位計測装置を保持するホルダ

図２０は、例えば図１に示した光学系を保持する保持機構を含む変位計測装置１００（または２００でもよい）の一実施形態を示す。

[0112] 保持機構５０は、ボックス状の、第１のホルダ５１及び第２のホルダ５２を有する。第１のホルダ５１は、光源１２、コリメータレンズ１４及び第１の回折格子２１を一体的に支持する。第２のホルダ５２は、第２の回折格子２２及びＰＤ３１を一体的に支持する。

[0113] 第１のホルダ５１の一端には、光源１２が実装された実装基板５３が取り付けられている。第２のホルダ５２の他端には、第１の回折格子２１が取り付けられている。第２のホルダ５２の一端には、第２の回折格子２２が取り付けられ、第２のホルダ５２の他端には、ＰＤ３１が実装された実装基板５４が取り付けられている。

[0114] 第１のホルダ５１には、光源１２から出射した光がコリメータレンズ１４を介して第１の回折格子２１に入射するための通路５８が形成されている。第２のホルダ５２には、第２の回折格子２２から出射した干渉光２７（図１参照）が主にＰＤ３１に入射するための通路５９が形成されている。

[0115] 保持機構５０は、これら第１のホルダ５１及び第２のホルダ５２をｘ方向にスライド可能に支持する支持機構１５０を備える。支持機構１５０は、これらホルダ５１及び５２をｘ方向に相対移動可能に接続する接続部として機能する。

[0116] 支持機構１５０は、ｘ方向に延設されたスライドシャフト５５を有する。例えば、第１のホルダ５１及び第２のホルダ５２の底部（図においてｙ方向の下部）には、図示しないｘ方向の貫通穴が形成されており、この貫通穴にスライドシャフト５５が挿通されている。スライドシャフト５５は、例えば１つのホルダに２本ずつ設けられる。

[0117] また、支持機構１５０は、第１のホルダ５１及び第２のホルダ５２を弾性的に接続する弾性部材５７を有する。弾性部材５７は、例えば、第１のホルダ５１及び第２のホルダ５２の側面同士を接続するように設けられ、例えば両側面に設けられている。弾性部材５７は、主に樹脂や金属等により弾性変形が可能な構造や形状で構成されている。

[0118] この変位計測装置１００の使用時には、計測対象物の図示しない第１の部位に第１のホルダ５１が固定されるように、かつ、計測対象物の図示しない第２の部位に第２のホルダ５２が固定されるように、この変位計測装置１００が計測対象物に取り付けられる。これにより、計測対象物の第１及び第２の部位のｘ方向の変位を計測することができる。

[0119] ７．その他の実施形態

本発明は、以上説明した実施形態に限定されず、他の種々の実施形態を実現することができる。

[0120] 上記各実施形態に係る演算回路は、基本的には、カウント値（及び電圧レベル）と変位量とを対応付けるルックアップテーブルを参照して変位を出力した。しかし、演算回路は所定の演算式を用いて変位を出力してもよい。例えば演算回路は、所定の単位変位量を記憶しておき、カウント値に単位変位量を乗じる方法、あるいは、カウント値を得るごとに、上記単位変位量を加算していく方法などがある。例えば、波形信号の１波長で１カウントする場合、上記単位変位量は格子線ピッチに相当し、波形信号の半波長で１カウントする場合、単位変位量は格子線ピッチの１／２に相当する。

[0121] 図１１及び１４に示した各実施形態において、シフト領域は第２の回折格子に設けられていたが、第１の回折格子に設けられていてもよい。

[0122] 図１１または１４に示した第２の回折格子１２２または２２２は、ｙ方向に配列された複数のシフト領域を有していたが、ｘ方向に配列された複数のシフト領域を有していてもよい。この場合、光センサも、ｘ方向に配列された複数の受光領域を有する。またこの場合、各シフト領域の格子線パターンが、ｘ方向に格子線ピッチの１／２より小さい所定距離分互いにシフトするような、各格子線パターン及び各受光領域の相対的な配置がとられる。

[0123] 以上説明した各形態の特徴部分のうち、少なくとも２つの特徴部分を組み合わせることも可能である。例えば、図１０～１２に示した構成を備える変位計測装置が、スイッチングを行うのではなく、第４または第５の実施形態に示す処理のように、交点のカウント値に基づき変位を算出してもよい。

符号の説明

[0124] １２…光源

２０、１２０、２２０…回折格子対

２１…第１の回折格子

２１ａ、２２ａ、１２３、２２３…格子線

２２、１２２、２２２、…第２の回折格子

２３…第１の回折光

２３ａ…＋ｎ次回折光

２３ｂ…－ｎ次回折光

２５…第２の回折光

２５ａ…－ｎ次回折光

２５ｂ…＋ｎ次回折光

２７、２８…干渉光

３０（３０ａ、３０ｂ）…０次光

３１、３３、３４…ＰＤ

３３Ａ、３３Ｂ、３４Ａ～３４Ｄ…受光領域

４０、１４０、２４０、３４０、４４０…演算回路

４２、３４２、４４２…データ参照部

４３、３４３、４４３…データ記憶部

４１…Ａ／Ｄ変換器

４４、４５…スイッチ

４６…出力タイミング制御部

１００、２００…変位計測装置

１２２Ａ、１２２Ｂ、２２２Ａ～２２２Ｄ…シフト領域

５０…保持機構

５１…第１のホルダ

５２…第２のホルダ

３４１、４４１…カウント部

４４４…平均値算出部

請求の範囲

[請求項1] 光源と、

前記光源からの光線の進路に沿って配置され、相対移動可能であり、回折光をそれぞれ発生する第１の回折格子及び第２の回折格子と、

前記第１の回折格子による＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数）が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する－ｎ次回折光と、前記第１の回折格子による－ｎ次回折光が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する＋ｎ次回折光との干渉光を検出する光センサと、

前記光センサで得られた信号に基づき、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の光軸に直交する方向における、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の相対的な変位を算出する演算処理手段と

を具備する変位計測装置。

[請求項2] 請求項１に記載の変位計測装置であって、

前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子は、複数の格子線をそれぞれ有し、　前記演算処理手段は、前記複数の格子線の配列方向に沿う前記変位を算出する

変位計測装置。

[請求項3] 請求項２に記載の変位計測装置であって、

前記光センサは、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子を前記光軸に沿って直進する０次光を受けることにより、前記第２の回折格子により発生する前記±ｎ次回折光と、前記０次光との干渉光を検出し、

前記±ｎ次回折光と、前記０次光との光路差が、（２ｍ＋１）λ／４（ｍは０以上の整数）を満たすように、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子間の距離が設定されている

変位計測装置。

[請求項4] 請求項２に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、前記光センサで得られた、前記複数の格子線の格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の検出値を出力する検出値出力部を有し、

前記検出値出力部は、前記演算処理手段が前記格子線ピッチより小さい間隔で変位を出力するように設定された所定の検出レベルを有する

変位計測装置。

[請求項5] 請求項２に記載の変位計測装置であって、

前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子のうちいずれか一方は、分割されて構成される複数のシフト領域を有し、

前記複数のシフト領域は、前記複数の格子線の配列方向に、格子線ピッチの１／２より小さい所定距離分互いにシフトされた格子線パターンをそれぞれ有し、

前記光センサは、前記複数のシフト領域から出射されたそれぞれの光を受ける複数の受光領域を有する

変位計測装置。

[請求項6] 請求項５に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる信号を、所定のタイミングで選択的に切り替え、選択した１つの信号を演算処理に用いる

変位計測装置。

[請求項7] 請求項６に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、

前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の検出値を出力する検出値出力部と、

前記波形信号のうち処理対象とされた第１の波形信号の振幅ピーク値より小さい所定の検出値を検出するタイミングで、処理対象を第２の波形信号に切り替える切替部とを有する

変位計測装置。

[請求項8] 請求項７に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、前記第１の波形信号と前記第２の波形信号との交点での検出値、または、前記交点での検出値と同じレベルの検出値を、前記所定の検出値として処理する

変位計測装置。

[請求項9] 請求項５に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号の交点をカウントするカウント部を有し、前記カウント部によるカウント値に基づき、前記変位を算出する

変位計測装置。

[請求項10] 請求項５に記載の変位計測装置であって、

前記演算処理手段は、前記複数の受光領域でそれぞれ得られる、前記格子線ピッチに応じた周期性を持つ波形信号と、それら波形信号の平均値との交点をカウントするカウント部を有し、前記カウント部によるカウント値に基づき、前記変位を算出する

変位計測装置。

[請求項11] 請求項１から１０のうちいずれか１項に記載の変位計測装置であって、

前記光源及び前記第１の回折格子を保持する第１のホルダと、

前記第２の回折格子及び前記光センサを保持する第２のホルダと、

前記第１のホルダ及び前記第２のホルダを、前記光軸に直交する方向に沿って相対移動可能に接続する接続部とをさらに具備する

変位計測装置。

[請求項12] 光源からの光線の進路に沿って配置された相対移動可能な第１の回折格子及び第２の回折格子に、前記光源からの光が入射することにより、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子から回折光をそれぞ

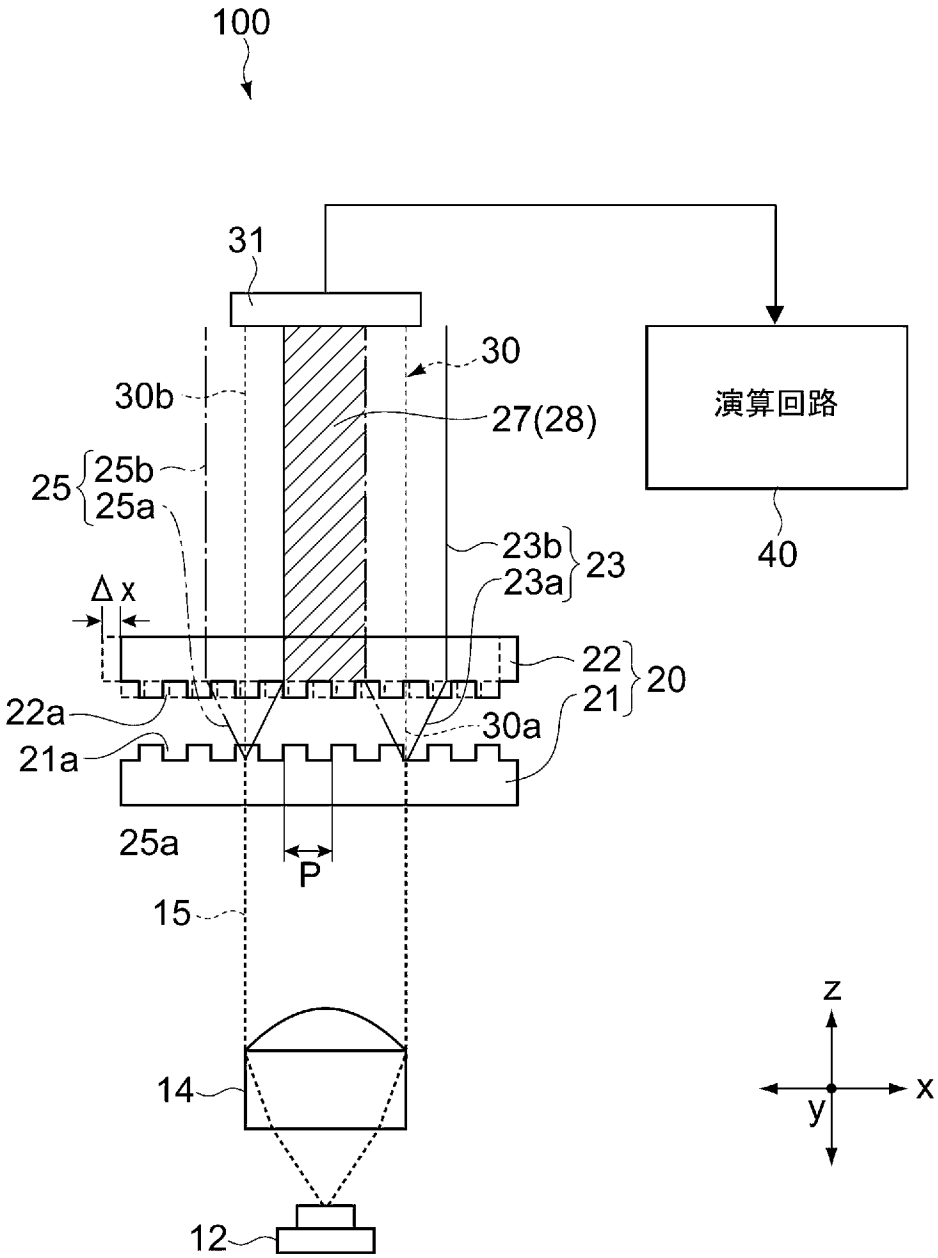
れ発生させ、

前記第１の回折格子による＋ｎ次回折光（ｎは１以上の自然数）が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する－ｎ次回折光と、前記第１の回折格子による－ｎ次回折光が前記第２の回折格子に入射して前記第２の回折格子から発生する＋ｎ次回折光との干渉光を、光センサにより検出し、

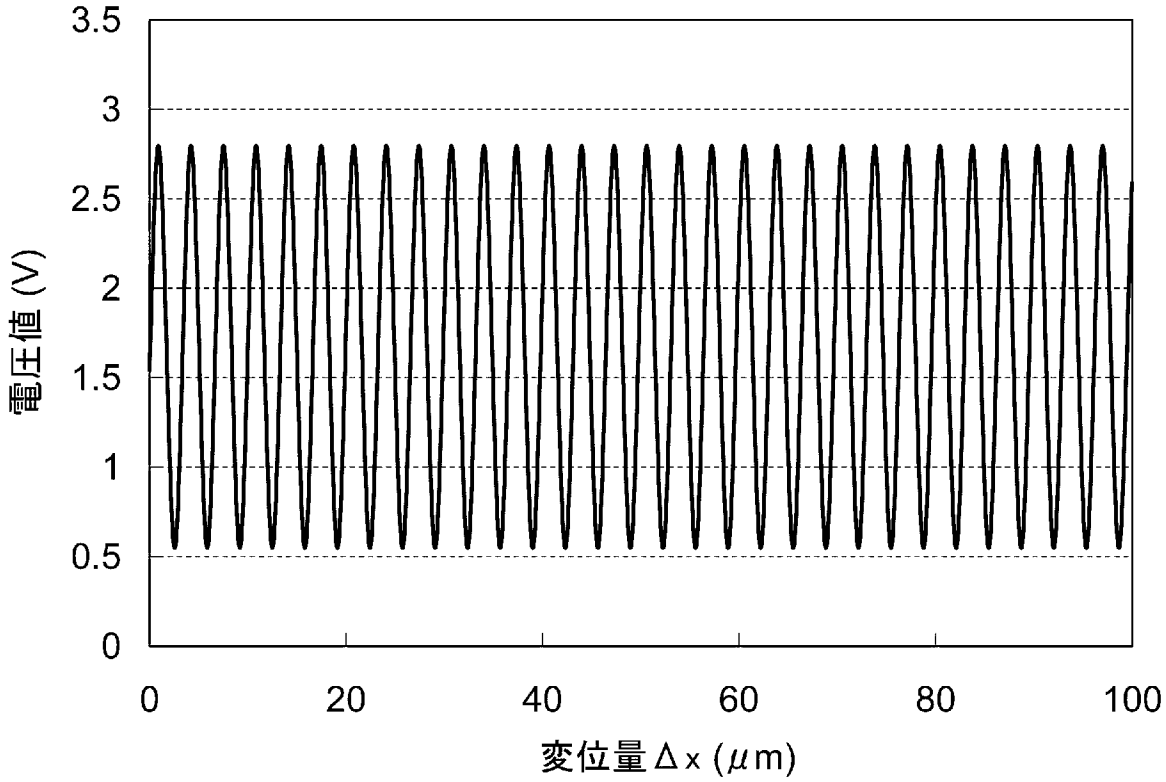
前記光センサで得られた信号に基づき、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の光軸に直交する方向における、前記第１の回折格子及び前記第２の回折格子の相対的な変位を算出する

変位計測方法。

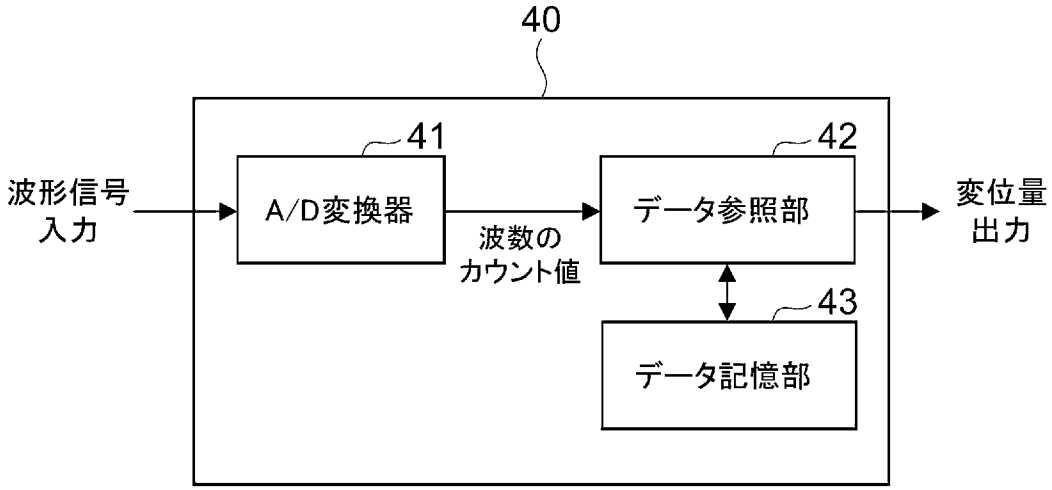
[図1]


100
31
30
30b
27(28)
演算回路
25
25b
25a
23b
23
23a
40
Δx
22
20
21
22a
30a
21a
25a
P
15
14
12
z
x
y

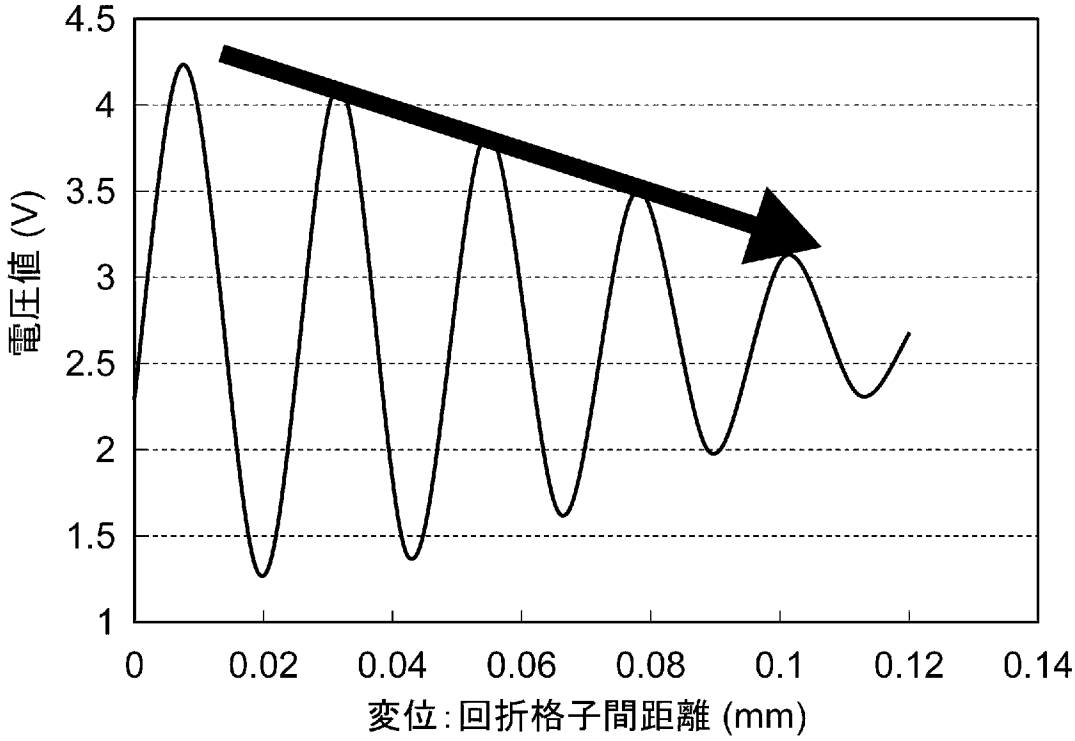
[図2]


3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
電圧値 (V)
0
20
40
60
80
100
変位量Δx (μm)

[図3]

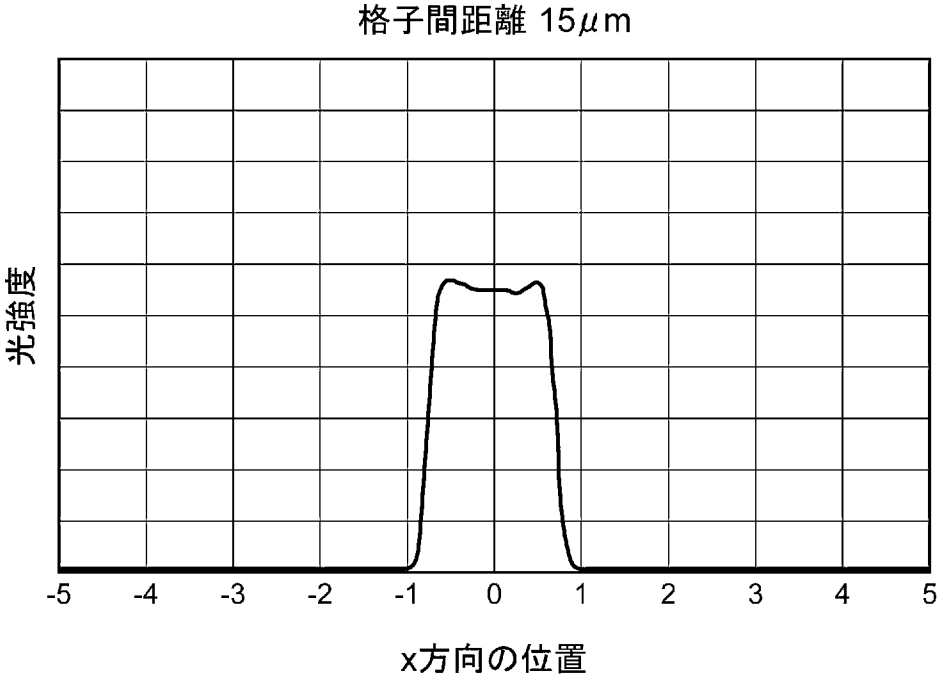

40
41
42
43
波形信号
入力
A/D変換器
波数の
カウント値
データ参照部
変位量
出力
データ記憶部

[図4]

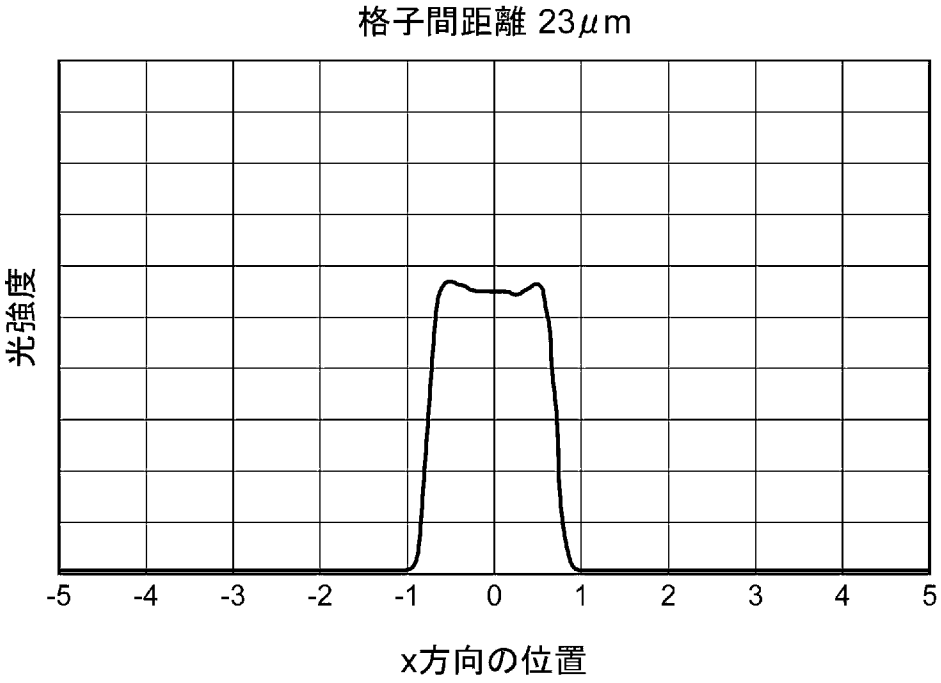


[図5]

A

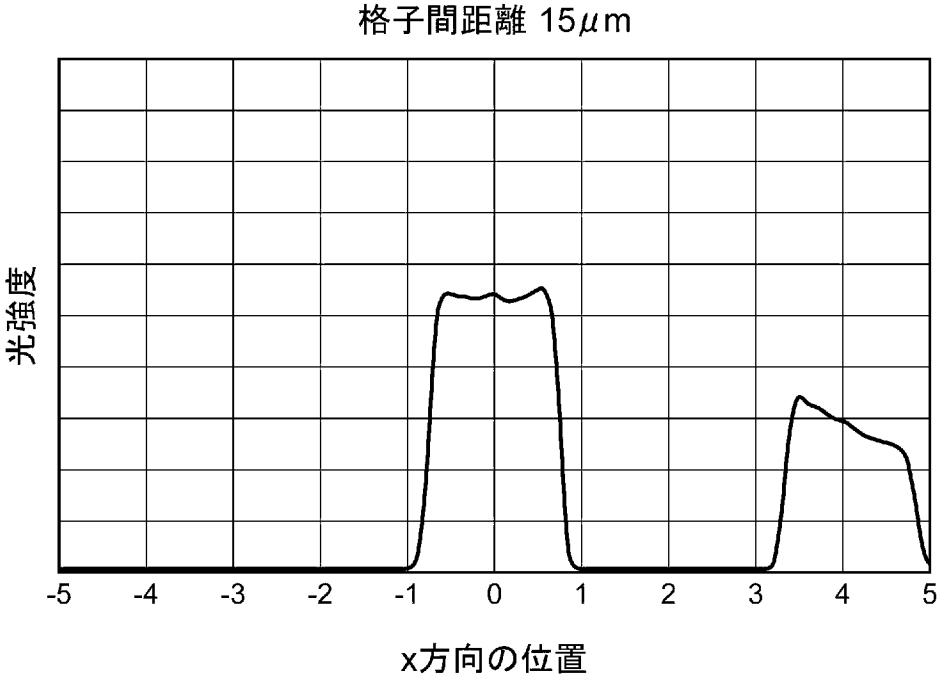

格子間距離 15μm
光強度
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
x方向の位置

B

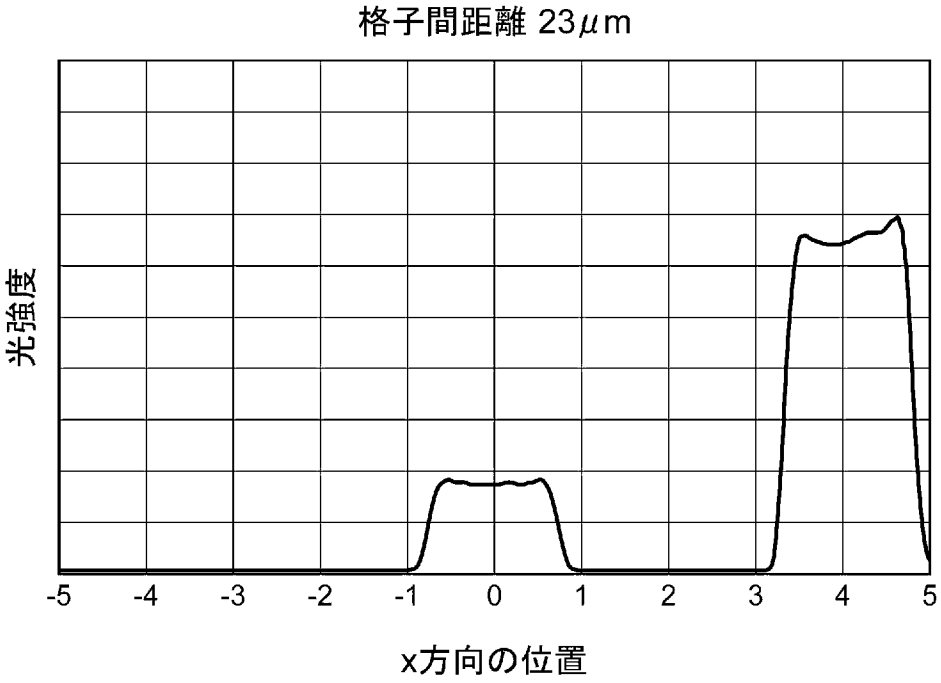

格子間距離 23μm
光強度
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
x方向の位置

[図6]

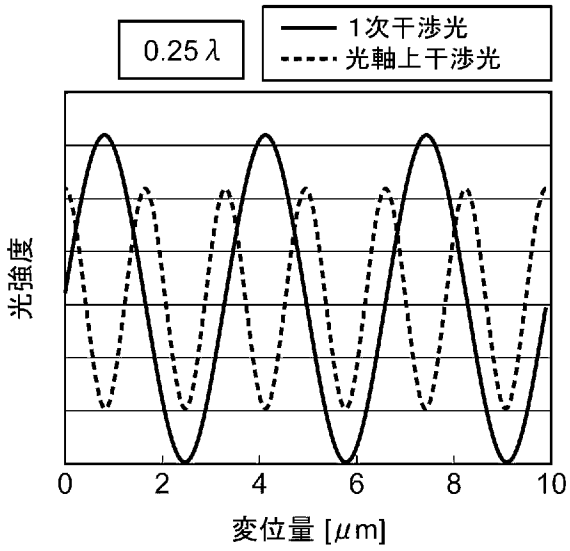
A


格子間距離 15μm
光強度
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
x方向の位置

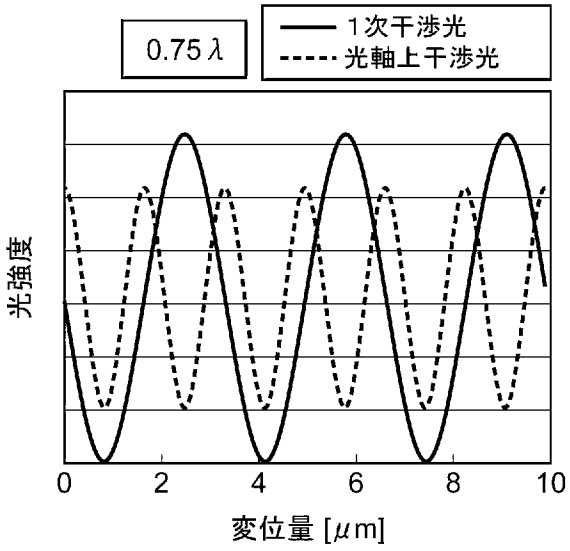
B


格子間距離 23μm
光強度
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5
x方向の位置

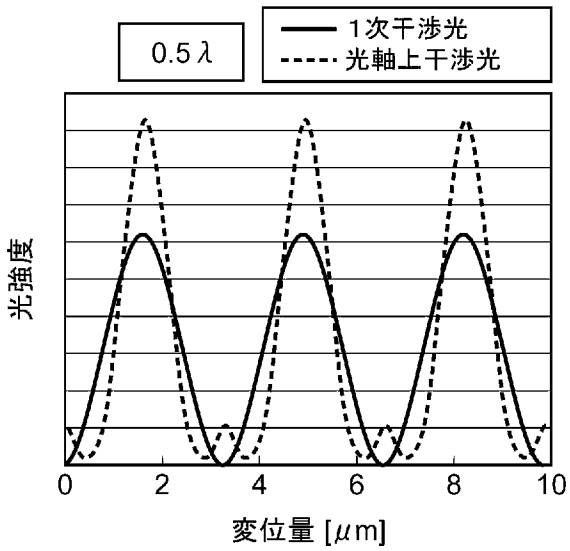
[図7]


0.25 λ
1次干渉光
光軸上干渉光
光強度
0
2
4
6
8
10
変位量 [μm]

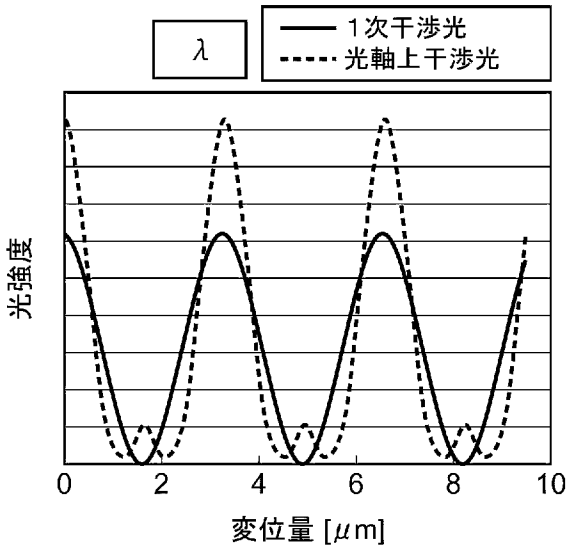
A


0.75 λ
1次干渉光
光軸上干渉光
光強度
0
2
4
6
8
10
変位量 [μm]

C

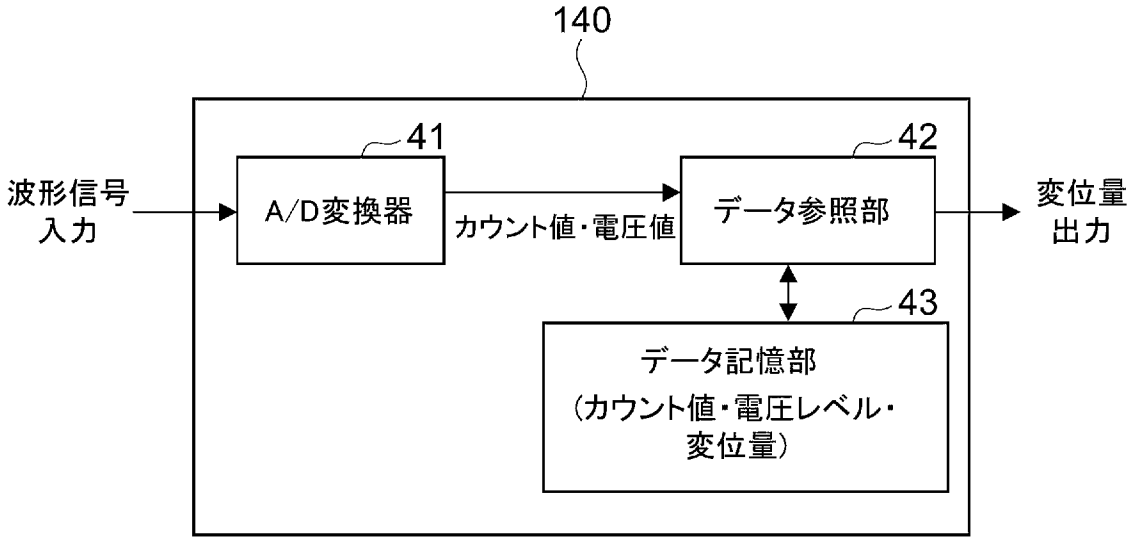

0.5 λ
1次干渉光
光軸上干渉光
光強度
0
2
4
6
8
10
変位量 [μm]

B

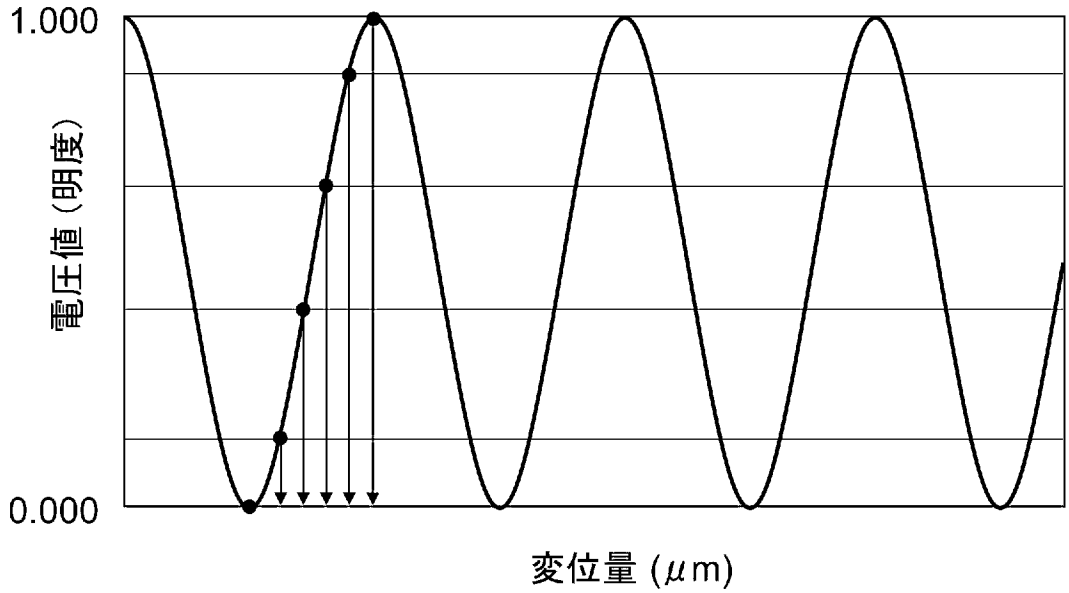

λ
1次干渉光
光軸上干渉光
光強度
0
2
4
6
8
10
変位量 [μm]

D

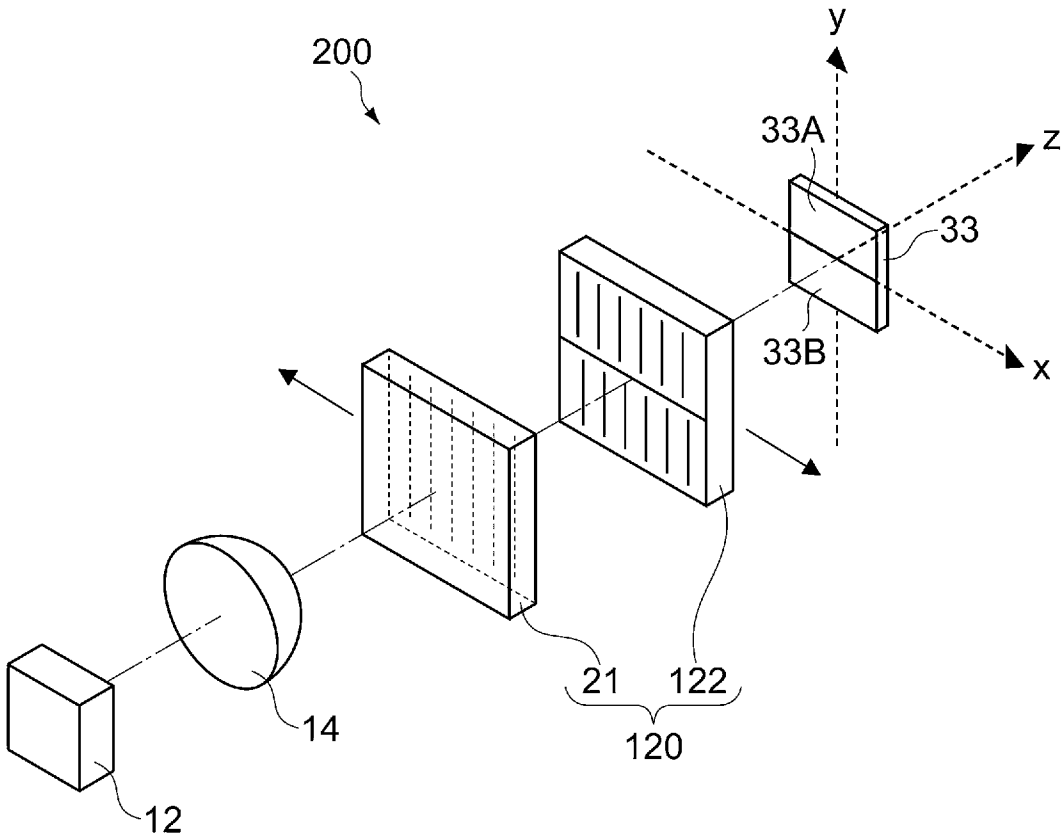
[図8]


140
41
42
波形信号
入力
A/D変換器
カウント値・電圧値
データ参照部
変位量
出力
43
データ記憶部
(カウント値・電圧レベル・
変位量)

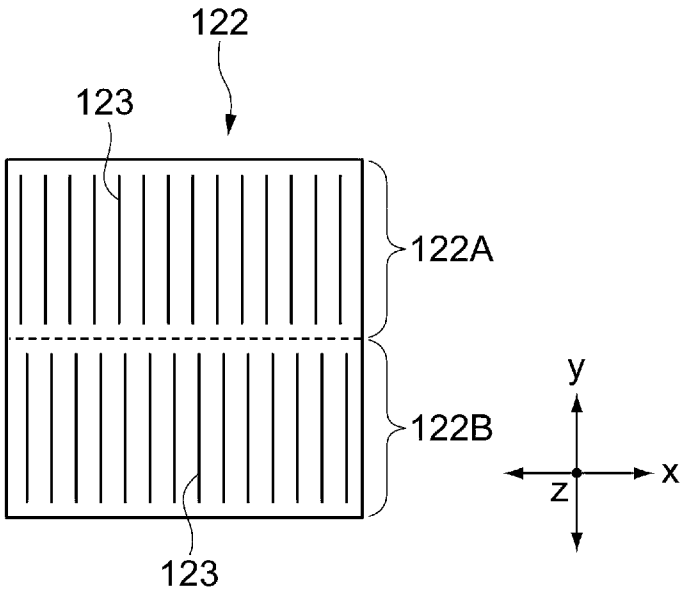
[図9]


1.000
0.000
電圧値 (明度)
変位量 (μm)

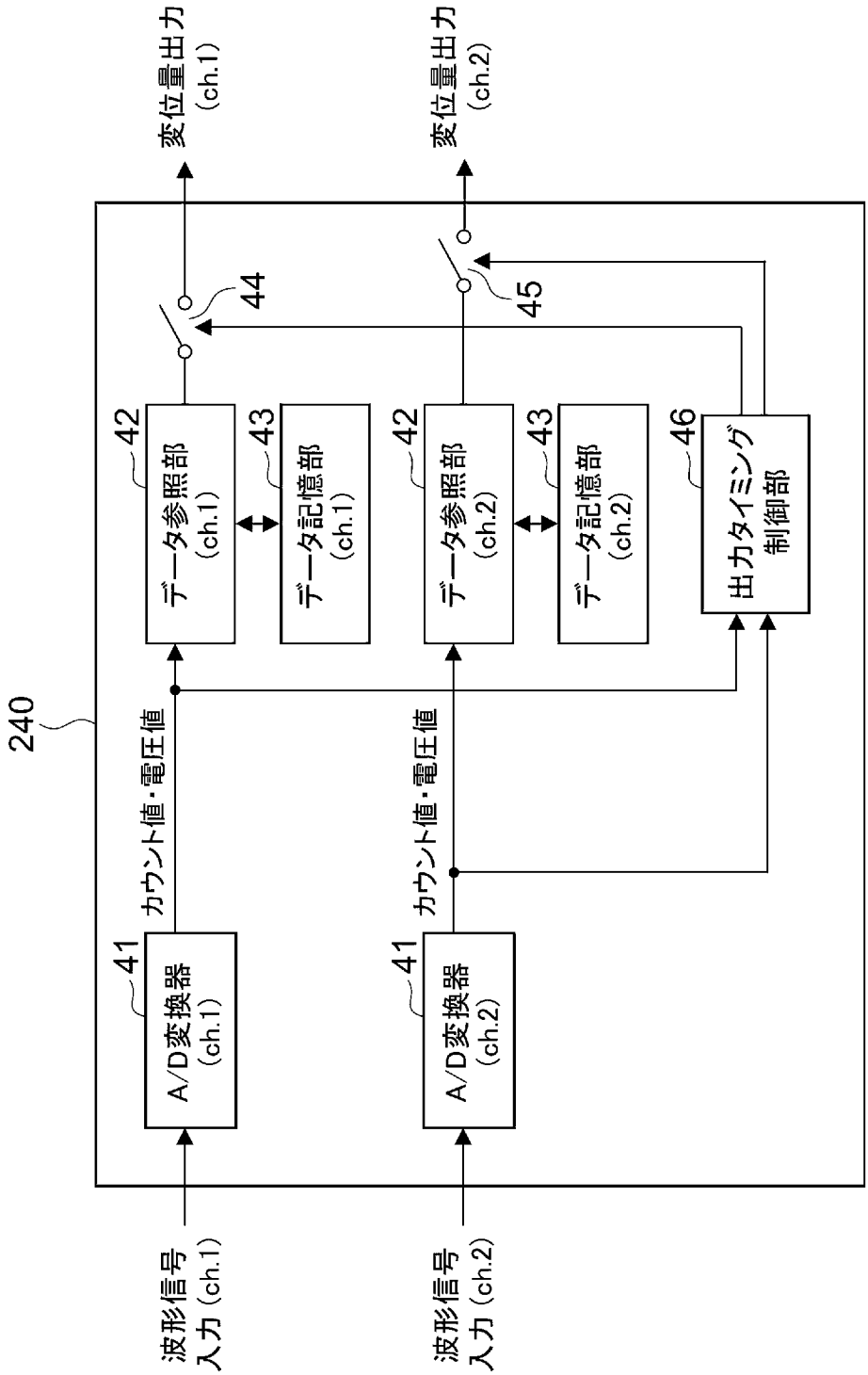
[図10]



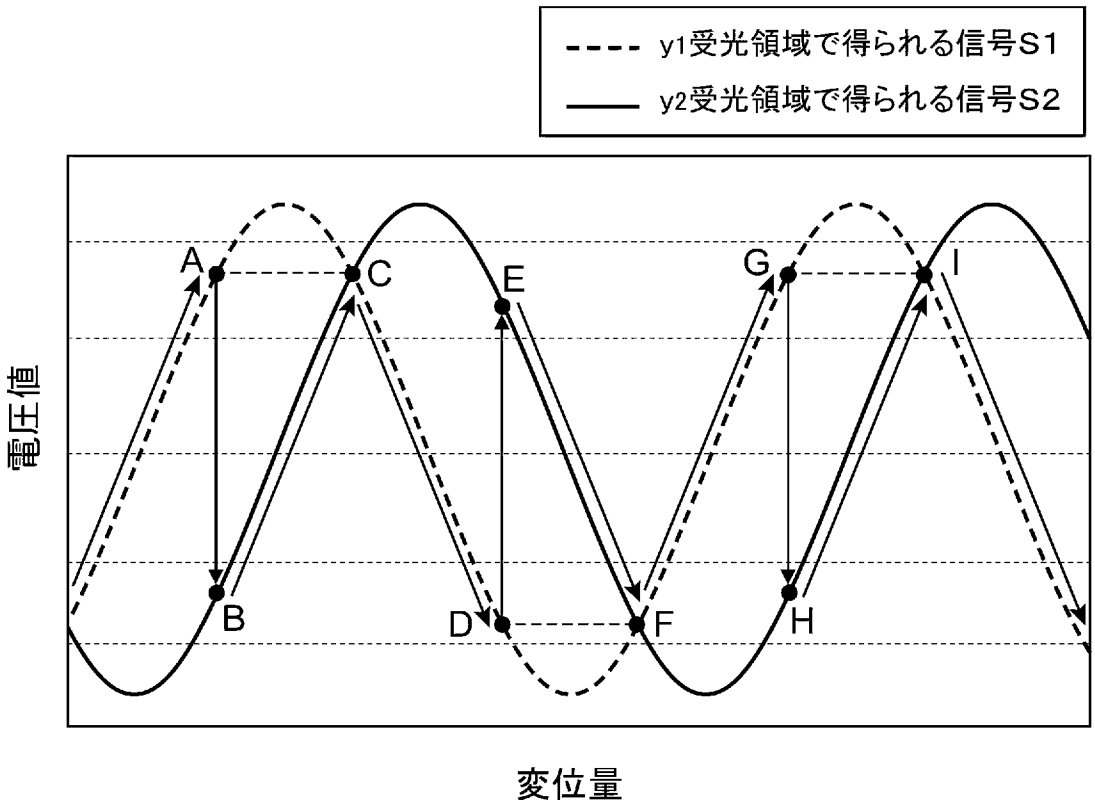
[図11]



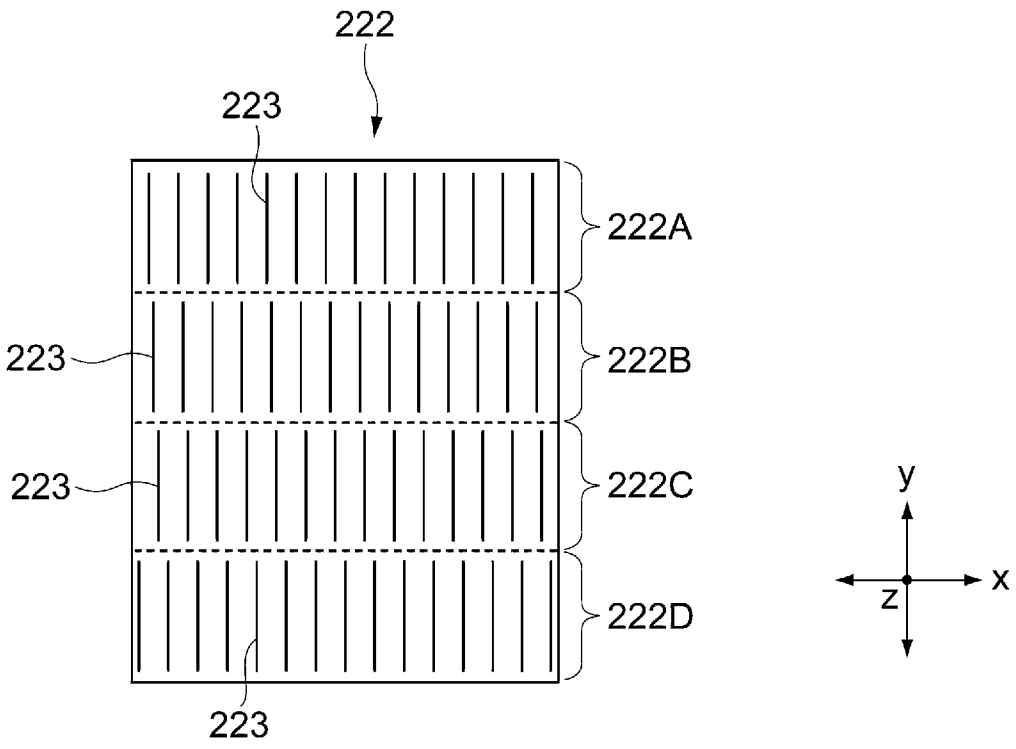
[図12]


変位量出力 (ch.1)
変位量出力 (ch.2)
44
45
42
データ参照部 (ch.1)
43
データ記憶部 (ch.1)
42
データ参照部 (ch.2)
43
データ記憶部 (ch.2)
46
出力タイミング制御部
240
カウント値・電圧値
カウント値・電圧値
41
A/D変換器 (ch.1)
41
A/D変換器 (ch.2)
波形信号入力 (ch.1)
波形信号入力 (ch.2)

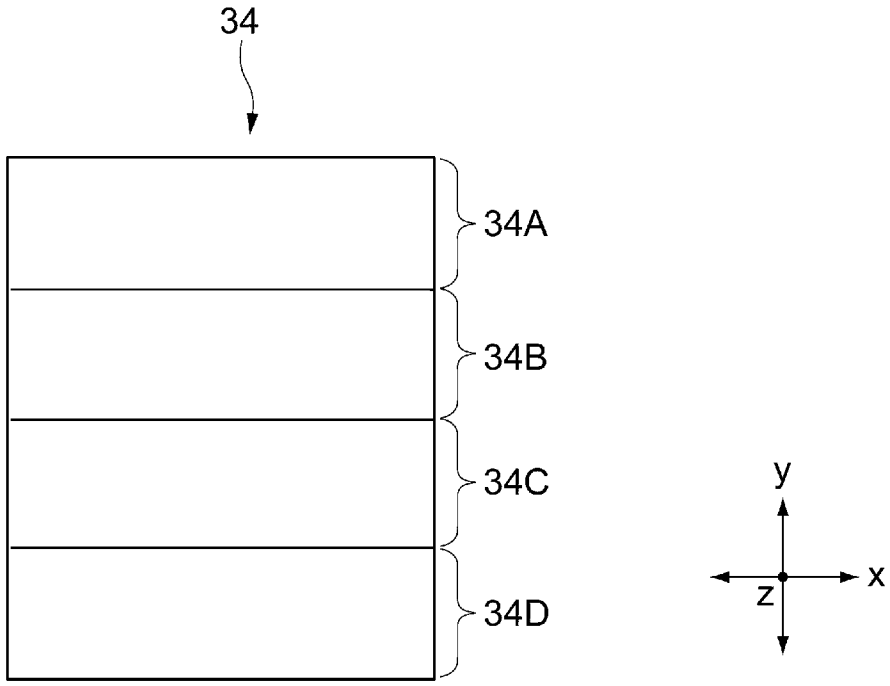
[図13]


y1受光領域で得られる信号S1
y2受光領域で得られる信号S2
A
B
C
D
E
F
G
H
I
電圧値
変位量

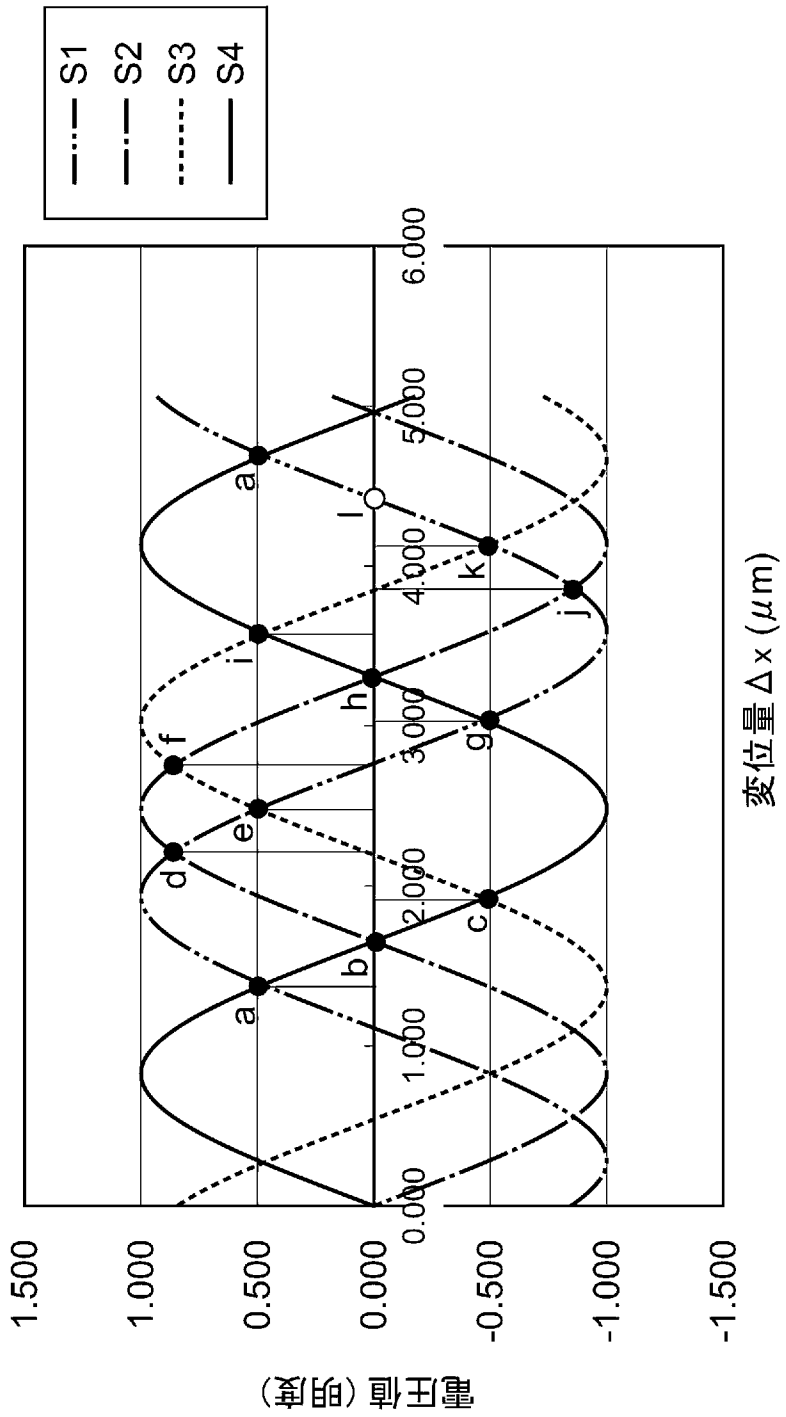
[図14]


222
223
222A
223
222B
223
222C
222D
223
y
x
z

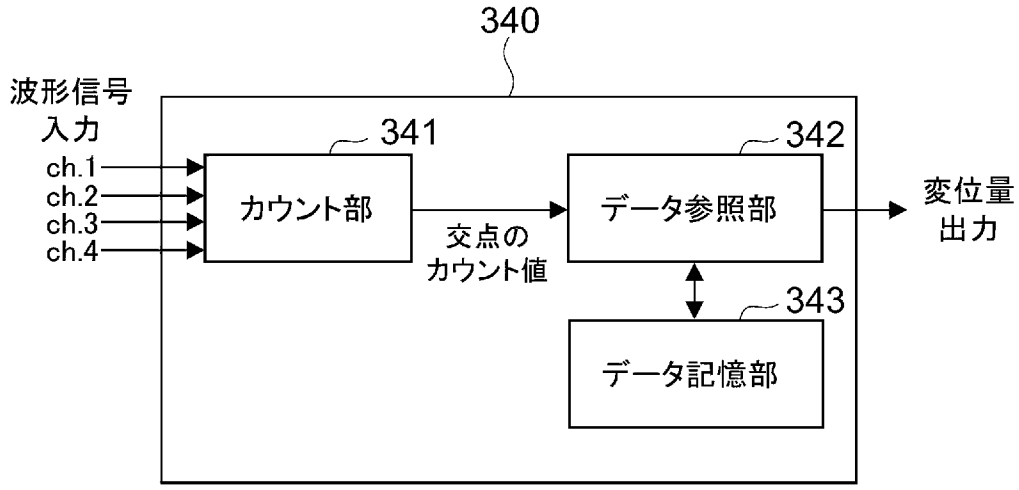
[図15]



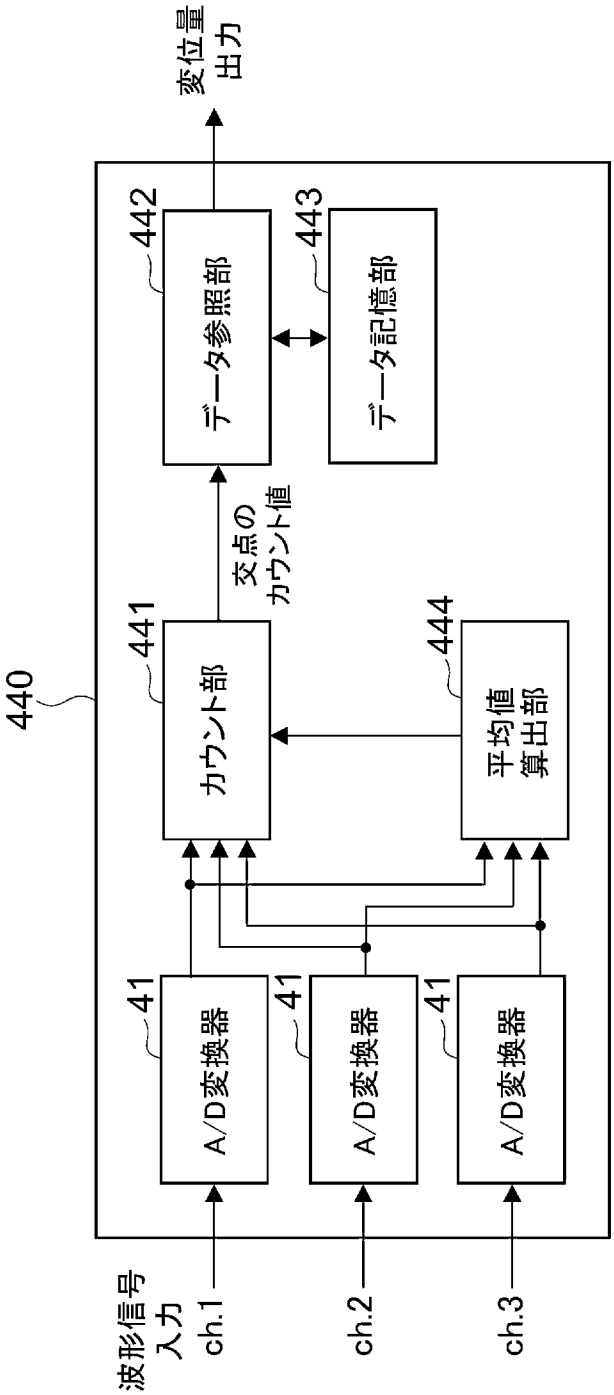
[図16]


S1
S2
S3
S4
電圧値（明度）
1.500
1.000
0.500
0.000
-0.500
-1.000
-1.500
変位量 Δx (μm)
0.000
1.000
2.000
3.000
4.000
5.000
6.000
a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
k
l

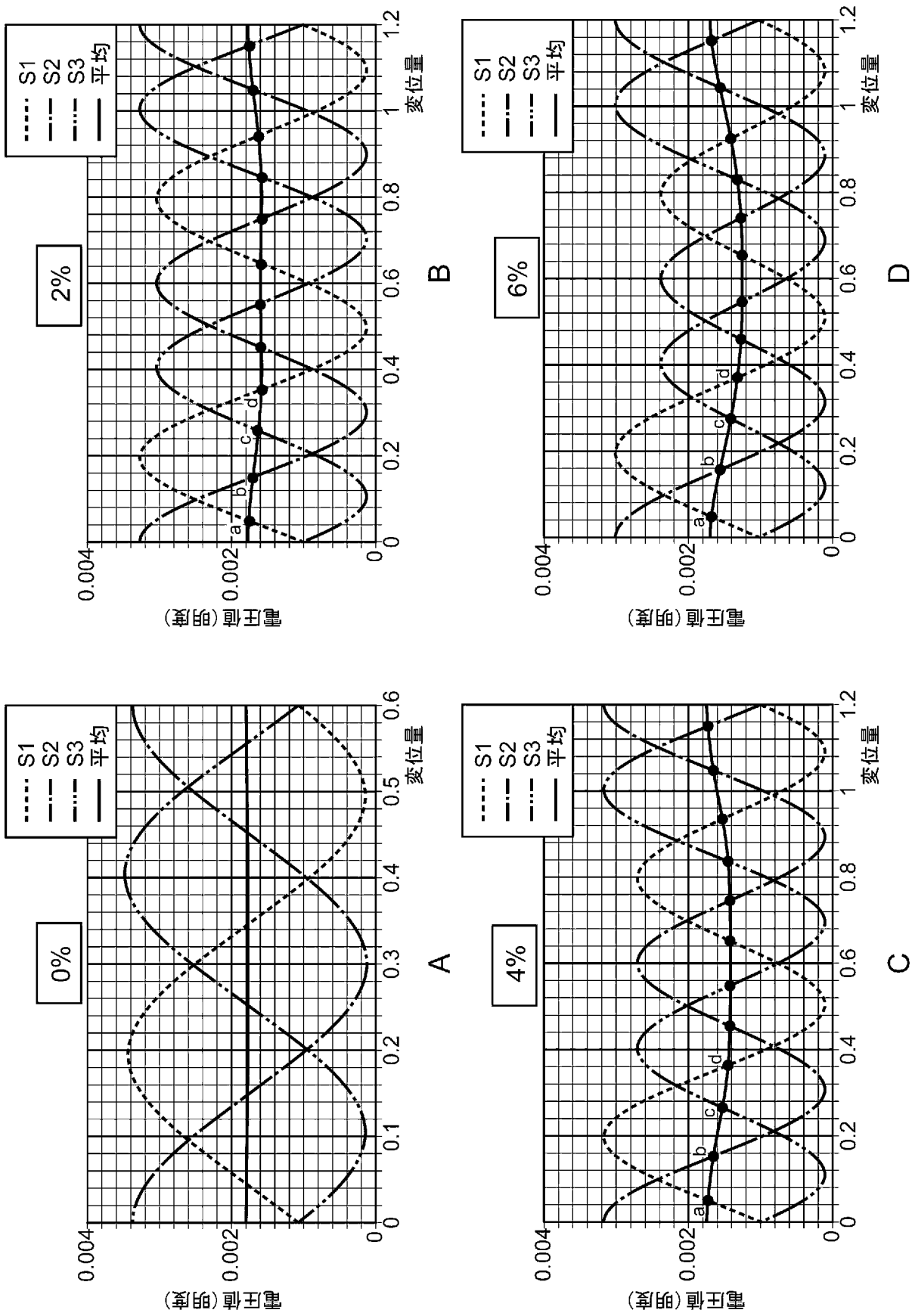
[図17]


340
波形信号
入力
ch.1
ch.2
ch.3
ch.4
341
カウント部
交点の
カウント値
342
データ参照部
変位量
出力
343
データ記憶部

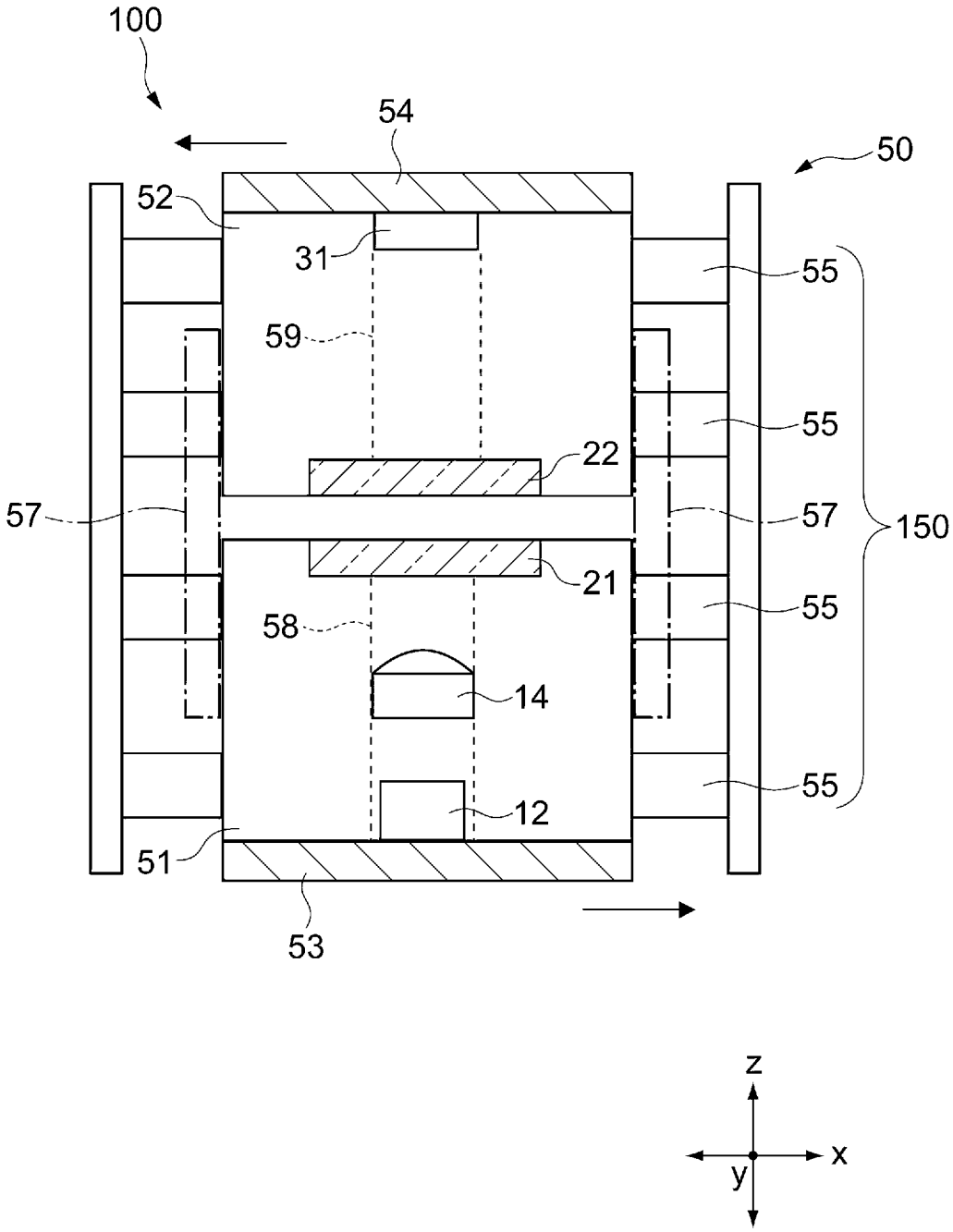
[図18]


変位量
出力
442
データ参照部
443
データ記憶部
交点の
カウント値
441
カウント部
444
平均値
算出部
440
41
A/D変換器
41
A/D変換器
41
A/D変換器
波形信号
入力
ch.1
ch.2
ch.3

[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/083291

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/00(2006.01)i, *G01D5/38*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B11/00-11/30, G01D5/26-5/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 7-198424 A (Ricoh Co., Ltd.), 01 August 1995 (01.08.1995), paragraphs [0015] to [0043]; fig. 1 to 6 & US 5652426 A	1,2,4,5,11, 12 3,6-10
A	JP 7-181009 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 18 July 1995 (18.07.1995), entire text; fig. 1 to 36 & US 6154278 A & DE 4420276 A1	1-12
A	JP 10-267694 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 October 1998 (09.10.1998), entire text; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 February, 2014 (12.02.14)	25 February, 2014 (25.02.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/083291

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-334609 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 17 December 1996 (17.12.1996), entire text; fig. 1 to 12 & US 5754341 A & EP 752599 A1	1-12
A	JP 62-35223 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 16 February 1987 (16.02.1987), entire text; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-12
A	JP 2001-235349 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 31 August 2001 (31.08.2001), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８３２９１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00(2006.01)i, G01D5/38(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00-11/30, G01D5/26-5/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 7-198424 A (株式会社リコー) 1995.08.01, 段落【0015】-【0043】, 図 1-6 & US 5652426 A	1, 2, 4, 5, 11, 12
A		3, 6-10
A	JP 7-181009 A (松下電器産業株式会社) 1995.07.18, 全文, 図 1-36 & US 6154278 A & DE 4420276 A1	1-12
A	JP 10-267694 A (松下電器産業株式会社) 1998.10.09, 全文, 図 1-7 (ファミリーなし)	1-12

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．０２．２０１４	２５．０２．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｓ　３７１４
須中　栄治
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 8-334609 A（松下電器産業株式会社）1996.12.17，全文，図 1-12 & US 5754341 A & EP 752599 A1	1-12
A	JP 62-35223 A（工業技術院長）1987.02.16，全文，第 1-6 図（ファミリーなし）	1-12
A	JP 2001-235349 A（オリンパス光学工業株式会社）2001.08.31，全文，図 1-5（ファミリーなし）	1-12