

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5520036号  
(P5520036)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 C 3/06 (2006.01)** GO 1 C 3/06 I 2 O P  
**GO 1 B 11/00 (2006.01)** GO 1 B 11/00 B

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-289793 (P2009-289793)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成21年12月21日(2009.12.21)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2011-39026 (P2011-39026A)		神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(43) 公開日	平成23年2月24日(2011.2.24)	(74) 代理人	100080458
審査請求日	平成24年11月1日(2012.11.1)		弁理士 高矢 諭
(31) 優先権主張番号	特願2009-168197 (P2009-168197)	(74) 代理人	100076129
(32) 優先日	平成21年7月16日(2009.7.16)		弁理士 松山 圭佑
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100089015
			弁理士 牧野 剛博
		(72) 発明者	三木 豊
			神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		審査官	神谷 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学式変位計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

色収差を有する対物レンズに対し、測定対象と反対側の共焦点に広帯域光源を配置し、測定対象からの反射光が戻るときの共焦点位置に空間フィルタを設けて透過させることにより、測定対象にプローブの焦点が合焦した波長の被測定光を抽出し、分光して該被測定光の波長を特定することにより、測定対象の位置を測定するクロマティックコンフォーカル方式の光学式変位計において、

コリメートされて一方向に伝播される前記被測定光を、その伝播方向Zと直交する2方向X、Yの直線偏光に分ける偏光子と、

該2方向の直線偏光を通過させて、光波長に応じた位相差を持つ楕円偏光とする波長板と、

該楕円偏光を、XY間の2つの方向の偏光成分に分ける偏光分離素子と、

各偏光成分の光量を検出する受光素子と、

該受光素子で検出した光量信号A、Bを用いて、 $(A - B) / (A + B)$ の演算を行う演算回路とを備え、

対物レンズの色収差によるプローブの焦点位置の光波長特性と分光出力 $(A - B) / (A + B)$ の光波長特性を相殺して直線性を改善したことを特徴とする光学式変位計。

【請求項2】

前記偏光分離素子の出側のコリメート光を、該コリメート光の光軸に垂直な断面積より小さな受光面を有する受光素子で受光することを特徴とする請求項1に記載の光学式変位

計。

【請求項 3】

前記偏光分離素子の出側のコリメート光を絞る手段を更に備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の光学式変位計。

【請求項 4】

前記コリメート光を絞る手段が集光手段であり、該集光手段の集光点に前記受光素子が配設されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光学式変位計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学式変位計に係り、特に、クロマティックコンフォーカル変位計の高分解能且つ高速応答化と小型化を図ることが可能な、被測定光の波長測定部分の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

図 1 に全体構成を例示するクロマティックコンフォーカル変位計（特許文献 1 参照）は、次のような原理を利用している。即ち、光軸上色収差の大きい対物レンズ 1 2 では、光波長（色）により、焦点距離が異なり、青色光は近く、赤色光は遠くに合焦する。前記対物レンズ 1 2 に対し、測定対象であるワーク 8 と反対側の共焦点（色収差の補正されたコリメートレンズ 1 4 の焦点位置）は色によらず共通と見做し、ここに、白色又は広帯域の点光源を配置すると、ワーク 8 の高さに応じて、ワーク 8 に合焦する色が 1 対 1 で変わる。そこで、ワーク 8 からの反射光が戻るときの共焦点位置にピンホール等の空間フィルタを設けて透過させれば、ワークに合焦した色の光を抽出できる。

【0003】

そして、コンソール 2 0 内の回折格子等の分光器 2 6 を用いて、色（光波長）を特定することにより、色と 1 : 1 の関係にあるワーク 8 の高さ（変位）を測定できる。

【0004】

一般的には光ファイバ 3 0 を用い、白色光（広帯域光）をセンサヘッド 1 0 の共焦点まで導いて、光ファイバ端面 3 0 A のコアをピンホールに見立てて共焦点とし、コリメートレンズ 1 4 に発散光を与える形をとることが多い。

【0005】

ワーク反射後は、図 2 に例示する如く、ワーク 8 に照射された白色光のうち、ワーク 8 に合焦した色（図 2 では緑色光）の光が選択的に光ファイバ端面 3 0 A の共焦点位置に集まり、光ファイバコア内に取り込まれ、光ファイバカプラ 2 4 を経由して分光器 2 6 へと導かれる。一方、他の色の光は、光ファイバ端面 3 0 A のコアが、ピンホールと同等に入射する光を制限するように機能するため、コアの外周で蹴られて、光ファイバ 3 0 内に入射することはない。

【0006】

分光器 2 6 は、光ファイバ 3 0 内に戻った光の波長を検出し、その出力は、電子回路 2 8 に入力されて処理される。

【0007】

従来のクロマティックコンフォーカル変位計の光波長（色）を特定する分光部では、図 3 に例示する如く、光の回折現象を利用した回折格子や、屈折率の色分散を利用したプリズム等、空間的に色を分けて飛ばす光学素子 2 6 A を用いていた。そして、C-MOS ラインセンサ、CCD ラインセンサ、フォトダイオードアレイ等のリニアアレイ状受光素子 2 6 B で光を受け、光の飛んだ方向を検出して、光波長を特定していた。図 3 において、2 6 C は、光ファイバ 3 0 から出たワーク反射光を平行光線化するための色収差の補正されたコリメートレンズである。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

## 【0008】

【特許文献1】特開2008-256679号公報

【特許文献2】特公平1-15808号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

ここで、図3に例示したようなリニアアレイ状受光素子26Bを使用した場合、高分解能化を実現するには、(1)受光エレメントのピッチが狭いこと、(2)受光エレメントの素子数が多いこと、(3)各受光エレメントのS/N比が良いことという条件を満足する必要が有る。

10

## 【0010】

しかしながら、リニアアレイ状受光素子を使用しなければならないという制約の下では、高速且つ高分解能の実現は、次のとおり難しかった。

## 【0011】

即ち、CCDラインセンサを用いた場合、受光エレメントのピッチは狭く、素子数は多く、S/Nも良いが、シリアル出力であるため、1kHz以上の高速応答性の実現は難しい。

## 【0012】

一方、C-MOSラインセンサを用いた場合、受光エレメントのピッチは狭く、素子数は多く、パラレル出力であるため、数十kHz以上の高速応答性を実現できるが、S/Nが悪いため、高分解能且つ高速応答性の実現は困難である。

20

## 【0013】

又、フォトダイオードアレイを用いた場合、S/Nは良く、高速応答性を有するが、受光エレメントのピッチを狭くすることで、素子数を多くする(高分解能化に必要な数は数千オーダー)ことが困難なため、高分解能化の実現が難しい。更に、信号処理回路をエレメント数分設けると、回路規模が大きくなるという問題もある。

## 【0014】

一方、クロマティックコンフォーカル変位計以外の他方式の非接触変位計としては、静電容量式変位計、光干渉式変位計、光ファイバ式変位計、三角測量式変位計、対物レンズを走査して合焦時のレンズ位置を検出する合焦点式変位計、共焦点式変位計等がある。

30

## 【0015】

しかしながら、静電容量式変位計は、高速応答且つ高分解能が実現可能であるが、測定スポットが大きく、作動距離が小さく、傾斜に弱く、非導体で誤差を生じるという問題点を有する。

## 【0016】

又、光干渉式変位計も、高速応答且つ高分解能であるが、段差に対応できずABS測定が不可であり、傾斜に弱く、測定スポットが大きく、表面粗さの影響が大きいという問題点を有する。

## 【0017】

又、光ファイバ式変位計は、高速応答であるが、材質毎に校正が必要で、測定スポットが大きく、作動距離が小さいという問題点を有する。

40

## 【0018】

又、三角測量式変位計は、比較的応答性が良いが、高分解能での高速応答が難しく、傾斜に弱いという問題点がある。

## 【0019】

又、合焦点式変位計及び共焦点式変位計は、測定スポットが微小で、作動距離が大きいですが、応答性が低く、熱ドリフトが大きいという問題点を有する。

## 【0020】

このように、nmオーダーの高分解能(表示分解能ではなくS/N的に分解能が高い)を持ちつつ、100kHz超の高速応答性を実現できるのは、静電容量式変位計と光干渉

50

式変位計だけと考えられる。しかし、これらは、共に作動距離が小さく、傾斜に弱く、測定スポットが大きいという問題点を有していた。

【0021】

一方、クロマティックコンフォーカル変位計ではないが、光波長計測の1つの手法として、特許文献2に記載された技術が有る。

【0022】

これは、図4に示す如く、光の伝搬方向をZ軸とし、その直交方向をX軸、Y軸といた場合、次のようにして光の波長を計測する。

【0023】

(1) 任意の偏光状態の被測定光をコリメートし、Z方向に伝搬させる。

10

【0024】

(2) 偏光子40の軸の向きをXY間45度方向にし、光を通過させ、XY間45度方向の直線偏光を得る。

【0025】

(3) 進相軸、遅相軸をX、Y軸に揃えた波長板42を通過させ、光波長に応じた(XY偏波間)位相差を持った楕円偏光を得る。

【0026】

(4) 方解石44を、XY間45度方向に傾けて配置し、楕円偏光を、XY間45度方向の偏光成分と、XY間135度方向の偏光成分とに分ける。それぞれの光量をフォトダイオード(PD)で受光し、光量電圧信号A、Bを得る。

20

【0027】

(5) アナログ回路(図示省略)により、A/Bを演算し、更に対数演算することで、ある光波長の範囲で、光波長変化に対し、ゆるやかな単調変化を示す電圧出力を得る。

【0028】

図3に示したように、光波長を回折格子等の光学素子26Aにより方向別に分けて検出する方法では、光波長の方向別角度差を位置差として拡大するために、光学素子26Aからリニアアレイ状受光素子26Bまでの距離を大きくとる必要があるのに対して、図4に示した方法によれば、小型化が容易であるだけでなく、応答の遅いリニアアレイ状受光素子を使う場合に比べて、応答が早い単体フォトダイオードを使うので、信号処理の高速応答化を実現できるという特徴を有する。

30

【0029】

本発明は、前記従来の問題点を解消するべくなされたもので、傾斜に強く、直線性が高く、作動距離が大きく、測定スポットが微小で、非金属も測定できるというクロマティックコンフォーカル変位計の長所を活かしつつ、高分解能且つ高速応答化及び小型化、並びに出力の直線性の改善を可能とすることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0030】

本発明では、例えば複屈折性結晶でできた波長板を通過する互いに垂直な偏光成分間に、光波長に応じた位相差(光路差)が生じることを利用し、この位相差を偏光成分間の光量比に置き換えて検出する。この際、複屈折性結晶の厚みと光波長範囲を適当に選べば、この分光器では、光波長変化に対しゆるやかな単調変化を示す電圧出力が得られる。

40

【0031】

本発明は、このような知見に基づいてなされたもので、色収差を有する対物レンズに対し、測定対象と反対側の共焦点に広帯域光源を配置し、測定対象からの反射光が戻るときの共焦点位置に空間フィルタを設けて透過させることにより、測定対象にプローブの焦点が合焦した波長の被測定光を抽出し、分光して該被測定光の波長を特定することにより、測定対象の位置を測定するクロマティックコンフォーカル方式の光学式変位計において、コリメートされて一方向に伝播される前記被測定光を、その伝播方向Zと直交する2方向X、Yの直線偏光に分ける偏光子と、該2方向の直線偏光を通過させて、光波長に応じた位相差を持つ楕円偏光とする波長板と、該楕円偏光を、XY間の2つの方向の偏光成分に

50

分ける偏光分離素子と、各偏光成分の光量を検出する受光素子と、該受光素子で検出した光量信号 A、B を用いて、 $(A - B) / (A + B)$  の演算を行う演算回路とを備え、対物レンズの色収差によるプローブの焦点位置の光波長特性と分光出力  $(A - B) / (A + B)$  の光波長特性を相殺して直線性を改善することにより、前記課題を解決したものである。

【0032】

ここで、前記偏光分離素子の出側のコリメート光を、該コリメート光の光軸に垂直な断面より小さな受光面を有する受光素子で受光するようにして、応答速度を更に高速化することができる。

【0033】

又、前記偏光分離素子の出側のコリメート光を絞る手段を更に備えることができる。

【0034】

更に、前記コリメート光を絞る手段を集光手段とし、該集光手段の集光点に前記受光素子を配設することにより、光量を確保することができる。

【発明の効果】

【0035】

本発明によれば、高分解能且つ高速応答が実現できないという従来のクロマティックコンフォーカル変位計の問題点を克服することで、他方式の非接触変位計では実現困難であった、長作動距離、微細測定スポット、傾斜による誤差小、高分解能且つ高速応答性を同時に満足する変位測定が可能となる。更に、出力の直線性が改善される。特に、受光面の小さな受光素子を用いた場合は、応答速度を更に高速化することができる。

【0036】

ただし、透明体の場合、表面と表面の光を区別できないので、従来のクロマティックコンフォーカル変位計で可能であった、薄物透明体厚の測定は不可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】クロマティックコンフォーカル変位計の全体構成を示す、一部ブロック線図を含む光路図

【図2】同じく光ファイバ内の光スペクトルの一例を示す図

【図3】同じく従来の分光器の構造例を示す光路図

【図4】特許文献2に記載された分光器の要部構成を示す光路図

【図5】本発明の第1実施形態における分光器の構成を示す斜視図

【図6】第1実施形態における、XY間45度方向の直線偏光である偏光子出力を波長板無で受光素子PDにより受光した時の(i)偏光状態と(ii)偏光成分抽出方向である検光方向による光量変化の例を示す図

【図7】同じく光波長900nmの光入射で偏光子+波長板出力がXY間位相差60度となるときの(i)偏光状態と(ii)検光方向による光量変化の例を示す図

【図8】同じく光波長720nmの光入射で偏光子+波長板出力がXY間位相差75度となるときの(i)偏光状態と(ii)検光方向による光量変化の例を示す図

【図9】同じく光波長600nmの光入射で偏光子+波長板出力がXY間位相差90度となるときの(i)偏光状態と(ii)検光方向による光量変化の例を示す図

【図10】同じく光波長514.3nmの光入射で偏光子+波長板出力がXY間位相差105度となるときの(i)偏光状態と(ii)検光方向による光量変化の例を示す図

【図11】同じく光波長450nmの光入射で偏光子+波長板出力XY間位相差120度となるときの(i)偏光状態と(ii)検光方向による光量変化の例を示す図

【図12】波長板を構成する水晶の屈折率分散を示す図

【図13】第1実施形態における受光素子PDA、PDBの受光量レベルの光波長特性を示す図

【図14】本発明による $(A - B) / (A + B)$ 演算出力の光波長特性を示す図

【図15】クロマティックセンサのプローブの焦点位置の光波長特性の例を示す図

10

20

30

40

50

【図16】光波長に対するクロマティックセンサのプローブの焦点位置変化と  $(A - B) / (A + B)$  特性の例を示す図

【図17】本発明のクロマティックセンサにおける、ワーク変位（クロマティックセンサのプローブの焦点位置）に対する  $(A - B) / (A + B)$  出力特性の例を示す図

【図18】(A)第1実施形態の一部と(B)第2実施形態の要部を比較して示す光路図

【図19】第2実施形態の変形例の要部を示す光路図

【図20】第2実施形態の他の変形例の要部を示す光路図

【図21】第2実施形態の更に他の変形例の要部を示す光路図

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0039】

本発明の第1実施形態は、図1に示したような全体構成のクロマティックコンフォーカル変位計において、その分光器26として、図5に示す如く、光ファイバ出射光を平行光とするための色収差の補正されたコリメートレンズ50と、該コリメートレンズ50によりコリメートされて一方向(Z方向)に伝搬される被測定光を、その伝搬方向Zと直交する2方向X、Yの直線偏光にほぼ等分するための、軸をXY間45度方向に向けて配置した偏光子52と、該偏光子52出側の2本の直線偏光を透過させて、光波長に応じたXY偏波間位相差を持つ楕円偏光とするための零オーダーの波長板54と、該波長板54出側の楕円偏光を、XY間45度方向の偏光成分と、XY間135度方向の偏光成分とに分けるための、XY間45度方向に傾けて配置した偏光分離素子56と、各偏光成分の光量をそれぞれ検出するための受光素子(例えばフォトダイオードPD)58A、58Bと、該受光素子58A、58Bで検出した光量電圧信号A、Bを用いて、 $(A - B) / (A + B)$ の演算を行なうアナログ演算回路60とを用いたものである。

【0040】

前記波長板54は、マルチオーダーではなく零オーダーの物を用いて、進相軸をX軸方向、遅相軸をY軸方向に向けて配置する。例えば、光波長600nm用の1/4波長板を使い、光波長450nm~900nmの範囲内の光を通過させると、X軸とY軸とで、120~60度程度の位相差を持った楕円偏光が得られる(波長板の屈折率分散を無視すると、光波長に反比例した位相差が生じる)。

【0041】

前記偏光分離素子56としては、偏光ビームスプリッタ(PBS)を用いることができる。

【0042】

以下、作用を説明する。

【0043】

(1)任意の偏光状態の被測定光をコリメートレンズ50によりコリメートし、Z軸方向に伝搬させる。

【0044】

(2)前記偏光子52に、(1)の光を通過させる。これにより、XY間45度方向の直線偏光を得る。

【0045】

(3)前記波長板54に、(2)の光を通過させる。これにより、波長に応じたXY偏波間位相差を持った楕円偏光を得る。

【0046】

(4)前記偏光分離素子56により、(3)の楕円偏光を、XY間45度方向の偏光成分と、XY間135度方向の偏光成分とに分ける。

【0047】

(5)それぞれを前記PD58A、58Bで受光し、光量電圧信号A、Bを得る(A、Bは逆でも良い。後段回路で符号反転すれば同じである)。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 8 】

( 6 ) 前記アナログ演算回路 6 0 により、 $( A - B ) / ( A + B )$  を演算して、光波長変化に対し、ゆるやかな単調変化を示す電圧出力を得る。

## 【 0 0 4 9 】

より詳しくは、前記偏光子 5 2 の出力は、X Y 間 4 5 度方向の直線偏光であり、波長板無しでフォトダイオード P D A ( 5 8 A )、P D B ( 5 8 B ) により受光すると、そのときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 偏光成分抽出方向 ( 検光方向と称する ) による光量変化は、図 6 に例示するようになる。

## 【 0 0 5 0 】

前記偏光子 5 2 の出力を波長板 ( 一例として、光波長 6 0 0 n m 用の 1 / 4 波長板 ) 5 4 を通して出力する。ここで、ひとまず波長板 5 4 の屈折率波長分散は小さいとして無視する。

10

## 【 0 0 5 1 】

( 1 ) 光波長 9 0 0 n m の光入射で X Y 間位相差 6 0 度のときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 検光方向による光量変化は、図 7 に例示するようになる。このとき、 $( A - B ) / ( A + B )$  演算結果は + 0 . 5 となる。

## 【 0 0 5 2 】

又、( 2 ) 光波長 7 2 0 n m の光入射で X Y 間位相差 7 5 度のときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 検光方向による光量変化は、図 8 に例示するようになる。このとき、 $( A - B ) / ( A + B )$  の演算結果は + 0 . 2 6 となる。

20

## 【 0 0 5 3 】

又、( 3 ) 光波長 6 0 0 n m の光入射で X Y 間位相差 9 0 度のときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 検光方向による光量変化は、図 9 に例示するようになる。このとき  $( A - B ) / ( A + B )$  の演算結果は 0 となる。

## 【 0 0 5 4 】

又、( 4 ) 光波長 5 1 4 . 3 n m の光入射で X Y 間位相差 1 0 5 度のときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 検光方向による光量変化は、図 1 0 に例示するようになる。このとき、 $( A - B ) / ( A + B )$  の演算結果は - 0 . 2 6 となる。

## 【 0 0 5 5 】

又、( 5 ) 光波長 4 5 0 n m の光入射で X Y 間位相差 1 2 0 度のときの ( i ) 偏光状態と ( ii ) 検光方向による光量変化は、図 1 1 に例示するようになる。このとき、 $( A - B ) / ( A + B )$  の演算結果は - 0 . 5 となる。

30

## 【 0 0 5 6 】

ここで、先程無視した波長板 5 4 を構成する水晶の屈折率分散 ( 光波長による屈折率の変化 ) が図 1 2 のようであることを考慮すると、2 つのフォトダイオード P D A、P D B の受光レベルの光波長特性及びその直線性誤差は、図 1 3 に例示するようになり、 $( A - B ) / ( A + B )$  の光波長特性及びその直線性誤差は、図 1 4 に例示するようになる。

## 【 0 0 5 7 】

一方、図 1 に示したクロマティックセンサは、色収差の強い対物レンズ 1 2 を用いているため、図 1 中に例示したように、青色光のような短波長の光では大きな屈折率ゆえ近くに焦点を結び、赤色光のような長波長の光では小さな屈折率ゆえ遠くに焦点を結ぶ。この特性は直線的ではなく、焦点位置変化の光波長特性は、例えば図 1 5 に例示するような曲線を描く。

40

## 【 0 0 5 8 】

図 1 4 に示した分光器の  $( A - B ) / ( A + B )$  の光波長特性、図 1 5 に例示したクロマティックセンサのプロープの焦点位置の光波長特性の例を重ね合わせると、図 1 6 に示す如くとなり、曲がり的一致度がかなり高いことが分かる。

## 【 0 0 5 9 】

従って、プロープ特性と分光器特性が相殺して直線性が改善される結果、ワーク変位 ( プロープ焦点位置 ) に対する  $( A - B ) / ( A + B )$  出力特性 ( 分光器出力 ) は、最終的

50

に図17に例示するようになり、直線性誤差が数%以下の数100kHzの高速アナログ出力が可能であることがわかる。クロマティックセンサの焦点位置変化の光波長特性の例は1例であり、レンズ設計変更によっては、出力特性をより直線的にできる可能性もある。さらに、 $(A - B) / (A + B)$ 出力をアナログ回路またはデジタル回路により直線性補正して、直線性を向上させることもできる。

【0060】

次に、応答速度を更に高速化した本発明の第2実施形態について説明する。

【0061】

受光素子、例えばフォトダイオードの場合、端子間(静電)容量が小さいほど、高速応答な受光回路が構築できる。ここで、フォトダイオードのPN接合の空乏層が持つ静電容量は受光面の面積に比例するため、受光面を小さくすれば、静電容量を小さくし、高速化できる。

10

【0062】

フォトダイオードの受光面を小さくするためには、入射ビームを細くする必要があるが、図5に示した第1実施形態のクロマティックコンフォーカル変位計では、図18(A)に示す如く、フォトダイオード58A、58Bへ入る光がコリメート光であるため、第2実施形態では、図18(B)に示す如く、ここに色収差の十分補正されたレンズ62A、62Bを挿入して、数10 $\mu$ m以下の微小光スポットを作るようにする。

【0063】

例えば、フォトダイオードがSi-PINフォトダイオードである場合、第1実施形態のPD受光面サイズ:数mm角又は(端子間容量:数10pF)、応答速度:数100kHzであるのに対し、第2実施形態では、PD受光面サイズ:数10 $\mu$ m~100 $\mu$ m角又は(端子間容量:1pF未満)、応答速度:数MHz以上が実現できる。アバランシェフォトダイオード等の別タイプのフォトダイオードを使えば、更に高速化できる可能性もある。

20

【0064】

第2実施形態によれば、従来、応答速度の限界が数100kHzだった変位計の世界で、史上最速の1MHz超の変位計を実現することにより、従来できなかった高速測定が可能になり、MENSアクチュエータの高速応答性評価、三次元形状測定の超高スループット化、タービンなどの高速回転体で検査用の減速が不要なりアルタイム検査などが可能になる。

30

【0065】

なお、レンズ62A、62Bの代わりに、図19に示す変形例のように凹面鏡64A、64Bを用いることもできる。図18(B)や図19の例のように集光手段であるレンズ62A、62Bや凹面鏡64A、64Bを用いた場合は、受光素子58A、58Bの受光量を確保することができる。なお、受光素子58A、58Bの受光量が十分な場合は、図20に示す他の変形例のように絞り板66A、66Bを用いたり、迷光の問題が無い場合は、図21に示す更に他の変形例のように受光面の小さな受光素子58A、58Bにコリメート光を直接入射させることも可能である。

【0066】

40

なお、前記実施形態では、偏光分離素子56として、PBSを用いていたが、方解石や他の偏光分離素子を用いてもよく、偏光成分の方向も、45度と135度に限定されない。又、波長板54も、光波長600nm用の1/4波長板に限定されない。更に、波長板の進相軸、遅相軸の配置の向きも、X軸方向、Y軸方向に限定されず、XY平面内で傾けることも可能である。即ち、前記実施形態の進相軸をX軸方向、遅相軸をY軸方向に対して、波長板をXY平面内で回転調整することで、波長板厚みの個体差(そこで生じる位相差の個体差)を合わせ込むことができる。又、光量信号A、Bも、電圧信号に限定されず、演算もアナログ演算に限定されない。

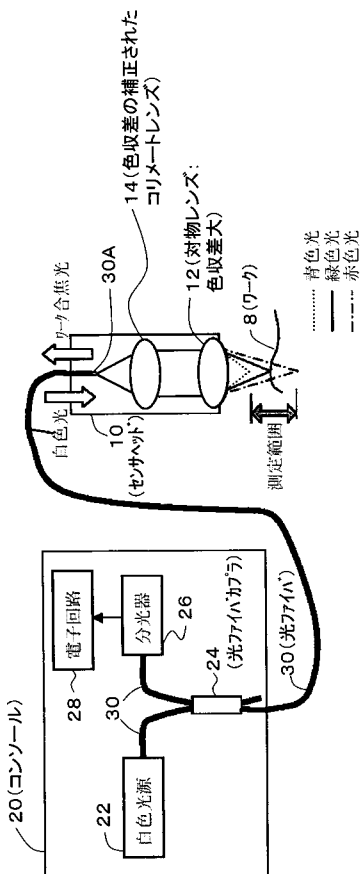
【符号の説明】

【0067】

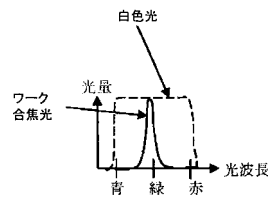
50

- 8 ... ワーク (測定対象)
- 10 ... センサヘッド
- 12 ... 対物レンズ
- 20 ... コンソール
- 22 ... 白色 (広帯域) 光源
- 26 ... 分光器
- 30 ... 光ファイバ
- 52 ... 偏光子
- 54 ... 波長板
- 56 ... 偏光分離素子
- 58 A、58 B ... 受光素子 (PD)
- 60 ... アナログ演算回路
- 62 A、62 B ... レンズ
- 64 A、64 B ... 凹面鏡
- 66 A、66 B ... 絞り板

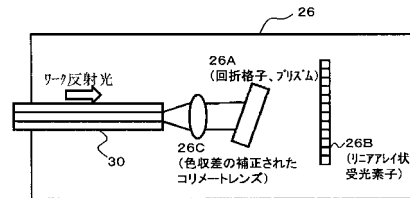
【図1】



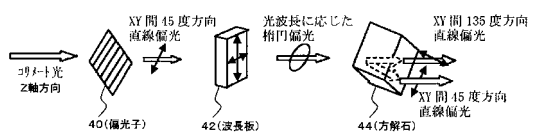
【図2】



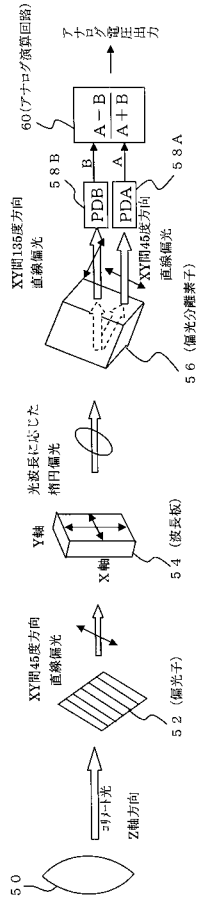
【図3】



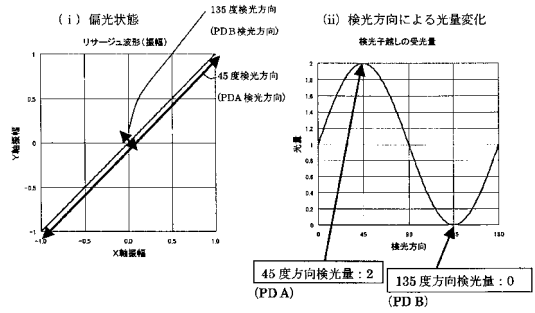
【図4】



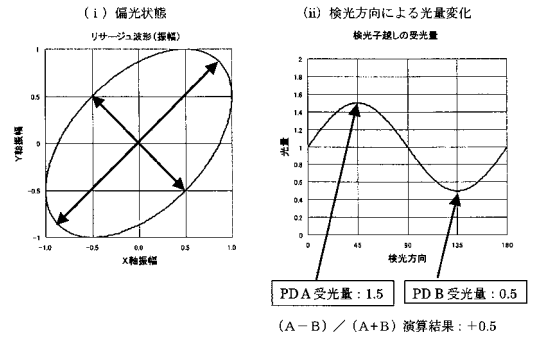
【図 5】



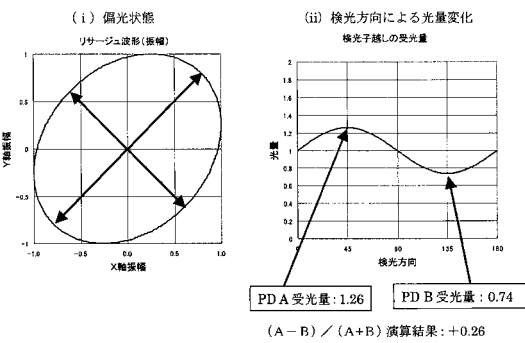
【図 6】



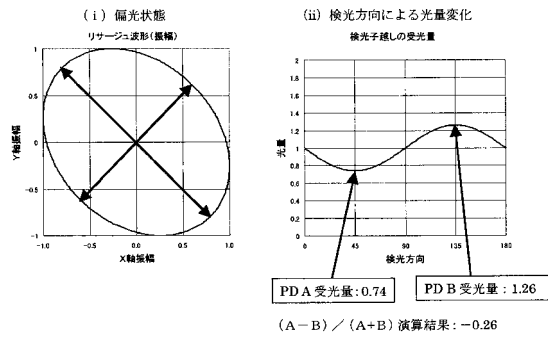
【図 7】



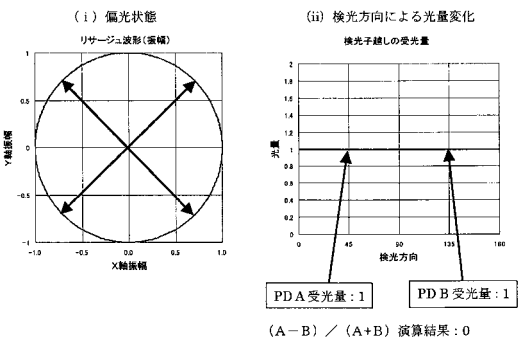
【図 8】



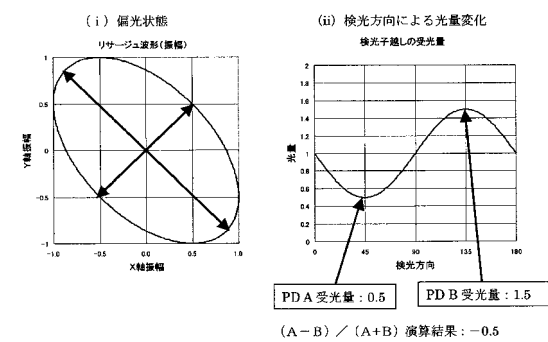
【図 10】



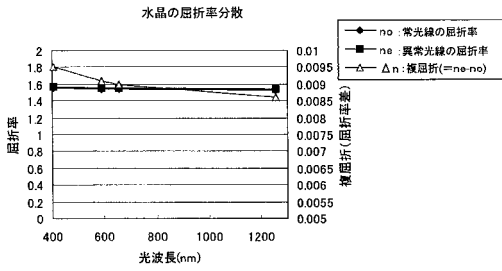
【図 9】



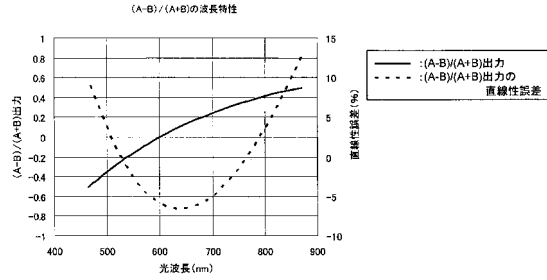
【図 11】



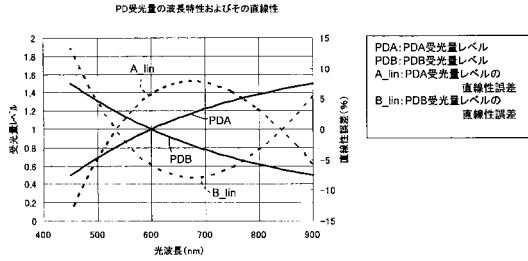
【図12】



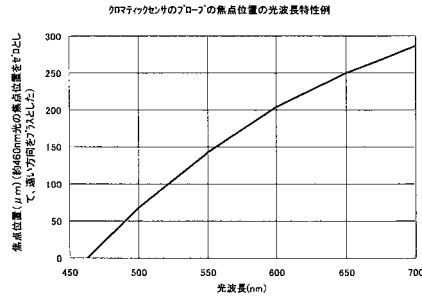
【図14】



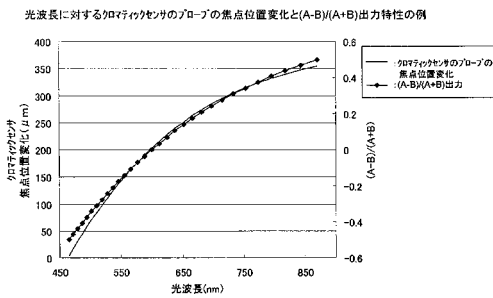
【図13】



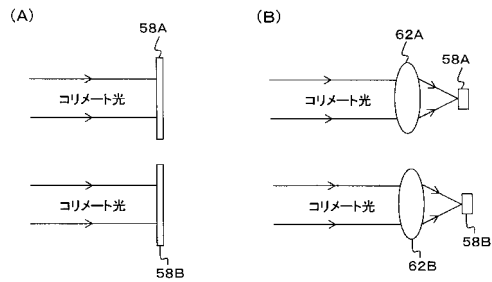
【図15】



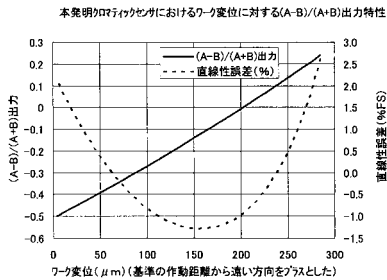
【図16】



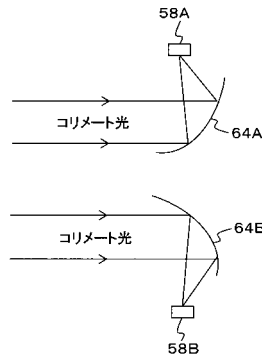
【図18】



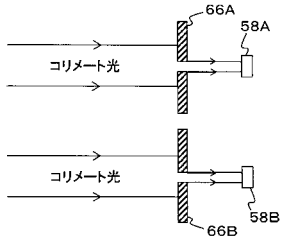
【図17】



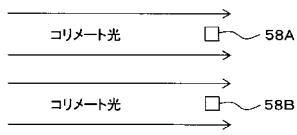
【図19】



【図 20】



【図 21】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-256679(JP,A)  
特開2009-103573(JP,A)  
特開平01-113626(JP,A)  
特開2000-186928(JP,A)  
特開平10-009827(JP,A)  
特開2004-101532(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30  
G01C 3/00 - 3/32  
G01J 3/00 - 4/04  
G01J 7/00 - 9/04