

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6520669号
(P6520669)

(45) 発行日 令和1年5月29日(2019.5.29)

(24) 登録日 令和1年5月10日(2019.5.10)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B	11/00	B
GO 1 B	11/24	(2006.01)	GO 1 B	11/24	A

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2015-236965 (P2015-236965)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成27年12月3日 (2015.12.3)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-102067 (P2017-102067A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
(43) 公開日	平成29年6月8日 (2017.6.8)		動堂町801番地
審査請求日	平成29年10月25日 (2017.10.25)	(74) 代理人	110001195
			特許業務法人深見特許事務所
		(72) 発明者	森野 久康
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	高嶋 潤
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72) 発明者	的場 賢一
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
			動堂町801番地 オムロン株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の波長成分を有する照射光を発生する光源と、
 前記光源からの照射光に対して軸上色収差を生じさせるとともに、光軸の延長線上に少なくともその一部が配置される計測対象物からの反射光を受光する光学系と、
 前記光学系で受光される反射光を各波長成分に分離する分光器と、前記分光器による分光方向に対応させて複数の受光素子が一次元配置された検出器とを含む、受光部と、
 前記光学系と前記受光部とを光学的に接続する複数のコアを含む導光部と、
 前記受光部の複数の受光素子によるそれぞれの検出値に基づいて、前記光学系から前記計測対象物までの距離を算出する処理部とを備え、
 前記導光部および前記受光部は、前記複数のコアに含まれる第1のコアに前記光学系側から第1の波長の第1の光が与えられたときに、前記複数の受光素子のうち当該第1の光が入射する受光素子が、前記複数のコアに含まれる第2のコアに前記光学系側から前記第1の波長の第2の光が与えられたときに、前記複数の受光素子のうち当該第2の光が入射する受光素子の少なくとも一部と共通するように、構成され、
 前記光学系は、前記受光部に入射する光の断面形状が前記複数の受光素子の配列方向に長い楕円形状となるように構成される、光学計測装置。

【請求項2】

前記受光部と光学的に接続される導光部は、それに含まれる複数のコアの並び方向が、前記複数の受光素子の配列方向とは直交する方向に対応付けて配置される、請求項1に記載

載の光学計測装置。

【請求項 3】

前記処理部は、単一の受光素子に前記複数のコアのそれぞれから照射された複数の光が入射して生じる検出値を一括して取得する、請求項 1 または 2 に記載の光学計測装置。

【請求項 4】

複数の波長成分を有する照射光を発生する光源と、

前記光源からの照射光に対して軸上色収差を生じさせるとともに、光軸の延長線上に少なくともその一部が配置される計測対象物からの反射光を受光する光学系と、

前記光学系で受光される反射光を各波長成分に分離する分光器と、検出面上に複数の受光素子が二次元配置された検出器とを含む、受光部と、

前記光学系と前記受光部とを光学的に接続する複数のコアを含む導光部と、

前記光学系から前記計測対象物までの距離を算出する処理部とを備え、

前記処理部は、前記複数のコアに含まれる第 1 のコアに前記光学系側から第 1 の波長の第 1 の光が与えられたときに、当該第 1 の光が入射する前記検出面上の第 1 の領域と、前記複数のコアに含まれる第 2 のコアに前記光学系側から前記第 1 の波長の第 2 の光が与えられたときに、当該第 2 の光が入射する前記検出面上の第 2 の領域との位置関係に基づいて、前記受光部の複数の受光素子によるそれぞれの検出値から距離を算出し、

前記処理部は、前記複数のコアから照射される同一の波長の光のスポットが前記検出器の検出面上に入射することで生じる強度分布に基づいて、各波長の検出に適合する領域を推定する、光学計測装置。

【請求項 5】

前記処理部は、前記検出器の検出面のうち、前記反射光に含まれ得る各波長の検出に用いるそれぞれの部分領域を決定する、請求項 4 に記載の光学計測装置。

【請求項 6】

前記受光部は、前記検出器までの光学経路上に配置され、前記導光部に含まれる複数のコアを伝搬して前記受光部へ入射した前記計測対象物からの反射光のスポット径を縮小化する縮小光学系をさらに含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光学計測装置。

【請求項 7】

前記縮小光学系は、前記計測対象物からの反射光のスポット径を、前記検出器の検出面の縦横比率に応じた特定方向により大きく縮小するように構成されている、請求項 6 に記載の光学計測装置。

【請求項 8】

前記光源からの照射光を前記導光部に含まれる複数のコアのそれぞれに選択的に与えることができる選択部をさらに備え、

前記処理部は、前記計測対象物の形状に応じて、前記計測対象物への照射光の照射に用いるコアを切り替える、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光学計測装置。

【請求項 9】

前記導光部から前記光学系へ照射光を射出する端面は、前記導光部におけるコアとクラッドとの界面の臨界角より大きな角度の傾斜角をもつように構成されている、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の光学計測装置。

【請求項 10】

前記導光部は、棒状の部材の回りを巻き付けられるように配置された光ファイバを含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の光学計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、白色共焦点方式で計測対象物の表面形状などを計測可能な光学計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

計測対象物の表面形状などを検査する装置として、白色共焦点方式の光学計測装置が知られている。例えば、特開2012-208102号公報(特許文献1)は、共焦点光学系を利用して非接触で計測対象物の変位を計測する共焦点計測装置を開示する。

【0003】

国際公開第2014/076649号パンフレット(特許文献2)は、共通の計測ヘッドガイド装置内に複数のポイントを互いに近接して配置し、それぞれのポイントを異なる検出器で同時に計測することで、計測対象物の表面形状を計測する構成を開示する。

【0004】

国際公開第02/02012号パンフレット(特許文献3)は、二次元マトリックス光電センサを用いて計測対象物の3次元計測を行なう構成を開示する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-208102号公報

【特許文献2】国際公開第2014/076649号パンフレット

【特許文献3】国際公開第02/02012号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

白色共焦点方式は、照射された光の波長成分のうち距離に対応する特定の波長成分のみを利用するという原理上、単色レーザーを使用する三角測距方式に比べて光の利用効率が低い。そのため、例えば、計測対象物をより高速に検査するためにサンプリングレートを高めると、計測に必要な光量を十分に確保できないという課題がある。

20

【0007】

本開示は、上述の特許文献1～3に開示される構成に比較して光の利用効率を高めることで、より高いサンプリングレートを実現できる構成を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のある局面に係る光学計測装置は、複数の波長成分を有する照射光を発生する光源と、光源からの照射光に対して軸上色収差を生じさせるとともに、光軸の延長線上に少なくともその一部が配置される計測対象物からの反射光を受光する光学系と、光学系で受光される反射光を各波長成分に分離する分光器と、分光器による分光方向に対応させて複数の受光素子が一次元配置された検出器とを含む、受光部と、光学系と受光部とを光学的に接続する複数のコアを含む導光部と、受光部の複数の受光素子によるそれぞれの検出値に基づいて、光学系から計測対象物までの距離を算出する処理部とを含む。導光部および受光部は、複数のコアに含まれる第1のコアに光学系側から第1の波長の第1の光が与えられたときに、複数の受光素子のうち当該第1の光が入射する受光素子が、複数のコアに含まれる第2のコアに光学系側から第1の波長の第2の光が与えられたときに、複数の受光素子のうち当該第2の光が入射する受光素子の少なくとも一部と共通するように、構成される。

30

40

【0009】

好ましくは、受光部と光学的に接続される導光部は、それに含まれる複数のコアの並び方向が、複数の受光素子の配列方向とは直交する方向に対応付けて配置される。

【0010】

好ましくは、処理部は、単一の受光素子に複数のコアのそれぞれから照射された複数の光が入射して生じる検出値を一括して取得する。

【0011】

本発明の別の局面に係る光学計測装置は、複数の波長成分を有する照射光を発生する光源と、光源からの照射光に対して軸上色収差を生じさせるとともに、光軸の延長線上に少なくともその一部が配置される計測対象物からの反射光を受光する光学系と、光学系で受

50

光される反射光を各波長成分に分離する分光器と、検出面上に複数の受光素子が二次元配置された検出器とを含む、受光部と、光学系と受光部とを光学的に接続する複数のコアを含む導光部と、光学系から計測対象物までの距離を算出する処理部とを含む。処理部は、複数のコアに含まれる第1のコアに光学系側から第1の波長の第1の光が与えられたときに、当該第1の光が入射する検出面上の第1の領域と、複数のコアに含まれる第2のコアに光学系側から第1の波長の第2の光が与えられたときに、当該第2の光が入射する検出面上の第2の領域との位置関係に基づいて、受光部の複数の受光素子によるそれぞれの検出値から距離を算出する。

【0012】

好ましくは、処理部は、複数のコアから照射される同一の波長の光のスポットが検出器の検出面上に入射することで生じる強度分布に基づいて、各波長の検出に適合する領域を推定する。

10

【0013】

好ましくは、処理部は、検出器の検出面のうち、反射光に含まれ得る各波長の検出に用いるそれぞれの部分領域を決定する。

【0014】

好ましくは、受光部は、検出器までの光学経路上に配置され、導光部に含まれる複数のコアを伝搬して受光部へ入射した計測対象物からの反射光のスポット径を縮小化する縮小光学系をさらに含む。

【0015】

好ましくは、縮小光学系は、計測対象物からの反射光のスポット径を、検出器の検出面の縦横比率に応じた特定方向により大きく縮小するように構成されている。

20

【0016】

好ましくは、光学計測装置は、光源からの照射光を導光部に含まれる複数のコアのそれぞれに選択的に与えることができる選択部をさらに含む。処理部は、計測対象物の形状に応じて、計測対象物への照射光の照射に用いるコアを切り替える。

【0017】

好ましくは、導光部から光学系へ照射光を射出する端面は、導光部におけるコアとクラッドとの界面の臨界角より大きな角度の傾斜角をもつように構成されている。

【0018】

好ましくは、導光部は、棒状の部材の回りを巻き付けられるように配置された光ファイバを含む。

30

【発明の効果】

【0019】

本開示によれば、先行技術に比較して光の利用効率を高めることで、より高いサンプリングレートを実現できる構成を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】白色共焦点方式による距離計測の原理を説明するための図である。

【図2】本実施の形態に従う光学計測装置が採用するコアの並列化を説明するための模式図である。

40

【図3】本実施の形態に従う光学計測装置の装置構成を示す模式図である。

【図4】本実施の形態に従う光学計測装置の受光部のレイアウト例を示す模式図である。

【図5】本実施の形態に従う光学計測装置においてラインセンサにより実現された検出器44を説明するための模式図である。

【図6】本実施の形態に従う光学計測装置において検出器として一次元センサを採用した場合の反射光を検出する状態を説明するための模式図である。

【図7】図6(A)に示す波長1のスポットが検出器に入射した場合に得られる検出結果の一例を示す模式図である。

【図8】本実施の形態に従う光学計測装置において二次元センサ(CMOSイメージセン

50

サ)により実現された検出器を説明するための模式図である。

【図 9】本実施の形態に従う光学計測装置において二次元センサにより実現された検出器 44 に設定される読出領域の一例を示す模式図である。

【図 10】本実施の形態に従う光学計測装置において二次元センサにより構成される検出器による計測処理の手順を示すフローチャートである。

【図 11】本実施の形態に従う光学計測装置において二次元センサ (CCD イメージセンサ) により実現された検出器を説明するための模式図である。

【図 12】本実施の形態に従う光学計測装置の受光部に含まれる縮小光学系の構成例を示す模式図である。

【図 13】本実施の形態に従う光学計測装置の受光部に含まれる縮小光学系の別の構成例を示す模式図である。

【図 14】4つのコアを含むバンドルファイバの断面形状の一例を示す図である。

【図 15】図 14 に示すバンドルファイバにおいて生じるクロストーク量を評価した結果例を示す図である。

【図 16】光ファイバの端面での光の挙動を説明するための模式図である。

【図 17】本実施の形態に従う光学計測装置による対象物への照射光の照射状態を説明するための模式図である。

【図 18】図 17 に示す照射パターンの変更の応用例を説明するための模式図である。

【図 19】本実施の形態に従う別の光学計測装置の装置構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0022】

< A . 概要 >

まず、本実施の形態に従う光学計測装置により解決される課題およびそれを実現するための構成について概要を説明する。

【0023】

図 1 は、白色共焦点方式による距離計測の原理を説明するための図である。図 1 を参照して、光学計測装置 1 は、光源 10 と、導光部 20 と、センサヘッド 30 と、受光部 40 と、処理部 50 とを含む。センサヘッド 30 は、色収差ユニット 32 および対物レンズ 34 を含み、受光部 40 は、分光器 42 および検出器 44 を含む。

【0024】

光源 10 で発生した所定の波長広がりをもつ照射光は、導光部 20 を伝搬してセンサヘッド 30 に到達する。センサヘッド 30 において、光源 10 からの照射光は対物レンズ 34 により集束されて計測対象物 2 (以下、「対象物 2」とも略称する。)へ照射される。照射光には、色収差ユニット 32 を通過することで軸上色収差が生じるため、対物レンズ 34 から照射される照射光の焦点位置は波長ごとに異なる。対象物 2 の表面で反射される波長のうち、対象物 2 に焦点の合った波長の光のみがセンサヘッド 30 の導光部 20 のうち共焦点となるファイバのみに再入射することになる。以下では、説明の便宜上、対象物 2 に焦点の合った波長の光が計測光として検出される状態を「特定の波長のみ反射する」とも表現する。センサヘッド 30 に再入射した反射光は、導光部 20 を伝搬して受光部 40 へ入射する。受光部 40 では、分光器 42 にて入射した反射光が各波長成分に分離され、検出器 44 にて各波長成分の強度が検出される。処理部 50 は、検出器 44 での検出結果に基づいて、センサヘッド 30 から対象物 2 までの距離 (変位) を算出する。

【0025】

図 1 に示す例では、例えば、複数の波長 λ_1 , λ_2 , λ_3 を含む照射光が波長分散されて、光軸 AX 上のそれぞれ異なる位置 (焦点位置 1 , 焦点位置 2 , 焦点位置 3) に像が描かれることになる。光軸 AX 上において、対象物 2 の表面は焦点位置 2 と一致するので、照射光のうち波長 λ_2 の成分のみが反射される。受光部 40 では、波長 λ_2 の成分を検出

10

20

30

40

50

して、センサヘッド30から対象物2までの距離が波長 2の焦点位置に相当する距離であると算出する。

【0026】

受光部40の検出器44を構成する複数の受光素子のうち反射光を受光する受光素子は、センサヘッド30に対する対象物2の表面の形状に応じて変化することになるため、検出器44の複数の受光素子による検出結果(画素情報)から対象物2に対する距離変化(変位)を計測することができる。

【0027】

図1に示すように、波長 1, 2, 3の照射光が対象物2へ照射されたとしても、反射光として検出されるのは波長 2の成分のみである。このように、白色共焦点方式は、照射された照射光の波長成分のうち距離に対応する特定の波長成分のみを利用するという原理上、光の利用効率が低い。そのため、例えば、計測対象物の表面形状をより高速に検査するためにサンプリングレートを高めると、計測に必要な光量を十分に確保できないという課題がある。

【0028】

このような課題に対して、例えば、光源10で発生する照射光の光量を増大させるというアプローチが考えられるが、光源10として採用できるデバイスの発光パワーにも限界があり、光の利用効率を大幅に改善することは難しい。

【0029】

光源での対処に代えて、光源10および受光部40とセンサヘッド30とを光学的に接続する導光部20での伝搬容量を可能な限り増大し、あるいは、伝搬損失を可能な限り低減するという別のアプローチが考えられる。

【0030】

具体的には、導光部20を構成する光ファイバのコアを大口径化するというアプローチが考えられる。コアを大口径化することで、より多くの光量を伝搬できるようになるが、白色共焦点方式の原理上、計測性能(分解能)が悪化するというデメリットが生じる。また、導光部として大口径の光ファイバを用いることで、屈曲性が悪化するなどのユーザビリティ面での課題も生じる。

【0031】

このような課題を考慮して、本実施の形態においては、導光部20を構成する光ファイバのコアを並列化(複数化)することで、受光部40に入射する反射光の光量を増加させるというさらに別のアプローチを採用する。本願発明者らは、鋭意研究の結果、コアを並列化することで生じる新たな課題を見出し、その新たな課題に対する新たな解決手段に想到した。以下、このような新たな課題、およびその新たな課題に対する新たな解決手段について説明する。

【0032】

< B . コア並列化の概要 >

次に、本実施の形態に従う光学計測装置が採用するコアの並列化について、その概要を説明する。図2は、本実施の形態に従う光学計測装置が採用するコアの並列化を説明するための模式図である。図2(A)には、関連技術に従う光学計測装置1Aの導光部の構成を模式的に示し、図2(B)には、本実施の形態に従う光学計測装置1の導光部の構成を模式的に示す。

【0033】

図2(A)を参照して、光学計測装置1Aは、導光部20Aとして、光源10と光学的に接続される入力側ケーブル21Aと、受光部40と光学的に接続される出力側ケーブル22Aと、センサヘッド30と光学的に接続されるヘッド側ケーブル24Aとを含む。入力側ケーブル21Aおよび出力側ケーブル22Aのそれぞれの端と、ヘッド側ケーブル24Aの端とは、合波/分波構造をもつカプラ23Aを介して、光学的に結合される。カプラ23Aは、Y分岐カプラに相当する2×1スターカプラ(2入力1出力/1入力2出力)であり、入力側ケーブル21Aから入射した光をヘッド側ケーブル24Aへ伝達すると

10

20

30

40

50

ともに、ヘッド側ケーブル 2 4 A から入射した光を分割して入力側ケーブル 2 1 A および出力側ケーブル 2 2 A へそれぞれ伝達する。

【 0 0 3 4 】

入力側ケーブル 2 1 A、出力側ケーブル 2 2 A、およびヘッド側ケーブル 2 4 A は、いずれも単一のコア 2 0 2 を有する光ファイバであり、その断面構造としては、コア 2 0 2 から外周に向けて、クラッド 2 0 4、被覆 2 0 6 および外装 2 0 8 が、コア 2 0 2 の周囲に順に設けられる。

【 0 0 3 5 】

これに対して、本実施の形態に従う光学計測装置 1 は、図 2 (B) に示すように、複数のコアを有する光ファイバを導光部 2 0 として採用する。より具体的には、光学計測装置 1 は、導光部 2 0 として、光源 1 0 と光学的に接続される入力側ケーブル 2 1 と、受光部 4 0 と光学的に接続される出力側ケーブル 2 2 と、センサヘッド 3 0 と光学的に接続されるヘッド側ケーブル 2 4 とを含む。本実施の形態に従う光学計測装置 1 の導光部 2 0 を構成する光ファイバとしては、シングルモードファイバを採用してもよいし、マルチモードファイバを採用してもよい。

10

【 0 0 3 6 】

入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 の各々は、一例として、2 つのコアを有する光ファイバからなる。入力側ケーブル 2 1 は、合波 / 分波構造をもつカプラ 2 3 1 および 2 3 2 と光源 1 0 とを光学的に結合する。また、同様に、出力側ケーブル 2 2 は、合波 / 分波構造をもつカプラ 2 3 1 および 2 3 2 と受光部 4 0 とを光学的に結合する。カプラ 2 3 1 および 2 3 2 は、いずれも、2 × 2 スターカプラ (2 入力 2 出力 / 2 入力 2 出力) である。

20

【 0 0 3 7 】

ヘッド側ケーブル 2 4 は、4 つのコアを有する光ファイバからなり、カプラ 2 3 1 および 2 3 2 の端とセンサヘッド 3 0 とを光学的に接続する。

【 0 0 3 8 】

カプラ 2 3 1 は、入力側ケーブル 2 1 の 1 つのコアから入射した光をヘッド側ケーブル 2 4 の 2 つのコアへ伝達するとともに、ヘッド側ケーブル 2 4 の 2 つのコアからそれぞれ入射した光を混合した上で分割して入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 へそれぞれ伝達する。同様に、カプラ 2 3 2 は、入力側ケーブル 2 1 の別の 1 つのコアから入射した光をヘッド側ケーブル 2 4 の別の 2 つのコアへ伝達するとともに、ヘッド側ケーブル 2 4 の別の 2 つのコアからそれぞれ入射した光を混合した上で分割して入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 へそれぞれ伝達する。

30

【 0 0 3 9 】

入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 は、いずれも 2 つのコア 2 0 2 を有する光ファイバであり、その断面構造としては、コア 2 0 2、クラッド 2 0 4、被覆 2 0 6 からなる組が 2 つ配置された上で、その周囲に外装 2 0 8 が設けられる。一方、ヘッド側ケーブル 2 4 は、4 つのコア 2 0 2 を有する光ファイバであり、その断面構造としては、コア 2 0 2、クラッド 2 0 4、被覆 2 0 6 からなる組が 4 つ配置された上で、その周囲に外装 2 0 8 が設けられる。

40

【 0 0 4 0 】

図 2 (B) に示すように、本実施の形態においては、光源 1 0 からセンサヘッド 3 0 までの光学経路、および、センサヘッド 3 0 から受光部 4 0 までの光学経路として、複数のコアを用いることで、対象物 2 からの反射光の光量をより大きくすることができるとともに、コア径自体は拡大しないため、計測性能を悪化させることはない。なお、本実施の形態においては、光源 1 0 のエタンデュが光ファイバの取り込めるエタンデュよりも大きいことを前提としている。

【 0 0 4 1 】

図 2 (B) には、入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 として、2 つのコアを有する光ファイバを採用し、ヘッド側ケーブル 2 4 として、4 つのコアを有する光ファイ

50

バを採用する構成について例示したが、これに限らず、より多くのコアを有する光ファイバを採用してもよい。

【 0 0 4 2 】

< C . 装置構成 >

次に、本実施の形態 1 に従う光学計測装置 1 の装置構成の一例について説明する。図 3 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 の装置構成を示す模式図である。

【 0 0 4 3 】

図 3 を参照して、本実施の形態に従う光学計測装置 1 は、光源 1 0 と、導光部 2 0 と、センサヘッド 3 0 と、受光部 4 0 と、処理部 5 0 とを含む。

【 0 0 4 4 】

光源 1 0 は、複数の波長成分を有する照射光を発生し、典型的には、白色 L E D (Light Emitting Diode) を用いて実現される。後述するように、軸上色収差によって生じる焦点位置の変位幅が、要求される計測レンジをカバーできるだけの波長範囲を有する照射光を発生できれば、どのような光源を用いてもよい。

【 0 0 4 5 】

センサヘッド 3 0 は、色収差ユニット 3 2 および対物レンズ 3 4 を含み、光源 1 0 からの照射光に対して軸上色収差を生じさせるとともに、光軸 A X の延長線上に少なくともその一部が配置される対象物 2 からの反射光を受光する光学系に相当する。

【 0 0 4 6 】

受光部 4 0 は、光学系であるセンサヘッド 3 0 で受光される反射光を各波長成分に分離する分光器 4 2 と、分光器 4 2 による分光方向に対応させて配置された複数の受光素子を含む検出器 4 4 とを含む。分光器 4 2 としては、典型的には、回折格子が採用されるが、それ以外にも任意のデバイスを採用してもよい。検出器 4 4 は、分光器 4 2 による分光方向に対応させて複数の受光素子が一次元配置されたラインセンサ（一次元センサ）を用いてもよいし、検出面上に複数の受光素子が二次元配置された画像センサ（二次元センサ）を用いてもよい。検出器 4 4 として、一次元センサおよび二次元センサを用いる場合について、それぞれ詳述する。

【 0 0 4 7 】

受光部 4 0 は、分光器 4 2 および検出器 4 4 に加えて、出力側ケーブル 2 2 から射出された反射光を平行化するコリメートレンズ 4 1 と、検出器 4 4 での検出結果を処理部 5 0 へ出力するための読出回路 4 5 とを含む。さらに、必要に応じて、分光器 4 2 にて分離された波長別の反射光のスポット径を調整する縮小光学系 4 3 を設けてもよい。

【 0 0 4 8 】

図 4 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 の受光部 4 0 のレイアウト例を示す模式図である。図 4 を参照して、受光部 4 0 は、各種部材が配置される図示しない基板上に、出力側ケーブル 2 2 を固定するためのケーブル固定部材 4 0 4 が立設されている。出力側ケーブル 2 2 の端面の光軸上に、コリメートレンズ 4 1 および分光器 4 2 が固定されている。検出器 4 4 が分光器 4 2 の分光方向に位置付けて配置されており、分光器 4 2 と検出器 4 4 との間の光学経路上に縮小光学系 4 3 が配置される。

【 0 0 4 9 】

分光器 4 2 によって入射側の光軸と分光後の光軸とを異ならすことによって、受光部 4 0 をコンパクト化することができる。

【 0 0 5 0 】

処理部 5 0 は、受光部 4 0 の複数の受光素子によるそれぞれの検出値に基づいて、センサヘッド 3 0 から対象物 2 までの距離を算出する。

【 0 0 5 1 】

上述したように、本実施の形態に従う光学計測装置 1 においては、センサヘッド 3 0 と受光部 4 0 とを光学的に接続する複数のコアを含む導光部 2 0 を採用する。図 3 には、一例として、入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 として、それぞれ 2 つのコアを有する光ファイバを採用するとともに、ヘッド側ケーブルとして、4 つのコアを有する光

10

20

30

40

50

ファイバを採用する。但し、各ケーブルを構成する光ファイバのコア数は複数であれば、特に制限されるものではない。

【 0 0 5 2 】

図 3 には、ユーザビリティを高めるために、複数のケーブルを直列接続してヘッド側ケーブルを構成する例を示す。すなわち、ヘッド側ケーブルとしては、複数のコアを有する 3 つのケーブル 2 4 1 , 2 4 3 , 2 4 5 が採用されている。ケーブル 2 4 1 とケーブル 2 4 3 との間は多芯コネクタ 2 4 2 を介して光学的に接続され、ケーブル 2 4 3 とケーブル 2 4 5 との間は多芯コネクタ 2 4 4 を介して光学的に接続される。

【 0 0 5 3 】

なお、複数のコアを有するケーブルとしては、コアおよびクラッドの組を複数束ねて一体化したバンドルファイバを採用することが好ましい。

10

【 0 0 5 4 】

導光部 2 0 は、入力側ケーブル 2 1 および出力側ケーブル 2 2 と、ヘッド側ケーブルとを光学的に結合するための合波 / 分波部 2 3 を含む。合波 / 分波部 2 3 は、2 × 2 スターカプラ (2 入力 2 出力 / 2 入力 2 出力) である、2 つのカプラ 2 3 1 , 2 3 2 を含む。合波 / 分波部 2 3 の機能については、図 2 を参照して説明したので、詳細な説明は繰り返さない。

【 0 0 5 5 】

このように、本実施の形態に従う光学計測装置 1 では、複数のコアを採用することで、対象物 2 に照射する光量を増大させるとともに、対象物 2 からの反射光の光量を増大する。また、合波 / 分波構造としてカプラを採用することで、導光部 2 0 内での光の分離が可能となり、複数のコアをそれぞれ伝搬する対象物 2 からの反射光 (計測光) を単一の検出器 4 4 で受光することができる。

20

【 0 0 5 6 】

以下では、典型例として、検出器 4 4 として、一次元センサ (いわゆる、ラインセンサ) を採用した構成、および、二次元センサを採用した構成についてそれぞれ説明する。

【 0 0 5 7 】

< D . 検出器の構成および処理 : 一次元センサ >

次に、検出器 4 4 として、一次元センサ (ラインセンサ) を採用した構成およびその構成に適した処理について説明する。

30

【 0 0 5 8 】

図 5 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 においてラインセンサにより実現された検出器 4 4 を説明するための模式図である。図 5 (A) を参照して、ラインセンサ 4 4 0 は、分光器 4 2 (図 3 参照) による分光方向に対応させて一次元配置された複数の受光素子 4 4 2 を含む。分光器 4 2 による分光方向とは、複数の異なる波長成分 (または、周波数成分) の光のそれぞれの結像位置を結んだ方向を意味する。したがって、各受光素子に付与された素子番号と、受光部 4 0 にて受光される反射光に含まれる波長の長さとは、対応付けられている。

【 0 0 5 9 】

但し、複数の受光素子 4 4 2 の配置方向と分光器 4 2 による分光方向とは全く同一である必要はなく、波長が異なる成分間が識別できるように構成されればよい。言い換えれば、ある波長成分の光がある受光素子 4 4 2 に入射するとき、異なる波長成分の光は、異なる受光素子 4 4 2 に入射するように構成される。

40

【 0 0 6 0 】

複数の受光素子 4 4 2 は、互いに独立した検出デバイスであり、各々が受光強度に応じた (すなわち、受光量の大きさを示す、または、受光強度を示す) 信号を出力する。図 5 (B) には、図 5 (A) に示すように、ラインセンサ 4 4 0 の特定領域に反射光のスポットが入射した場合の検出結果の一例を示す。図 5 (A) に示すように、反射光のスポットは、素子番号 4 , 5 , 6 の 3 つの受光素子 4 4 2 に跨がっているので、これらの 3 つの受光素子 4 4 2 の各々からは、ノイズ以上の受光強度を示す信号が出力される。

50

【 0 0 6 1 】

処理部 5 0 (図 3) は、図 5 (B) に示すような受光強度のプロファイルに基づいて、受光強度のピーク位置を特定し、当該ピーク位置に対応する波長から反射光に含まれている波長の主成分を特定し、特定した主成分波長からセンサヘッド 3 0 から対象物 2 までの距離 (変位) を算出する。

【 0 0 6 2 】

本実施の形態に従う光学計測装置 1 は、複数のコアを有する導光部 2 0 を採用するので、受光部 4 0 には、コア数に応じた反射光のビームが入射することになる。そのため、これらの複数のビームに含まれる波長成分を適切に検出する必要がある。

【 0 0 6 3 】

そこで、検出器 4 4 として一次元センサ (ラインセンサ) を採用した構成においては、導光部 2 0 および受光部 4 0 は、複数のコアに含まれる第 1 のコアにセンサヘッド 3 0 側から波長 1 をもつ第 1 の光が与えられたときに、検出器 4 4 を構成する複数の受光素子のうち当該第 1 の光が入射する受光素子が、複数のコアに含まれる第 2 のコアにセンサヘッド 3 0 側から波長 1 をもつ第 2 の光が与えられたときに、検出器 4 4 を構成する複数の受光素子のうち当該第 2 の光が入射する受光素子の少なくとも一部と共通するように構成される。この構成について、図 6 および図 7 を参照して説明する。

【 0 0 6 4 】

図 6 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において検出器として一次元センサを採用した場合の反射光を検出する状態を説明するための模式図である。図 6 において、受光素子 4 4 2 が一次元配列される方向を X 方向と定義し、X 方向と直交する受光素子 4 4 2 の幅方向を Y 方向と定義し、複数の受光素子 4 4 2 が配置される検出器 4 4 の検出面に垂直な方向を Z 方向と定義する。別段の例外を除いて、以下の説明においても同様である。

【 0 0 6 5 】

図 6 (A) には、導光部 2 0 (出力側ケーブル 2 2) に含まれる 2 つのコア (図 3 参照) のそれぞれに波長 1 の光を与えたときに検出器 4 4 上に生じる 2 つのスポット S P 1 1 および S P 1 2 の一例を示す。併せて、当該 2 つのコアのそれぞれに波長 2 の光を与えたときに検出器 4 4 上に生じる 2 つのスポット S P 2 1 および S P 2 2 の一例を示す。説明の便宜上、図 6 (A) および図 6 (B) には、2 つの波長 1 および 2 のスポットを同一の図面に描くが、通常の計測時には、特定の波長成分のみが検出器 4 4 に入射することになる。

【 0 0 6 6 】

まず、波長 1 に対応するスポット S P 1 1 およびスポット S P 1 2 に着目すると、スポット S P 1 1 は、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 4 , 5 , 6 の 3 つの受光素子に跨っており、スポット S P 1 2 についても、同じく、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 4 , 5 , 6 の 3 つの受光素子に跨っている。

【 0 0 6 7 】

一方、波長 2 に対応するスポット S P 2 1 およびスポット S P 2 2 に着目すると、スポット S P 2 1 は、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 1 4 , 1 5 の 2 つの受光素子に跨っており、スポット S P 2 2 についても、同じく、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 1 4 , 1 5 の 2 つの受光素子に跨っている。

【 0 0 6 8 】

図 6 (A) には、真円状のスポットを例示するが、後述するような縮小光学系を用いることで、スポット形状を楕円状にすることもできる。スポットを楕円状にした場合の検出器 4 4 への入射状態の一例を図 6 (B) に示す。

【 0 0 6 9 】

図 6 (B) を参照して、波長 1 に対応するスポット S P 3 1 およびスポット S P 3 2 に着目すると、スポット S P 3 1 は、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 1 , 2 , 3 , 4 の 4 つの受光素子に跨っており、スポット S P 3 2 については、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 2 , 3 , 4 の 3 つの受光素子に跨っている。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

一方、波長 2 に対応するスポット S P 4 1 およびスポット S P 4 2 に着目すると、スポット S P 4 1 は、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 1 3 , 1 4 , 1 5 の 3 つの受光素子に跨っており、スポット S P 4 2 については、ラインセンサ 4 4 0 の素子番号 1 3 , 1 4 , 1 5 , 1 6 の 4 つの受光素子に跨っている。

【 0 0 7 1 】

図 6 (B) に示す照射状態においては、同一の波長に対応するスポットが完全に同一の受光素子に入射しているわけではないが、ラインセンサ 4 4 0 による受光強度のプロファイル (受光強度の受光素子についての变化) に基づいて、距離計測が行なわれるので、同一波長のスポットが入射する受光素子 (あるいは、受光素子の組) が概ね同一であれば、計測性能を悪化させることなく、光の利用効率を高めることができる。

10

【 0 0 7 2 】

図 7 は、図 6 (A) に示す波長 1 のスポット S P 1 1 および S P 1 2 が検出器 4 4 に入射した場合に得られる検出結果の一例を示す模式図である。なお、説明の便宜上、暗電流などによるノイズ成分については描いていない。図 7 を参照して、素子番号 4 , 5 , 6 の受光素子の各々では、スポット S P 1 1 および S P 1 2 の入射している面積に応じた光量が検出値として出力される。検出値としては、スポット S P 1 1 および S P 1 2 の合計が出力されることになる。

【 0 0 7 3 】

図 7 に示す検出結果として出力される有意な値の幅 (図 7 に示す例では、3 画素分) は、複数のコアを採用することでも変化せず、一方で、検出結果として出力される値の絶対値は、複数のコアを採用することで増加することになる。処理部 5 0 は、単一の受光素子 4 4 2 に複数のコアのそれぞれから照射された複数の光が入射して生じる検出値を一括して取得する。このような構成を採用することで、計測性能 (分解能) を悪化させることなく、より多くの光量を確保する (すなわち、S / N 比を高める) ことができる。

20

【 0 0 7 4 】

このように、同じ波長の光をそれぞれのコアを介して受光部 4 0 に入射させたときに、検出器 4 4 の検出面に生じるそれぞれのスポットに対応する受光素子の数および位置は、互いに少なくとも一部が共通するようになっている。このように、同一の波長について生じるスポットの間で、対応する受光素子の数および位置の少なくとも一部を共通にすることで、計測性能を悪化させることなく、光の利用効率を高めることができる。

30

【 0 0 7 5 】

言い換えれば、図 6 に示すように、検出器 4 4 として一次元センサ (ラインセンサ) を採用した構成においては、導光部 2 0 および受光部 4 0 は、複数のコアに含まれる第 1 のコアにセンサヘッド 3 0 側から波長 1 をもつ第 1 の光が与えられたときに検出器 4 4 の検出面に生じる第 1 のスポット (S P 1 1) と、複数のコアに含まれる第 2 のコアにセンサヘッド 3 0 側から波長 1 をもつ第 2 の光が与えられたときに検出器 4 4 の検出面に生じる第 2 のスポット (S P 1 2) とにより定義される方向 (典型的には、スポット S P 1 1 とスポット S P 1 2 とを結ぶ線の方向) が、受光素子 4 4 2 の幅方向 (すなわち、Y 方向) と対応付けられるように、構成される。

40

【 0 0 7 6 】

このような構成は、受光部 4 0 と光学的に接続される導光部 2 0 (出力側ケーブル 2 2) を、それに含まれる複数のコアの並び方向 (図 3 に示す断面構造を参照) が、複数の受光素子 4 4 2 の配列方向とは直交する方向に対応付けて配置することで実現される (図 4 も参照のこと) 。

【 0 0 7 7 】

あるいは、導光部 2 0 および受光部 4 0 は、出力側ケーブル 2 2 に含まれる複数のコア 2 0 2 (図 3 参照) の中心を結ぶ線方向と、受光素子 4 4 2 の幅方向 (すなわち、Y 方向) とが対応付けられるように、構成されとも表現できる。

【 0 0 7 8 】

50

上述のような構成を実現するためには、主として、出力側ケーブル 22 の端面、分光器 42、検出器 44 という、3つのコンポーネントの位置を適宜調整する必要がある。配置手順（コンポーネントの位置決め手順）の一例としては、例えば、分光器 42 を受光部 40 の所定位置に固定するとともに、分光器 42 の位置を基準として、入力側にある出力側ケーブル 22 の端面の位置、および、出力側にある検出器 44 の位置をそれぞれ調整することで実現できる。

【0079】

< E . 検出器の構成および処理：二次元センサ / CMOS イメージセンサ >

次に、検出器 44 として、二次元センサ（CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサ）を採用した構成およびその構成に適した処理について説明する。

【0080】

図 8 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において二次元センサ（CMOS イメージセンサ）により実現された検出器 44 を説明するための模式図である。図 8 を参照して、CMOS イメージセンサ 444 は、検出面上に二次元配置された複数の受光素子を含む。CMOS イメージセンサ 444 は、その原理上、局所読出しが可能になっている。そのため、CMOS イメージセンサ 444 の行方向または列方向を、分光器 42（図 3 参照）による分光方向に対応させることが好ましいが、以下のような制御ロジックを採用することで、任意の方向に位置決めすることができる。

【0081】

図 8 には、導光部 20（出力側ケーブル 22）が 3つのコアを含むものとして、それぞれのコアに波長 1 の光を与えたときに検出器 44 上に生じる 3つのスポット SP11, SP12, SP13 の一例を示す。併せて、当該 3つのコアのそれぞれに波長 2 の光を与えたときに検出器 44 上に生じる 3つのスポット SP21, SP22, SP23 の一例を示す。説明の便宜上、図 8 には、2つの波長 1 および 2 のスポットを同一の図面に描くが、通常の計測時には、特定の波長成分のみが検出器 44 に入射することになる。

【0082】

分光器 42 は、入射した光に含まれる波長に応じた方向に規則性をもって光を回折するので、この規則性に基づいて、CMOS イメージセンサ 444 から画像情報を読出す領域（以下、「読出領域」とも称す。）を選択的に決定することで、入射した反射光に含まれる波長を決定することができる。

【0083】

例えば、図 8 に示すように、導光部 20 に含まれる 3つのコアのそれぞれに波長 1 の光を与えたときに検出器 44 上に生じる 3つのスポット SP11, SP12, SP13 の位置および範囲から、波長 1 を検出することに用いることができる読出領域 AR1 を決定することができる。同様に、導光部 20 に含まれる 3つのコアのそれぞれに波長 2 の光を与えたときに検出器 44 上に生じる 3つのスポット SP21, SP22, SP23 の位置および範囲から、波長 2 を検出することに用いることができる読出領域 AR2 を決定することができる。

【0084】

複数の波長について、各波長の検出に用いることができる読出領域をそれぞれ決定することで、反射光（計測光）に含まれる主成分波長を特定することができる。このように、検出器 44 として二次元センサを採用した場合には、処理部 50 は、複数のコアから照射される同一の波長の光のスポットが検出器 44 の検出面上に入射することで生じる強度分布に基づいて、各波長の検出に適合する領域を推定する。この適合する領域の推定方法としては、各種の統計処理（典型的には、内挿処理または外挿処理）を採用することができる。

【0085】

図 9 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において二次元センサにより実現された検出器 44 に設定される読出領域の一例を示す模式図である。図 9 に示すように、CMOS

10

20

30

40

50

イメージセンサ 444 の検出面に入射する波長ごとのスポットに応じて、各波長を検出するための読出領域を設定することができる。すなわち、処理部 50 は、検出器 44 の検出面のうち、反射光に含まれ得る各波長の検出に用いるそれぞれの部分領域を決定する。そして、処理部 50 は、図 9 に示すような各読出領域のマップを予め保持しておき、CMOS イメージセンサ 444 から選択的に受光強度を読出すことで、入射した反射光（計測光）に含まれる主成分を特定する。

【0086】

図 10 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において二次元センサにより構成される検出器による計測処理の手順を示すフローチャートである。図 10 (A) には、図 9 に示すような読出領域を設定するための処理手順を示し、図 10 (B) には、図 9 に示すような読出領域に基づく計測の処理手順を示す。

10

【0087】

図 10 (A) を参照して、まず、複数の波長候補のうち 1 つの波長を選択する（ステップ S100）とともに、複数のコアのうち 1 つのコアを選択する（ステップ S102）。そして、ヘッド側ケーブル 24 または出力側ケーブル 22 の端から、選択されたコアを介して選択された波長の光を与える（ステップ S104）。処理部 50 は、検出器 44 の検出面に生じるスポットの範囲（または、受光強度のプロファイル）を、選択されている波長を識別する情報、および、選択されているコアを識別する情報、に関連付けて格納する（ステップ S106）。

【0088】

20

複数のコアのうちすべてのコアの選択が完了していなければ（ステップ S108 において NO の場合）、複数のコアのうち別のコアを選択し（ステップ S110）、ステップ S104 以下の処理が繰り返される。

【0089】

一方、複数のコアのうちすべてのコアの選択が完了し（ステップ S108 において YES の場合）、複数の波長候補のうちすべての波長の選択が完了していなければ（ステップ S112 において NO の場合）、複数の波長候補のうち別の波長を選択する（ステップ S114）。そして、ステップ S102 以下の処理が繰り返される。

【0090】

複数の波長候補のうちすべての波長の選択が完了していれば（ステップ S112 において YES の場合）、処理部 50 は、ステップ S106 において格納した情報に基づいて、CMOS イメージセンサ 444 による検出結果から各波長成分を算出するための読出領域（初期設定情報）を決定する（ステップ S116）。そして、読出領域を設定する処理は終了する。

30

【0091】

図 10 (B) を参照して、計測の開始が指示されていれば（ステップ S200 において YES の場合）と、処理部 50 は、光源 10 に対して照射光の発生を指示する（ステップ S202）。

【0092】

処理部 50 は、所定の計測サイクルごとに、初期設定情報に基づいて、波長ごとに設定された読出領域の画素値（受光強度）を読出す（ステップ S204）。処理部 50 は、読出領域別に読み出した画素値（受光強度）の総和（または、平均値）を算出し、受光強度として算出する（ステップ S206）。そして、処理部 50 は、算出された波長別の受光強度のうちピーク波長を特定し、特定したピーク波長からセンサヘッド 30 から対象物 2 までの距離を算出する（ステップ S208）。

40

【0093】

計測の終了が指示されなければ（ステップ S210 において NO の場合）、ステップ S204 以下の処理が繰り返される。

【0094】

このように、本実施の形態に従う光学計測装置 1 の処理部 50 は、導光部 20 を構成す

50

る複数のコアに含まれる第1のコアにセンサヘッド30側から波長 λ_1 をもつ第1の光が与えられたときに、当該第1の光が入射する検出面上の第1の領域(図8に示すスポットSP11)と、複数のコアに含まれる第2のコアに光学系側から第1の波長の第2の光が与えられたときに、当該第2の光が入射する検出面上の第2の領域(図8に示すスポットSP12, SP13)との位置関係に基づいて、受光部の複数の受光素子によるそれぞれの検出値から距離を算出する。

【0095】

より具体的には、各スポットの位置関係に基づいて、CMOSイメージセンサ444の検出面上にそれぞれ読出領域が設定される。

【0096】

但し、図9に示すような、計測対象の波長に応じてそれぞれ読出領域を決定するのではなく、CMOSイメージセンサ444の検出面に対して、各波長の受光強度を算出するのに用いられる重み係数を決定するようにしてもよい。例えば、CMOSイメージセンサ444の検出面上の任意の点 (x, y) に関して、波長 λ_n ($n = 1, 2, \dots, N$)の各々について重み係数 $f(\lambda_n, x, y)$ を設定し、CMOSイメージセンサ444による検出結果 $P(x, y)$ に対して、重み係数 f を用いた加重平均を算出することで、各波長成分の強度を算出することができる。

【0097】

すなわち、各波長に対応するスポットがいずれの位置に入射するのかという事前情報としての位置関係を用いた各種の統計処理により、任意の後処理方法を採用することができる。

【0098】

なお、必ずしも局所読出しを行なう必要はなく、CMOSイメージセンサ444の各受光素子での受光強度(画像情報)を一括して読出し、必要な読出領域の情報のみを利用するようにしてもよい。この方式を用いる場合には、一括読出しを行なうCCDイメージセンサを用いた場合でも、同様の処理を実現できる。

【0099】

< F . 検出器の構成および処理：二次元センサ / CCDイメージセンサ >

次に、検出器44として、二次元センサ(CCD(Charge-Coupled Device)イメージセンサ)を採用した構成およびその構成に適した処理について説明する。

【0100】

図11は、本実施の形態に従う光学計測装置1において二次元センサ(CCDイメージセンサ)により実現された検出器44を説明するための模式図である。図11を参照して、CCDイメージセンサ446は、検出面上に二次元配置された複数の受光素子を含む。CCDイメージセンサ446は、その行方向または列方向を、分光器42(図3参照)による分光方向に対応させて配置される。

【0101】

図11には、導光部20(出力側ケーブル22)に含まれる2つのコア(図3参照)のそれぞれに波長 λ_1 の光を与えたときに検出器44上に生じる2つのスポットSP11およびSP12の一例を示す。併せて、導光部20(出力側ケーブル22)に含まれる2つのコアのそれぞれに波長 λ_2 の光を与えたときに検出器44上に生じる2つのスポットSP21およびSP22の一例を示す。説明の便宜上、図11には、2つの波長 λ_1 および λ_2 のスポットを同一の図面に描くが、通常の計測時には、特定の波長成分のみが検出器44に入射することになる。

【0102】

CCDイメージセンサ446では、その周囲に配置された周辺回路447および448により、選択されたライン上の複数の受光素子から画像情報が一括して読出されるので、行方向または列方向を分光方向に対応させるとともに、上述のラインセンサ(一次元センサ)を用いた場合と同様に、複数のコアに含まれる第1のコアにセンサヘッド30側から波長 λ_1 をもつ第1の光が与えられたときに、検出器44を構成する複数の受光素子のう

10

20

30

40

50

ち当該第1の光が入射する受光素子が、複数のコアに含まれる第2のコアにセンサヘッド30側から波長1をもつ第2の光が与えられたときに、検出器44を構成する複数の受光素子のうち当該第2の光が入射する受光素子の少なくとも一部と共通するように構成されることが好ましい。他の波長についても同様である。

【0103】

図11に示す例において、波長1に対応するスポットSP11およびスポットSP12に着目すると、スポットSP11は、行番号R1, R2および列番号C2, C3の各交点に対応する4つの受光素子に跨っており、スポットSP12については、行番号R1, R2および列番号C6, C7, C8の各交点に対応する6つの受光素子に跨っている。このように、波長1によって生じるスポットSP11およびスポットSP12は、い

10

【0104】

一方、波長2に対応するスポットSP21およびスポットSP22に着目すると、スポットSP21は、行番号R5, R6, R7および列番号C2, C3の各交点に対応する6つの受光素子に跨っており、スポットSP22については、行番号R5, R6, R7および列番号C6, C7, C8の各交点に対応する5つの受光素子に跨っている。このように、波長2によって生じるスポットSP21およびスポットSP22は、いずれも、行番号R5, R6, R7の選択によって一括して読出される受光素子に入射するように

20

【0105】

このように、同じ波長の光をそれぞれのコアを介して受光部40に入射させたときに、検出器44の検出面に生じるそれぞれのスポットに対応する受光素子の数および列位置(または行位置)は、互いに少なくとも一部が共通するようになっている。このように、同一の波長について生じるスポットの間で、対応する受光素子の数および位置の少なくとも一部を共通にすることで、計測性能を悪化させることなく、光の利用効率を高めることができる。

【0106】

それ以外の構成および処理については、上述の検出器44として次元センサ(ラインセンサ)を採用した構成および処理と同様であるので、詳細な説明は繰り返さない。

30

【0107】

<G. 縮小光学系>

次に、受光部40に採用する縮小光学系43について説明する。本実施の形態に従う光学計測装置1では、複数のコアを有する導光部20を採用するので、対象物2上に複数のスポットが照射され、複数のスポットにそれぞれ対応する複数の反射光が生じることになる。導光部20を構成する光ファイバのコア径およびコア数、ならびに、検出器44の受光素子の大きさ、などに依存して、複数の反射光(例えば、図6に示すスポットSP11およびSP12など)をそのまま計測することで、疑似的に単一のスポットとみなして処理することもできる。

【0108】

40

但し、検出器44の検出面の大きさについての制約などから、複数の反射光をそのまま計測できない場合もあり、このような場合には、以下に説明するような縮小光学系43を採用することが好ましい。縮小光学系43は、検出器44までの光学経路上に配置され、導光部20に含まれる複数のコアを伝搬して受光部40へ入射した対象物2からの反射光のスポット径を縮小化する。

【0109】

図12および図13は、本実施の形態に従う光学計測装置1の受光部40に含まれる縮小光学系43の構成例を示す模式図である。図12には、円状の集束レンズを採用する構成例を示し、図13には、シリンドリカルレンズを採用する構成例を示す。

【0110】

50

図 1 2 を参照して、分光器 4 2 により対象物 2 からの反射光（計測光）が反射される方向に対応付けて、集束レンズ 4 3 1 が配置されている。集束レンズ 4 3 1 の断面径としては、対象物 2 からの反射光が回折され得る角度方向のすべてを包含する大きさに設定される。

【 0 1 1 1 】

また、本実施の形態に従う光学計測装置 1 では、複数のコアが採用されているので、各コアから照射される反射光（図 1 2 に示す # 1 および # 2 ）がいずれも集束レンズ 4 3 1 を通過するように構成される。

【 0 1 1 2 】

集束レンズ 4 3 1 によりスポット径が調整された上で検出器 4 4 に入射する（図 1 2 の S P O T 1 および S P O T 2 ）。このように、複数のコアを採用することにより生じる、対象物 2 上の複数のスポットは、縮小光学系により疑似的に単一のスポットとみなせる大きさに調整した上で計測される。

【 0 1 1 3 】

図 1 3 に示す縮小光学系の構成は、図 6 (B) に示すような楕円状のスポットを形成する場合などに用いられる。Y - Z 平面に曲面を有するシリンダカルレンズ 4 3 2 を採用することで、スポット径を Y 方向に縮小する一方で、X 方向の大きさは維持される。すなわち、シリンダカルレンズ 4 3 2 を用いた縮小光学系は、対象物 2 からの反射光のスポット径を、検出器 4 4 の検出面の縦横比率に応じた特定方向により大きく縮小するように構成されている。

【 0 1 1 4 】

なお、図 1 3 には、一体型のシリンダカルレンズを採用する例を示すが、スポットの数（すなわち、コアの数）に応じて、シリンダカルレンズの連数を調整してもよい。

【 0 1 1 5 】

このように、複数のコアを採用することにより生じる、対象物 2 上の複数のスポットは、縮小光学系により疑似的に単一のスポットとみなせる大きさに調整した上で計測される。また、受光素子の幅方向の長さを大きくすることが難しい一次元センサ（ラインセンサ）を採用した場合には、スポット形状を幅方向に圧縮できる構成を採用することで、より多くのコアを含む導光部の採用を容易化できる。

【 0 1 1 6 】

< H . 導光部のコア径 / コアピッチ >

次に、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において採用する複数のコアを含む導光部 2 0 に適した構成の一例について説明する。

【 0 1 1 7 】

ファイババンドル内に複数のコアを配置した場合には、隣接するコア間の間隔が重要になる。例えば、隣接するコア間の間隔が狭くなると、ある共焦点をもつファイバに対象物 2 から反射してきた当該共焦点以外の波長の光が入光する現象（以下、「クロストーク」とも称す。）が生じ得る。そこで、クロストークの影響を軽減できるように、隣接するコア間の距離を最適化する必要がある。

【 0 1 1 8 】

図 1 4 は、4 つのコアを含むバンドルファイバの断面形状の一例を示す図である。図 1 4 には、所定のコア径およびクラッド径を有するファイバを 4 本収容するバンドルファイバを示す。図 1 4 (A) には、クラッドが隣接している構成（クラッド隣接）を示すのに対して、図 1 4 (B) には、クラッドの周囲に何らかの構造物（被覆等）を設けることでピッチを拡大している構成（ピッチ拡大）を示す。

【 0 1 1 9 】

図 1 5 は、図 1 4 に示すバンドルファイバにおいて生じるクロストーク量を評価した結果例を示す図である。図 1 5 に示す評価結果は、あるコアを伝搬する光が隣接するコアへ漏れ出す量を評価したものであり、複数のコアの一端のそれぞれに波長の光を与えたときに、あるコアの他端で受光される光のスペクトルをシミュレーションにて算出した結果

10

20

30

40

50

である。図 15 (A) および図 15 (B) には、他のコアからの影響 (クロストーク) が存在しない場合と、クロストークを考慮した場合とをそれぞれ比較して示す。

【 0 1 2 0 】

図 15 (A) に示す評価結果によれば、図 14 (A) に示す構成では、クロストークにより基準波形 (クロストークが存在しない場合の波形) に対してある程度の影響が生じる。これに対して、図 15 (B) に示す評価結果によれば、図 14 (B) に示す構成では、クロストークにより基準波形 (クロストークが存在しない場合の波形) に対して約半分の影響しか生じない。

【 0 1 2 1 】

このように、本実施の形態に従う光学計測装置 1 では、少なくとも、センサヘッド 30 に接続される端面がクロストークを低減したコア配置になっている光ファイバをヘッド側ケーブル 24 として採用することが好ましい。

【 0 1 2 2 】

このように、本実施の形態に従う光学計測装置 1 の導光部 20 においては、共焦点外の反射光が入射する (クロストーク) ことを抑制するように、隣接するコアのピッチおよび配置が設計される。

【 0 1 2 3 】

< I . 導光部の光ファイバ端面形状 >

次に、本実施の形態に従う光学計測装置 1 において採用する導光部 20 を構成する光ファイバの端面形状の一例について説明する。白色共焦点方式の光学計測装置では、対象物 2 に対して照射光を照射し、その反射光に基づいて、センサヘッド 30 から対象物 2 までの距離を算出する。照射光が対象物 2 に照射されることなく、光ファイバの射出端面にてそのまま反射されると、計測誤差の原因となり得る。そのため、光ファイバの端面での反射を極力低減することが好ましい。

【 0 1 2 4 】

図 16 は、光ファイバの端面での光の挙動を説明するための模式図である。図 16 に示すように、光ファイバのコア 202 を伝搬する照射光 P_0 のうちいくらかは、端面にて反射成分 P_R となり得る。反射成分 P_R は、コア / クラッド界面に入射し、その屈折率の差に応じた所定比率分だけコア 202 内の戻り光となる。

【 0 1 2 5 】

但し、反射成分 P_R がコア / クラッド界面に入射する角度が、コア / クラッド界面の臨界角 c より大きければ、反射成分 P_R の大部分はクラッド 204 側に入射し、コア 202 を逆戻りすることはない。

【 0 1 2 6 】

そこで、光ファイバの端面の傾斜角 (コアの光軸方向に垂直な面からの角度変位) を大きくすることで、コア / クラッド界面での反射成分 P_R の反射率を小さくし、入射光によって生じ得る戻り光の成分を低減する。

【 0 1 2 7 】

すなわち、本実施の形態に従う光学計測装置 1 では、導光部 20 からセンサヘッド 30 へ照射光を射出する端面が導光部 20 におけるコアとクラッドとの界面の臨界角より大きな角度の傾斜角をもつように設定されることで、計測誤差となり得る戻り光を低減する。

【 0 1 2 8 】

ファイバ端面での反射光が大きくなると計測光が反射光に埋もれてしまうため分解能が悪化し、あるいは、場合によっては計測光量が低いために計測不能になることもあるが、このような光ファイバ端面の傾斜角を最適化することで、対象物 2 からの計測光にとってノイズとなるファイバ端面での反射光が低減され、より反射率の低い測定対象物まで計測可能となる。その結果として、ダイナミックレンジを向上できる。

【 0 1 2 9 】

< J . クラッド伝搬の軽減 >

導光部に用いられる光ファイバには、コアからしみ出した光、および、光源 10 におい

10

20

30

40

50

て直接クラッドに入射する光がクラッドを伝搬する、クラッド伝搬と称される現象が生じ得る。このようなクラッド伝搬によるノイズを低減するために、カプラ 231, 232 と受光部 40 とを光学的に接続される出力側ケーブル 22 を棒状の部材の回りに巻き付けられるように配置してもよい。

【0130】

このように光ファイバを巻くことで、クラッドを伝搬するノイズとなる成分を低減し、ダイナミックレンジを向上できる。

【0131】

< K . スポット照射パターンの動的変更 >

本実施の形態に従う光学計測装置 1 は、複数のコアからそれぞれ照射光を照射するとともに、それぞれの照射光によって生じた対象物 2 からの反射光を計測することで、疑似的に単一のスポットに照射しているとみなして処理する。この照射光の照射パターンを適宜変更することで、対象物 2 に応じた計測を実現することもできる。以下、スポット照射パターンを動的に変更する処理について説明する。

【0132】

図 17 は、本実施の形態に従う光学計測装置 1 による対象物 2 への照射光の照射状態を説明するための模式図である。図 17 (A) には、ヘッド側ケーブル 24 が 4 つのコアを含む場合を例示し、センサヘッド 30 から対象物 2 に対して、4 つのコアにそれぞれ対応する照射光 (ビーム B 1 , B 2 , B 3 , B 4) が照射されている状態を示す。この 4 つのビームを包含する円状のスポット 300 を計測範囲とみなすことができる。

【0133】

図 17 (B) および図 17 (C) には、4 つのコアのうち 2 つのコアからのみ照射光を照射している状態を示す。すなわち、図 17 (B) に示す状態では、ビーム B 1 および B 3 のみが照射されており、図 17 (C) に示す状態では、ビーム B 2 および B 4 のみが照射されている。図 17 (B) および図 17 (C) に示す状態においては、それぞれ楕円状のスポット 302 および 304 を計測範囲とみなすことができる。

【0134】

このように、照射パターンを適宜変更することで、対象物 2 の形状に応じた計測を実現することができる。

【0135】

図 18 は、図 17 に示す照射パターンの変更の応用例を説明するための模式図である。図 18 を参照して、例えば、複数の段状の部位が形成されている対象物 2 の表面形状を計測する場合には、平面状の部位については、すべての照射光を照射して、ダイナミックレンジを向上させることが好ましい。あるいは、対象物 2 の表面が粗い場合には、計測範囲を広くすることで情報を均一化させる方が好ましい状況もあり得る。

【0136】

これに対して、表面の高さが大きく変化する場所については、計測範囲を段状部材の長手方向に延びる楕円状に変更して計測することで、段状部材に起因する表面高さの変位をより感度よく計測することができる。

【0137】

例えば、ある走査方向に照射光を照射していくようなアプリケーションを想定すると、段状部材が存在する前後の範囲 (X 1 ~ X 2 の範囲および X 3 以降の範囲) において、計測範囲を楕円状に変更し、それ以外の区間では、計測範囲を円状に維持して計測するような形態が想定される。

【0138】

図 19 は、本実施の形態に従う別の光学計測装置 1 # の装置構成を示す模式図である。図 19 を参照して、図 17 および図 18 に示すような照射パターンを動的に変更する場合には、光源 10 の照射側にマルチプレクサ 12 を設けて、状況に応じて、必要なコアに照射光を選択的に与えるようにしてもよい。マルチプレクサ 12 は、光源 10 からの照射光を導光部 20 に含まれる複数のコアのそれぞれに選択的に与えることができる選択部に相

10

20

30

40

50

当する。なお、マルチプレクサ 12 に限らず、照射光を与えるコアを選択できる光学デバイスであれば、どのようなものを用いてもよい。

【0139】

入力側ケーブル 21 # および出力側ケーブル 22 # としては、例えば、いずれも 4 つのコアを含むバンドルファイバが採用される。入力側ケーブル 21 # のそれぞれのコアの一端は、マルチプレクサ 12 から出力されるそれぞれのチャンネルと光学的に接続される。また、入力側ケーブル 21 # のそれぞれのコアの他端は、コア別に設けられた 2 × 1 スターカプラと光学的に接続される。出力側ケーブル 22 # のそれぞれのコアの一端は、2 × 1 スターカプラと光学的にそれぞれ接続され、出力側ケーブル 22 # のそれぞれのコアの他端は受光部 40 と光学的に接続される。このような構成を採用することで、センサヘッド 30 からの各照射光（ビーム B1, B2, B3, B4）の照射 / 停止を互いに独立して制御することができる。

10

【0140】

処理部 50 # は、図 17 に示すような対象物 2 の形状に応じて、マルチプレクサ 12 に対して最適な照射パターンを実現するための選択指令を与える。すなわち、処理部 50 # は、対象物 2 への照射光の照射に用いるコアを切り替える。

【0141】

上述のような構成を採用することで、計測のダイナミックレンジを向上させるとともに、対象物 2 の形状に応じて最適な計測を実現することができる。

【0142】

< L . 利点 >

上述したように、本実施の形態に係る光学計測装置 1 では、光源 10 からセンサヘッド 30 までの導光部、および、センサヘッド 30 から受光部 40 までの導光部として、複数のコアを採用することで、導光部内の伝搬損失を低減し、より多くの反射光を検出できるように構成される。これによって、従来構成に比較して、光の利用効率を高めて、より高いサンプリングレートを実現できる。

20

【0143】

また、本実施の形態に従う光学計測装置 1 は、コアピッチおよびコア端面の形状などを最適化することで、クロストークの影響および戻り光によるノイズ成分を低減し、ダイナミックレンジを向上できる。

30

【0144】

上述した実施の形態の全部ではなく、構成の一部を適宜組み合わせるようにすることもできる。

【0145】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものでないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

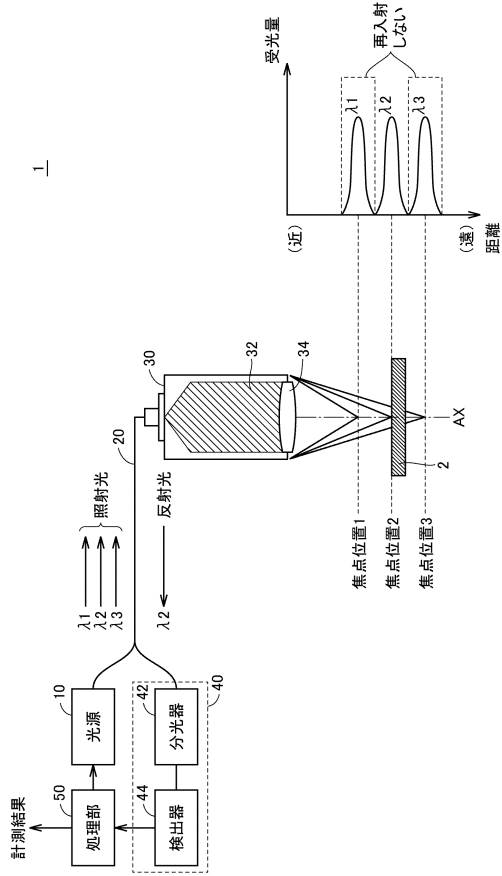
【0146】

1, 1A 光学計測装置、2 計測対象物（対象物）、10 光源、12 マルチプレクサ、20, 20A 導光部、21, 21A 入力側ケーブル、22, 22A 出力側ケーブル、23 合波 / 分波部、23A, 231, 232 カプラ、24, 24A ヘッド側ケーブル、30 センサヘッド、32 色収差ユニット、34 対物レンズ、40 受光部、41 コリメートレンズ、42 分光器、43 縮小光学系、44 検出器、45 読出回路、50 処理部、202 コア、204 クラッド、206 被覆、208 外装、241, 243, 245 ケーブル、242 多芯コネクタ、404 ケーブル固定部材、431 集束レンズ、432 シリンドリカルレンズ、440 ラインセンサ、442 受光素子、444, 446 イメージセンサ、447 周辺回路。

40

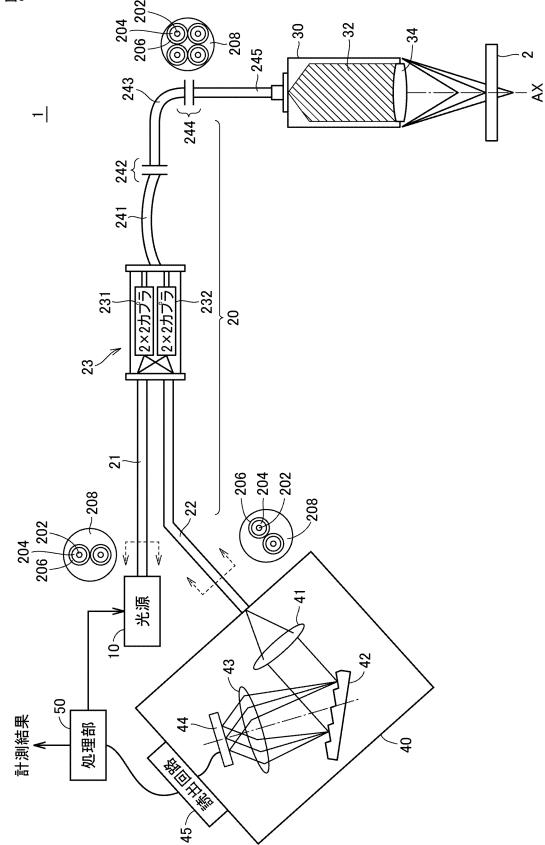
【図1】

図1



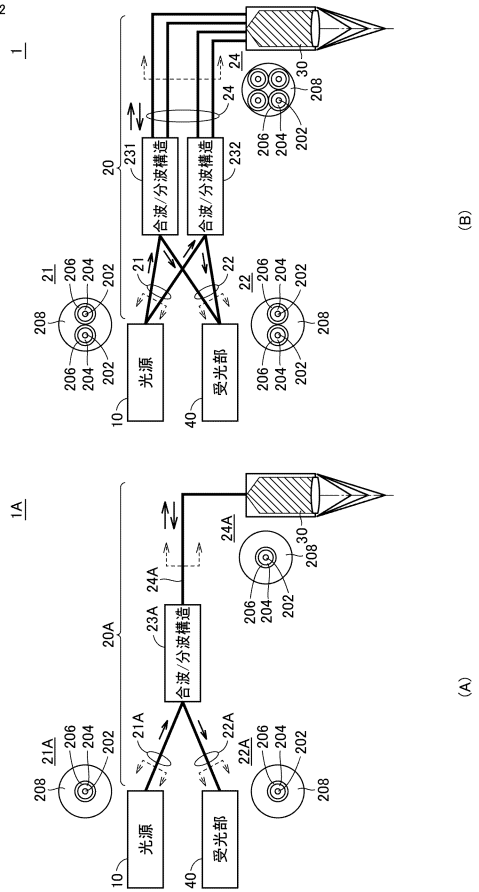
【図3】

図3



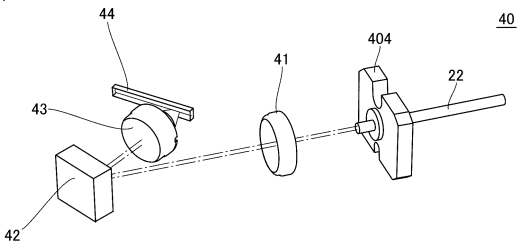
【図2】

図2



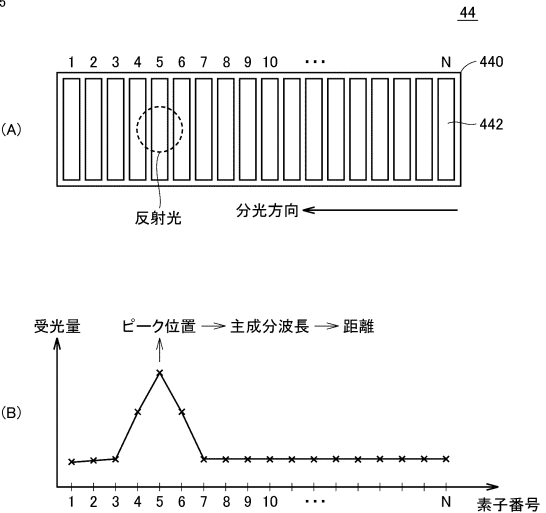
【図4】

図4

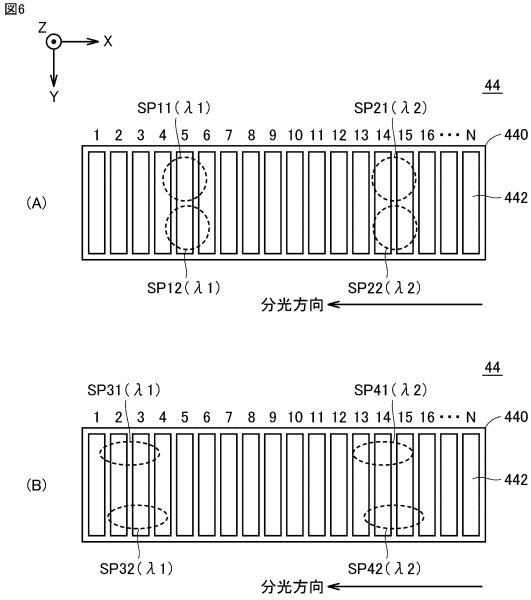


【図5】

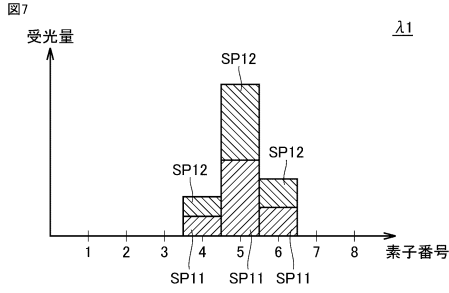
図5



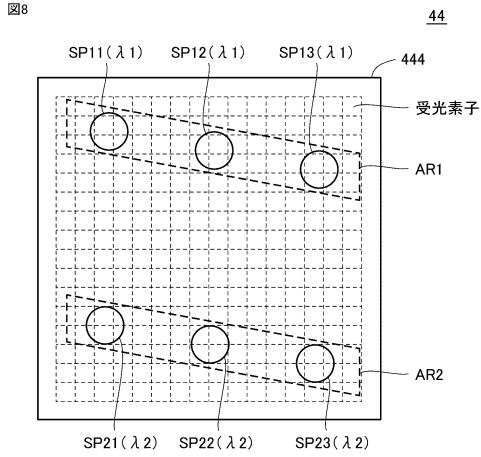
【図6】



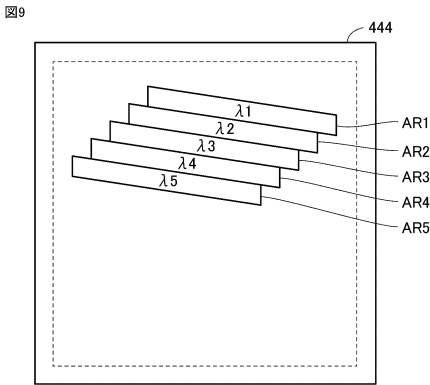
【図7】



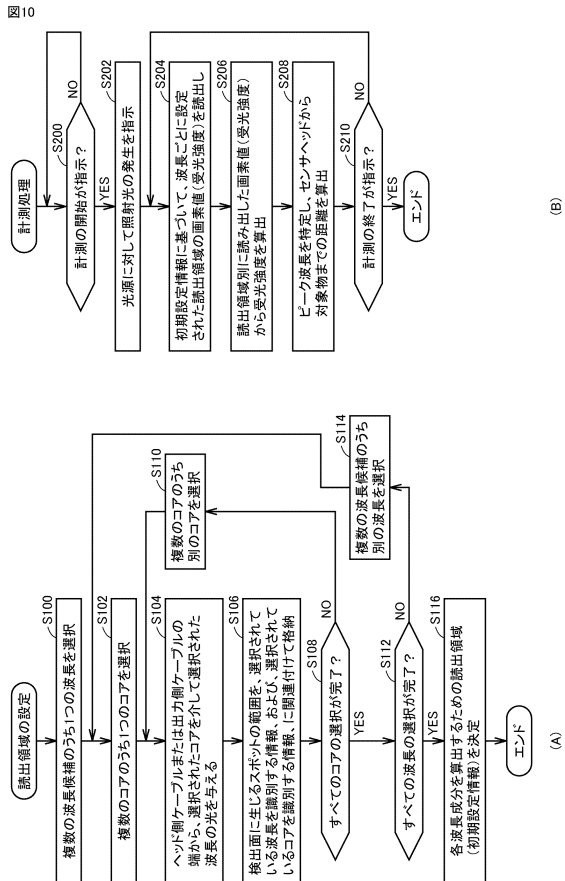
【図8】



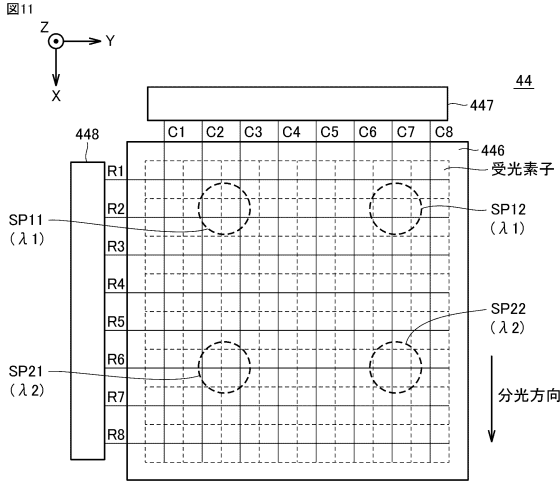
【図9】



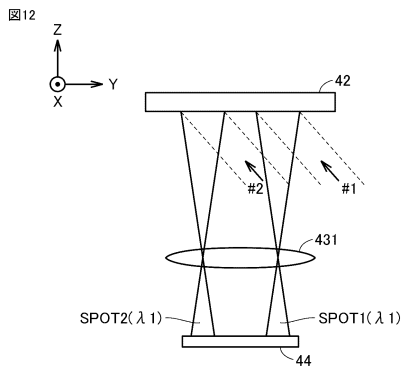
【図10】



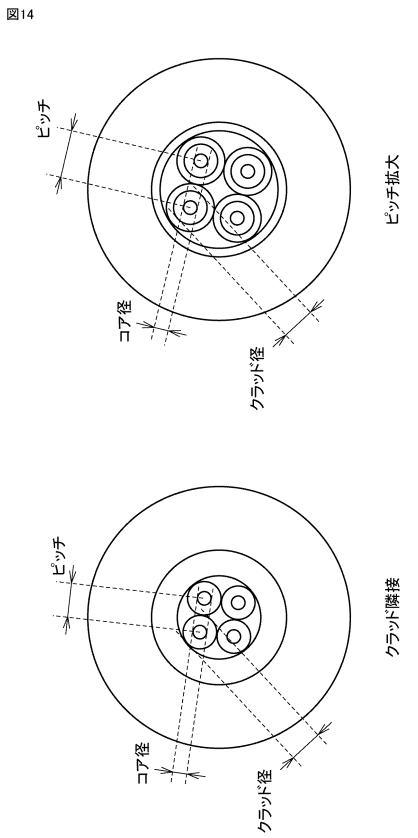
【図 1 1】



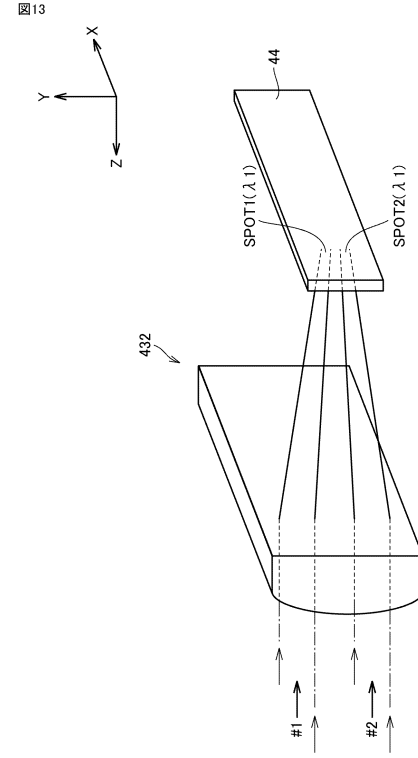
【図 1 2】



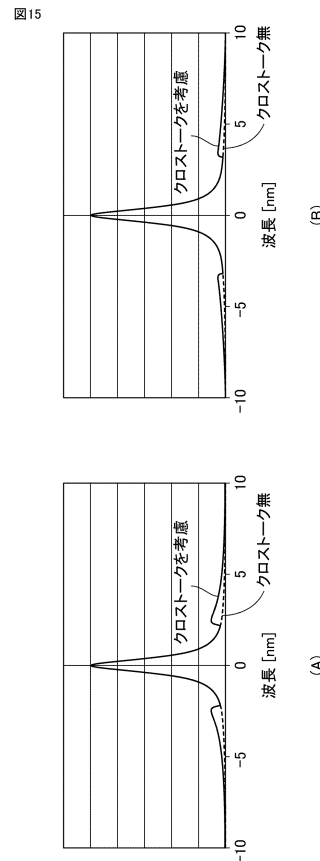
【図 1 4】



【図 1 3】

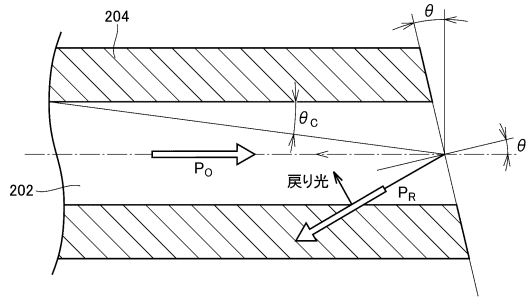


【図 1 5】



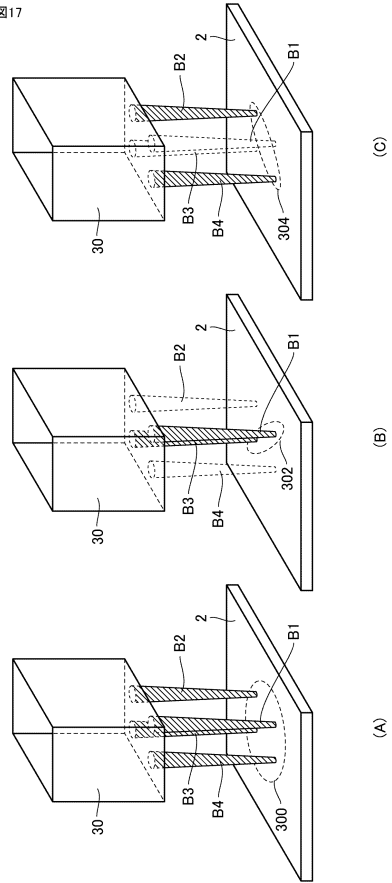
【図16】

図16



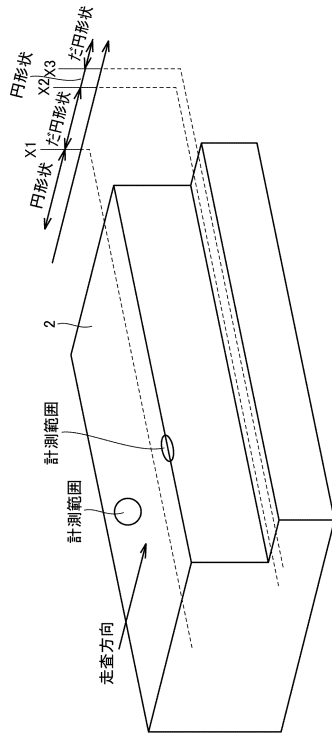
【図17】

図17



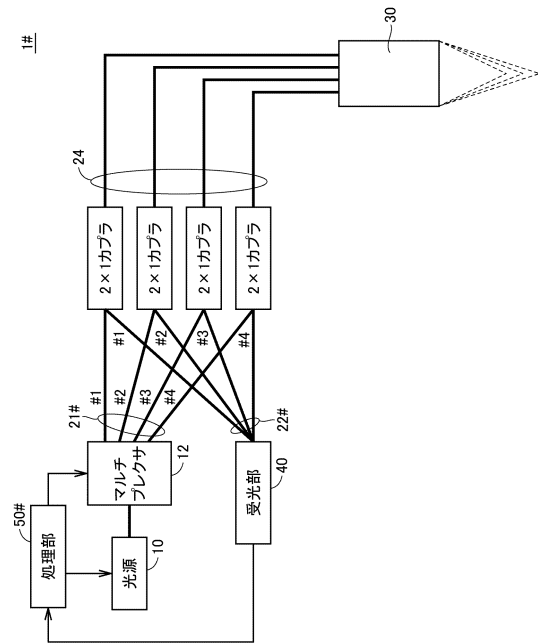
【図18】

図18



【図19】

図19



フロントページの続き

- (72)発明者 早川 雅之
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 藤原 直樹
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 丸川 真理子
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 眞岩 久恵

- (56)参考文献 特表2000-512401(JP,A)
特開2014-178287(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0056156(US,A1)
特開2012-208102(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30