

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6404014号  
(P6404014)

(45) 発行日 平成30年10月10日 (2018. 10. 10)

(24) 登録日 平成30年9月21日 (2018. 9. 21)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 C 3/06 (2006. 01)** GO 1 C 3/06 1 2 O P  
**GO 1 B 11/00 (2006. 01)** GO 1 B 11/00 B

請求項の数 20 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2014-137654 (P2014-137654)	(73) 特許権者	000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(22) 出願日	平成26年7月3日 (2014. 7. 3)	(74) 代理人	100092901 弁理士 岩橋 祐司
(65) 公開番号	特開2015-14604 (P2015-14604A)	(74) 代理人	100188260 弁理士 加藤 慎二
(43) 公開日	平成27年1月22日 (2015. 1. 22)	(72) 発明者	デイビッド ウィリアム セスコ アメリカ合衆国 ワシントン州 ウッド インヴィル 206番 アベニュー エヌ・イー 15123
審査請求日	平成29年6月7日 (2017. 6. 7)	審査官	八木 智規
(31) 優先権主張番号	13/935, 465		
(32) 優先日	平成25年7月3日 (2013. 7. 3)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】クロマティックレンジセンサを構成する光学ペン用の交換可能光学エレメント、および、その分離状態の検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

三次元座標測定機にてワーク測定情報を提供するためのクロマティックレンジセンサシステムを構成する光学ペン用の交換可能光学エレメントであって、

前記光学ペンは、前記測定機の可動部分に固定されるベース部材を備え、

前記ベース部材は、光源光を出力する光ファイバーを含み、

前記光ファイバーは、共焦点アパーチャーを通過するように前記光源光を出射すると共に、ワークで反射されて再び前記共焦点アパーチャーを通過して戻ってくる反射測定信号光が入射されるものであり、

該交換可能光学エレメントは、

前記ベース部材に対して前記光学エレメントを一定の関係で保持するために前記ベース部材に装着されるマウント部と、

前記共焦点アパーチャーから出射された光源光が入射され、当該光源光に測定範囲に沿った軸上色収差を与えて焦点を結ばせると共に、前記測定範囲に位置するワーク表面で反射された前記反射測定信号光を前記共焦点アパーチャーに戻すように構成された色分散光学部と、

前記光源光を受光する位置に設けられる分離信号エレメント部と、を備え、

前記分離信号エレメント部は、

前記センサシステムの前記測定範囲に対応する測定波長域の光の大半を透過し、

分離信号波長域の光の少なくとも一部を反射して前記光ファイバーへ戻すように構

成されることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 2】

請求項 1 記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記分離信号エレメント部は、前記分離信号波長域の光が前記測定波長域の光に含まれないように構成されていることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記測定波長域の光は、前記分離信号波長域の光の検出にも利用される波長検出器によって検出されることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記分離信号波長域の光は、分離信号波長域の光用の感知ピクセルのセットによって検出され、該感知ピクセルのセットは、前記測定波長域の光を感知するピクセルのセットに含まれていないことを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記分離信号エレメント部は、前記分離信号波長域の方が前記測定波長域よりも波長が短くなるように構成されていることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記分離信号エレメント部は、前記分離信号波長域の光の大半を反射するように構成されていることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記分離信号エレメント部は、ローパス反射フィルタ、ハイパス反射性エッジフィルタ、及び、バンドパス反射性フィルタのうちの少なくとも 1 つを備えることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記センサシステムの検出部において、前記測定波長域の光とは異なる光路を辿るように前記分離信号波長域の光を偏向させる偏向手段を備えていることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 9】

請求項 1 または 2 記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記センサシステムの検出部において、前記測定波長域の光とは異なる光路を辿るように前記分離信号波長域の光を偏向させる偏向手段を備え、前記偏向手段は、前記分離信号波長域の光を該分離信号専用のセンサに向けることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 10】

請求項 8 記載の交換可能光学エレメントにおいて、

前記センサシステムの波長検出器に、前記分離信号波長域の光を感知するための分離信号ピクセルのセットを設けて、

前記偏向手段は、前記分離信号波長域の光を前記分離信号ピクセルのセットに向けることを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、

該交換可能光学エレメントが前記ベース部材にマウントされている場合、前記分離信号波長域の光が、前記光ファイバーを通して戻されて、該交換可能光学エレメントの取付状態を示すことを特徴とする交換可能光学エレメント。

【請求項 12】

10	10
20	20
30	30
40	40
50	50

請求項 1 から 1 1 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、  
前記共焦点アパーチャーに隣接する位置、  
該交換可能光学エレメントの中で前記光源光の大半の焦点が合う位置の隣接位置、及び  
該交換可能光学エレメントの中で前記光源光の大半が平行光になる位置の隣接位置、の  
うちの少なくとも 1 つに前記分離信号エレメント部が配置されることを特徴とする交換可  
能光学エレメント。

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 2 のいずれかに記載の交換可能光学エレメントにおいて、  
前記分離信号エレメント部は、薄膜反射性フィルタを有することを特徴とする交換可能  
光学エレメント。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の交換可能光学エレメントにおいて、  
前記薄膜反射性フィルタは、該交換可能光学エレメントの中に含まれている 1 つの光学  
素子に付けられており、  
前記光学素子は、いずれも 1 mm 未満の厚さの、レンズ、ビームスプリッタ、封止窓、  
及び、透過性基板のうちの少なくとも 1 つを備えていることを特徴とする交換可能光学エ  
レメント。

【請求項 1 5】

請求項 1 3 または 1 4 記載の交換可能光学エレメントにおいて、  
前記薄膜反射性フィルタは、前記センサシステムの通常の前記測定範囲に対応した波長  
域外の波長域の光を、反射するように構成されていることを特徴とする交換可能光学エ  
レメント。

20

【請求項 1 6】

三次元座標測定機にてワーク測定情報を提供するためのクロマティックレンジセンサシ  
ステム用の分離状態の検出方法であって、

前記センサシステム用の光学ペンを供給する工程と、

ここで、前記光学ペンは、色分散光学系および分離信号エレメント部からなる交換可  
能光学エレメントを含み、前記分離信号エレメント部は、前記センサシステムの前記測定  
範囲に対応した測定波長域の光の大半を透過するように設定され、かつ、分離信号波長域  
の光の少なくとも一部を反射するように設定され、

30

前記分離信号波長域の光の前記少なくとも一部が前記分離信号エレメント部によって反  
射されない状態が続いた場合に、前記交換可能光学エレメントが前記光学ペンから分離し  
た状態になったことを示す分離状態を検出する工程と、

前記分離状態が検出された場合に分離表示信号を供給する工程と、  
を備えることを特徴とする前記センサシステム用の分離状態の検出方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載のクロマティックレンジセンサシステム用の分離状態の検出方法であ  
って、前記交換可能光学エレメントが前記光学ペンに取り付けられている時に、前記センサ  
システムの出力信号が前記分離信号波長域でピークを示さないよう、前記分離信号エレ  
メントからの反射光による信号成分を補正する工程を備えることを特徴とする前記センサ  
システム用の分離状態の検出方法。

40

【請求項 1 8】

請求項 1 7 記載のクロマティックレンジセンサシステム用の分離状態の検出方法であ  
って、前記交換可能光学エレメントが取り外された時に、前記センサシステムからの補正さ  
れた出力信号は、前記分離信号波長域で負のピークを示すことを特徴とする前記センサシ  
ステム用の分離状態の検出方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 6 記載のクロマティックレンジセンサシステム用の分離状態の検出方法であ  
って、前記交換可能光学エレメントが取り付けられている時に、前記センサシステムの出力  
信号において、前記分離信号エレメントからの反射光による信号成分が、前記分離信号波

50

長域でピークを示すことを特徴とする前記センサシステム用の分離状態の検出方法。

【請求項 20】

請求項 19 記載のクロマティックレンジセンサシステム用の分離状態の検出方法であって、前記交換可能光学エレメントが取り外された時に、前記センサシステムの出力信号は、前記分離信号波長域でピークを示さないことを特徴とする前記センサシステム用の分離状態の検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広く精密測定装置に関し、特に、三次元座標測定機用のクロマティックレンジセンサプローブシステムと組合せて利用できる分離感知方法に関する。

【背景技術】

【0002】

様々な種類の三次元座標測定機は、ワーク表面のポイントをプローブによって検出する。ある種類のプローブは、ワーク表面に沿った様々なポイントに対して、プローブを機械的に接触させることによって、ワークを直接測定する。多くの場合、機械的接触はボールによる。特定の三次元座標測定機は、光学的測定検出器と機械的測定検出器の両方を利用する。そのような測定機が、特許文献 1 と特許文献 2 に記載されており、複数のプローブ、プローブホルダー、及び、カメラ用選択型取付レンズなどをそれぞれ保持するための自動交換ラックが開示されている。

【0003】

自動交換ラックに関して言うと、頻繁に交換される交換可能測定プローブは、種々の「プローブヘッド」に設けられた自動交換ジョイント接続エレメントによって、三次元座標測定機に取り付けられる。現在のところ、レニショー（商標）のプローブヘッドが、この産業界のアプリケーションとして最も一般的に使用されている。これらのプローブヘッドは、英国グロスターシアにあるレニショーメトロロジリーリミテッド（Renishaw-Metrology Limited）によって製造されている。レニショータイプのプローブヘッドシステムは、産業界で最も一般的に使用されているが、ある特定の技術については、これをレニショータイプのシステムに組み入れることが容易ではないことが分かってきた。その上、既存のレニショータイプのプローブヘッドシステムを、これよりも高度な性能を備えたシステムにアップグレードする試みは、多大な費用、及び/又は、不便さを伴ってしまう。例えば、レニショータイプのプローブヘッドシステムに接続できるように構成された他のタイプのプローブを用いた場合、レニショータイプのプローブヘッドシステムに適合しているはずの特定の技術が、その他のプローブに対しては、発揮できなくなり、本来の望ましい特徴、望ましいレベルの制御性、及び/又は、処理能力を欠いてしまう。レニショータイプのプローブヘッドシステム又は同様のシステムの使用に関する特定の問題は、測定機とプローブ間での既存のデータ接続及び制御信号接続用の信号線の本数が限定されていることが原因である。このことは、プローブヘッドシステム用として、取り付けられ、及び/又は、交換されるプローブに対して、新たな技術及び/又は特徴を付加することを事実上困難にする「ボトルネック」になっている。特に、レニショータイプのプローブヘッドシステム又は同様のものを使用する場合、既存のクロマティックレンジセンサを取り付けること、及び/又は、交換することができない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 4,908,951 号公報

【特許文献 2】米国特許第 5,825,666 号公報

【特許文献 3】米国特許第 7,876,456 号公報

【特許文献 4】米国特許第 7,990,522 号公報

10

20

30

40

50

- 【特許文献5】米国特許出願公開第2013/0314690号公報  
 (米国特許出願第13/542,144号)
- 【特許文献6】米国特許出願公開第2013/0314689号公報  
 (米国特許出願第13/481,734号)
- 【特許文献7】米国特許第8,212,997号公報  
 (米国特許出願第13/033,565号)
- 【特許文献8】米国特許出願公開第2013/0163006号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

測定プローブの問題の1つは、ワークとの衝突の危険性である。測定動作中、測定プローブは、ワーク表面を測定する為に異なる物理的位置へ、三次元座標測定機によって動かされる。その際に、測定プローブとワーク又はその他の物理的対象との間で、偶発的に衝突が起きることがある。そのような衝突は、プローブ、三次元座標測定機、及び/又は、ワークを破損することがある。

10

【0006】

三次元座標測定機にて、例えば自動交換ラックを用いて、レニショータイプのプローブヘッドシステム等を利用する場合に、及び/又は、光学ペンのベース部材に対して自動装着や自動交換が可能な構成の光学ペンを利用する場合に、クロマティックレンジセンサプローブが、衝突時にその光学ペンの一部が分離したことを感知する能力を持っているとよい。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、クロマティックレンジセンサプローブ用の分離センサに関するシステム及び方法を提供する。本システムの発明の一側面は、三次元座標測定機にてワーク測定情報を提供するためのクロマティックレンジセンサ(CRS)システムを構成する光学ペンを含むことである。前記光学ペンは、交換可能光学エレメントと、前記三次元座標測定機の可動部分に対して固定される光学ペンベース部材を含む。前記ベース部材は、これに装着される前記交換可能光学エレメントを該ベース部材に対して一定の関係で保持する。ここに開示される方法に従って、前記交換可能光学エレメントは、分離信号エレメント部を含む。

前記分離信号エレメント部は、前記クロマティックレンジセンサシステムの測定範囲に応じた測定波長域の光の大半を透過し、分離信号波長域の光の少なくとも一部を反射するように構成されている。

30

【0008】

本発明の他の側面は、前記分離信号波長域が前記測定波長域に含まれないように、前記分離信号エレメント部が構成されていることである。前記分離信号波長域の方が前記測定波長域よりも波長が短くなるように、前記分離信号エレメント部が構成されてもよい。前記分離信号波長域の光は、分離信号波長域用の感知ピクセルのセットによって検出されるものとし、該感知ピクセルのセットは、前記測定波長域の光を感知するピクセルのセットに含まれていないようにしてもよい。一実施形態では、前記測定波長域の光は、前記分離信号波長域の光の検出にも利用される波長検出器によって検出されるようにしてもよい。一実施形態では、前記分離信号波長域の一部が前記測定波長域に重なってもよい。

40

【0009】

本発明の他の側面は、前記分離信号エレメント部が、前記分離信号波長域の光の大半を反射するように設定されていることである。様々な実施例では、前記分離信号エレメント部が、ローパス反射フィルタ、ハイパス反射性エッジフィルタ、バンドパス反射性フィルタ等の構成部品を備えていてもよい。

【0010】

本発明の他の側面は、前記センサシステムの検出部において、前記測定波長域の光とは異なる光路を辿るように前記分離信号波長域の光を偏向させる偏向手段を備えていること

50

である。例えば、前記分離信号波長域の光を、分離信号専用のセンサに向けてもよい。他の例として、前記分離波長域の光を前記センサシステムの波長検出器の分離信号用のピクセルのセットに向けて、該分離信号用のピクセルのセットを前記分離信号波長域の信号感知に用いてもよい。

【0011】

本発明の他の側面は、前記分離信号エレメントからの信号を補正することである。すなわち、前記交換可能光学エレメントが前記光学ペンに取り付けられている場合、前記分離信号波長域に対応する領域で「ピーク」を示さないように、前記センサシステムからの出力信号を補正してもよい。この設定により、前記交換可能光学エレメントが取り外された場合、前記補正された出力信号は、前記分離信号波長域に対応する領域に谷、すなわち負のピークを示す。

10

【0012】

本発明の他の側面は、前記分離信号エレメントからの信号を、光学ペン補正の一部としては、補正しないことである。光学ペン補正の対象から前記分離信号エレメントの信号を除外する。すなわち、前記交換可能光学エレメントが取り付けられている場合、前記光学ペン補正を受けた前記センサシステムからの出力信号は、前記分離信号波長域に対応する領域にピークを示すようになる。この設定により、前記交換可能光学エレメントが取り外された場合、前記補正を受けた前記センサシステムからの出力信号は、前記分離信号波長域に対応する領域にピークを示さない。

【0013】

20

本発明の他の側面は、前記分離信号エレメントが1mm未満の厚さの基板を有していることである。一実施例として、前記分離信号エレメントが薄膜反射性フィルタを有しているもよい。前記薄膜反射性フィルタは、レンズ、ビームスプリッタ、及び、封止窓のうちの少なくとも1つを備えた光学素子に付けられていてもよい。前記クロマティックレンジセンサシステムの通常の測定範囲に応じた測定波長域から外れた波長域の光を、前記薄膜反射性フィルタが反射するようにしてもよい。

【0014】

本発明の他の側面は、前記共焦点アパーチャーに隣接する位置、及び/又は、前記光源光の大半の焦点が合う位置の隣接位置、及び/又は、前記光源光の大半が平行光になる位置の隣接位置に、前記分離信号エレメントが配置されることである。

30

【0015】

本発明の他の側面は、前記交換可能光学エレメントが分離した時に生じる信号の変化を、分離状態の検出に利用できることである。一実施例として、この分離状態の検出を、ワークとの衝突による損傷を防止する為に利用してもよい。具体的には、検査動作中に前記三次元座標測定機が前記クロマティックレンジセンサプローブを光学ペンごと他の位置へ移動させる際、ワーク又はその他の対象と衝突する危険性が生じる。衝突により前記交換可能光学エレメント部が分離した場合、直ちに動作を停止して損傷を最小限にする為の信号を、前記三次元座標測定機へ送ってもよい。本発明のシステムおよび方法によれば、既存のクロマティックレンジセンサの構成を利用して分離状態を検出できるので、前記クロマティックレンジセンサ又はプローブに新たなセンサや配線を追加することなく、上述の機能を発揮することができる。このようにして、レニショー又はその他のプローブヘッドシステムを利用するための既存の付属部品を引き続き利用することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】分離信号エレメント付き交換可能光学エレメントを有する光学ペンを備えた代表的なクロマティックレンジセンサ(CRS)システムのブロック図である。

【図2】三次元座標測定機と、分離信号エレメント付き交換可能光学エレメントを有する光学ペンを備えたCRSプローブと、コントローラと、ユーザインターフェースとを構成要素とする三次元座標測定システムのブロック図である。

【図3】図2の分離信号エレメント付き交換可能光学エレメントを有する光学ペンを備え

50

た本発明のCRSプローブの第1実施形態の内部構造を示す図である。

【図4】分離信号エレメント付き交換可能光学エレメントを有する光学ペンを備えた本発明のCRSプローブの第2実施形態の内部構造を示す図である。

【図5】図3、4と同様の光学ペンの代表的な実施形態の詳細構造を示す図であり、前記分離信号エレメントの配置可能な3つの位置を示す図である。

【図6】前記交換可能光学エレメント内に光学ペンの共焦点アパーチャーの動作位置が設定されるように構成された前記光学ペンの代表的な実施形態の構成を示す図であり、前記分離信号エレメントの配置可能な5つの位置を示す図である。

【図7】分離信号エレメント付き交換可能光学エレメントを回転させるために回転部を備えた前記光学ペンの代表的な実施形態の構成を示す図である。

10

【図8】CRSからのプロファイルデータの線図であり、検出器アレイ内のピクセルの電圧オフセット信号レベル、及び、分離信号エレメントに対応する信号を示すものである。

【図9】CRSからのプロファイルデータの線図であり、測定距離指示座標に対応するピーク領域信号、及び、分離信号エレメントに対応する信号を示すものである。

【図10】CRSからのプロファイルデータの線図であり、分離信号エレメントに対応する信号の代用として、これに様々な信号処理を施したものを示すものである。

【図11】分離信号エレメントの代表的な一実施形態の特性を示す応答曲線の図である。

【図12】分離状態を検出するための分離信号エレメントの使用ルーチンの代表的な一実施形態を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0017】

図1は、三次元座標測定機(CMM)用として望ましい動作原理を備えた代表的なクロマティックレンジセンサ(CRS)システム100の基本構成を示すブロック図である。このCRSシステム100は、特許文献3及び特許文献4に記載のセンサとの間にある共通点を有する。図1に示すCRSシステム100は、電装部160及び光学ペン220を含み、1回で1点を測定するクロマティックポイントセンサのシステムである。しかしながら、様々な実施形態では、クロマティックレンジセンサなどの代替型クロマティックレンジシステムは、ここに開示されたシステム及び方法に従って動作するように設定されることが好ましい。光学ペン220は、特許文献5及び特許文献6により詳細に記載されている。

30

【0018】

図1に示される実施形態において、電装部160は、波長検出器162、ブロードバンド光源164、信号演算器166、分離感知部167、及び、記憶部168を含む。様々な実施形態において、波長検出器162は、分光器で構成された検出器アレイ163を含む。検出器アレイ163は、波長検出器162の測定軸に沿って分布する複数のピクセルを含み、前記複数のピクセルは、各波長光を受け取り、出力スペクトルプロファイルデータを提供する。様々な実施形態において、記憶部168は、補正データ169を含む。

【0019】

下記にさらに詳述されるが、光学ペン220の交換可能光学エレメント280に関する分離状態を検出する為、ここに記載される方法に従って、分離感知部167を利用する。様々な実施例において、分離感知部167は、信号演算器166と統合された構成要素又は機能を有してもよいし、及び/又は、検出器アレイ163の領域で別の検出器を有してもよい。分離感知部167は、測定動作中に前記光学エレメント280の分離状態を検出したら、分離警告信号を発する。例えば、交換可能光学エレメント280の突然の分離は、ワークとの衝突を意味する。光学ペン220と、これが取り付けられたCRSプローブとの損傷を最小限にするため、光学エレメントの分離状態を検出したら、プローブを動かしている三次元座標測定機を直ちに停止する指令を出す。この分離状態の検出を、動作中の測定の停止にも利用するし、及び、更なる測定実行の前に交換可能光学エレメント280の取付けのやり直しが必要であることをユーザに通知することにも利用する。

40

【0020】

50

後で図2と図3を使って詳述するが、前記特許文献5、特許文献6に記載の通り、電装部160の一部の構成が、自動ジョイントコネクタを介してCMMに取り付けられたCRSプローブアセンブリに含まれることが望ましい。例えば、本発明の一態様として、光源・波長検出器の構成部分160A(例えば、波長検出器162と光源164)のグループをCRSプローブアセンブリの中に入れてよい。例えば、プローブの軽量化とサイズのコンパクト化を維持する為、測定信号処理制御回路160B中のある構成部分のグループ(例えば、信号演算器166と記憶部168)を、必要であればCRSプローブアセンブリの外部に離設するとよい。上記のように、分離感知部167の様々な構成又は機能は、特定の実施例の構成及び設定に応じて、光源・波長検出器の構成部分160A、又は、測定信号処理制御回路160Bのどちらかに含まれてもよい。

10

#### 【0021】

図1に示すように、ホストシステム180に前記電装部160を接続して、ホストシステム180が電装部160との間で制御信号及びデータを受け取ったり、及び/又は、交換したりしてもよい。様々な実施形態で、電装部160又はホストシステム180のいずれかが、ここに開示するシステムや方法を実行することができる。一実施形態では、例えばマシンビジョン検査システム等のように、上記のホストシステム180に自動動作制御を構築し、CRSシステム100を非接触測定プローブとして作動させることができる検査用パートプログラムを定義・実行させてもよい。

#### 【0022】

電装部160は、光ファイバーケーブル112を含む光路を介して光学ペン220と結合している。図1の実施形態は、光路を任意に形成できること又は光路を必要に応じて代替できることを示している。ここでは、光ファイバーの第1セグメント112Aと、第2セグメント112Bと、これらを接続するコネクタCONNECT-Dと、第2セグメント112Bを電装部160に接合するカップラCOUPLER-Oとを含む光ファイバーケーブル112が示されている。光源164は、光ファイバーケーブル112に接続され、入力スペクトルプロファイルを有する波長光を入射する。

20

#### 【0023】

光学ペン220は、ベース部材282と交換可能光学エレメント280とを含み、これらは代表的な繰り返し迅速に交換可能な交換マウント285によって結合されている。ベース部材282は、光ファイバー112Aを保持するための光ファイバーコネクタ209を含む。光ファイバー112Aはその端部から、共焦点アパーチャ295を通じて出力光を出力するとともに、共焦点アパーチャ295を通して反射測定信号光を受け取るように、光ファイバーコネクタ209に保持される。様々な実施例において、共焦点アパーチャ295は、ベース部材282、又は、交換可能光学エレメント280の中に配置されてもよい。交換可能光学エレメント280は、分離信号エレメント299、転送レンズアセンブリ251と、色分散光学系250を含む。後でさらに詳述するが、分離信号エレメント299は、分離信号波長域の光(以降、分離信号波長光、あるいはさらに簡略化して分離信号光とも呼ぶ。)の少なくとも一部を反射し、光ファイバー112Aに通して戻す。分離信号エレメント299は、クロマティックレンジセンサシステムの測定範囲に対応する測定波長域の光(以降、測定波長光、あるいはさらに簡略化して、測定光とも呼ぶ。)の大半を透過する。様々な実施形態での光学ペン220に追加された構成部品に関する具体的な詳細を、後で図5に基づいて詳述するが、特許文献5と特許文献6にも記載されている。

30

40

#### 【0024】

図1に示す実施形態にて、測定動作のために、測定波長域の光を含む光が光ファイバー112Aの端部から共焦点アパーチャ295を通して放射され、その後、転送レンズアセンブリ251を通して色分散光学系250によって焦点を結び、反射素子294によって測定表面290へ向けられる。色分散光学系250は軸方向(縦方向)の色分散を提供する。この軸上色分散によって、光の焦点は、その波長に応じて光軸上の異なる距離に位置するようになり、このことはCRSシステムの原理として知られている。測定表面2

50

90からの反射光は、色分散光学系250によって、転送レンズアッセンブリ251を通して共焦点アパーチャー295で再び焦点を結ぶ。色分散光学系250によって提供される軸上色分散により、ある波長の焦点距離のみが、光学ペン220に固定された基準位置から測定表面290までの距離である測定距離“Z”と一致する。CRSシステム100は、測定表面290で最も良く焦点を結ぶ光の波長と共焦点アパーチャー295で最も良く焦点を結ぶ光の波長とが一致するように設定されている。共焦点アパーチャー295が反射光を空間的にフィルタリングするので、最も良く焦点を結んだ波長光が、共焦点アパーチャー295を通過して光ファイバケーブル112の芯部へ入るようになる。以下に詳述するように、光ファイバケーブル112Aは測定波長信号光を波長検出器162に伝搬する。この波長検出器162は、測定表面290までの測定距離Zに応じた最も光強度

10

#### 【0025】

通常の測定動作中、信号演算器166にて制御されるブロードバンド光源164は、光源側ファイバセグメント165I、2×1カプラのCOUPLER-E、CONNECT-E、及び、光ファイバ112Aを含む一連の光ファイバ経路を介して、CRS光学ペン220と結合する。上述の通り、測定範囲に対応する波長光の大半は、分離信号エレメント299を透過し、光学ペン220を通過して測定表面290まで進む。最も効率的に透過して、光学ペン220および共焦点アパーチャー295を通過して光ファイバ112Aに戻った反射測定光の波長は、測定表面290で焦点を結んだ光の波長である。反射測定光の約50%が信号側ファイバセグメント165Sを通過して波長検出器162に向かうように、反射測定光は光ファイバ経路を通過して電装部160およびカプラCOUPLER-Eに戻されていく。波長検出器162は、反射測定光(光強度)を受けて、反射測定光を出力スペクトル強度プロファイル(簡潔には、出力スペクトルプロファイルとも言う。)に変換する。このプロファイルは、検出器アレイ163の測定範囲内で、測定軸方向に並べられたピクセル・アレイ上に分布したものである。さらに、波長検出器162は、検出アレイ163からのピクセルデータ出力に基づいて、これに対応した出力スペクトルプロファイルデータを提供する。

20

#### 【0026】

分離信号光の波長(すなわち、分離信号波長域)に関しては後で図8~10を使って詳述するが、一実施例では、検出器アレイ163での特定範囲のピクセルが分離信号光の波長検出に用いられる。この分離信号光は、光ファイバ112Aを通過して戻ってくる反射光であり、波長検出器162内でその波長光が分光されるまでは、前述の反射測定光と同様の経路をたどる。あるいは、例えば、別の検出器アレイや他の光センサのように、別個の検出器を分離信号光の波長検出用として設けてもよい。そのために、分離信号光が、既知の方法により、さらにフィルタリングされるか、あるいは、測定光波長から分光され、及び/又は別個の分離信号光の波長検出器に向かうようにしてもよい。

30

#### 【0027】

測定光の波長(すなわち、測定波長域。簡潔には、測定波長とも言う。)に関して言うと、一実施例として、波長検出器からの波長プロファイルのデータ出力のピークに対応するサブピクセル分解能の距離指示座標(DIC: distance indicating coordinate)が信号演算器166によって算出されるようにしてもよい。また、このDICに基づいて、記憶部168に保存した距離校正ルックアップテーブル等を介して測定表面290までの測定距離Zを決定してもよい。後で図9を使って詳述する。例えば、プロファイルデータのピーク領域に含まれるプロファイルデータの重心を決定することなど、様々な方法によって距離指示座標を決定することができる。分離信号光に関する一実施例として、信号演算器166、及び/又は、分離感知部167を使って、分離信号光の出力変化を監視して、これによって分離状態を検出してもよい。以下に詳述する。

40

#### 【0028】

図1は、基準座標系として直交XYZ座標軸を含む。Z方向を、光学ペン220の光軸または距離測定軸に対して平行に規定する。CRSシステム100の代表的な特性及び動

50

作を以下に詳述する。

【0029】

図2は、三次元座標測定システム200と、自動接続可能または自動交換可能なCRSプローブ装置215とを示す。すなわち、このCRSプローブ装置215が、他の型式の三次元座標測定機(CMM)プローブに自動交換される。CRSプローブシステムは、本願においてCRSプローブと称される。明細書中に別途言及がない場合、複数の図面において同様の接尾文字を持つ符号(例えば、符号1XXと同じ接尾文字XXを持っている符号2XX)は、基本的に類似の構成を示すものとする。そして類似する構成1XXの記載に基づいて構成2XXへ変更することは、一般に、周知技術から容易に推測される。そのような類推が可能であるため、本発明の構成が周知技術の1つに限定して解釈されるべきではない。異なる実施形態においては様々な構成の異なった態様が当然存在するのは明らかであるからである。

10

【0030】

三次元座標測定システム200は、三次元座標測定機のコントローラ202、コンピュータ及びユーザインターフェース206、プローブ信号処理制御回路207、及び、三次元座標測定機210を備えている。コントローラ202は、プローブヘッド制御装置203、位置ラッチ204、及び、モーション制御装置205を含んでいる。CRSプローブ装置215は、自動交換ジョイント要素236を含み、プローブ自動ジョイント接続手段230(自動交換ジョイント接続手段とも言う)の係合ジョイント要素を介して、三次元座標測定機210に接続される。

20

【0031】

当業者は、コンピュータ及びユーザインターフェース206がどのようなコンピューティングシステム又は装置からでも一般的に構成され得ることを評価するだろう。適切なコンピューティングシステム又は装置は、パーソナルコンピュータ、サーバコンピュータ、メインフレームコンピュータ、これらのいずれかを含む分散コンピューティング環境(DCE)などから構成される。そのようなコンピューティングシステム又は装置は、ここで開示する機能を実行するためのソフトウェアを実施するプロセッサを1つ以上含んでいる。前記プロセッサは、汎用又は専用のプログラム可能なマイクロプロセッサ、プログラム可能なコントローラ、特定用途向け集積回路(ASIC)、プログラム可能なロジック装置(PLD)、又は、同様のもの、若しくは、これらの装置の組合せを含む。ソフトウェアは、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読出専用メモリ(ROM)、フラッシュメモリ、又は、同様のもの、若しくは、これらの構成の組合せのようなメモリに保存されているとよい。また、ソフトウェアは、磁気式又は光学式ディスク、フラッシュメモリ装置、又は、その他如何なるタイプのデータ保存用揮発性記憶媒体のような1以上の記憶装置にも保存されているとよい。ソフトウェアは、1つ以上のプログラムモジュールを含んでいるとよい。そのプログラムモジュールには、ルーチン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造等が含まれ、これらは、特定のタスクを実行するか、又は、特定の抽象データタイプを実行する。分散コンピューティング環境においては、複数のコンピューティングシステム又は装置にわたってプログラムモジュールの機能が結合・分散され、有線又は無線によるサービスコールによってアクセスされるようになっていてもよい。

30

40

【0032】

三次元座標測定機210は、データ転送回線201(例えばバス)を通して、他の構成部分のすべてと信号授受を行う。データ転送回線201は、コネクタ208(例えば「micro-D」型コネクタ)によって、CRSプローブ装置215への入力信号及び出力信号を流すプローブヘッドケーブル211につながっている。三次元座標測定機210は、三次元座標測定機用コントローラ202によって制御される。一方、CRSプローブ装置215は、プローブ信号処理制御回路207との間でデータ交換を行い、このプローブ信号処理制御回路207によって制御される。プローブ信号処理制御回路207の一実施形態として、図1で測定信号処理制御回路160Bとして説明したような測定信号処理制

50

御要素 260B を含んだプローブ信号処理制御回路が挙げられる。ユーザは、コンピュータ及びユーザインターフェース 206 を通して、全ての構成部分を制御できる。

【0033】

後で図3を使って詳述するが、CRSプローブ装置 215 はプローブ電装部 275 と光学ペン 220 とを含む。プローブ電装部 275 は、光源及び波長検出部 260A を含んでいる。一実施形態として、図1で光源・波長検出器の構成部分 160A として説明したような光源及び波長検出器が挙げられる。光学ペン 220 は、測定表面 290 に測定光 296 を照射する。ここでは特別に雌ネジの内面を測定表面 290 にした例を挙げている。

【0034】

上述した様々な実施例において、図1の分離感知部 167 を、信号演算器 166 に連動させるとよい。又は、分離感知部 167 は、信号演算器 166 と結合した様々な構成部分を有するとよい。例えば図2の実施形態では、分離感知部 167 又はそれに相当する構成部分は、測定信号処理制御要素 260B に含まれている。分離感知部 167 がいくつかの構成部分に分かれていて、その構成部分が波長検出器 162 又は検出器アレイ 163 に含まれているとか、若しくは、その構成部分が波長検出器 162 又は検出器アレイ 163 の一部として含まれているとか、といった実施例においては、該分離感知部 167 の構成部分が図2に示す光源及び波長検出部 260A に含まれていてもよい。

【0035】

図3は、三次元座標測定機 210 と CRS プローブ装置 215' の構造図であり、図2の CRS プローブ装置 215 の構成を具体的に示したものである。図3に示されるように、三次元座標測定機 210 はプローブヘッド 213 を含んでいて、このプローブヘッド 213 は、プローブヘッドケーブル 211 を通してプローブ信号を送受信する。プローブヘッド 213 は三次元座標測定機の主軸 217 に固定されている。プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 を利用して、CRS プローブ装置 215' がプローブヘッド 213 に接続される。これは、特許文献5及び特許文献6にも詳述されている。

【0036】

プローブヘッド 213 は、一実施形態においては、水平面上を 360 度回転するとともに、U字型ジョイントを含んでいる。プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 は、プローブヘッド 213 に CRS プローブ装置 215' を機械的に強固に締め付けて固定する電気駆動型の接続エレメントになっており、プローブを外して他のプローブを取り付けることができるように構成されている。一実施形態では、プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 は、第1及び第2自動交換ジョイント要素 234、236 を有して構成され、この第1自動交換ジョイント要素 234 がプローブヘッド 213 に取り付けられ、第2自動交換ジョイント要素 236 が CRS プローブ装置 215' に取り付けられている。一実施形態では、プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 には、電氣的接触又は電氣的接続部 235 が形成されており、プローブを取り付ければ、自動的な電氣的接触が保証されて電氣的接続がなされるように構成されている。複数の実施形態では、この接続方法のために、CRS システムに比較的多くの信号ノイズが発生してしまう。しかし、以下に詳述するように、比較的ノイズの多い環境でも有効に機能する本発明の構成及び方法を利用することが非常に有利と言える。

【0037】

CRS プローブ装置 215' は、プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 を通じて自己の電源と制御信号を受け取る。プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 を通じて CRS プローブ装置 215' に送られる信号は、電氣的接続部 235 を通過することになる。図3に示すように、CRS プローブ装置 215' は、プローブアッセンブリ 216 と、このプローブアッセンブリ 216 に取り付けられた自動交換ジョイント要素 236 とを含む。自動交換ジョイント要素 236 によって、プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 を利用した CMM への自動接続が可能になる。また、プローブ 215' に保護カバー又はプローブ筐体 269 (図には模式的に示した。)も含めた方がよい。プローブアッセンブリ 216 は、光学ペン 220 と、電動の光源 264 及び波長検出器 262 を有

10

20

30

40

50

するプローブ電装部 275 とを含む。これらは全て様々な構造部材によって支持されている。図 3 に示す実施形態では、この構造部材が自動交換ジョイント要素 236 に固定されたベース 218 から延設されている。

【0038】

前述の図 1 にも示したように、光学ペン 220 は、光ファイバーコネクタ 209 と、分離信号エレメント 299 と、共焦点アパーチャー 295 及び色分散光学系 250 を有する共焦点光学系と、を含んで構成され、測定光 296 を出力する。複数の実施形態では、光学ペン 220 は、色分散光学系 250 の交換も、衝突の際の分離も可能にする交換マウント 285 を有しているとよい。

【0039】

電動の光源 264 は、例えば、市販のクロマティック測距システムに使用されているような周知回路と連動するようにしてもよい。この周知回路は、自動交換ジョイント要素から電力供給を受けるプローブ電装部 275 内のプローブ電源・信号制御回路部 276 に含まれているとよい。

【0040】

複数の実施形態では、プローブ電装部 275 はシリアル変換器 277S を含んでいる。このシリアル変換器 277S は、様々なデータ信号をシリアル化（直列化）して、プローブ自動ジョイント接続エレメント 230 における比較的少ない本数のワイヤを通じて、パラレル変換器に伝達している。なお、パラレル変換器は、例えば、プローブ信号処理制御回路 207 に含まれている。図 3 に示す実施形態では、シリアル変換器 277S は、プローブ電源・信号制御回路部 276 に含まれている。しかし、他の実施形態では、シリアル変換器 277S を CRS 波長検出器 262 に含めた方がよい。何故なら、送信すべきシリアル化データの多くが、CRS 波長検出器 262 で生成される測定スペクトルプロファイルデータであるからだ。他の形態として、シリアル変換器 277S の位置は、プローブ電装部 275 の中でより望ましい位置、すなわち、十分に低いノイズレベルとクロストーク特性を提供可能な位置である。上述の通り、分離感知部 167 の構成部分が図 2 のプローブ電装部 275 の光源及び波長検出部 260A に含まれている実施形態において、それらの構成部分は図 3 のプローブ電装部 275 にも同様に含まれる。

【0041】

光源 264 は、CRS プローブアセンブリに必要な光を発生させる。その光は、光ファイバー 212 を通して光学ペン 220 に送られる波長域の入力スペクトルプロファイルを持っている。CRS 波長検出器 262 には、分光器アレンジメント 262' 及び検出器アレイ 263 に連動する周知回路（例えば、市販のクロマティック測距システムに使用される回路など）を含めてもよい。なお、分光器アレンジメント 262' 及び検出器アレイ 263 は、CRS 波長検出器 262 の検出軸に沿って分布された複数のピクセルから構成される。上述の通り、複数のピクセルは、被測定面で反射して共焦点光学系に戻った測定波長域の光と、分離信号エレメントで反射した分離信号波長域の光とを受け取り、出力スペクトルプロファイルデータを提供してもよい。

【0042】

以上のように、CRS プローブアセンブリ自体が測定光を発生させ、かつ、ワークからの反射光を処理するという本発明の構成によって、所望の機能が CRS プローブアセンブリだけで完結できる。つまり、CRS プローブアセンブリ内に必要な要素が全て含まれているので、他の自動交換可能な CMM 用プローブと同様に、本発明の CRS プローブも自動交換動作が可能になった。そのような CRS プローブ装置は、CRS プローブアセンブリから自動ジョイントコネクタを通る外部素子までの光ファイバー接続も、自動ジョイントコネクタに並行して設けられるようないかなる他の仮設経路に沿った光ファイバー接続をも必要とせず、又は、含んでいない。言い換えると、そのような CRS プローブアセンブリは、この CRS プローブアセンブリの外側に延設されるような光ファイバーに接続されていないし、又は、そのような光ファイバーを含んでいない。

【0043】

同様に、そのようなCRSプローブ装置は、自動ジョイントコネクタを通るCRSプローブアセンブリから外部素子までの分離感知回路用の接続も、自動ジョイントコネクタに並行して設けられるようないかなる他の仮設経路に沿った分離感知回路用の接続をも必要とせず、又は、含んでいない。つまり、分離状態の検出に、既存の、又は、改良されたCRSシステム内部を利用すれば、外部回路又は接続を追加する必要はない。

#### 【0044】

図4は、三次元座標測定機210及び第2実施形態に係るCRSプローブ装置215'の構造図である。このCRSプローブ装置215'は、分離信号エレメント299付き交換可能光学エレメントを有する光学ペン220を含んでいる点で、図2のCRSプローブ装置215に共通する。図4のCRSプローブ装置215'と図3のCRSプローブ装置215'との主な相違点は、プローブ電装部275を取り除いて遠隔位置へ移動させたことである。図4のCRSプローブ装置215'はプローブ電装部275を含んでいないので、光ファイバー接続が必要となる。一実施例によると、その光ファイバー接続は、プローブ自動ジョイント接続エレメント230に向けられた、第1配線経路RT1を通して行われる。代替の実施形態においては、外部に配線された光ファイバー212を含む外部配線経路RT2を使用してもよい。複数の実施形態において、配線経路RT1又はRT2のどちらを使用するかは設計思想は、プローブ取付動作、機械設計などの固有の設計要因に依存する。図4の実施例では、プローブ電装部275が含まれていないため、通常は、図2のCRSプローブ信号処理制御回路207の一部であるプローブ信号処理制御要素260Bの中に分離感知部167を含める。

#### 【0045】

図5は、図1～4の光学ペン220と共通する光学ペン220Aの代表的実施形態の構造図であり、分離信号エレメント299A、299B又は299Cを配置可能な3つの位置を示す。図5に示すように、光学ペン220Aは、代表的な交換マウント285によって結合されたベース部材282と交換可能光学エレメント280を含んでいる。この実施形態において、交換可能光学エレメント280は、前板286、中空管231、色分散光学系250、転送レンズ251及び分離信号エレメント299A、299B又は299Cを含む。

#### 【0046】

ベース部材282は、交換マウント285の第1の片面部材になる面を含んだベース筐体282Aを備えている。また、この面に対応して、前板286は、交換マウント285の第2の片面部材になる面を含んでいる。一実施形態として、第1及び第2の片面部材の一方又は両方に取り付けられた永久磁石が形成する保持力アレンジメントによって、第2の片面部材が第1の片面部材に対して強制的に取り付けられる。通常、保持力アレンジメントには、パネで付勢された機械的ツメ部などの公知機構を用いる。一実施形態において、交換可能光学エレメント280にプログラム制御で誘導されるカラー232などを設けるとよい。これにより、CMMの移動可能範囲内のプローブ・ラック上に設けられた係合フォークの腕にカラー232が挿入され、その結果、交換可能光学エレメント280がベース部材282から自動的に分離されるようになる。このような保持力アレンジメントの1つの利点は、ワークとの衝突時に、CRSプローブ装置及び/又は三次元座標測定機の損傷が最小限になるように、交換可能光学エレメント280を取り外すことができる点である。下記に詳述するが、分離信号エレメント299A、299B又は299Cを用いれば、そのような分離状態を検出することができて、更なる動作の緊急停止信号を制御中の三次元座標測定機に送ることができる。

#### 【0047】

ベース部材282は、外部の測定用の基準座標系に対して光学ペン220Aを安定して保持できるように設計されている。いくつかの実施形態において、ベース筐体282Aには、外部エレメントにベース部材を取り付けるための外部取付面が形成されている。ここで、ベース筐体282Aは、例えば、締結具又は他の取付具を用いて外部エレメントに締結され、又は、取付けられる。外部エレメントとは、外部の基準座標系を定義するもので

10

20

30

40

50

ある。例えば、外部エレメントが、固定された基準座標系（例えば、光学ペン用の取付スタンド）を定義する固定エレメントで構成されてもよい。または、外部エレメントが、ここで開示したように、CMMに取り付けられたCRSプローブアセンブリで構成されてもよい。CRSプローブアセンブリは、機械座標システムからなる外部の基準座標系を定義するCMMに取り付けられている。様々な実施形態では、ベース部材が交換可能光学エレメントの唯一の支えになっており、非常に安定した方法で交換可能光学エレメントを支える。例えば、交換可能光学エレメントには想定された測定環境内でのわずかな振動しか生じない。ここに説明された外部取付構造は、代表的なものに過ぎず、これに限定されるものではない。しかしながら、ベース部材と交換マウントは、光ファイバーを周知の光学ペンに接続する従来型の光ファイバー接続とは区別される。例えば、そのような従来型の光ファイバー接続は、測定用の外部基準座標系と安定した関係を保ちつつ、光学ペンを反復的に取り付けて保持することには適さない。そのような従来型の光ファイバー接続は、ここに開示される交換可能光学エレメント280といった光学ペンの光学エレメント用の保持部材を唯一支えるものとしての十分な強度及び/又は剛性を備えていない。

10

**【0048】**

一実施形態では、ベース部材282は、光ファイバー212の端部を含み、その端部は、通常、共焦点アパーチャー295に近接した位置に配置されている。この共焦点アパーチャー295は、これを囲んだ状態で配置された交換マウント285の第1の片面部材に相当する位置に固定されている。いくつかの実施形態では、光ファイバーの端部によって共焦点アパーチャー295が形成される。いくつかの実施形態では、共焦点アパーチャー295として、光ファイバーの端部に近接した位置又は隣接した位置で接着された薄いアパーチャー部材が採用される。または、以下に詳述するように、共焦点アパーチャー295として、光ファイバー端部位置決め部材283Bに形成された（又は、接着された）孔を採用してもよい。

20

**【0049】**

様々な実施形態では、光学ペンは、光ファイバー212の端部を共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置に配置するように構成された光ファイバー端部位置決め機構を備えているとよい。様々な実施形態では、光学ペンのレンズによって光学ペンを通す測定光が焦点を結ぶ平均的な位置と、共焦点アパーチャー295の動作位置297とが一致する。特に、図5の実施形態では、ベース部材282内に光ファイバー端部位置決め機構283全体が配置されていて、光ファイバー端部位置決め機構283は光ファイバー保持部材283Aおよび光ファイバー端部位置決め部材283Bを有し、これらの部材283A、283Bは、ベース部材282に固定（例えば、接着）されている。本実施形態では、光ファイバー保持部材283Aは、光ファイバーの保持または位置決めに応じた適合性を持っている。そして、光ファイバー端部位置決め部材283Bは、光ファイバー212の端部を共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置に安定させるように設けられている。

30

**【0050】**

例えば、一実施形態では、光ファイバー212及びその端部が、周知タイプの光ファイバーコネクタ中に採用されているバネ付勢型のフェルール283A'に固定されてもよい。そのような光ファイバーコネクタは、光ファイバー保持部材283Aおよび光ファイバー端部位置決め部材283Bを提供する。光ファイバー端部位置決め部材283Bには、光伝達用の孔を含んだ凹面283B'（例えば、孔、テーパ孔、面取りされた肩部など）が、フェルール用のガイドに囲まれた状態になっているとよい。ガイドは、バネ力で付勢されたフェルールを凹面283B'に向けて案内する。そして、フェルールは凹面283B'に隣接されて、凹面283B'で定まる望ましい位置（例えば、共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置）で安定する。

40

**【0051】**

いくつかの実施形態では、光ファイバー212の端部が共焦点アパーチャー295を構成してもよい。あるいは、共焦点アパーチャー295は、光ファイバー（及び/又は、フ

50

エルール 2 8 3 A' ) の端部に相対する位置に固定されたアパーチャー部材 ( 例えば、箔状または薄膜アパーチャー ) のアパーチャーであってもよい。そのような場合、光ファイバー端部位置決め部材 2 8 3 B が光ファイバー 2 1 2 の端部を安定させることで、共焦点アパーチャー 2 9 5 がその動作位置 2 9 7 に近接した位置で安定するようになっている。他の実施形態では、共焦点アパーチャーは、その動作位置 ( 例えば、凹面 2 8 3 B' ) において光学ペンベース部材 2 8 2 および光ファイバー端部位置決め部材 2 8 3 B のうちの少なくとも一方に固定されたアパーチャー部材のアパーチャーを有する。この場合、光ファイバー端部位置決め部材 2 8 3 B は、光ファイバー 2 1 2 の端部を共焦点アパーチャー 2 9 5 に近接した位置に安定させるために設けられている。

#### 【 0 0 5 2 】

いくつかの実施形態では、光ファイバー保持部材 2 8 3 A が光ファイバーを受け取って、これをベース部材に対して十分強固に保持する。これは、光ファイバー 2 1 2 の端部を共焦点アパーチャー 2 9 5 の動作位置 2 9 7 に近接した位置に強固に配置することを担保し、この結果、光ファイバー端部位置決め部材 2 8 3 B を取り除くことができる。

#### 【 0 0 5 3 】

交換可能光学エレメント 2 8 0 は、共焦点アパーチャー 2 9 5 から測定波長光を受けて、その測定波長光を共焦点アパーチャー 2 9 5 に返すように設けられている。また、交換可能光学エレメント 2 8 0 は、第 2 の片面部材に対して固定された光学アッセンブリを含んでおり、この光学アッセンブリは、測定軸に沿った当該交換可能光学エレメント 2 8 0 の測定範囲にわたって測定波長光に軸上色分散を与える色分散光学系 2 5 0 を含んでいる。また、一実施形態では、光学アッセンブリが、測定波長光の向きを光学ペン 2 2 0 A の軸に直角に ( 例えば、中空管 2 3 1 の軸に直角に ) 向ける反射素子 2 9 4 を含むとよい。図 5 に示された実施形態では、色分散光学系 2 5 0 は個々のレンズ 2 5 2、2 5 3 および 2 5 4 などを含んでいる。一実施形態では、レンズ 2 5 2、2 5 3 および 2 5 4 は同一であり、それぞれが軸上色収差に寄与している。図 5 に示された一実施形態に係る配置構成は、共焦点アパーチャー 2 9 5 とミラー素子 2 9 4 間におよそ 5 0 mm の光路長を持っている。しかし、この配置は代表例に過ぎず、これに限定されるものではない。他の有用な色分散レンズアッセンブリが特許文献 7 に記載されているので、以下に詳述する。

#### 【 0 0 5 4 】

図 5 の実施形態では、さらに、共焦点アパーチャー 2 9 5 と色分散光学系 2 5 0 の間に転送レンズ ( またはレンズアッセンブリ ) 2 5 1 が配置されており、この転送レンズ 2 5 1 は、共焦点アパーチャー 2 9 5 の動作位置 2 9 7 からの測定波長光を受け取るとともに、戻ってきた測定波長光の焦点をその動作位置 2 9 7 に近接した位置で結ばせる役目をする。図 5 には、いくつかの代表的なコンフォーカル光線 ( または、光線セグメント ) が示されている。特に、光線 R 1、R 2 は、転送レンズ 2 5 1 とアパーチャー 2 9 5 の間に示され、光線 R 3、R 4 は、転送レンズ 2 5 1 と色分散光学系 2 5 0 の間に示されている。複数の実施形態では、転送レンズ 2 5 1 として、コリメートレンズ又はコリメートレンズに類似するレンズが採用される。そして、光線 R 3、R 4 が、ほぼ平行光か、または、ほぼコリメートされた光となることで、ある実施形態では以下に詳述するような有利点がある。光線 R 5、R 6 は、色分散光学系 2 5 0 の中に示されており、測定光 2 9 6 として光線 R 7、R 8 が生じる。ここで、共焦点アパーチャーの動作位置 2 9 7 を、光学ペン 2 2 0 A のレンズ群の最良の焦点位置に近接した位置またはその焦点位置に合わせるのがよい。特に、この実施形態では、転送レンズ 2 5 1 の焦点位置に近接した位置またはその焦点位置に合わせるのがよい。

#### 【 0 0 5 5 】

図 5 は、分離信号エレメント 2 9 9 A、2 9 9 B 又は 2 9 9 C の配置可能な 3 つの位置を示している。図 5 に示されるように、分離信号エレメント 2 9 9 A は、光ファイバー 2 1 2 の端部に近接し、且つ、共焦点アパーチャー 2 9 5 と転送レンズ 2 5 1 の間である第 1 の位置にある。分離信号エレメント 2 9 9 A の設計に関し、この位置において光源光は放射状に広がっており、また、共焦点アパーチャー 2 9 5 及び / 又は光ファイバー 2 1 2

10

20

30

40

50

の端部から、分離信号エレメント 299A までの間隔に依存しているため、分離信号エレメント 299A によって反射されて光ファイバー 212 に戻される分離信号光の強度は、比較的弱くなる。従って、この位置において強い分離信号を提供する為には、分離信号エレメント 299A が高反射特性を有し（例えば、高い反射性）、反射光の波長選択性が高いことが有利である。これらの特性を有した一つの分離信号エレメントについて、図 11 を用いて以下に詳述する。

【0056】

これに代えて、分離信号エレメント 299B は、転送レンズアッセンブリ 251 と色分散光学系 250 の間である、第 2 の位置にある。この位置では、平行光 R3, R4 のように幅広でほぼ平行光にされた分離信号光の光路上に、分離信号エレメント 299B を配置してもよい。

10

【0057】

分離信号エレメント 299B の設計に関し、この位置において、光源光はほぼ平行化されており、分離信号エレメント 299B によって反射される分離信号光は、光ファイバー 212 へ強い強度で戻る。従って、この位置において、分離信号エレメント 299B が、反射光の波長選択性が高いことが有利となるが、反射特性に関しては適度又は低くても十分である。いくつかの実施形態において、このことにより、図 11 にて詳述するものより経済的なエレメントの使用が可能となる。

【0058】

代わりに、分離信号エレメント 299C は、光源光に軸上色収差を提供する、色分散光学系 250 の中の第 3 の位置に配置されている。前述した通り、いくつかの実施形態において、レンズ 252、253 及び 254 のそれぞれは、軸方向の色収差に寄与する。従って、図 5 に示されるように、様々な波長の光が、その色分散光学系 250 の内部において、中間レベルの軸方向の色収差の効果を持った状態で焦点を結ぶようにしてもよい。分離信号エレメント 299C の設計に関し、特に、光線 R5' と R6' に例示されるような分離信号に使用される検出波長光（又は、狭い波長域）が優先的に焦点を結ぶ位置、すなわち、検出波長光の焦点位置 DWF に、分離信号エレメント 299C の反射面が配置される。なお、この検出波長光は分離信号波長域の光である。一方、クロマティックレンジセンサシステムの特定の測定範囲に対応する測定波長域の光は、この検出波長光の焦点位置 DWF で焦点を結ばない。結果的に、このような設計において、分離信号エレメント 299C は、焦点の合った分離信号波長光を反射して、光路に沿って戻す。共焦点アパーチャー 295 でその分離信号波長光の焦点を合わせ、光ファイバー 212 に通す。この効率的な焦点の合わせ方により、この位置における分離信号エレメント 299C の反射特性は低くても十分である（例えば、透明ガラスのエレメントの表面でもよい。）。さらに、分離信号エレメント 299C の反射特性が低いのであれば、クロマティックレンジセンサシステムの測定範囲に対応する測定波長域の光を含んだ光源光の大半を透過するものでもよく、波長選択性を特に必要としない。そのような実施形態において、とても経済的なエレメントの使用を可能にする（例えば、透明ガラスのエレメントの表面でよく、波長フィルタの特性を有さなくてもよい）。

20

30

【0059】

図 6 は、前述の光学ペン 220 に共通する光学ペン 220C の代表的な実施形態を示す構成図である。また、分離信号エレメント 299A、299B、299C、299A' 又は 299C' を配置可能な 5 つの位置を示している。さらに、光学ペン共焦点アパーチャーの動作位置 297C が交換可能光学エレメント 280C 中に配置されている。図 6 に示す実施形態では、交換可能光学エレメント 280C の光学アッセンブリは、図 5 にて説明したものと共通した光ファイバー端部位置決め部材 283B を含んでいる。言い換えれば、本実施形態にて、光学ペン 220C は、交換可能光学エレメント 280C 中の共焦点アパーチャー 295 の動作位置 297 に近接した位置に光ファイバー 212 の端部を配置するように構成された光ファイバー端部位置決め機構 283 を含んでいる。

40

【0060】

50

特に図6の実施形態では、光ファイバー端部位置決め機構283は、その光ファイバー保持部材283Aが部分的にベース部材282中に配置されており、また、その光ファイバー端部位置決め部材283Bが部分的に交換可能光学エレメント280C中に配置されている。この光ファイバー端部位置決め部材283Bは、交換可能光学エレメント280C中に固定(例えば、接着)されている。この実施形態では、光ファイバー保持部材283Aは、光ファイバーの保持または位置決めに応じた適合性を持っている。そして、光ファイバー端部位置決め部材283Bは、光ファイバー212の端部を共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置に安定させるように設けられている。例えば、一実施形態では、光学ファイバー212とその端部が、あるタイプの光ファイバーコネクタ中に採用されているバネ付勢型のフェルール283A'に固定されているとよい。そのよ

10

光ファイバーコネクタは、光ファイバー保持部材283Aを提供するもので、交換マウント285の表面から交換可能光学エレメント280Cの内部に延びている。光ファイバー端部位置決め部材283Bは、交換可能光学エレメント280C内への取り付けに適している。光ファイバー端部位置決め部材283Bには、光伝達用の孔を含んだ凹面283B'(例えば、孔、テーパ孔、面取りされた肩部など)が形成されており、フェルール用のガイドに囲まれている。ガイドは、バネ付勢型のフェルールを凹面283B'に向けて案内する。そして、フェルールは凹面283B'に隣接し、凹面283B'で定まる望ましい位置(例えば、共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置)に安定して配置される。

#### 【0061】

複数の実施形態では、共焦点アパーチャー295は光ファイバー212の端部によって構成されてもよい。あるいは、共焦点アパーチャー295は、光ファイバー(及び/又は、フェルール283A')の端部に対して固定されたアパーチャー部材(例えば、箔状または薄膜アパーチャー)のアパーチャーであってもよい。そのような場合、光ファイバー端部位置決め部材283Bが光ファイバー212の端部を安定させるように設けられ、その結果、共焦点アパーチャー295が動作位置297に近接した位置に安定するようになっている。他の実施形態では、共焦点アパーチャーが、その動作位置(例えば、凹面283B')において、交換可能光学エレメント280Cおよび光ファイバー端部位置決め部材283Bのうちの少なくとも一方に固定されたアパーチャー部材のアパーチャーにて構成されてもよい。そのような場合、光ファイバー端部位置決め部材283Bは、共焦点ア

20

パーチャー295に近接した位置に光ファイバー212の端部を安定して配置するように設計される。光ファイバー端部位置決め部材283Bを交換可能光学エレメント280Cに配置する利点は、交換可能光学機構280Cを分離して再度ベース部材280に取り付ける際に、他の光学エレメントとの位置関係において共焦点アパーチャー295をより精度よく繰り返し位置決めすることができることである。それは、交換マウント285が上記位置関係に影響を与えないからである。

#### 【0062】

一実施形態では、交換可能光学機構280は、(例えば前板286に取り付けられた)ID素子233を含むとよい。対応する読取素子233Rは光学ペンベース部材282に配置されるとよい。ID素子233は、交換可能光学エレメント280用の特定の識別情報でコード化されているとよい。一実施形態では、ID素子233が、無線周波数認識装置(RFID素子)により構成されるとよく、そのRFID素子は受動型であると更によい。読取素子233R(例えば、RFID読取素子)は、ID素子233からデータを読むことができるように十分に近接して配置されている。いくつかの実施形態では、もし読取素子233RがID素子233に隣接して配置されていないならば、ベース部材282に孔を形成した方がよい。これにより、ベース部材の材質によってID素子233と読取素子233R間の信号(例えば、電波信号、光信号、光学画像など)変換が妨げられないで

40

すむ。いくつかの実施形態では、ID素子233は、識別マーク(例えば、簡単なバーコード)又は識別色を含み、そして、読取素子233Rは、識別マーク又は識別色に対応する信号を出力する光検出器を含んでいるとよい。いくつかの実施形態では、ID素子23

50

3は、ある識別周波数を持った受動型共振回路を備え、そして、読取素子233Rは、識別周波数への対応信号を出力する励振器/検出器を備えているとよい。

【0063】

上記実施形態は代表例に過ぎず、これに限定されるものではない。いくつかの実施形態において、共焦点アパーチャー295の動作位置297を交換可能光学エレメント280Cまで伸ばすことが望まれる場合がある。交換マウント285を用いて光ファイバー保持部材283Aの位置を維持し、交換可能光学エレメント280C内で光ファイバー212の端部を共焦点アパーチャー295の動作位置297に近接した位置に確実に配置することによって、その光ファイバー保持部材283Aが光ファイバーを受け取って、ベース部材280と交換可能光学エレメント280Cとに対して該光ファイバーを十分に強固に保持することができる。その結果、分離された光ファイバー端部位置決め部材283Bを取り除くことができる。

10

【0064】

図6はさらに、分離信号エレメント299A、299B、299C、299A'又は299C'の配置可能な5つの位置を示している。分離信号エレメント299Aの設計は、図5を用いて詳述された上記の分離信号エレメント299Aと共通している。様々な代替の実施例において、分離信号エレメント299Aの位置は、共焦点アパーチャー295と転送レンズ251の間に示されるが、光ファイバー212の端部と共焦点アパーチャー295の間に位置してもよい。上述の通り、例えば、共焦点アパーチャー295は、交換可能光学エレメント280C、及び、交換可能光学エレメント280Cの中で固定(例えば、結合)された光ファイバー端部位置決め部材283Bのうち少なくとも1つに固定されたアパーチャーによって構成されてもよい。そのような場合、分離信号エレメント299A(例えば、薄い被膜)は、光ファイバー212の端部と共焦点アパーチャー295の間に配置されてもよい(例えば、分離信号エレメントの薄い被膜はアパーチャー部材の内側の表面に配置されてもよい)。

20

【0065】

分離信号エレメント299Bと299Cの設計は、図5を参照にそれぞれ上記に詳述された分離信号エレメント299Bと299Cと共通しており、類推によって理解される。

【0066】

分離信号エレメント299A'の設計は、光ファイバー212を通過して戻される測定波長光と同じ光路に沿って分離信号波長光を反射させる為、交換可能光学エレメント280Cの先端部付近であればどこに配置されてもよい(例えば、光源光の収束部)。分離信号エレメント299Aと同様の理由で、この位置において、分離信号エレメント299A'によって反射されて光ファイバー212に戻される波長光の強度は、比較的弱い。従って、この位置において大きな分離信号を提供する為には、分離信号エレメント299A'が高反射特性であり、反射光の波長選択性が高いことが有利となる。これらの特性を持った分離信号エレメントの1つを、図11を参照に後で詳述する。一実施形態において、分離信号エレメント299A'は、光学ペン220Cを封止する保護窓材として用いられる。

30

【0067】

分離信号エレメント299C'の設計に関し、図5を参照に上記に詳述された分離信号エレメント299Cと共通しており、類推によって理解される。特に、分離信号エレメント299C'の反射面は、交換可能光学エレメント280Cの先端部付近の、分離信号に使用される検出波長光(又は、狭い波長域)が優先的に焦点を結ぶ位置、すなわち、検出波長光の焦点位置DWF'に配置される(例えば、光学ペン220Cの測定範囲に隣接した位置)。一方、クロマティックレンジセンサシステムの特定の測定範囲に対応する測定波長域の光は、検出波長光の焦点位置DWF'で、焦点を結ばない。図5に示される分離信号エレメント299C'に関して前述した動作と結果的に同様の動作になり、共通のエレメントが使用されてもよい(例えば、透過ガラスのエレメントの表面でよく、波長フィルタを含める必要はない)。分離信号エレメント299C'は周知の機械的技術を使用して適正な位置で支えられ、光学ペン220Cを封止する保護窓材として用いられる。

40

50

## 【 0 0 6 8 】

図7は、分離信号エレメント299を有する交換可能光学エレメント280Hを回転させるための回転エレメント710を含んだ光学ペン220Hの代表的実施形態を示す構成図である。図7に示されるように、ベース部材282Hは回転エレメント710の部分を含んで構成される。転送レンズ251は、ベース部材282Hの拡張部282HXの中に配置されている。転送レンズ251は、筒部282HX'、又は機械加工された取付器具などによって、共焦点アパーチャー295から適切な距離を置いて配置される。光線R1とR2は、転送レンズ251から拡張部282HXを通して、共焦点アパーチャー295が配置されている操作位置297に近い焦点位置へ進む。転送レンズ251からのほぼ平行な光線R3とR4は、交換マウント285を通る。そして、中空管231Hを通して、色分散光学系250へ進む。

10

## 【 0 0 6 9 】

図7に示されるように、この実施形態では特に、回転エレメント710が、交換マウント285の第1の片側部材になる面を持った回転部712を含んでいる。第1の片側部材は、前板286に配置された交換マウント285の第2の片側部材と連結できるようになっている。また、回転エレメント710は回転駆動用のモーター716及び歯車718とともに、ベアリング714を含んでいて、回転部712を回転させることができる。代替の構成として、モーター及び回転アクチュエータ(例えば、モータースリーブ機構など)を利用してもよい。一般的に、転送レンズ251がベース部材282Hに配置されている時、回転による光伝達の誤差/影響は少なくなる。これは、回転ジョイントを通る平行光R3とR4で示す幅広い平行光の伝達が、アライメントの変動に対してそれほど敏感に反応しないからである。この設計では、分離信号エレメント299が転送レンズ251と色分散光学系250の間に配置される為、分離信号エレメント299は平行光R3とR4によって示される幅広い平行化された光線の光路上に配置される。このような場合、分離信号エレメント299による反射波長光についても、反射波長光を運ぶ幅広い平行化光線の性質によって、光伝達の誤差/影響は少なくなる。しかしながら、この配置は代表的なものに過ぎず、これに限定するものではない。図5及び図6の構成のいずれも、この開示に基づいて明らかにならずかな適合により、交換可能光学エレメントを回転させる類似の構成に変更され得る。複数の実施形態では、回転位置にかかわらず最も良い校正及び精度を得るために、光学ペンが交換可能光学エレメントの複数の回転位置にそれぞれ対応した特有の各校正データからなる校正データによって特徴づけられるとよい。そのような校正は、回転位置に相関する様々なミスアライメントを補正できる。

20

30

## 【 0 0 7 0 】

図8は、クロマティックポイントセンサからのプロファイルデータの線図800である。線図800は、検出器アレイ163内のピクセルに関する電圧オフセットの信号レベル $V_{offset_p}$ と、分離信号エレメント299に対応する無補正の分離感知信号DSSについて説明している(例えば、図1)。プロファイルデータは、測定表面がない時(例えば、図1と図2の測定表面290がない時)の電圧オフセットの信号レベル $V_{offset_p}$ を示す。電圧オフセットの信号レベル $V_{offset_p}$ は、1,024個のピクセルのそれぞれの正規化電圧がプロットされたものである。「正規化電圧」では、1.0の値が検出器アレイ163の飽和電圧に割り当てられている。

40

## 【 0 0 7 1 】

電圧オフセットの信号レベル $V_{offset_p}$ は、アレイ全体に渡って一定であるように示されているバイアスの信号レベル $V_{bias}$ と、アレイ全体に渡ってピクセル座標 $p$ に依存しているように示されている雑音信号成分 $V_{back_p}$ とを含む。変動する雑音信号成分 $V_{back_p}$ は、クロマティックポイントレンジセンサシステムの光ファイバー内の波長依存性の疑似反射等からの背景光といった信号はもちろん、様々なピクセル $p$ の暗電流による信号を表している。様々な実施形態では、検出器アレイ163のピクセル配置を校正又は補正する為、継続して、その信号成分 $V_{back_p}$ (又は、これと同様の変動を示す信号、例えば電圧オフセット信号 $V_{offset_p}$ )を記憶し、また、これらの

50

データを用いて各ピクセル  $p$  から後続する全てのプロファイルデータ信号を（例えば、減算によって）補正することが有利にある。いくつかの実施形態において、時間が経っても比較的安定している雑音信号成分  $V_{back_p}$  とは対照的に、周囲温度の変化及び動作中に電装部 160 の発熱に伴って生じる電圧ドリフトの結果として、座標非依存性のバイアス信号レベル  $V_{bias}$  は変動し得る。バイアス信号レベル  $V_{bias}$  の補正方法の代表的な方法の 1 つが、特許文献 8 に詳述されている。

#### 【0072】

無補正の分離感知信号  $DSS$  は、交換可能光学エレメント 280 の反射性分離信号エレメント 299 によって生じる追加信号（例えば波長光のピーク）を表す。上述の通り、分離信号エレメント 299 は、分離信号波長域の光を少なくとも部分的に反射する。図 8 に示されるように、分離感知ピクセル範囲  $DSPR$  のピクセルが分離信号波長光を検出すると、無補正の分離感知信号  $DSS$  が得られる。検出器アレイの分離感知ピクセル範囲  $DSPR$  の位置が示すように、この特定の実施形態において、分離信号波長光は、比較的短い波長光からなる。特定の実施例において、分離信号波長光に短い波長光を利用することは、より長波長側の範囲にある測定波長光と干渉しにくいいため、有利である。

#### 【0073】

いくつかの実施形態において、分離感知信号  $DSS$  は、上述の通り、検出器アレイ 163 のピクセル配置を電圧オフセットの信号レベル  $V_{offset_p}$  に沿って校正又は補正する為に、信号成分  $V_{back_p}$  と共に記憶される。また、各ピクセル  $p$  から後続する全てのプロファイルデータ信号中の分離感知信号  $DSS$  に対応する信号は、記憶したデータによって（例えば、減算によって）、継続的に補正され、または「取り消される」。そのようにして分離感知信号  $DSS$  が補正された場合、交換可能光学エレメントの適正な取付状態は、対応するピクセルの補正した信号が、“ゼロ付近信号”又はヌル信号（ $null\ signal$ ）を示す。さらに、そのような場合、交換可能光学エレメントの分離状態又はこれがない状態は、対応するピクセルからの信号を補正した結果は、大きな負の信号レベルを示す。

#### 【0074】

逆に、いくつかの実施形態では、分離感知信号  $DSS$  を補正しない。分離感知信号  $DSS$  が無補正の場合、交換可能光学エレメントの適正な取付状態は、描かれているピーク信号（ $DSS$ ）のように、対応するピクセルで波長光ピークを示す。さらに、この場合、交換可能光学エレメントの分離状態又はこれがない状態は、対応するピクセルでゼロ付近信号又はヌル信号を示す。これらのことは、図 10 を参照に以下に詳述する。

#### 【0075】

図 9 は、クロマティックポイントセンサからのプロファイルデータ 910 の線図 900 である。線図 900 は、測定距離指示座標に対応したピーク領域信号、及び、無補正の分離感知信号  $DSS$  を示す。CPS 検出器（例えば、波長検出器 162）からのプロファイルデータ 910（例えば、測定プロファイル信号データ）は、CPS 測定動作中に取得される。CPS 測定動作中とは、特定の光学ペン又は全体のシステムについての校正動作中でも、通常の測定動作中でもよい。プロファイルデータ 910 は、プロファイル信号  $MS_p$  とも称される。但し、 $MS_p$  は、検出器アレイ（例えば、検出器アレイ 163）の各ピクセル  $p$  での信号レベル（正規化電圧で示される）である。図 9 の線図 900 は、光学ペン 220 の光軸  $OA$  上のある距離に目標表面を位置決めした状態で作成されたもので、距離に対応した主波長のピーク領域を有する測定プロファイルデータ 910 が生成されることが分かる。

#### 【0076】

様々な実施形態において、無補正の分離感知信号  $DSS$  の波長光は、測定光に対するものと同じ構成（検出手段）によって検出され処理される。例えば、この検出手段には、クロマティックレンジセンサの波長検出器の検出器ピクセルのサブセットである分離信号ピクセルのセットが利用される。または、無補正の分離感知信号  $DSS$  の波長光の処理には、その他の検出手段を利用してもいい。例えば、検出部に設けられた偏向手段によって、

10

20

30

40

50

分離信号エレメント専用のセンサに向かう別の光路を辿るように、分離感知信号 D S S の波長光を偏向させてもよい。

【 0 0 7 7 】

上述の通り、様々な実施形態において、分離感知信号 D S S は無補正でもよいし、補正されてもよい。この場合、分離感知信号 D S S およびその他の信号と一緒に補正してもよいし、又は、その他の信号は補正しないで分離感知信号 D S S だけを補正してもよい。ここで言うその他の信号とは、例えば、図 8 で上述した信号  $V b a c k_p$  等を示す。

【 0 0 7 8 】

もし、分離感知信号 D S S が無補正の場合で交換可能光学エレメントが取付状態の時、上記の検出手段は、測定波長光に基づく図 9 に示される測定波長光ピーク領域を生成すると同時に、分離感知信号 D S S に基づいてピクセル信号中に破線で示された波長光ピークを生成する。逆に、もし、分離感知信号 D S S が補正されている場合で交換可能光学エレメントが取付状態の時、上記の検出手段は、測定波長光に基づく図 9 に示される測定波長光ピーク領域を生成すると同時に、補正されて平坦信号又はヌル信号になったピクセル信号（例えば、 $M V b i a s$  のレベル）を提供する。

【 0 0 7 9 】

分離感知信号 D S S がどのように処理されようとも、クロマティックレンジセンサシステムの測定範囲（すなわち、分離感知ピクセル範囲とは反対側の範囲）に応じた信号又は波長光に基づいて、測定波長光に対する距離指示座標（ $D I C$ ）が決定される。具体的には、そのような決定に関するデータとして、図 9 には、測定バイアスの信号レベル  $M V b i a s$ （正規化電圧で示す）、ピークのピクセル座標  $p p c$ 、ピーク位置のインデックス座標  $p p i c$ 、及び、データ閾値  $M V t h r e s h o l d$  が示されている。データ閾値  $M V t h r e s h o l d$  は、ピーク領域内のデータの距離指示サブセットの下限を定義する。全ての「 $M V$ 」値は正規化電圧である。図 9 は、校正スペクトルのピーク領域内のデータの距離指示サブセットに基づいて決定される距離指示座標（ $D I C$ ）も示す。データ閾値  $M V t h r e s h o l d$  は、インデックス特性の閾値  $M V t h r e s h o l d ( p p i c )$  としてもよい。

【 0 0 8 0 】

簡潔に言えば、一実施形態において、距離指示座標（例えば、プロファイルデータ 9 1 0 に関して説明した距離指示座標  $D I C$ ）を決定する測定動作は、以下の工程からなる。

- ・目標表面を光軸  $O A$  に沿って位置決めし、結果として生成されるプロファイルデータ 9 1 0 を取り込む。
- ・ピークのピクセル座標  $p p c$ （すなわち、最大信号を有するピクセル）を決定する。
- ・ピーク位置のインデックス座標  $p p i c$  を決定する。このインデックス座標  $p p i c$  は、特定の校正データ（例えば、インデックス特性の閾値校正データ）を記憶し、及びその校正データを検索するためのインデックスである。いくつかの実施形態では、これはピークのピクセル座標  $p p c$  と同じにしてもよい。
- ・測定バイアスの信号レベル  $M V b i a s$  を決定する。
- ・データ閾値  $M V t h r e s h o l d$  を決定する。（例えば、ピーク高さの存在する割合として決定する。又は、現在のピーク位置のインデックス座標  $p p i c$  に対応するインデックス特性の閾値校正データに基づいて決定する。）
- ・測定ピーク領域において、データ閾値  $M V t h r e s h o l d$  よりも大きな値のデータである距離指示サブセットに基づいて、サブピクセル分解能での距離指示座標（ $D I C$ ）を決定する。
- ・距離校正の測定の場合、（例えば、干渉計によって）所望の精度で、目標表面までの対応する距離を独立して決定する。そして、距離校正のテーブル内または曲線上での距離校正データの位置を決定する。
- ・ワーク距離の通常測定の場合、記憶された距離校正データ内での対応する距離に、測定  $D I C$  を相関付けることによって、測定距離を決定する。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

50

上記動作では、データ閾値  $MVthreshold$  よりも上のデータである距離指示サブセットに基づいて、距離指示座標  $DIC$  をサブピクセル分解能で決定することができる。いくつかの異なる方法のうちの一つによって、測定  $DIC$  を決定することができる。一実施形態では、測定  $DIC$  は、データの距離指示サブセットの重心  $XC$  をサブピクセル分解能で表わした座標として、決定される。例えば、1024個のピクセルを有する検出器の場合、重心  $XC$  は、次の式(1)に従って決定することができる。

【数1】

$$XC = \frac{\sum_{p=1}^{1024} p(S_M(p))^n}{\sum_{p=1}^{1024} (S_M(p))^n} \quad \dots (1)$$

【0082】

ここで、式(1)中の  $S_M(p)$  は、次の式(2)で与えられる。

【数2】

$$S_M(p) = \begin{cases} MS_p \geq MVThreshold(ppic) \text{ の場合、 } MS_p - MVThreshold(ppic) \\ MS_p < MVThreshold(ppic) \text{ の場合、 } 0 \end{cases} \quad \dots (2)$$

【0083】

特定の一例では、式(1)において、 $n = 2$  である。式(2)は、重心の計算に使用されるデータを、距離指示サブセットのデータ内に制限することが好ましい。校正動作中に、距離指示座標  $DIC$  が決定される場合は、距離指示座標  $DIC$  を校正距離指示座標と呼ぶ。同様に、測定動作中に決定される場合は、距離指示座標  $DIC$  を測定距離指示座標と呼ぶ。

【0084】

図10は、クロマティックポイントセンサからのプロファイルデータの線図1000である。線図1000は、図8及び図9の分離感知信号  $DSS$  について代替可能な様々な信号処理を示す。図10に示すように、第1実施形態の信号1010aは、分離信号エレメント299を含んだ交換可能光学エレメント280が取り付けられている場合の(例えば、検出器193のピクセルからの)生の無補正信号を表す。信号1010aについては、検出器アレイから得られた生の無補正ピクセル信号1010a'の前後に含まれている。(例えば、前述した雑音信号電圧オフセット信号  $Voffset_p$  が無補正であるようなところに含まれている。)もしそのような生の信号が、交換可能光学エレメントの取付/分離の検出に用いられる場合、示されているトリガー電圧レベル1020aは、生の無補正信号1010aの分離トリガー閾値を示すものとして用いられる。具体的には、一実施形態において、周知の方法による信号処理が提供されてもよい。もし生の無補正信号1010aが、分離感知ピクセル範囲  $DSPR$  の閾値電圧1020aより低いと、分離状態が検出される。逆に、分離感知ピクセル範囲  $DSPR$  の閾値電圧1020aよりも高いと、取付状態が検出される。

【0085】

代替の実施形態において、分離信号エレメント299を含んだ交換可能光学エレメント280からの分離感知信号  $DSS$  は、上述の通り、電圧オフセット信号  $Voffset_p$  に沿って補正される。各ピクセル  $p$  から後続する全てのプロファイルデータ信号中の分離感知信号  $DSS$  に対応する信号は、(例えば、減算によって)継続的に補正され、または「取り消される」。そのような実施形態にて、補正された交換可能光学エレメントが適切に取り付けられた状態では、波長検出器からの補正された出力信号は、図10に示される信号1010のようになる。そのような実施形態にて、信号1010bは交換可能光学エレメントの分離状態を示す。

【0086】

10

20

30

40

50

具体的には、補正された交換可能光学エレメントが分離した状態又はこれがない状態では、分離信号エレメント 299 が分離信号波長光を反射して返さないため、補正された分離感知信号 DSS によって、図示のような「負のピーク」の信号レベル 1010b に補正されたピクセル信号が生じる。言い換えると、もし、図 8 の分離感知信号 DSS を含めて補正がなされて、検出器の出力信号を補正する為に分離感知信号 DSS が減算され、そして、分離信号エレメント 299 を含む交換可能光学エレメント 280 が分離されたならば、減算後の信号は負のピーク信号 1010b を含むようになる。

この実施形態において、トリガー電圧レベル 1020b は、補正された信号 1010b の分離トリガー閾値を示す。言い換えると、もし、分離感知ピクセル範囲 DSPR において補正された信号 1010b が電圧レベル 1020b よりも負になった場合に、分離状態が検出される。逆に、もし、分離感知ピクセル範囲 DSPR において補正された信号 1010b が電圧レベル 1020b よりも負にならない（このレベルよりも正側になった）場合に、補正された信号 1010b は、例えば、信号 1010 のレベルでのゼロ付近信号又はヌル信号になり、取付状態を示すことになる。上述の通り、このような実施形態で、交換可能光学エレメントが適切に取り付けられていて、測定範囲内に測定表面がない場合には、波長検出器からの補正出力信号は信号 1010 のようになる。

#### 【0087】

実施形態にて期待される唯一の有意な信号が、測定されるワーク表面 290 からのものである、ということが望ましい場合がある。いくつかの実施形態では、必要に応じて、測定範囲内の波長の光を分離信号に用いてもよい。例えば、分離信号エレメント 299 としては、分離信号波長光の一部分しか反射せず、それらの波長光を測定波長光としても用いることができるように十分に透過するものでもよい。このような場合は、測定表面からのピークは正になって、分離されたプローブからの信号は負になってよい。適切な分離信号の処理が、周知技術によって実行され、混合がないようになる。

#### 【0088】

更なる実施形態では、電圧オフセット信号  $V_{offset_p}$  については上述の通りに補正を実行し、分離信号エレメント 299 を含む交換可能光学エレメント 280 からの分離感知信号 DSS については補正を実行しないようにしてもよい。このような実施形態において、補正された交換可能光学エレメントが適切に取り付けられている場合、波長検出器からの補正出力信号は、図 10 に示される信号 1010 のようになる。ただし、分離感知ピクセル範囲 DSPR は除かれ、この DSPR の範囲では破線の分離信号ピーク 1010c が生じる。

#### 【0089】

この実施例では、トリガー電圧レベル 1020c が有用な分離トリガー閾値を表す。言い換えると、もし、分離感知ピクセル範囲 DSPR 内の電圧信号 1010c が電圧レベル 1020c よりも負になる場合は、分離状態が検出される。逆に、分離感知ピクセル範囲 DSPR において電圧レベル 1020c よりも信号レベルが高い場合は、取付状態を示す。

#### 【0090】

図 11 の線図 1100 は、特定の実施例の分離信号エレメント 299 についての一特性を表す応答曲線 1110 である。上述の通り、様々な実施形態において、分離信号エレメント 299 は分離信号エレメントがターゲットにする分離信号波長域の光の大半を反射するように設計されている。分離信号エレメントは、ローパス反射性フィルタ、ハイパス反射性エッジフィルタ、バンドパス反射性フィルタ等の部材を備えるようにしてもよい。

#### 【0091】

図 11 の特定の実施例では、その応答曲線が示された分離信号エレメントが、ローパスリフレクターとして用いられる高感度エッジフィルタを形成する薄いフィルム状の被膜によって構成されている。その応答曲線 1110 は、例えば 450 nm 以上のように波長の長い測定波長域において高い透過率を維持しながら、440 nm 以下の波長範囲でほぼ 100% の反射特性を示す。このような高感度エッジフィルタは、ニューヨーク州、ロチェ

10

20

30

40

50

スター所在のセムロック社 (Semrock Inc.、www.semrock.com) 等から市販されている。このタイプの応答曲線は、特定のタイプのシステムの利用に申し分なく適している。一実施例として、測定光を提供する蛍光体 (りん光体) を励起させるための LED を含んだ光源 164 を利用してもよい。LED の励起波長が 440 nm で、測定波長光として利用可能な安定した発光波長光が 500 nm から 700 nm の範囲内であるような実施例では、図 11 に示される応答曲線が比較的理想的なものとなる。

#### 【0092】

様々な実施例において、分離信号エレメント 299 は様々な物理的特性を有してもよい。例えば、薄膜や窓材として利用する場合、分離信号エレメントは、1 mm 未満の基板によって構成してもよく、より具体的には、50 μm から 250 μm の範囲内であってもよい。様々な実施形態では、レンズ、ビームスプリッタ、及び封止窓など、光学ペンにおいて他の目的に用いるための光学素子に薄膜の反射性フィルタを適用してもよい。図 11 を用いて上述した分離信号エレメントを、ここに開示したいずれかの分離信号エレメントの配置位置に用いてもよい。しかしながら、様々な実施形態において、それぞれの光学特性に応じて適切な位置に設定された一層経済的なエレメントを使用してもよい。例えば、分離信号エレメント 299B、299B'、299C 及び 299C' について詳述した通りである。

#### 【0093】

図 12 は、分離状態を検出する分離信号エレメントを利用するためのルーチン 1200 の代表的実施形態を示すフロー図である。ブロック 1210 では、色分散光学系および分離信号エレメントを有する交換可能光学エレメントを含んだ光学ペンが提供される。前記分離信号エレメントは、クロマティックレンジセンサシステムの測定範囲に対応する測定波長域の光の大半を透過し、分離信号波長域の光の少なくとも一部を反射するように設計されている。ブロック 1220 では、分離信号波長域の光がもはや部分的にも反射されなくなった時に、光学ペンから交換可能光学エレメントが分離した印として捉えられ、分離状態が検出される。ブロック 1230 では、分離状態の検出にตอบสนองして、分離表示信号が提供される。上述の通り、分離表示信号は、様々な目的に利用されるとよい。例えば、衝突が起きた際、更なる破損を防ぐために、三次元座標測定機を直ちに停止させること等である。

#### 【0094】

以上説明した様々な実施形態の他にも、ここに開示された発明の構成及び動作手順に基づく、多くの変形例がある。例えば、当業者は、記載されたフローチャートを様々な態様に変形できる。より具体的には、工程の順序を変えても、複数の工程を併行に実施してもよい。工程を省略しても、他の工程が含まれてもよい。このように、請求項に記載された特許請求の範囲の中で、様々な変形例が可能となる。

#### 【符号の説明】

#### 【0095】

100	クロマティックレンジセンサ (CRS) システム
112, 212	光ファイバー
162, 262	波長検出器
210	三次元座標測定機 (CMM)
220	光学ペン
250	色分散光学系
251	転送レンズアッセンブリ
280	交換可能光学エレメント
282	ベース部材
285	交換マウント (マウント部)
295	共焦点アパーチャー
299	分離信号エレメント
DSPR	分離感知ピクセル範囲

10

20

30

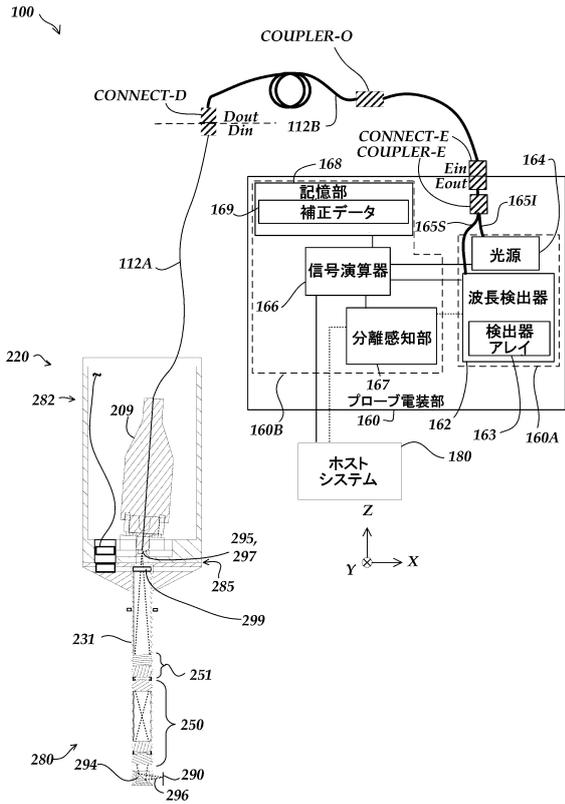
40

50

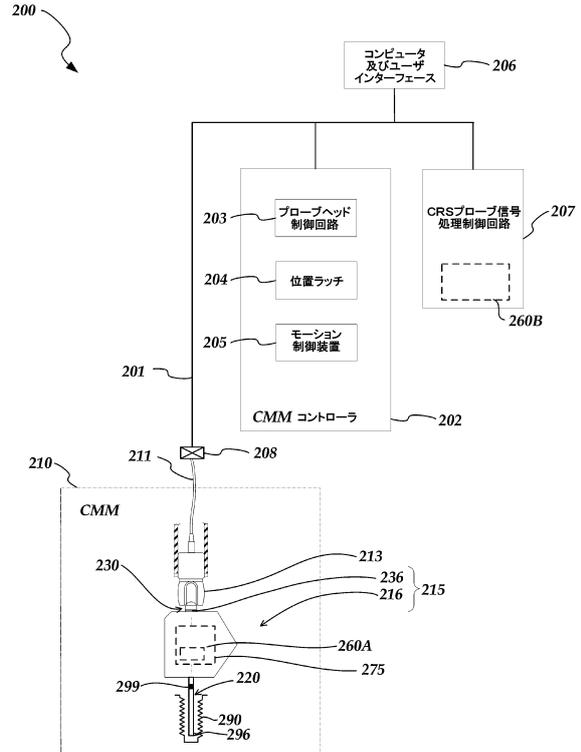
D S S  
D W F

分離感知信号  
検出波長光の焦点位置

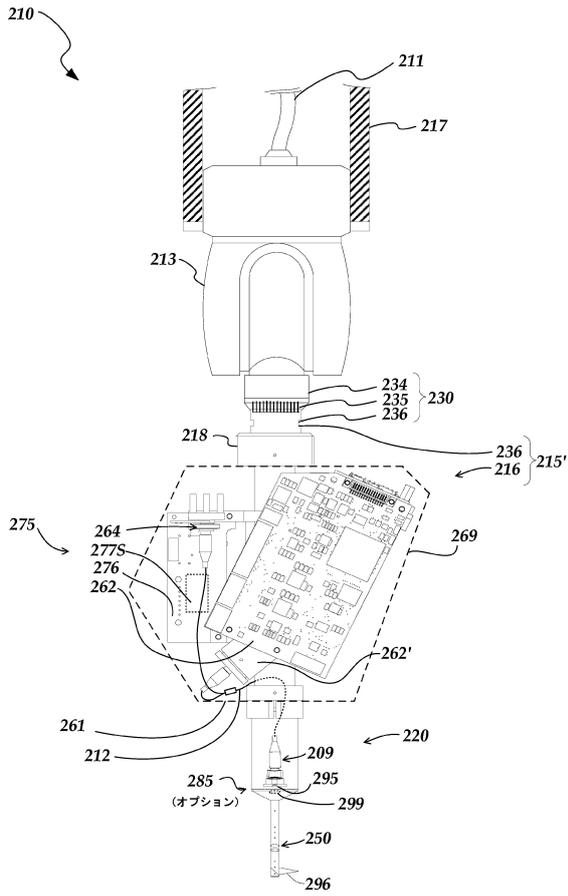
【図1】



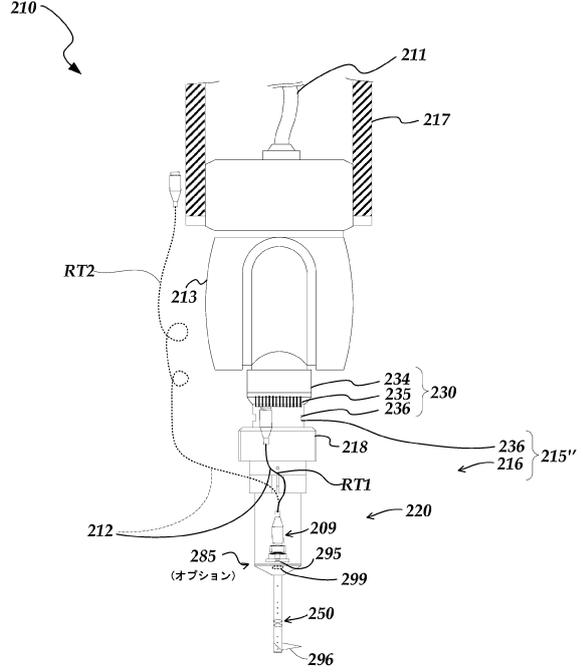
【図2】



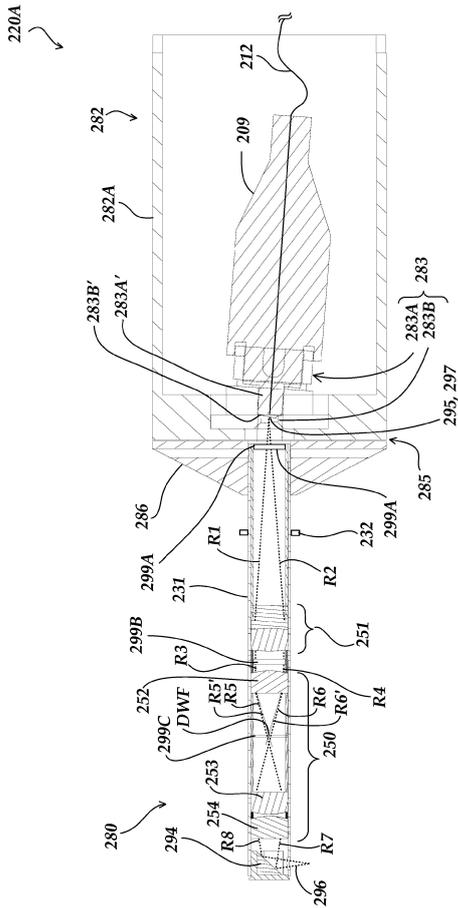
【図3】



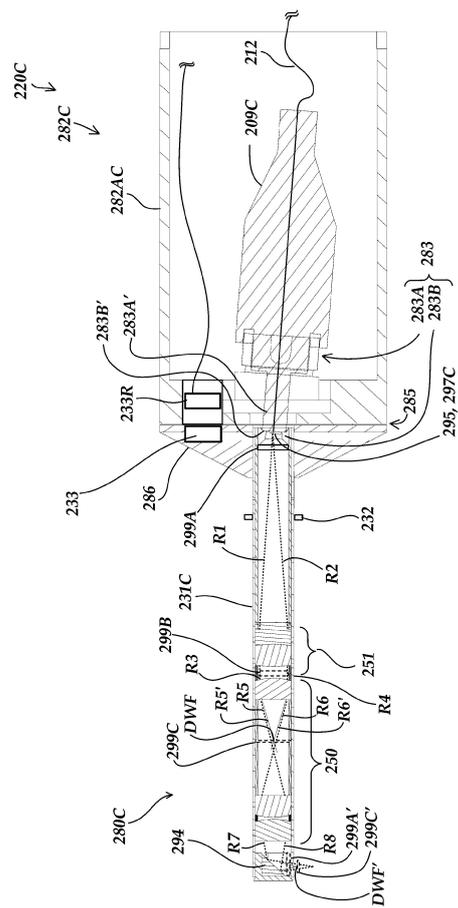
【図4】



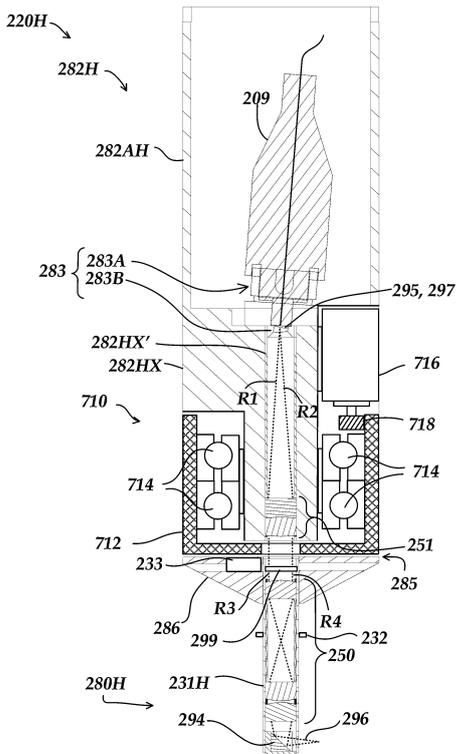
【図5】



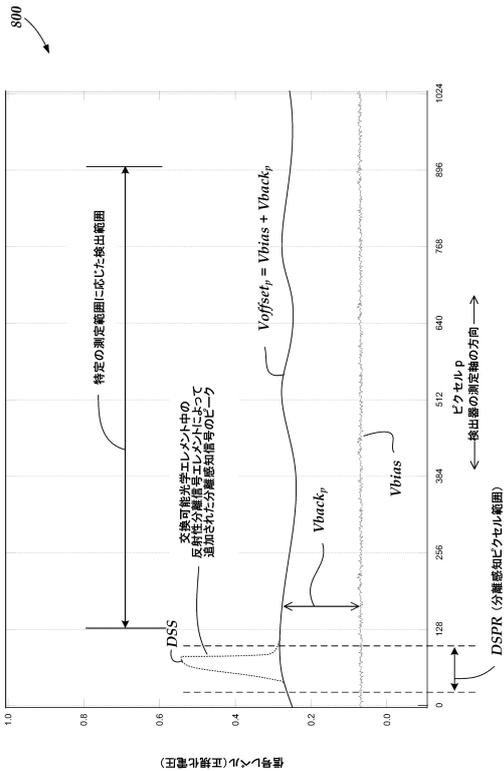
【図6】



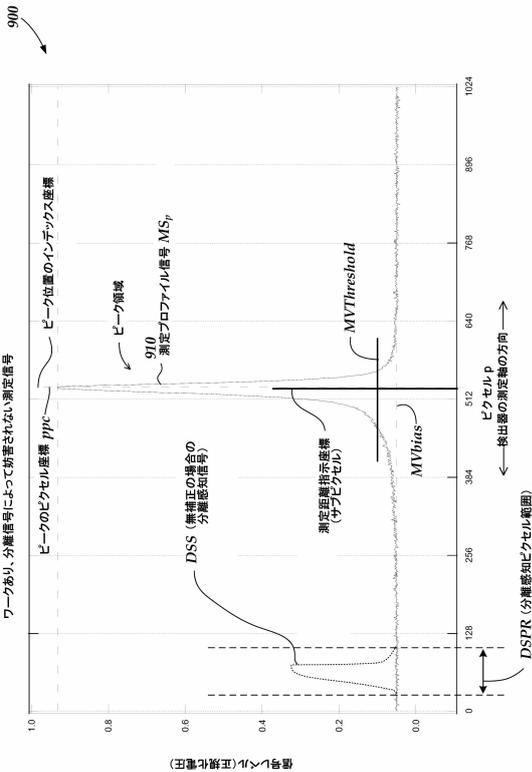
【図7】



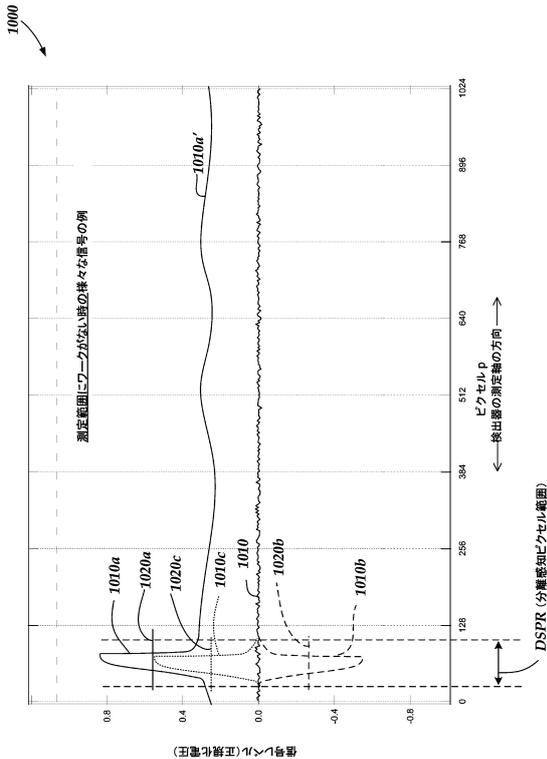
【図8】



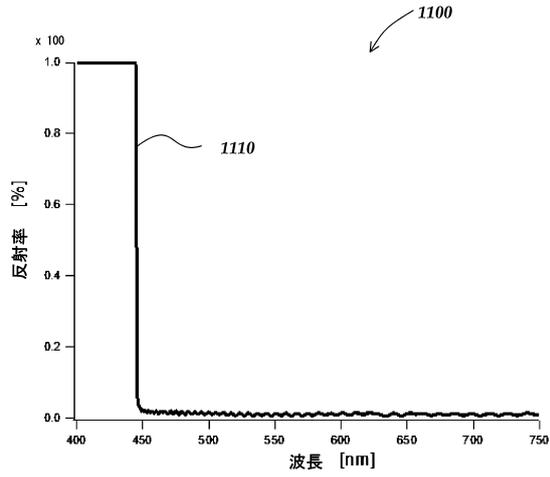
【図9】



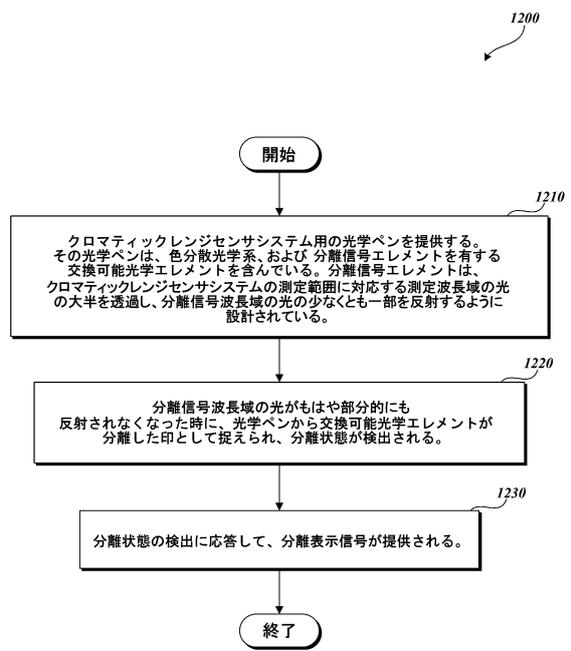
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-208102(JP,A)  
特開2008-32724(JP,A)  
特開平8-201223(JP,A)  
独国特許出願公開第102007054915(DE,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 3/00 - 3/32  
G01B 11/00 - 11/30  
G02B 9/00 - 17/08  
G02B 21/02 - 21/04  
G02B 25/00 - 25/04