

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-173901

(P2014-173901A)

(43) 公開日 平成26年9月22日(2014.9.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G O 1 B 11/24 (2006.01)</b>	G O 1 B 11/24 B	2 F O 6 5
	G O 1 B 11/24 K	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2013-44715 (P2013-44715)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成25年3月6日 (2013.3.6)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100076428
			弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測装置及び物品の製造方法

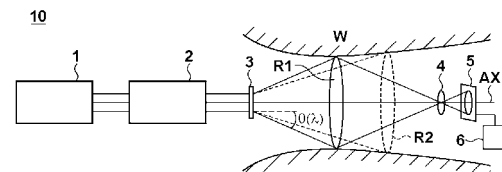
## (57) 【要約】

【課題】計測対象物の内面の形状を計測するのに有利な計測装置を提供する。

【解決手段】計測対象物の内面の形状を計測する計測装置であって、光源と、前記光源から射出された光を、複数の波長のそれぞれについて前記内面の互いに異なる位置に照射する照射部と、前記内面で反射した光を前記波長ごとに撮像して撮像データを生成する撮像部と、前記撮像部で撮像された前記複数の波長のそれぞれに対応する撮像データに基づいて、前記内面の形状を算出する算出部と、を有することを特徴とする計測装置を提供する。

。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

計測対象物の内面の形状を計測する計測装置であって、  
光源と、  
前記光源から射出された光を、複数の波長のそれぞれについて前記内面の互いに異なる位置に照射する照射部と、  
前記内面で反射した光を前記波長ごとに撮像して撮像データを生成する撮像部と、  
前記撮像部で撮像された前記複数の波長のそれぞれに対応する撮像データに基づいて、前記内面の形状を算出する算出部と、  
を有することを特徴とする計測装置。

10

**【請求項 2】**

前記照射部は、前記光源から射出された光から、前記波長ごとにリング状の光を形成して前記内面の互いに異なる位置のそれぞれに照射することを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

**【請求項 3】**

前記照射部は、前記内面の互いに異なる位置のそれぞれに対応して前記リング状の光を形成する回折光学素子を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の計測装置。

**【請求項 4】**

前記光源は、前記複数の波長を含む光を射出する多波長光源を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

20

**【請求項 5】**

前記光源から射出された光から、前記複数の波長のうち 1 つの波長の光を射出し、射出する光の波長を変更可能な選択部を更に有し、

前記照射部は、前記選択部からの 1 つの波長の光を、前記内面の互いに異なる位置のうちの 1 つの位置に照射することを特徴とする請求項 4 に記載の計測装置。

**【請求項 6】**

前記光源は、射出する単一波長の光の波長を変更可能な波長可変光源を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

**【請求項 7】**

前記照射部と前記撮像部との間に配置され、前記内面で反射した光を前記撮像部に結像する結像光学系を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置。

30

**【請求項 8】**

前記結像光学系は、前記波長ごとに異なる焦点距離を有する回折光学素子を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の計測装置。

**【請求項 9】**

前記照射部は、前記多波長光源からの複数の波長の光で前記内面の互いに異なる位置を照射し、

前記内面で反射された複数の波長の光のうち 1 つの波長の光を前記撮像部に入射させ、前記撮像部に入射させる光の波長を変更可能な選択部を有することを特徴とする請求項 4 に記載の計測装置。

40

**【請求項 10】**

請求項 1 乃至 9 のうちいずれか 1 項に記載の計測装置を用いて物品の内面の形状を計測する工程と、

計測された形状に基づいて前記内面を加工する工程と、

を有することを特徴とする物品の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、計測対象物の内面の形状を計測する計測装置及び物品の製造方法に関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

パイプやギアなどの工業製品においては、その内面の形状を計測することが要求されている。また、口腔内や胃などの人体の生体器官においても、その内面の形状を計測することが要求されている。そこで、計測対象物の内面の形状の計測に関する技術が従来から提案されている（特許文献1参照）。

## 【0003】

特許文献1に開示された技術では、半導体レーザからの光を、円錐ミラーによってリング状にして計測対象物の内面に照射し、その内面で反射された光から三角測量法を用いて1つの断面形状を求めている。

10

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2007-285891号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、工業製品の生産現場、特に、製造ラインでは、計測対象物の内面の形状を高速に（即ち、短時間で）計測可能な技術が必要であり、更に、熱や衝突による構造変形も高速に計測することが要求されている。また、固定することが困難な人体の生体器官

20

## 【0006】

特許文献1に開示された技術は、リング状の光の径方向に対して、計測対象物の内面の1つの断面形状を高速に（一括して）計測することが可能であるが、その内面の全体（即ち、リング状の光の径方向に直交する方向）を一括して計測することができない。また、特許文献1では、半導体レーザや内面で反射された光を検出するセンサなどを含むユニットを、リング状の光の径方向に直交する方向に高精度に移動させる機構が必要であるため、装置コストの増加や装置の大型化を招いてしまう。

## 【0007】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされ、計測対象物の内面の形状を計測するのに有利な計測装置を提供することを例示的目的とする。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての計測装置は、計測対象物の内面の形状を計測する計測装置であって、光源と、前記光源から射出された光を、複数の波長のそれぞれについて前記内面の互いに異なる位置に照射する照射部と、前記内面で反射した光を前記波長ごとに撮像して撮像データを生成する撮像部と、前記撮像部で撮像された前記複数の波長のそれぞれに対応する撮像データに基づいて、前記内面の形状を算出する算出部と、を有することを特徴とする。

## 【0009】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施形態によって明らかにされるであろう。

40

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明によれば、例えば、計測対象物の内面の形状を計測するのに有利な計測装置を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】本発明の一側面としての計測装置の構成を示す概略図である。

【図2】図1に示す計測装置の算出部による計測対象物の内面の形状の算出を説明するた

50

めの図である。

【図 3】図 1 に示す計測装置の回折光学素子の具体的な構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0013】

図 1 は、本発明の一側面としての計測装置 10 の構成を示す概略図である。計測装置 10 は、パイプやギアなどの工業製品、或いは、口腔内や胃などの人体の生体器官などの計測対象物の内面の形状を計測する。計測装置 10 は、光源 1 と、選択部 2 と、回折光学素子 3 と、結像光学系 4 と、撮像部 5 と、算出部 6 とを有する。

10

【0014】

光源 1 は、本実施形態では、複数の波長を含む光を射出する多波長光源で構成され、例えば、SOA (Semiconductor Optical Amplifier)、ハロゲンランプ、LED などの広帯域な光を射出する光源で構成されている。

【0015】

選択部 2 は、光源 1 から射出された光から、複数の波長のうち少なくとも 1 つの波長の光を選択的に射出する機能を有する。選択部 2 は、例えば、ガルバノミラーと回折格子とを組み合わせた機構や波長可変フィルターなどで構成されている。選択部 2 からの光 (即ち、選択部 2 で選択された波長の光) は、回折光学素子 3 に入射する。選択部 2 は、射出する光の波長を変更することができる。

20

【0016】

回折光学素子 3 は、計算機ホログラム (CGH) などで構成され、光源 1 から射出された光を、波長ごとに計測対象物の内面 W の互いに異なる位置に照射する照射部として機能する。回折光学素子 3 は、光源 1 から射出された光から、波長ごとにリング状の光を形成して計測対象物の内面 W の互いに異なる位置のそれぞれに照射する。また、回折光学素子 3 は、互いに異なる波長の光が回折光学素子 3 に入射した場合に、その光と光軸 AX とのなす角 (回折角) が波長によって異なるように設計されている。従って、選択部 2 で選択された互いに異なる波長の光のそれぞれは、回折光学素子 3 に入射することによって、計測対象物の内面 W の異なる位置にリング状の光として照射される。任意の波長の光が回折光学素子 3 に入射することで形成されたリング状の光は、輪帯状の光切断面 R1 (又は R2) を形成する。

30

【0017】

結像光学系 4 は、回折光学素子 3 と撮像部 5 との間に配置され、計測対象物の内面 W で反射した光 (回折光学素子 3 によって形成されたリング状の光) を撮像部 5 に結像する。

【0018】

撮像部 5 は、CCD センサや CMOS センサなどで構成され、計測対象物の内面 W で反射した光 (結像光学系 4 によって結像される光) を波長ごとに撮像して撮像データを生成する。

40

【0019】

算出部 6 は、CPU やメモリなどを含み、撮像部 5 で撮像された複数の波長のそれぞれに対応する撮像データ (撮像画像) に基づいて、計測対象物の内面 W の形状 (内面座標) を算出する。

【0020】

図 2 を参照して、算出部 6 による計測対象物の内面 W の形状の算出、即ち、撮像部 5 で撮像された光切断面 R1 又は R2 に対応する撮像画像に基づく計測対象物の内面 W の形状の算出について説明する。ここでは、光切断面 R1 に対応する波長に関して説明する。

【0021】

図 2 を参照するに、計測対象物の内面 W に照射された半径 R ( ) のリング状の光が、焦点距離 f を有する結像光学系 4 を介して、撮像部 5 に結像している。結像光学系 4 の倍

50

率  $M$  ( ) は、以下の式 ( 1 ) で表される。

【 0 0 2 2 】

【 数 1 】

$$\text{倍率: } M(\lambda) = \frac{-f}{l_0 - l(\lambda) - f} \quad \dots (1)$$

【 0 0 2 3 】

式 ( 1 ) において、 $l_0$  は、回折光学素子 3 の位置  $L_1$  から結像光学系 4 の位置  $L_2$  までの光軸  $AX$  に沿った距離である。また、 $l$  ( ) は、回折光学素子 3 の位置  $L_1$  から波長  $\lambda$  のリング状の光が照射される照射位置  $W_1$  までの光軸  $AX$  に沿った距離、即ち、回折光学素子 3 の位置  $L_1$  から照射位置  $W_1$  に対応する光軸  $AX$  上の位置  $L_4$  までの距離である。

10

【 0 0 2 4 】

光軸  $AX$  からリング状の光の照射位置  $W_1$  までの距離  $R$  (  $r$  )、及び、位置  $L_1$  から位置  $L_4$  までの距離  $l$  ( ) は、倍率  $M$  ( ) を用いて、以下の式 ( 2 ) で表される。

【 0 0 2 5 】

【 数 2 】

$$\begin{cases} R(\lambda) = \frac{r(\lambda)}{M(\lambda)} = \frac{l(\lambda) + f - l_0}{f} r(\lambda) \\ l(\lambda) = \frac{R(\lambda)}{\tan \theta(\lambda)} \end{cases} \quad \dots (2)$$

20

【 0 0 2 6 】

式 ( 2 ) において、 $r$  ( ) は、波長  $\lambda$  のリング状の光 ( 照射位置  $W_1$  に照射されるリング状の光 ) の照射位置  $W_1$  から撮像部 5 の光軸  $AX$  上の位置  $L_3$  までに対応する光跡の距離である。また、 $\theta$  ( ) は、計測対象物の内面  $W$  に照射されたリング状の光の照射位置  $W_1$  と回折光学素子 3 の位置  $L_1$  とを結ぶ線分と光軸  $AX$  とのなす角 ( 回折光学素子 3 の回折角 ( 回折光学素子 3 から射出される光の仰角 ) ) である。式 ( 2 ) を整理すると、以下の式 ( 3 ) に示す関係式が得られる。

30

【 0 0 2 7 】

【 数 3 】

$$\begin{cases} R(\lambda) = \frac{r(\lambda) \tan \theta(\lambda) (f - l_0)}{f \tan \theta(\lambda) - r(\lambda)} \\ l(\lambda) = \frac{R(\lambda)}{\tan \theta(\lambda)} \end{cases} \quad \dots (3)$$

40

【 0 0 2 8 】

ここで、回折光学素子 3 の回折角  $\theta$  ( )、結像光学系 4 の焦点距離  $f$ 、及び、回折光学素子 3 の位置  $L_1$  から結像光学系 4 の位置  $L_2$  までの光軸  $AX$  に沿った距離  $l_0$  は、設計上の値として既知であるとする。

【 0 0 2 9 】

また、光切断面  $R_1$  に対応する撮像画像を解析することで得られる距離  $r$  ( ) と式 ( 3 ) に示す関係式とを用いることで、光軸  $AX$  からリング状の光の照射位置  $W_1$  までの距離  $R$  (  $r$  ) 及び位置  $L_1$  から位置  $L_4$  までの距離  $l$  ( ) を算出することが可能となる。

【 0 0 3 0 】

従って、光源 1 から射出される光の波長  $\lambda$  を選択部 2 で掃引又は変更することで、回折

50

光学素子 3 の回折角 ( ) が変化する ( 計測対象物の内面 W の異なる位置を照射することができる )。これにより、計測装置 10 は、高精度な駆動機構や回転機構を必要とすることなく、各波長 の光における撮像画像を解析することで得られる距離  $r$  ( ) 及び式 ( 3 ) に示す関係式に基づいて、計測対象物の内面 W の形状 ( 内面全体の形状 ) を求めることができる。

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 ( a ) 及び図 3 ( b ) を参照して、回折光学素子 3 の具体的な構成について説明する。図 3 ( a ) は、回折光学素子 3 の上面図であり、図 3 ( b ) は、図 3 ( a ) に示す回折光学素子 3 の A - A 断面図である。但し、回折光学素子 3 は、以下に説明する構成に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

10

【 0 0 3 2 】

回折光学素子 3 は、図 3 に示すように、回折格子を軸周りに回転対称に配列して ( 即ち、同心円状に配列して ) 構成されている。一般的に、回折格子は、入射光に対して、同一平面内のみに 1 次回折光を形成する。但し、図 3 に示すような回折光学素子 3 を用いることで、1 次回折光が回転軸に対して回転したリング状の光を形成することが可能となる。回折光学素子 3 の回折角は、上述したように、波長によって変化する。一般的に、平行光が回折光学素子 3 に入射したときの回折角 ( ) は、以下の式 ( 4 ) で表される。

【 0 0 3 3 】

【 数 4 】

$$\sin \theta(\lambda) = Nm\lambda \quad \cdots (4)$$

20

【 0 0 3 4 】

式 ( 4 ) において、 $N$  は、単位長さ当たりの溝の数であり、 $m$  は、回折次数であり、 $\lambda$  は、波長である。従って、回折角 ( ) は、長波長にすれば大きくなり、短波長にすれば小さくなる。

【 0 0 3 5 】

このように、回折光学素子 3 を通過した光はリング状の光を形成する。また、回折光学素子 3 に入射する光の波長 を変更することで回折角 ( ) を変化させることができるため、リング状の光を光軸 A X に沿って移動させる ( 走査する ) ことが可能となる。

30

【 0 0 3 6 】

次いで、結像光学系 4 の具体的な構成について説明する。図 1 では、結像光学系 4 は、波長依存性を有していない光学系 ( 結像レンズ ) として説明した。但し、上述したように、回折光学素子 3 に入射する光の波長を変更することで回折光学素子 3 の回折角 ( ) が変化する。ここで、回折光学素子 3 に入射する光の波長が短波長であるほど回折角 ( ) が大きくなり、回折光学素子 3 に入射する光の波長が長波長であるほど回折角 ( ) が小さくなるように、回折光学素子 3 を設定し、計測対象物が円筒である場合を考える。この場合、結像光学系 4 から物体面までの距離が波長によって異なるため、波長依存性を有していない結像光学系 4 を用いると、結像関係が特定の 1 つの波長のみでしか成り立たず、他の波長では、撮像部 5 での結像性能が低下する可能性がある。

40

【 0 0 3 7 】

このような場合には、結像光学系 4 は、波長  $\lambda_0$  での焦点距離が  $f_0$  であるときに、他の波長  $\lambda$  での焦点距離  $f$  ( ) が以下の式 ( 5 ) で表されるような回折光学素子を含むとよい。

【 0 0 3 8 】

【 数 5 】

$$f(\lambda) = \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right) f_0 \quad \cdots (5)$$

50

## 【0039】

式(5)は、焦点距離 $f$ ( )が波長 $\lambda$ に対して逆比例することを示し、焦点距離 $f$ ( )が短波長ほど長く、長波長ほど短いことを表している。従って、物体面と結像光学系4との間の距離が短波長ほど長く、長波長ほど短くなるため、物体面を撮像部5に結像する際の撮像部5での結像性能の低下を抑制することができる。なお、波長 $\lambda$ における光軸AXからリング状の光の照射位置までの距離 $R$ ( )、及び、位置 $L_1$ から位置 $L_4$ までの距離 $l$ ( )は、結像光学系4の焦点距離 $f$ ( )を用いて算出することができる。

## 【0040】

計測装置10によれば、光源1からの光の波長を選択部2で掃引又は変更することで回折光学素子3の回折角( )を変化させる。そして、各波長 $\lambda$ に対応する撮像画像から得られる距離 $r$ ( )及び式3に示す関係式に基づいて、計測対象物の内面Wの形状を求めることができる。例えば、SOA、回折格子及びMEMSミラーを用いれば、波長50nm以上の掃引速度が100kHz以上となり、更に、撮像部5においては数十Kfps以上で撮像することが可能である。従って、計測装置10は、撮像部5で撮像する撮像画像の数に依存するものの、従来技術よりも高速に計測対象物の内面Wの形状(内面全体の形状)を計測することができる。

10

## 【0041】

また、本実施形態では、光源1を多波長光源で構成しているが、射出する単一波長の光の波長を変更可能な波長可変光源で構成してもよい。この場合には、光源1において波長を掃引又は変更することが可能であるため、光源1から射出される光から少なくとも1つの波長の光を選択する選択部2は不要となる。

20

## 【0042】

また、本実施形態では、光源1からの光を計測対象物の内面Wに照射する前に、選択部2が、計測対象物の内面Wに照射する光の波長を選択している(即ち、計測対象物よりも光源側で波長を選択している)。但し、計測対象物の内面Wを複数の波長の光で照射し、選択部が、内面Wで反射された各波長の光から撮像部5に結像すべき光の波長を選択してもよい(即ち、計測対象物よりも撮像部側に選択部を配置して波長を選択してもよい)。この際、選択部は撮像部に入射させる光の波長を変更することができる。

## 【0043】

## &lt; 物品の製造方法の実施形態 &gt;

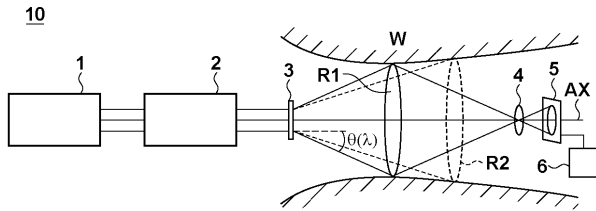
30

本実施形態における物品の製造方法は、例えば、パイプやギアなどの工業製品の物品を加工する際に用いられる。本実施形態の物品の製造方法は、計測装置10を用いて、物品の内面の形状を計測する工程と、かかる工程における計測結果に基づいて内面を加工する工程とを含む。例えば、内面の形状を計測装置10を用いて計測し、その計測結果に基づいて、内面の形状が設計値などの所望の形状になるように内面を加工する。

## 【0044】

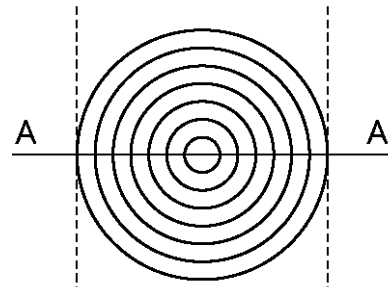
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図 1】

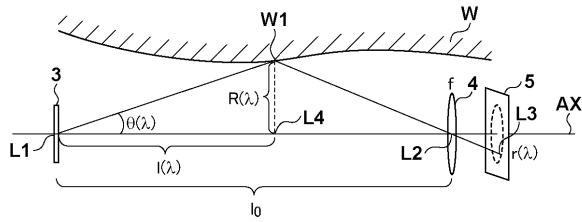


【図 3】

(a)



【図 2】



(b)





---

フロントページの続き

(72)発明者 山崎 剛資

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA52 AA53 AA60 BB08 CC16 DD02 DD06 FF01 FF02 FF04  
FF09 GG02 GG07 GG23 GG24 HH01 HH12 HH14 JJ03 JJ26  
LL13 LL23 LL42 LL51 PP26 QQ24 QQ25