

(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2012-242134

(P2012-242134A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1B 11/24 (2006.01)	GO1B 11/24 K	2F065
GO2B 5/28 (2006.01)	GO2B 5/28	2H048

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-109769 (P2011-109769)	(71) 出願人	000001258
(22) 出願日	平成23年5月16日 (2011.5.16)		J F E スチール株式会社
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
		(74) 代理人	100089118
			弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	児玉 俊文
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		(72) 発明者	山平 尚史
			東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
			F E スチール株式会社内
		F ターム (参考)	2F065 AA53 AA63 CC39 DD02 DD12
			FF01 FF04 FF09 GG06 HH05
			JJ03 JJ26 LL04 LL22 QQ03
			QQ24 QQ28 QQ31 UU02
			2H048 GA07 GA12 GA22 GA32 GA61

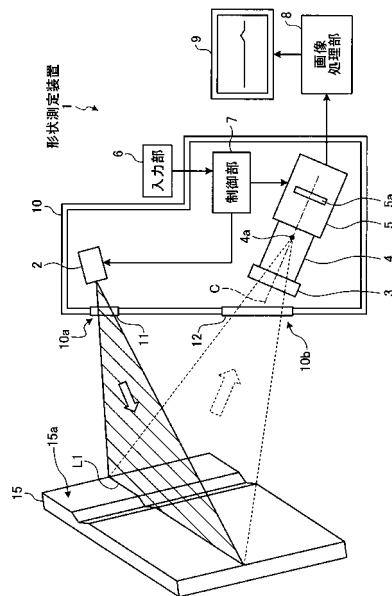
(54) 【発明の名称】 形状測定装置およびこれに用いる光学フィルタ

(57) 【要約】

【課題】装置構造を大型化することなく、光切断法によって至近距離から大型な被測定物の形状を精度よく測定できること。

【解決手段】本発明の一態様にかかる形状測定装置1は、被測定物15にスリット光L1を照射し、被測定物15から反射したスリット光L1をフィルタ3を介して撮像するとともにスリット光L1以外を遮光して、被測定物15の形状を測定する。フィルタ3の中心透過波長は、レンズ4の光軸C近傍においてスリット光L1の主ピーク波長と同等であり、スリット光L1の入射面に沿って光軸Cからフィルタ3の縁側に向けて大きくなる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物にスリット光を照射し、前記被測定物から反射した前記スリット光の反射光をレンズを介して撮像するとともに前記反射光以外を遮光して、前記被測定物の形状を測定する形状測定装置において、

前記レンズの光軸近傍の透過波長帯域が前記反射光の波長を含み、前記反射光の入射面に沿って前記光軸から縁側に向けて中心透過波長が大きくなる光学フィルタを備えたことを特徴とする形状測定装置。

【請求項 2】

前記中心透過波長は、前記光軸から前記光学フィルタの縁側に向けて連続的に大きくなることを特徴とする請求項 1 に記載の形状測定装置。

10

【請求項 3】

前記中心透過波長は、対象スリット光の長く伸びる方向の受光角に対応して変化することを特徴とする請求項 2 に記載の形状測定装置。

【請求項 4】

前記光学フィルタの透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅の 2 ~ 4 倍であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の形状測定装置。

【請求項 5】

前記中心透過波長は、前記光軸から前記光学フィルタの縁側に向けて段階的に大きくなることを特徴とする請求項 1 に記載の形状測定装置。

20

【請求項 6】

前記光学フィルタは、前記光軸が通過する中心領域と、該中心領域を中心に対称的に分割される複数の部分領域とを含み、

前記中心透過波長は、前記中心領域において前記スリット光の主ピーク波長と同等であり、前記光学フィルタの縁側に向けて前記部分領域毎に大きくなることを特徴とする請求項 5 に記載の形状測定装置。

【請求項 7】

前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域は、隣接する前記中心領域または前記部分領域間において重なることを特徴とする請求項 6 に記載の形状測定装置。

【請求項 8】

前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域の帯域幅は、同一であることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の形状測定装置。

30

【請求項 9】

前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記中心領域の透過波長帯域の帯域幅に比して広いことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の形状測定装置。

【請求項 10】

前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅を 2 ~ 4 倍した帯域幅であることを特徴とする請求項 9 に記載の形状測定装置。

【請求項 11】

被測定物に照射したスリット光の反射光を集光するレンズを有し、光切断法によって前記被測定物の形状を測定する形状測定装置の光学フィルタにおいて、

40

前記レンズの光軸近傍の透過波長帯域が前記反射光の波長を含み、前記反射光の入射面に沿って前記光軸から縁側に向けて中心透過波長が大きくなる透光性膜を備えたことを特徴とする光学フィルタ。

【請求項 12】

前記中心透過波長は、前記光軸から前記透光性膜の縁側に向けて連続的に大きくなることを特徴とする請求項 11 に記載の光学フィルタ。

【請求項 13】

前記中心透過波長は、対象スリット光の長く伸びる方向の受光角に対応して変化することを特徴とする請求項 12 に記載の光学フィルタ。

50

【請求項 14】

透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅の2～4倍であることを特徴とする請求項11～13のいずれか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項 15】

前記中心透過波長は、前記光軸から前記透光性膜の縁側に向けて段階的に大きくなることを特徴とする請求項11に記載の光学フィルタ。

【請求項 16】

前記透光性膜は、前記光軸が通過する中心領域と、該中心領域を中心に対称的に分割される複数の部分領域とを含み、

前記中心透過波長は、前記中心領域において前記スリット光の主ピーク波長と同等であり、前記透光性膜の縁側に向けて前記部分領域毎に大きくなることを特徴とする請求項15に記載の光学フィルタ。

10

【請求項 17】

前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域は、隣接する前記中心領域または前記部分領域間において重なることを特徴とする請求項16に記載の光学フィルタ。

【請求項 18】

前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域の帯域幅は、同一であることを特徴とする請求項16または17に記載の光学フィルタ。

【請求項 19】

前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記中心領域の透過波長帯域の帯域幅に比して広いことを特徴とする請求項16または17に記載の光学フィルタ。

20

【請求項 20】

前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅を2～4倍した帯域幅であることを特徴とする請求項19に記載の光学フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光切断法によって被測定物の形状を測定する形状測定装置およびこれに用いる光学フィルタに関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来から、被測定物の立体形状を測定する手法として光切断法が公知である。光切断法は、一般に、レーザ光等の高輝度スリット光を被測定物に照射し、得られたスリット光像をもとに、被測定物の凹凸等の表面形状を測定する。

【0003】

例えば、光切断法では、図14に示すように、スリット光源101によって被測定物100の表面にスリット光を照射し、スリット光の照射方向とは別の方向から、撮像装置102によって被測定物100から反射したスリット光を撮像し、得られた被測定物100のスリット光像を表示装置103に表示する。この被測定物100の表面形状は、得られたスリット光像の変形量および撮像光学系の幾何学的配置等をもとに算出される。

40

【0004】

このような光切断法は、単純な光学系によって大型な物体の測定も可能であり、また、光学系の配置によって凹凸の測定感度を大幅に調整できる等の利点がある。このため、近年の画像処理技術の進歩に伴い、ロボット用の視覚センサに適用される立体形状入力法として注目されている。

【0005】

また、鉄鋼業においても、光切断法は、冷却せずに高温状態を維持しつつスリット光に沿った方向の形状を取得できるという利点から、鋼管等の鉄鋼製品を製造する際に生成される高温な中間製品の形状検査に応用されている（特許文献1～3参照）。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2003-322513号公報

【特許文献2】特開2004-181471号公報

【特許文献3】特開2004-117053号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、近年の鉄鋼業においては、鋼管等の鉄鋼製品のみならず、コークス炉等の大型且つ高温な設備の点検に好適な光切断法による形状測定が要望されている。例えば、光切断法によってコークス炉内の形状を測定し、コークス炉内壁面の凹凸状態を検査することが可能な形状測定装置が必要とされている。コークス炉内の点検においては、高温なコークス炉に形状測定装置を接近させて、コークス炉内壁面の凹凸状態を広範囲に測定しなければならない。

10

【0008】

このため、形状測定装置の投光範囲および受光範囲をより大きくする必要がある。このうち、投光範囲については、形状測定装置のスリット光源を変更して、より広範囲にスリット光を照射すればよいが、これは、スリット光源のスリット長を変更する等の手法によって容易に達成できる。

【0009】

一方、受光範囲については、形状測定装置の光学系を変更して、受光角範囲すなわち画角をより大きくする必要がある。この場合、形状測定装置は、今まで以上に大きい入射角の範囲に亘って、被測定物から反射したスリット光を受光することになる。

20

【0010】

ここで、形状測定装置には、一般に、被測定物から反射したスリット光を感度よく受光するために、干渉フィルタ等の光学フィルタを備えている。ところが、光学フィルタの光透過特性は、光の入射角の増加に伴って低くなる。

【0011】

このため、被測定物に照射するスリット光の波長に限定した光透過特性を有する光学フィルタを用いた場合、この光学フィルタは、入射角の大きなスリット光、すなわち、光軸部位から縁側へ所定の距離以上離れた領域に入射したスリット光を遮断してしまう。この結果、被測定物から反射したスリット光を感度よく検出できないことから、光切断法によって至近距離から大型な被測定物の形状を精度よく測定できないという問題があった。

30

【0012】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、装置構造を大型化することなく、光切断法によって至近距離から大型な被測定物の形状を精度よく測定できる形状測定装置およびこれに用いる光学フィルタ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】

【0013】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる形状測定装置は、被測定物にスリット光を照射し、前記被測定物から反射した前記スリット光の反射光をレンズを介して撮像するとともに前記反射光以外を遮光して、前記被測定物の形状を測定する形状測定装置において、前記レンズの光軸近傍の透過波長帯域が前記反射光の波長を含み、前記反射光の入射面に沿って前記光軸から縁側に向けて中心透過波長が大きくなる光学フィルタを備えたことを特徴とする。

40

【0014】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記中心透過波長は、前記光軸から前記光学フィルタの縁側に向けて連続的に大きくなることを特徴とする。

【0015】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記中心透過波長は、対

50

象スリット光の長く伸びる方向の受光角に対応して変化することを特徴とする。

【0016】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記光学フィルタの透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅の2～4倍であることを特徴とする。

【0017】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記中心透過波長は、前記光軸から前記光学フィルタの縁側に向けて段階的に大きくなることを特徴とする。

【0018】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記光学フィルタは、前記光軸が通過する中心領域と、該中心領域を中心に対称的に分割される複数の部分領域とを含み、前記中心透過波長は、前記中心領域において前記スリット光の主ピーク波長と同等であり、前記光学フィルタの縁側に向けて前記部分領域毎に大きくなることを特徴とする。

10

【0019】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域は、隣接する前記中心領域または前記部分領域間において重なることを特徴とする。

【0020】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域の帯域幅は、同一であることを特徴とする。

20

【0021】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記中心領域の透過波長帯域の帯域幅に比して広いことを特徴とする。

【0022】

また、本発明にかかる形状測定装置は、上記の発明において、前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅を2～4倍した帯域幅であることを特徴とする。

【0023】

また、本発明にかかる光学フィルタは、被測定物に照射したスリット光の反射光を集光するレンズを有し、光切断法によって前記被測定物の形状を測定する形状測定装置の光学フィルタにおいて、前記レンズの光軸近傍の透過波長帯域が前記反射光の波長を含み、前記反射光の入射面に沿って前記光軸から縁側に向けて中心透過波長が大きくなる透光性膜を備えたことを特徴とする。

30

【0024】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記中心透過波長は、前記光軸から前記透光性膜の縁側に向けて連続的に大きくなることを特徴とする。

【0025】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記中心透過波長は、対象スリット光の長く伸びる方向の受光角に対応して変化することを特徴とする。

【0026】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅を2～4倍であることを特徴とする。

40

【0027】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記中心透過波長は、前記光軸から前記透光性膜の縁側に向けて段階的に大きくなることを特徴とする。

【0028】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記透光性膜は、前記光軸が通過する中心領域と、該中心領域を中心に対称的に分割される複数の部分領域とを含み、前記中心透過波長は、前記中心領域において前記スリット光の主ピーク波長と同等であり、前記透光性膜の縁側に向けて前記部分領域毎に大きくなることを特徴とする。

50

【 0 0 2 9 】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域は、隣接する前記中心領域または前記部分領域間において重なることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記中心領域および前記部分領域の各透過波長帯域の帯域幅は、同一であることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記中心領域の透過波長帯域の帯域幅に比して広いことを特徴とする。

10

【 0 0 3 2 】

また、本発明にかかる光学フィルタは、上記の発明において、前記部分領域の透過波長帯域の帯域幅は、前記スリット光の半値幅を2～4倍した帯域幅であることを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 3 】

本発明にかかる形状測定装置によれば、より広範囲な画角に亘って、被測定物から反射したスリット光を感度よく検出できるため、装置構造を大型化することなく、光切断法によって至近距離から大型な被測定物の形状を精度よく測定できるという効果を奏する。

【 0 0 3 4 】

また、本発明にかかる光学フィルタによれば、被測定物から反射したスリット光を感度よく検出できる画角を一層広範囲にすることができるため、装置構造を大型化することなく、光切断法によって至近距離から大型な被測定物の形状を精度よく測定可能な形状測定装置を実現できるという効果を奏する。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置の一構成例を模式的に示すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施の形態 1 にかかる光学フィルタの一構成例を示す模式図である。

30

【 図 3 】 図 3 は、この実施の形態 1 にかかる光学フィルタの光透過特性を示す模式図である。

【 図 4 】 図 4 は、フィルタの光軸近傍にスリット光が入射する状態を示す模式図である。

【 図 5 】 図 5 は、フィルタの縁部近傍にスリット光が入射する状態を示す模式図である。

【 図 6 】 図 6 は、本発明の実施の形態 1 にかかる光学フィルタを取り外した形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。

【 図 7 】 図 7 は、図 6 の状態に外乱光を追加した場合のスリット光の検出結果を示す図である。

【 図 8 】 図 8 は、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。

40

【 図 9 】 図 9 は、従来の形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 は、従来の形状測定装置によるスリット光の検出結果の別例を示す図である。

【 図 1 1 】 図 1 1 は、本発明の実施の形態 2 にかかる形状測定装置の一構成例を模式的に示すブロック図である。

【 図 1 2 】 図 1 2 は、本発明の実施の形態 2 にかかる光学フィルタの一構成例を示す模式図である。

【 図 1 3 】 図 1 3 は、この実施の形態 2 にかかる光学フィルタの光透過特性を示す模式図である。

50

【図 1 4】図 1 4 は、光切断法による従来の形状測定装置を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下に、添付図面を参照して、この発明にかかる形状測定装置およびこれに用いる光学フィルタの好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、この実施の形態により、この発明が限定されるものではない。

【0037】

(実施の形態 1)

まず、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置の構成について説明する。図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置の一構成例を模式的に示すブロック図である。図 1 に示すように、この形状測定装置 1 は、被測定物 1 5 にスリット光 L 1 を照射するスリット光源 2 と、被測定物 1 5 から反射したスリット光 L 1 を透過するフィルタ 3 と、フィルタ 3 を透過したスリット光 L 1 を結像するレンズ 4 と、レンズ 4 によって結像されたスリット光 L 1 を撮像する撮像部 5 と、を備える。また、形状測定装置 1 は、オンオフ状態を切り替えるための入力部 6 と、入力部 6 からの入力信号に対応してスリット光源 2 および撮像部 5 を制御する制御部 7 と、撮像部 5 によって撮像されたスリット光 L 1 の画像処理を行う画像処理部 8 と、被測定物 1 5 に照射されたスリット光 L 1 の形状を表示する表示部 9 と、防塵および遮光等のための筐体 1 0 とを備える。

10

【0038】

スリット光源 2 は、被測定物 1 5 の測定範囲にわたって概平面状の光を照射するものである。具体的には、スリット光源 2 は、半導体レーザ素子およびレンズを一体化したスリットレーザ光源を用いて実現され、所定の波長帯域のスリット光 L 1 を被測定物 1 5 の測定表面 1 5 a に照射する。

20

【0039】

フィルタ 3 は、被測定物 1 5 の形状測定に必要な光を選択的に透過する光学フィルタである。具体的には、フィルタ 3 は、干渉フィルタ等を用いて実現され、図 1 に示すように、レンズ 4 の前段（被測定物 1 5 側）に固定配置される。この場合、フィルタ 3 は、レンズ 4 によって規定される画角の範囲内に配置される。さらには、フィルタ 3 は、スリット光 L 1 の反射光の入射範囲内、すなわち図 1 に示す測定表面 1 5 a 上のスリット光 L 1 の両端とレンズ 4 の物体側主点 4 a とを結ぶ破線の範囲内に配置される。なお、フィルタ 3 の面中心軸は、レンズ 4 の光軸 C と一致していることが望ましいが、少なくとも光軸 C に対して平行であればよい。

30

【0040】

また、フィルタ 3 の光透過特性は、スリット光 L 1 の反射光を透過するとともに、この反射光以外を遮光するものであり、この反射光の入射面に沿って光軸 C からフィルタ 3 の縁側へ変位するとともに変化する。

【0041】

レンズ 4 は、図 1 に示すように、フィルタ 3 と撮像部 5 との間に配置され、フィルタ 3 によって選択的に透過されたスリット光 L 1 の反射光を集光し、この集光した反射光を撮像部 5 の受光面に結像する。

40

【0042】

撮像部 5 は、撮像素子 5 a を有し、レンズ 4 によって結像されたスリット光 L 1 の反射光像を撮像する。この場合、撮像素子 5 a は、レンズ 4 によって結像された反射光を受光し、受光した反射光の強弱を画素アドレスに対応した電気信号に変換する。その後、撮像部 5 は、撮像素子 5 a によって得られた電気信号を画像処理部 8 に送信する。

【0043】

なお、上述したレンズ 4 および撮像部 5 は、各々公知のカメラレンズおよびエリアセンサカメラ等を用いればよく、測定範囲と分解能、すなわち被測定物 1 5 上における撮像素子 5 a の縦画素数および横画素数あたりの寸法を勘案して選択すればよい。

【0044】

50

入力部 6 は、オンオフを切り替えるスイッチ等を用いて実現され、操作者の入力操作に対応して、測定開始を指示する開始指示信号または測定終了を指示する終了指示信号を制御部 7 に入力する。

【 0 0 4 5 】

制御部 7 は、入力部 6 によって入力された指示情報をもとに、スリット光源 2 および撮像部 5 の動作タイミングを制御する。具体的には、制御部 7 は、開始指示信号が入力された場合、スリット光 L 1 を照射するようスリット光源 2 を制御するとともに、スリット光 L 1 の反射光像を撮像して、得られた画像データを画像処理部 8 に順次送信するよう撮像部 5 を制御する。一方、制御部 7 は、終了指示信号が入力された場合、スリット光 L 1 の照射動作を停止するようスリット光源 2 を制御するとともに、撮像動作を停止するよう撮像部 5 を制御する。

10

【 0 0 4 6 】

画像処理部 8 は、スリット光 L 1 の画像データに対して所定の画像処理を行って、被測定物 1 5 の形状を測定するためのものである。具体的には、画像処理部 8 は、撮像素子 5 a によって電気信号に変換された画像データを撮像部 5 から取得し、得られた画像データを数値データに変換する。その後、画像処理部 8 は、この数値データをもとに、測定表面 1 5 a 上のスリット光 L 1 の形状を算出し、この算出結果をもとに、被測定物 1 5 の凹凸等の形状を算出する。

【 0 0 4 7 】

なお、画像処理部 8 は、公知な画像入力回路および画像処理回路を用いて実現でき、あるいは画像インターフェイスボードおよびパーソナルコンピュータの組合せによって簡易に実現できる。また、上述したスリット光 L 1 の形状算出結果に基づく被測定物 1 5 の形状算出処理は、公知な細線化処理および初等演算処理の組合せによって実現可能であり、さらには必要に応じて、公知なシェーディング補正によって元の画像のムラを補正する前処理を加えればよい。

20

【 0 0 4 8 】

表示部 9 は、画像処理部 8 からスリット光 L 1 の画像データおよび被測定物 1 5 の形状測定データを取得し、得られたデータをもとに、スリット光 L 1 の反射光像および被測定物 1 5 の形状測定結果等を表示する。

【 0 0 4 9 】

筐体 1 0 は、上述したスリット光源 2、フィルタ 3、レンズ 4、撮像部 5 および制御部 7 を収容する。ここで、コークス炉等の製造現場においては、鉄鋼製品または設備から高い熱または粉塵等が発生する。これに対し、筐体 1 0 は、製造現場において形状測定装置 1 を使用する際に、これら形状測定装置 1 の内部構成部の耐熱（さらには冷却）および防塵を確保する。

30

【 0 0 5 0 】

また、筐体 1 0 には、図 1 に示したように、被測定物 1 5 にスリット光 L 1 を照射するための開口部 1 0 a がスリット光源 2 の近傍に形成され、被測定物 1 5 から反射したスリット光 L 1 を入射するための開口部 1 0 b がフィルタ 3 の近傍に形成されている。

【 0 0 5 1 】

なお、開口部 1 0 a、1 0 b には、各々透光部 1 1、1 2 が設けられる。透光部 1 1、1 2 は、スリット光 L 1 の波長帯域に対して透明なガラス部材または樹脂部材等によって実現される。透光部 1 1 は、スリット光 L 1 の照射を阻害せずに筐体 1 0 による内部の防塵性を高める。一方、透光部 1 2 は、スリット光 L 1 の入射を阻害せずに筐体 1 0 による内部の防塵性を高める。

40

【 0 0 5 2 】

つぎに、図 1 に示したフィルタ 3 の構成および光透過特性について詳細に説明する。図 2 は、本発明の実施の形態 1 にかかる光学フィルタの一構成例を示す模式図である。図 3 は、この実施の形態 1 にかかる光学フィルタの光透過特性を示す模式図である。

【 0 0 5 3 】

50

図 2 に示すように、フィルタ 3 は、スリット光 L 1 の波長帯域に対して透明な板状のガラス基板 3 a の一表面に、光の干渉を発生させるための誘電体金属膜 3 b を蒸着等の製法によって形成して実現される。

【 0 0 5 4 】

ここで、このフィルタ 3 に対して、図 1 に示したレンズ 4 の光軸 C と原点で直交する 2 軸の直交座標系を設定し、この直交座標系の X 軸および Y 軸のうちの X 軸をスリット光 L 1 の長手方向に対して平行な軸とする。この場合、光軸 C の近傍におけるフィルタ 3 の透過波長帯域は、スリット光 L 1 の反射光の波長を含み、フィルタ 3 の中心透過波長は、この反射光の入射面に沿って光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向けて大きくなる。すなわち、フィルタ 3 の中心透過波長は、光軸 C の位置においてスリット光 L 1 の主ピーク波長と同等であり、図 2 に示す X 軸の正および負の両方向について、光軸 C からフィルタ 3 の縁側へ変位するに伴って大きくなる。

10

【 0 0 5 5 】

詳細には、図 3 に示すように、フィルタ 3 の実質の中心透過波長は、フィルタ 3 上の光入射面において、光軸 C を中心にして対称的に、光軸 C からフィルタ 3 の縁側へ変位するに伴って連続的に大きくなる。この場合、中心透過波長は、対象のスリット光 L 1 の長く伸びる方向の受光角に対応して変化する。例えば、中心透過波長は、上述したレンズ 4 の物体側主点 4 a を中心に、光軸 C の位置 X_0 を頂点として弧状に変化する。

【 0 0 5 6 】

具体的には、フィルタ 3 は、光軸 C の位置 X_0 において、スリット光 L 1 の主ピーク波長と同等の中心透過波長 λ_0 を有し、光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向けて X_1 まで変位した場合、中心透過波長は λ_0 から λ_1 に連続的に大きくなる。さらに、この位置 X_1 からフィルタ 3 の縁側に向けて X_2 まで変位した場合、中心透過波長は λ_1 から λ_2 に連続的に大きくなる。

20

【 0 0 5 7 】

ここで、上述した被測定物 1 5 からフィルタ 3 に反射したスリット光 L 1 の入射角は、フィルタ 3 の光入射面の X 軸方向に沿って増大する。すなわち、図 3 の破線矢印によって示すように、被測定物 1 5 からのスリット光 L 1 の反射光は、光軸 C の位置 X_0 からフィルタ 3 の縁側に向けて入射位置が変位するに伴って、フィルタ 3 に対して一層斜めに入射する。よって、フィルタ 3 の中心から縁側にかけて波長透過特性が所定の関係で徐々に大きくなるように設定しておけば、中心でも縁でも入射光の実質の透過特性を一定にすることができる。

30

【 0 0 5 8 】

このため、フィルタ 3 の中心透過波長は、X 軸方向への入射位置の変位に伴って変化する入射角を変数とした関数、簡易的には $1 / \cos$ に比例する関数、あるいはシミュレーションまたは実験等によって導出して得られた関数に基づいて算出することができる。

【 0 0 5 9 】

また、フィルタ 3 の透過波長帯域は、被測定物 1 5 から反射するスリット光 L 1 の主要波長成分を透過するとともに外乱光等の不要な光成分を遮断するという観点から、可能な限り狭い方がよい。具体的には、フィルタ 3 の透過波長帯域は、スリット光 L 1 の主ピーク波長の半値幅の 2 ~ 4 倍の範囲内にして、フィルタ 3 の光入射面における各位置の透過波長帯域が重なるように設定することが望ましい。

40

【 0 0 6 0 】

上述したような光透過特性を有するフィルタ 3 は、例えば、ガラス基板 3 a の表面に付着させる誘電体金属膜 3 b の膜厚、積層数または材料等を調整あるいは選択することによって実現される。

【 0 0 6 1 】

なお、Y 軸方向の入射角は被測定物 1 5 の凹凸または距離によって変化するため、Y 軸方向についてのフィルタ 3 の透過波長帯域の帯域幅は、この入射角度変化による透過波

50

長帯域特性の変動を吸収する程度に設定すればよい。この場合、フィルタ 3 の中心透過波長は、Y 軸方向の変位に対して一定であってもよいし、X 軸方向の場合と同様に光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向けて大きくしてもよいし、スリット光 L 1 の主ピーク波長の半値幅の 2 ~ 4 倍の範囲内に設定してもよい。

【0062】

つぎに、フィルタ 3 の光透過作用について詳細に説明する。図 4 は、フィルタの光軸近傍にスリット光が入射する状態を示す模式図である。図 5 は、フィルタの縁部近傍にスリット光が入射する状態を示す模式図である。

【0063】

図 4 に示すように、被測定物 1 5 (図 1 参照) から反射したスリット光 L 1 がフィルタ 3 の光軸 C 近傍に入射した場合、フィルタ 3 に対するスリット光 L 1 の入射角は、ほぼ零に近い値となる。この場合、誘電体金属膜 3 b の膜厚 d と誘電体金属膜 3 b 内を通過するスリット光 L 1 の経路長 ($d \times \cos$) とは、ほぼ同等の長さになる。このため、スリット光 L 1 は、フィルタ 3 の光軸 C 近傍に入射した後、膜厚 d の誘電体金属膜 3 b 本来の干渉作用を受けて透過し、その後、ガラス基板 3 a 内を通過する。

10

【0064】

一方、図 5 に示すように、スリット光 L 1 がフィルタ 3 の縁部近傍に入射した場合、入射角は、上述した光軸 C 近傍への入射の場合に比して大きい値となる。誘電体金属膜 3 b 内におけるスリット光 L 1 の経路長 ($d \times \cos$) は、誘電体金属膜 3 b の膜厚 d に比して無視できない程大きい値となる。このため、スリット光 L 1 が通過する誘電体金属膜 3 b の膜厚が等価的に大きな値となる。

20

【0065】

ここで、従来 of 干渉フィルタであれば、スリット光 L 1 の入射角の増大に伴って誘電体金属膜 3 b の経路長すなわち膜厚 d が増大した場合、スリット光 L 1 は、この干渉フィルタ本来の干渉条件から外れ、その結果、本来透過すべきスリット光 L 1 が干渉フィルタを透過しなくなる。これは、干渉フィルタの中心透過波長が、光の入射角の増大に伴って短波長側にシフトするためである。

【0066】

これに対し、上述したフィルタ 3 は、図 3 に示したように光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向かって中心透過波長を大きくしている。このため、フィルタ 3 は、スリット光 L 1 の入射角が増大した場合であっても、スリット光 L 1 の入射位置において常に、スリット光 L 1 の主ピーク波長と同等の中心透過波長を有する。また、フィルタ 3 の透過波長帯域は、スリット光 L 1 の入射面において連続するように設定されている。この結果、フィルタ 3 は、被測定物 1 5 の両端の範囲に亘って広範囲から反射してきたスリット光 L 1 を感度よく透過できるとともに、外乱光等のスリット光 L 1 以外の不要な光を遮断できる。

30

【実施例】

【0067】

つぎに、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置 1 の実施例を示して、この実施の形態 1 による作用効果を具体的に説明する。図 6 は、本発明の実施の形態 1 にかかる光学フィルタを取り外した形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。図 7 は、図 6 の状態に外乱光を追加した場合のスリット光の検出結果を示す図である。図 8 は、本発明の実施の形態 1 にかかる形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。図 9 は、従来 of 形状測定装置によるスリット光の検出結果の一例を示す図である。図 10 は、従来 of 形状測定装置によるスリット光の検出結果の別例を示す図である。

40

【0068】

図 1 に示した形状測定装置 1 において、フィルタ 3 は、レンズ 4 の仮想の画角中心から 100 mm の位置に固定配置した。また、レンズ 4 の画角は、実測値 63 度にした。一方、スリット光 L 1 の主ピーク波長は 532 nm であり、その半値幅は 3 nm であった。

50

【0069】

このスリット光 L 1 に合わせて、フィルタ 3 の中心透過波長 は、光軸 C の位置において 532 nm に設定した。また、この中心透過波長 は、フィルタ 3 の縁部、具体的には、光軸 C から X 軸方向に 30.1 mm 変位した位置に向けて、光軸 C の位置から連続的に大きくなるようにし、この縁部において 625 nm に設定した。さらに、フィルタ 3 の透過波長帯域幅は、5 nm に設定した。

【0070】

まずは、比較例として、この形状測定装置 1 からフィルタ 3 を取り外し、被測定物 15 の一例として平面パネルを用いてスリット光 L 1 の検出を行った。具体的には、この形状測定装置 1 の前方 1000 mm に平面パネルを配置し、この平面パネルにスリット光源 2 によってスリット光 L 1 を照射して、この平面パネルから反射したスリット光 L 1 をフィルタ 3 を介さずに撮像した。この結果、図 6 に示すように、平面パネルの両端に亘ってスリット光が検出された。

10

【0071】

つぎに、上述した状態に、広帯域のハロゲンランプによる外乱光を平面パネルに更に照射しつつ、この平面パネルから反射したスリット光 L 1 および外乱光をフィルタ 3 を介さずに撮像した。この結果、図 7 に示すように、スリット光 L 1 に比して外乱光の影響度合いが酷く、そのため、外乱光の照射位置においてスリット光 L 1 と外乱光とが区別できなくなっていた。

20

【0072】

これに対し、形状測定装置 1 にフィルタ 3 を取り付け、スリット光 L 1 および外乱光を照射した状態にして、同一の平面パネルを撮像した。この結果、図 8 に示すようなスリット光検出結果が得られた。すなわち、フィルタ 3 は、不要な光である外乱光を遮断しつつ、平面パネルから反射したスリット光 L 1 を撮像視野の全域に亘って明瞭に透過できる。

【0073】

このフィルタ 3 を備えることによって、形状測定装置 1 は、外乱光等の形状測定に不要な光を除外しつつ、画角の広い受光範囲から入射したスリット光 L 1 を感度よく検出できる。このような形状測定装置 1 は、コークス炉の内壁面等の高温且つ広範囲な被測定物の形状を精度よく測定することができる。

30

【0074】

なお、上述したフィルタ 3 に代えて、光軸 C の位置において同じ中心透過波長を有する従来の干渉フィルタを形状測定装置 1 に取り付けた場合、図 9 に示すようなスリット光 L 1 の検出結果が得られた。この場合、従来の干渉フィルタによって外乱光を遮断することは可能だが、図 9 に示すように、平面パネルの中心部近傍から反射したスリット光 L 1 を辛うじて検出できる程度である。一方、平面パネルの縁側近傍から反射したスリット光 L 1 は、その検出強度が著しく低下し、その結果、図 9 に示すように検出できなかった。

【0075】

一方、別の比較例として、上述したフィルタ 3 に代えて、S/N 比を増大させるために透過波長帯域を 528 ~ 570 nm に広げた均一な透過特性の干渉フィルタを形状測定装置 1 に取り付けて、同様のスリット光検出実験を行った。この結果、図 10 に示すように、スリット光 L 1 を検出することはできたが、同時に外乱光を検出してしまい、形状測定精度は不十分であった。

40

【0076】

以上、説明したように、本発明の実施の形態 1 では、被測定物 15 から反射したスリット光 L 1 の入射面に沿って、光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向かって中心透過波長 を連続的に大きくしている。このため、フィルタ 3 に対するスリット光 L 1 の入射角 の増大に伴って、フィルタ 3 の透過波長帯域がスリット光 L 1 に適した本来の波長帯域から低波長側にシフトした場合であっても、スリット光 L 1 の入射位置において常に、フィルタ 3 の中心透過波長 がスリット光 L 1 の主ピーク波長と同等になって、入射角 の増大に関係なくスリット光 L 1 に適した透過波長帯域を確保できる。この結果、被測定物 15 の両

50

端の範囲に亘って広範囲から反射してきたスリット光 L 1 を感度よく透過できるとともに、外乱光等のスリット光 L 1 以外の不要な光を遮断でき、これによって、装置構造を大型化することなく、光切断法によって至近距離からコークス炉等の大型な被測定物の形状を精度よく測定することができる。

【 0 0 7 7 】

(実施の形態 2)

つぎに、本発明の実施の形態 2 について説明する。上述した実施の形態 1 では、光軸 C からフィルタ 3 の縁部に向けて連続的に中心透過波長 λ_c を大きくしていたが、この実施の形態 2 では、光軸 C からフィルタ縁部に向けて段階的に中心透過波長 λ_c を大きくしている。

10

【 0 0 7 8 】

図 1 1 は、本発明の実施の形態 2 にかかる形状測定装置の一構成例を模式的に示すブロック図である。図 1 1 に示すように、この形状測定装置 2 1 は、上述した実施の形態 1 にかかる形状測定装置 1 のフィルタ 3 に代えてフィルタ 2 3 を備える。その他の構成は実施の形態 1 と同じであり、同一構成部分には同一符号を付している。

【 0 0 7 9 】

フィルタ 2 3 は、被測定物 1 5 の形状測定に必要な光を選択的に透過する光学フィルタであり、上述した実施の形態 1 にかかるフィルタ 3 と同様に、レンズ 4 の前段に固定配置される。フィルタ 2 3 は、実施の形態 1 にかかるフィルタ 3 に比して異なる光透過特性を有する。

20

【 0 0 8 0 】

つぎに、フィルタ 2 3 の構成および光透過特性について詳細に説明する。図 1 2 は、本発明の実施の形態 2 にかかる光学フィルタの一構成例を示す模式図である。図 1 3 は、この実施の形態 2 にかかる光学フィルタの光透過特性を示す模式図である。

【 0 0 8 1 】

図 1 2 に示すように、フィルタ 2 3 は、蒸着等の製法によってガラス基板 3 a の一表面に、光の干渉を発生させるための誘電体金属膜 2 3 b、2 3 c - 1、2 3 c - 2、2 3 d - 1、2 3 d - 2、2 3 e - 1、2 3 e - 2、2 3 f - 1、2 3 f - 2 を形成して実現される。

【 0 0 8 2 】

ここで、このフィルタ 2 3 に対して、図 1 1 に示したレンズ 4 の光軸 C と原点で直交する 2 軸の直交座標系を設定し、この直交座標系の X 軸および Y 軸のうちの X 軸をスリット光 L 1 の長手方向に対して平行な軸とする。この場合、図 1 2 に示すように、Y 軸上に誘電体金属膜 2 3 b が位置する。また、この誘電体金属膜 2 3 b を中心にして、X 軸の正の方向に向かって誘電体金属膜 2 3 c - 1、2 3 d - 1、2 3 e - 1、2 3 f - 1 が各々形成され、X 軸の負の方向に向かって誘電体金属膜 2 3 c - 2、2 3 d - 2、2 3 e - 2、2 3 f - 2 が各々形成される。

30

【 0 0 8 3 】

このようにガラス基板 3 a 上に形成された誘電体金属膜 2 3 b、2 3 c - 1、2 3 c - 2、2 3 d - 1、2 3 d - 2、2 3 e - 1、2 3 e - 2、2 3 f - 1、2 3 f - 2 は、各々 X 軸方向に対して垂直であり、図 1 3 に示すように、光軸 C からフィルタ 2 3 の縁側に向けて中心透過波長 λ_c が段階的に大きくなる誘電体金属膜群をなす。

40

【 0 0 8 4 】

詳細には、誘電体金属膜 2 3 b は、ガラス基板 3 a を分割した複数の領域のうち、光軸 C を中心軸とする中心領域 H 1 に形成され、スリット光 L 1 の主ピーク波長と同等の中心透過波長 λ_c を有する。

【 0 0 8 5 】

また、誘電体金属膜 2 3 c - 2、2 3 d - 2、2 3 e - 2、2 3 f - 2、2 3 c - 1、2 3 d - 1、2 3 e - 1、2 3 f - 1 は、この中心領域 H 1 を中心に対称的に分割される複数の部分領域 H 2 ~ H 9 に各々形成される。誘電体金属膜 2 3 c - 2、2 3 c - 1 は、

50

誘電体金属膜 23 b の中心透過波長 λ_{10} に比して大きい中心透過波長 λ_{11} を有し、誘電体金属膜 23 d - 2、23 d - 1 は、この中心透過波長 λ_{11} に比して大きい中心透過波長 λ_{12} を有する。また、誘電体金属膜 23 e - 2、23 e - 1 は、この中心透過波長 λ_{12} に比して大きい中心透過波長 λ_{13} を有し、誘電体金属膜 23 f - 2、23 f - 1 は、この中心透過波長 λ_{13} に比して大きい中心透過波長 λ_{14} を有する。

【0086】

一方、誘電体金属膜 23 b、23 c - 1、23 c - 2、23 d - 1、23 d - 2、23 e - 1、23 e - 2、23 f - 1、23 f - 2 の各透過波長帯域は、隣接する中心領域 H 1 または部分領域 H 2 ~ H 9 間同士において重なるように設定される。この場合、中心領域 H 1 および各部分領域 H 2 ~ H 9 の各帯域幅は、図 13 に示すように、これら各領域の透過波長帯域内にスリット光 L 1 の主ピーク波長が含まれるように設定される。なお、このスリット光 L 1 の主ピーク波長は、図 13 の破線に示されるように、物体側主点 4 a を中心に弧状に変化する。

10

【0087】

具体的には、誘電体金属膜 23 b の透過波長帯域は、両隣の誘電体金属膜 23 c - 1、23 c - 2 の各透過波長帯域と重なる。また、誘電体金属膜 23 c - 1 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 d - 1 の透過波長帯域と重なり、誘電体金属膜 23 d - 1 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 e - 1 の透過波長帯域と重なり、誘電体金属膜 23 e - 1 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 f - 1 の透過波長帯域と重なる。同様に、誘電体金属膜 23 c - 2 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 d - 2 の透過波長帯域と重なり、誘電体金属膜 23 d - 2 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 e - 2 の透過波長帯域と重なり、誘電体金属膜 23 e - 2 の透過波長帯域は、隣接する誘電体金属膜 23 f - 2 の透過波長帯域と重なる。

20

【0088】

また、上述した誘電体金属膜 23 b、23 c - 1、23 c - 2、23 d - 1、23 d - 2、23 e - 1、23 e - 2、23 f - 1、23 f - 2 の各透過波長帯域の帯域幅は、互いに同一の帯域幅に設定される。

【0089】

なお、上述した各領域の中心透過波長 $\lambda_{10} \sim \lambda_{14}$ は、X 軸方向への入射位置の変位に伴って変化するスリット光 L 1 の入射角 θ を変数とした関数をシミュレーションまたは実験等によって導出し、得られた関数に基づいて算出することができる。

30

【0090】

上述したような光透過特性を有するフィルタ 23 は、例えば、誘電体金属膜 23 b、23 c - 1、23 c - 2、23 d - 1、23 d - 2、23 e - 1、23 e - 2、23 f - 1、23 f - 2 の膜厚、積層数または材料等を各々調整あるいは選択することによって実現される。

【0091】

なお、図 12 に示した Y 軸方向の変位に対して、フィルタ 23 の中心透過波長 $\lambda_{10} \sim \lambda_{14}$ は、一定であってもよいし、X 軸方向の場合と同様に光軸 C からフィルタ 3 の縁側に向けて大きくしてもよい。また、Y 軸方向の入射角 θ は被測定物 15 の凹凸または距離によって変化するため、Y 軸方向についてのフィルタ 23 の透過波長帯域の帯域幅は、この入射角度変化による透過波長帯域特性の変動を吸収する程度に設定すればよい。

40

【0092】

上述したような光透過特性を有するフィルタ 23 は、実施の形態 1 にかかるフィルタ 3 と同様の光透過作用を奏する。このため、フィルタ 23 は、被測定物 15 の両端の範囲に亘って広範囲から反射してきたスリット光 L 1 を感度よく透過できるとともに、外乱光等のスリット光 L 1 以外の不要な光を遮断できる。

【0093】

以上、説明したように、本発明の実施の形態 2 では、被測定物 15 から反射したスリット光 L 1 の長手方向に沿ってフィルタ 23 を複数の領域に分割し、隣接する領域同士の透

50

過波長帯域が重なるようにしつつ、これら複数の領域の各中心透過波長を光軸 C からフィルタ 2 3 の縁側に向かって段階的に大きくしている。このため、光軸 C からフィルタ 2 3 の縁側に向かって近似的に中心透過波長を連続的に大きくできることから、上述した実施の形態 1 の場合と同様の作用効果を楽しむとともに、光軸 C からフィルタ縁側に向かって中心透過波長を大きくしたフィルタを容易に実現できる。

【0094】

なお、上述した実施の形態 1、2 では、スリット光 L 1 の長手方向に対して平行な方向にフィルタ 3、2 3 の中心透過波長を変化させていたが、これに限らず、スリット光 L 1 の入射面においてスリット光 L 1 の主ピーク波長を含み、且つ入射角の増大に伴って中心透過波長が大きくなれば、スリット光 L 1 の長手方向に対して斜めの方向にフィルタ 3、2 3 の中心透過波長を変化させてもよい。

10

【0095】

また、上述した実施の形態 1、2 では、ガラス基板の表面に誘電体金属膜を形成したフィルタを用いていたが、これに限らず、ガラス基板に代えて樹脂基板等のスリット光 L 1 に対して透明な透光性部材の表面に誘電体金属膜を形成したフィルタであってもよい。

【0096】

さらに、上述した実施の形態 1、2 では、ガラス基板の表面に誘電体金属膜を形成したフィルタを用いていたが、これに限らず、誘電体金属膜に代えて誘電体膜をガラス基板等の透光性部材の表面に形成したフィルタであってもよい。

20

【0097】

また、上述した実施の形態 1、2 では、レンズ 4 の物体側主点 4 a を中心にフィルタ 3、2 3 の中心透過波長を変化させていたが、これに限らず、レンズ 4 の収束点、例えば像側主点を中心にフィルタ 3、2 3 の中心透過波長を変化させてもよい。

【0098】

さらに、上述した実施の形態 1、2 では、スリット光源 2 として、半導体レーザ素子およびレンズを一体化したスリットレーザ光源を用いていたが、これに限らず、図 1 4 に示すように、所定の光源からの光をスリット板を介して照射するスリット光源であってもよいし、点光源から発するスポット光を振動ミラー等の光学部材によって高速に扇状または平行に走査させるスキャン光の光源であってもよい。

【0099】

また、上述した実施の形態 1、2 では、入力部 6 を用いて操作する形状測定装置を例示したが、これに限らず、上述した入力部 6 および制御部 7 を設けずに、スリット光源 2 および撮像部 5 に各々オンオフのスイッチを設けて、各スイッチを操作するようにしてもよい。

30

【0100】

さらに、上述した実施の形態 2 では、中心領域 H 1 とこれを挟む 8 つの部分領域 H 2 ~ H 9 に分割した誘電体金属膜を有するフィルタを例示したが、中心領域 H 1 の両側に設けられる部分領域の数は 8 つに限らず、2 つ以上であればよい。

【0101】

また、上述した実施の形態 2 では、フィルタ 2 3 の中心領域 H 1 および部分領域 H 2 ~ H 9 の各透過波長帯域の各帯域幅を同一にしていたが、これに限らず、中心領域 H 1 の透過波長帯域を急峻とし、部分領域 H 2 ~ H 9 の透過波長帯域の帯域幅を中心領域 H 1 に比して幅広にしてもよい。この場合、部分領域 H 2 ~ H 9 の帯域幅は、スリット光 L 1 の主ピーク波長の半値幅の 2 ~ 4 倍に設定してもよい。

40

【符号の説明】

【0102】

- 1、21 形状測定装置
- 2 スリット光源
- 3、23 フィルタ
- 3a ガラス基板

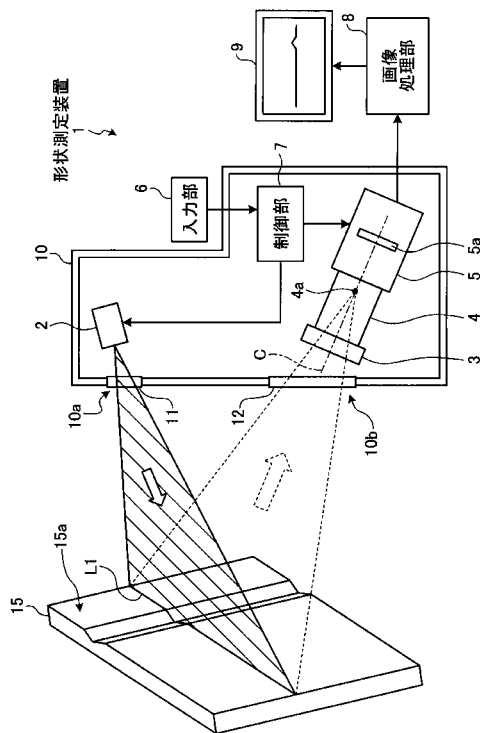
50

- 3 b、23 b、23 c - 1 ~ 23 f - 1、23 c - 2 ~ 23 f - 2 誘電体金属膜
- 4 レンズ
- 4 a 物体側主点
- 5 撮像部
- 5 a 撮像素子
- 6 入力部
- 7 制御部
- 8 画像処理部
- 9 表示部
- 10 筐体
- 10 a、10 b 開口部
- 11、12 透光部
- 15 被測定物
- 15 a 測定表面
- 100 被測定物
- 101 スリット光源
- 102 撮像装置
- 103 表示装置
- C 光軸
- H1 中心領域
- H2 ~ H9 部分領域
- L1 スリット光

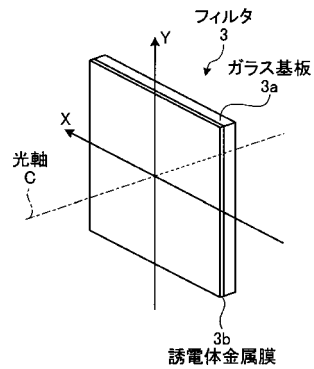
10

20

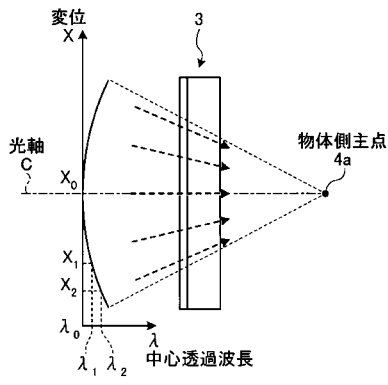
【図1】



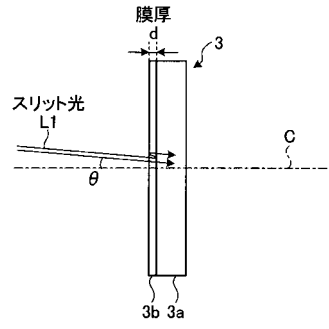
【図2】



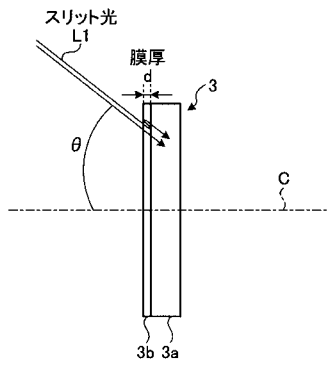
【 図 3 】



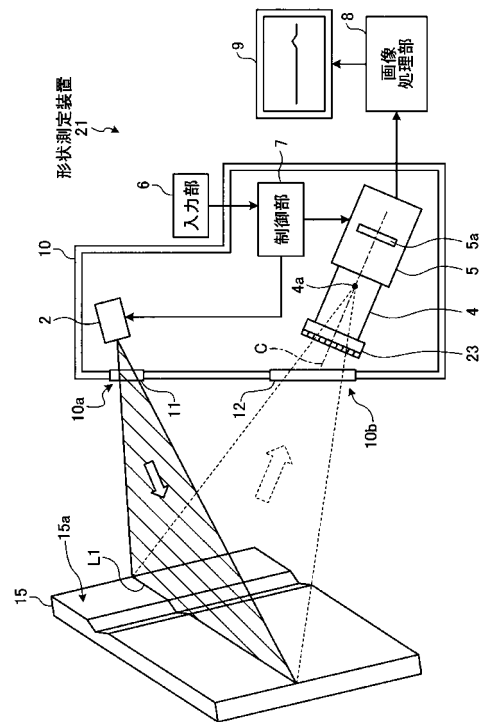
【 図 4 】



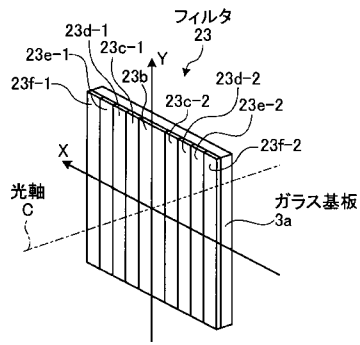
【 図 5 】



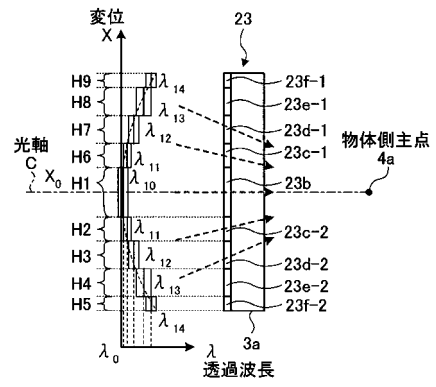
【 図 1 1 】



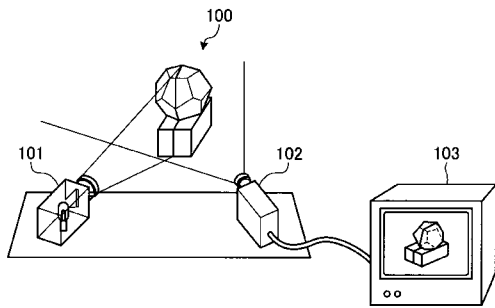
【 図 1 2 】



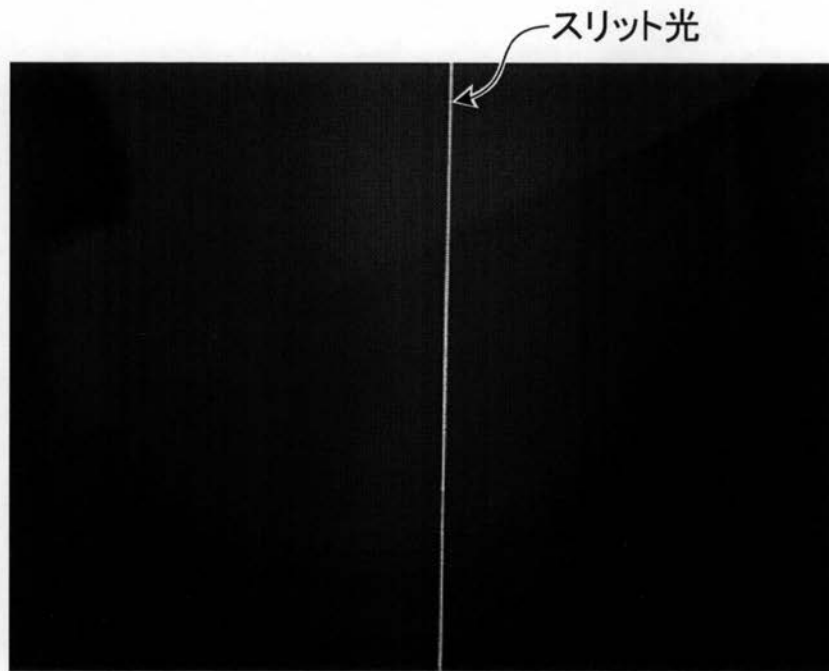
【 図 1 3 】



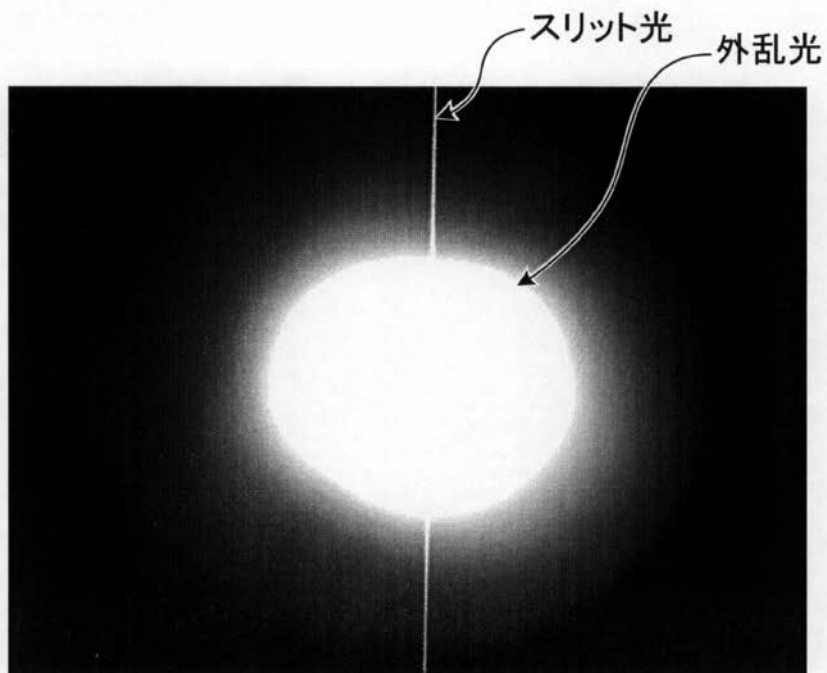
【 図 1 4 】



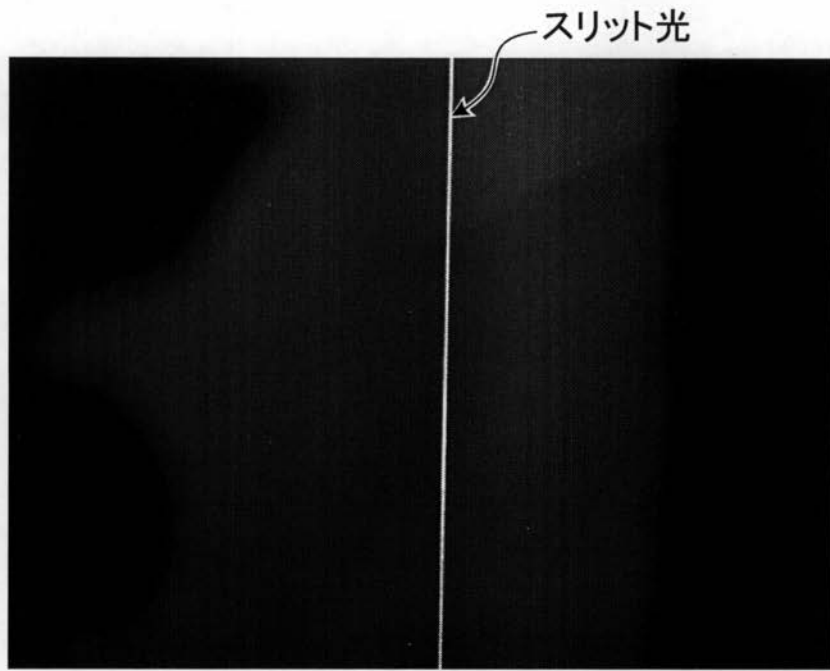
【図6】



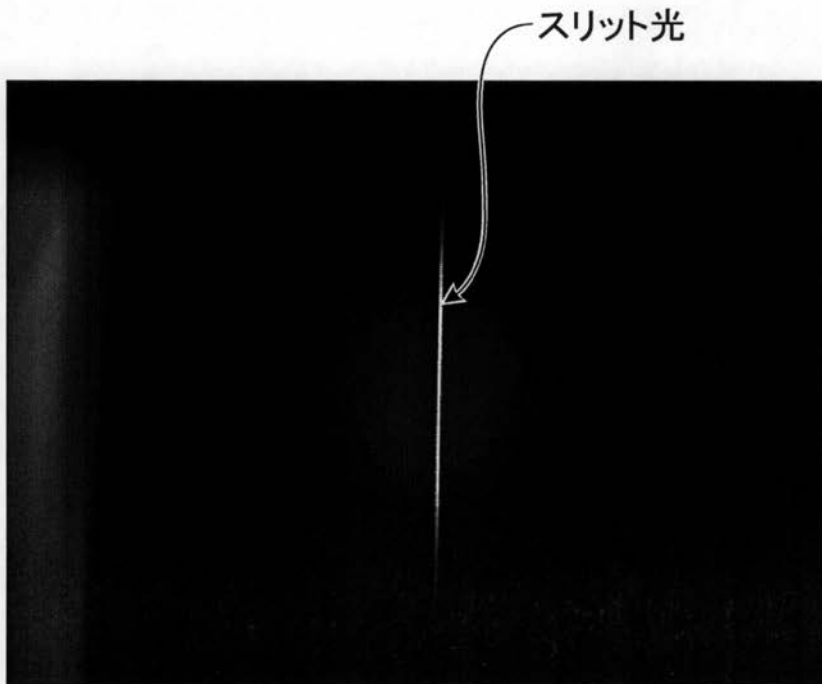
【図7】



【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】

