

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6919603号
(P6919603)

(45) 発行日 令和3年8月18日(2021.8.18)

(24) 登録日 令和3年7月28日(2021.7.28)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 J	3/26	(2006.01)	GO 1 J 3/26
GO 1 B	11/00	(2006.01)	GO 1 B 11/00 B
GO 1 J	3/36	(2006.01)	GO 1 J 3/36
GO 1 J	3/51	(2006.01)	GO 1 J 3/51

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-44588 (P2018-44588)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成30年3月12日 (2018.3.12)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2019-158527 (P2019-158527A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
(43) 公開日	令和1年9月19日 (2019.9.19)		動堂町801番地
審査請求日	令和2年3月10日 (2020.3.10)	(74) 代理人	100123319
			弁理士 関根 武彦
		(74) 代理人	100125357
			弁理士 中村 剛
		(74) 代理人	100123098
			弁理士 今堀 克彦
		(74) 代理人	100106622
			弁理士 和久田 純一
		(74) 代理人	100138357
			弁理士 矢澤 広伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長検出装置及び共焦点計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の光学フィルタと、
光を分割して前記複数の光学フィルタを通過させる分割手段と、
前記複数の光学フィルタの各々を通過または、前記複数の光学フィルタの各々により反射した光の強度を検出する複数の受光素子と、
前記複数の受光素子の出力から、前記複数の光学フィルタの透過率に関わる物理量を導出するとともに、前記複数の光学フィルタについての、透過率に関わる物理量と光の波長との関係である透過率特性に基づいて、前記複数の光学フィルタを通過した光の波長を導出する、演算部と、
を備える、波長検出装置であって、
前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性は、測定対象の波長範囲における異なる波長範囲において傾斜部分を有し、
光源の強度が相対的に弱い前記波長範囲に対しては、前記透過率特性が相対的に急峻な前記傾斜部分を有する光学フィルタが用いられることを特徴とする、波長検出装置。

【請求項2】

前記透過率に関わる物理量は透過率であって、
前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性において、各々の前記光学フィルタの透過率は、前記傾斜部分において略0と略1との間で変化することを特徴とする、請求項1に記載の波長検出装置。

【請求項 3】

前記透過率に関わる物理量は透過率であって、
前記傾斜部分のうちの少なくとも一の傾きの絶対値が $0.0033 (1/nm)$ 以上であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の波長検出装置。

【請求項 4】

前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性における傾斜部分は、前記測定対象の波長範囲を隙間なくカバーするように配置されることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の波長検出装置。

【請求項 5】

前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性のうち二以上は、前記測定対象の波長範囲において周期的に変化する曲線からなり、各々の透過率特性に係る曲線は、異なる位相を有することを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の波長検出装置。

10

【請求項 6】

前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性は、前記測定対象の波長範囲において単調増加または単調減少する直線または曲線からなる透過率特性をさらに含むことを特徴とする、請求項 5 に記載の波長検出装置。

【請求項 7】

前記複数の光学フィルタは、一枚のフィルタ板を異なる透過率特性を有する複数の領域に分割することで構成され、前記異なる透過率特性を有する複数の領域の少なくとも一つは透明板で形成されることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の波長検出装置。

20

【請求項 8】

前記複数の受光素子は、同一の基板上に、前記複数の領域を透過した光を各々受光可能に配置されたことを特徴とする、請求項 7 に記載の波長検出装置。

【請求項 9】

前記複数の光学フィルタおよび前記透明板に入射する光の強度が不均一となるように構成されており、

前記入射する光は、前記複数の光学フィルタと前記透明板から成る前記一枚のフィルタ板の中心部に対して、前記透明板の方向、あるいは前記透明板の反対方向にずれており、これによって波長検出精度を制御することが可能であることを特徴とする、請求項 7 または 8 に記載の波長検出装置。

30

【請求項 10】

複数の波長の光を出射する前記光源と、
前記光源から出射する光に、光軸方向に沿って色収差を生じさせる色収差付与手段と、
前記色収差付与手段によって色収差を生じさせた光を計測対象物に集光する対物レンズと、
前記対物レンズで集光した光のうち、前記計測対象物において合焦する光を通過させるピンホールと、

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の波長検出装置と、を備え、
前記ピンホールを通過した光の波長から、前記計測対象物の変位を計測する、共焦点計測装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光の波長を検出する波長検出装置及び、波長検出装置を備えた共焦点計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

非接触で計測対象物の変位を計測する計測装置のうち、共焦点光学系を利用して計測対

50

象物の変位を計測する共焦点計測装置が特許文献1に開示されている。特許文献1に開示されている共焦点計測装置は、白色LED21と、白色LED21から出射する光に、光軸方向に沿って色収差を生じさせる回折レンズ1と、回折レンズ1より計測対象物200側に配置され、回折レンズ1で色収差を生じさせた光を計測対象物200に集光する対物レンズ2と、対物レンズ2で集光した光のうち、計測対象物200において合焦する光を通過させるピンホールと、ピンホールを通過した光の波長を測定する波長測定部とを備えており、回折レンズ1の焦点距離は、回折レンズ1から対物レンズ2までの距離と、対物レンズ2の焦点距離との差より大きく設定されたものである。

【0003】

また、特許文献2に開示されている光波長モニタ装置においては、光信号の入射光100を光分配器101によって複数の光に分配し、分配されたこの複数の光の一部を入射波長によって透過の割合の異なる光フィルタ103を透過させ、この透過光と光フィルタ103を透過しない非透過光とを各受光器105、107によって受光して電圧信号に変換する。続いて、比較演算器109によって、これら電圧信号を基に透過光と非透過光のそれぞれの光強度の比を算出し、この強度比を基に入射光100の波長を算出する。

10

【0004】

特許文献1に記載の共焦点計測装置においては、回折格子とラインCMOSを用いて分光し、変位を計測する点が記載されている。しかしながら、ラインCMOSを用いた場合には、CMOSの情報の読出しに時間がかかり、計測時間が長くなる不都合がある。この点では、光学フィルタを用いた分光方式を採用することが有利とも言える。

20

【0005】

一方、特許文献2に記載の光波長モニタ装置の基本原理は、図9のように説明できる。すなわち、光波長モニタにおいては、入射光を光学フィルタ等の光分配器101で複数の光に分割する。そして、一方の光は、光の波長と透過率の関係が分かっている光フィルタ103を通過させて受光器107で強度を検出する。他方の光は、光学フィルタを通過させずに受光器105で強度を検出する。そして、例えば、受光器107の出力を受光器105の出力で除することで、光の透過率Tが導出される。導出された光の透過率Tと、図9(b)に示すような、既知の光の波長と透過率の関係とから、入射光の波長が導出される。

【0006】

しかしながら、このような技術において、波長検出精度は以下の(1)式のように示すことが出来る。

30

【数1】

$$\sigma = \frac{1}{SN} \sqrt{T^2 + 1} \left(\frac{dT}{d\lambda} \right)^{-1} \dots\dots(1)$$

ここで、SNは光学フィルタがない光受光器のSN比、Tは透過率、 λ は波長である。すなわち、波長検出の精度は、光フィルタ103における、波長 λ の変化に対する透過率Tの変化の傾き($dT/d\lambda$)に反比例する。従って、波長検出の精度を高めるために、 $(dT/d\lambda)$ を大きくすると、波長の測定可能範囲が狭くなるという関係があり、波長の測定可能範囲を両立することが困難という課題があった。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2012-208102号公報

【特許文献2】特開2002-71459号公報

【特許文献3】特開平06-58817号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0008】

本発明は、上記のような問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学フィルタを用いた分光方式を用いた波長検出装置において、測定対象の波長範囲を広く維持しつつ波長検出精度を向上させることが可能な技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決するための本発明は、複数の光学フィルタと、光を分割して前記複数の光学フィルタを通過させる分割手段と、前記複数の光学フィルタの各々を通過または、前記複数の光学フィルタの各々により反射した光の強度を検出する複数の受光素子と、

前記複数の受光素子の出力から、前記複数の光学フィルタの透過率に関わる物理量を導出するとともに、前記複数の光学フィルタについての、透過率に関わる物理量と光の波長との関係である透過率特性に基づいて、前記複数の光学フィルタを通過した光の波長を導出する、演算部と、

を備える、波長検出装置であって、

前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性は、測定対象の波長範囲における異なる波長範囲において傾斜部分を有することを特徴とする、波長検出装置である。

【0010】

本発明に係る波長検出装置は、上記のとおり、光を分割して複数の光学フィルタを通過または複数の光学フィルタにより反射させる。そして、複数の受光素子によって、複数の光学フィルタの各々を通過または複数の光学フィルタにより反射した光の強度を検出する。そして演算部によって、複数の受光素子の出力から、複数の光学フィルタの透過率に関わる物理量を導出するとともに、複数の光学フィルタについての既知の透過率特性に基づいて、複数の光学フィルタを通過した光の波長を導出する。

【0011】

ここで、本発明においては、各光学フィルタについての透過率特性は、測定対象の波長範囲における異なる波長範囲において傾斜部分を有している。すなわち、複数の光学フィルタ全体としては、測定対象の波長範囲における異なる波長範囲に光学フィルタの数だけ傾斜部分を有している。

【0012】

これによれば、装置としては、透過率特性における異なる波長範囲に設けられた複数の傾斜部分を用いて、光の波長を検出することが可能である。そうすると、測定対象の波長範囲に対して単一の傾斜部分を有する透過率特性を用いて波長を検出する場合と比較して、測定対象の波長範囲を広く維持しつつ、傾斜部分の傾斜角をより急峻にすることができる。そして、透過率特性における、より急峻な傾斜部分を用いて波長の検出をすることで、より明確に波長の値を特定することができる。その結果、波長検出の精度をより高めることが可能となる。

【0013】

なお、本発明において透過率に関わる物理量とは、透過率であってもよいし反射率であってもよい。そして、光学フィルタを透過した後の光量または光強度を、光学フィルタを透過する前の光量または光強度で除した値であってもよいし、光学フィルタを透過する前の光量または光強度と、光学フィルタを透過した後の光量または光強度を各々対数変換し、差分をとることで得られる値であってもよい。あるいは、光学フィルタにより反射した後の光量または光強度を、光学フィルタにより反射する前の光量または光強度で除した値であってもよいし、光学フィルタにより反射する前の光量または光強度と、光学フィルタにより反射した後の光量または光強度を各々対数変換し、差分をとることで得られる値であってもよい。また、上記の各々の演算で得られた結果に所定の演算を加えた値であってもよい。また、同等の技術的意味を有する値であれば、他の演算・手法によって導出した値であっても構わない。さらに、光学フィルタを透過または光学フィルタにより反射する前の光量または光強度は、例えば、透明板を透過した後の光量または光強度など、他の手

10

20

30

40

50

法で得られる同等の値で代用しても構わない。

【0014】

また、本発明においては、前記透過率に関わる物理量は透過率であって、前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性において、各々の前記光学フィルタの透過率は、前記傾斜部分において略0と略1との間で変化するようにしてもよい。そうすれば、より急峻な傾斜部分をより確実に透過率の0から1の範囲に分布させることができ、測定対象の波長範囲の如何なる波長の光に対しても、より急峻な傾斜部分を用いてより確実に波長を検出することが可能となる。

【0015】

また、本発明においては、前記透過率に関わる物理量は透過率であって、前記傾斜部分のうちの少なくとも一の傾きの絶対値が $0.0033(1/nm)$ 以上としてもよい。これは、前述の(1)式を用いた検討によれば、これにより、十分な波長の検出精度を得られることによる。また、本発明においては、前記傾斜部分のうちの少なくとも一の傾きの絶対値が $0.0053(1/nm)$ 以上であれば、さらに望ましい。

10

【0016】

また、本発明においては、前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性における傾斜部分は、前記測定対象の波長範囲を隙間なくカバーするように配置されるようにしてもよい。これによれば、測定対象の波長範囲のうち、如何なる波長の光が入射されたとしても、より確実に前述の何れかの傾斜部分を利用することができる。よって、より確実に、波長の検出精度を高めることが可能となる。

20

【0017】

また、本発明においては、前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性のうち二以上は、前記測定対象の波長範囲において周期的に変化する曲線からなり、各々の透過率特性に係る曲線は、異なる位相を有するようにしてもよい。これによれば、まず、測定対象の波長範囲に対して一様に傾斜部分を分布させることが可能であり、測定対象の波長範囲のうちいずれの波長の光が入射されたとしても波長の検出が可能となる。また、周期的に変化する曲線においては、必ずトップまたはボトムの部分で傾斜が緩やかまたは水平になる部分が生じるので、このような場合には、位相の異なる他の光学フィルタの透過率特性の傾斜部分を用いて波長を検出することで、精度よく光の波長を検出することが可能である。

30

【0018】

また、本発明においては、前記複数の光学フィルタの各々についての透過率特性は、前記測定対象の波長範囲において単調増加または単調減少する直線または曲線からなる透過率特性をさらに含むようにしてもよい。すなわち、透過率特性として、測定対象の波長範囲において周期的に変化する曲線を用いた場合には、測定対象の波長範囲におけるいずれの波長についても波長の検出が可能となるが、特定の透過率に関わる物理量が得られた際に、いずれの周期の傾斜部分による透過率に関わる物理量かが判別困難になる場合がある。そのような場合には、測定対象の波長範囲において単調増加または単調減少する直線または曲線からなる透過率特性を補助的に用いることで、より確実に、いずれの周期の傾斜部分による透過率に関わる物理量かを判別することが可能となり、より確実に、入射光の波長を検出することが可能となる。

40

【0019】

また、本発明においては、前記複数の光学フィルタは、一枚のフィルタ板を異なる透過率特性を有する複数の領域に分割することで構成され、前記異なる透過率特性を有する複数の領域の少なくとも一つは透明板で形成されるようにしてもよい。この場合には、複数の領域に分割されたフィルタ板に直接、入射光を照射することで入射光を分割する分割手段の機能を兼ねることが可能となる。また、複数の光学フィルタを一枚のフィルタ板に形成することが可能となる。その結果、部品点数を低減し、装置構成を容易にすることが可能となる。

【0020】

50

また、本発明においては、前記複数の受光素子は、同一の基板上に、前記複数の領域を透過した光を各々受光可能に配置されるようにしてもよい。これによれば、上述のフィルタ板上に形成された複数の光学フィルタと組み合わせて、より確実に、部品点数を低減し、装置構成を容易にすることが可能となる。

【0021】

また、本発明においては、前記複数の光学フィルタおよび前記透明板に入射する光の強度が不均一となるように構成されてもよい。ここで、複数の光学フィルタおよび前記透明板に入射する光の強度を不均一とすることで、各受光素子の出力にノイズが含まれた場合でも、得られる透過率に関わる物理量のばらつきを低減できる場合があることが分かっている。すなわち、本発明において、各光学フィルタおよび前記透明板に入射する光の強度を不均一にすることで、ノイズの影響を低減することができる。このことによっても、より精度よく、波長を検出することが可能となる。

10

【0022】

また、本発明は、複数の波長の光を出射する光源と、前記光源から出射する光に、光軸方向に沿って色収差を生じさせる色収差付与手段と、前記色収差付与手段によって色収差を生じさせた光を計測対象物に集光する対物レンズと、

前記対物レンズで集光した光のうち、前記計測対象物において合焦する光を通過させるピンホールと、

請求項1から9のいずれか一項に記載の波長検出装置と、を備え、

20

前記ピンホールを通過した光の波長から、前記計測対象物の変位を計測する、共焦点計測装置であってもよい。

【0023】

これにより、より高精度に入射光の波長を検出することが可能であるので、結果として、より精度よく、計測対象物の変位を計測可能な共焦点計測装置を提供することが可能となる。また、入射光の波長の検出に回折格子を使用する必要がなくなるので、装置の小型化、低コスト化が可能となる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、光学フィルタを用いた分光方式を用いた波長検出装置において、測定対象の波長範囲を広く維持しつつ波長検出精度を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の適用例に係る波長検出装置の概略構成及び、各フィルタの透過率特性を示す図である。

【図2】本発明の適用例に係る共焦点計測装置の概略構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例1に係る波長検出装置の概略構成及び、各フィルタの透過率特性を示す図である。

【図4】本発明の実施例1に係る各フィルタの透過率特性の別の例を示す図である。

【図5】本発明の実施例2に係る各フィルタの透過率特性及び光源の波長毎の強度分布を示す図である。

40

【図6】本発明の実施例3に係る各フィルタの透過率特性を示す図である。

【図7】本発明の実施例3における透過率特性と光源における波長分布との関係を示す図である。

【図8】本発明の実施例4におけるフィルタ板への光の入射の態様及び、フィルタ板に不均一に光を入射した場合の透過率と波長検出精度との関係を示す図である。

【図9】従来の、光学フィルタを用いた光波長モニタ装置の基本原理を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

50

〔適用例〕

以下、本発明の適用例について、図面を参照しつつ説明する。本実施例に係る波長検出装置10においては、図1に示すように、入射光ファイバ14に入射した光を、分割手段としての分岐カプラ11で第1分岐ファイバ14a、第2分岐ファイバ14b、第3分岐ファイバ14cに分岐する。そして、第1分岐ファイバ14a、第2分岐ファイバ14b、第3分岐ファイバ14cの各々から出射された光は、第1集光レンズ15a、第2集光レンズ15b、第3集光レンズ15cで各々、平行光にされる。

【0027】

第1集光レンズ15aを通過した光は第1フィルタ12aを通過した後、第1受光素子13aで受光され、その強度が電気信号に変換される。同様に、第2集光レンズ15bを通過した光は第2フィルタ12bを通過した後、第2受光素子13bで受光され、その強度が電気信号に変換される。第3集光レンズ15cを通過した光はそのまま第3受光素子13cで参照光として受光され、その強度が電気信号に変換される。

10

【0028】

そして演算部としての演算装置16において、第1受光素子13aで受光された光の強度が、第3受光素子13cで受光された光の強度により除されることで、第1フィルタ12aの透過率が演算・導出される。また、第2受光素子13bで受光された光の強度が、第3受光素子13cで受光された光の強度により除されることで、第2フィルタ12bの透過率が演算・導出される。

【0029】

20

図1(b)には、第1フィルタ12aと第2フィルタ12bの透過率と波長との関係(以下、透過率特性ともいう)を示す。図1(b)に示すように、第1フィルタ12aは波長500nm~575nmの波長範囲で透過率が1から0に急峻に変化する特性を有し、波長500nmより短波長側では全ての光を透過させ(透過率1)、波長が575nmより長波長側では光を透過させない(透過率0)という特性を有する。一方、第2フィルタ12bは波長575nm~650nmの波長範囲で透過率が1から0に急峻に変化する特性を有し、波長575nmより短波長側では全ての光を透過させ(透過率1)、波長が650nmより長波長側では光を透過させない(透過率0)という特性を有する。

【0030】

そして、波長検出装置10においては、第1フィルタ12aを通過した光の透過率と、第2フィルタ12bを通過した光の透過率から、演算装置16が入射光の波長を検出する。図1(b)の例では、第1フィルタ12aを通過した光の透過率は0、第2フィルタ12bを通過した光の透過率は0.5となる。そして、第2フィルタ12bを通過した光の透過率が0.5となる波長が導出される。より具体的には、演算装置16には、図1(b)のグラフに相当する、波長と、第1フィルタ12aの透過率と、第2フィルタ12bの透過率との関係を格納したテーブルが備えられており、当該テーブルと、第1フィルタ12aを通過した光の透過率と、第2フィルタ12bを通過した光の透過率の値から、入射した光の波長が導出される。

30

【0031】

この適用例においては、500nm~575nm、575nm~650nmという異なる波長範囲において、波長の変化に対して急峻な傾斜を有する透過率特性を有する2つのフィルタを用いて、入射光の波長を検出している。よって、500nm~650nmという広い波長範囲に対して、急峻な透過率特性を利用して波長を検出することが可能である。なお、上記の適用例においては、分岐カプラ11によって入射光を3つの光に分岐した。そして、測定対象の波長範囲を2種類のフィルタの透過率特性を用いて測定したが、フィルタの数は2つに限られない。フィルタの数は3種類以上でも構わない。

40

【0032】

また、上記の適用例では、傾きの絶対値が、0.0133(1/nm)となっており、十分に急峻な傾斜となっている。また、第1フィルタ12aの透過率特性と、第2フィルタ12bの透過率特性が波長に対して隙間なく配置されているので、測定対象の波長範囲

50

(500nm~650nm)における何れの波長を有する光についても波長検出が可能になっている。さらに、第1フィルタ12aの透過率特性と、第2フィルタ12bの透過率特性が透過率に対して0から1まで分布しているため、より急峻な透過率特性が容易に実現可能となっている。

【0033】

次に、本発明に係る波長検出装置10を備える、共焦点計測装置50について説明する。

【0034】

図2は、波長検出装置10を備える共焦点計測装置50の構成を示す模式図である。図2に示す共焦点計測装置50は、共焦点光学系を利用して計測対象物obの変位を計測する計測装置である。共焦点計測装置50は、共焦点の光学系を有するヘッド部60、光ファイバ61を介して光学的に接続されたコントローラ部70、コントローラ部70から出力される信号を表示するモニタ部80を備えている。ヘッド部60は、色収差付与手段としての回折レンズ62を有しており、後述する複数の波長の光を出射する光源71(たとえば、白色光源)から出射する光に、光軸方向に沿って色収差を生じさせる。そして、回折レンズで色収差を生じさせた光を対物レンズ64で計測対象物obに集光する。

10

【0035】

コントローラ部70内に設けられた光源71から出射する光は、光ファイバ61を介してヘッド部60に導かれている。光ファイバ61は、ヘッド部60からコントローラ部70までの光路であるとともに、ピンホール63としても機能している。つまり、ヘッド部60で集光した光のうち、計測対象物obで合焦する光は、光ファイバ61の開口部で合焦することになる。そのため、光ファイバ61は、計測対象物obで合焦しない波長の光を遮光し、計測対象物obで合焦する光を通過させるピンホール63として機能する。ヘッド部60からコントローラ部70までの光路に光ファイバ61を用いることで、ピンホールを別途設けることが不要となる。

20

【0036】

共焦点計測装置50は、ヘッド部60からコントローラ部70までの光路に光ファイバ61を用いず、ピンホールを別途設ける構成であっても良い。コントローラ部70は、白色光源である光源71及び波長検出装置10を備えている。光源71の例としては白色LEDが例示できるが、白色光を出射することができる光源であれば他の光源であってもよい。

30

【0037】

すなわち、共焦点計測装置50においては、光源71から出射した複数の波長を含む光に、ヘッド部60の回折レンズ62において色収差を与え、計測対象物ob上に結像する。計測対象物ob上に正確に結像した波長の光だけがピンホール63を兼用する光ファイバ61の開口を通過し、光ファイバ61を通じてコントローラ部70に到達する。そして、波長検出装置10によって波長が検出される。そして、コントローラ部70には、計測対象物obからの反射光の波長と、計測対象物obの変位との関係のテーブルを備える変位算出部73が備えられており、波長検出装置10によって測定された波長から、計測対象物obの変位を算出し、モニタ部80にて結果を表示する。

40

【0038】

本実施例における共焦点計測装置50においては、本発明における波長検出装置10を備えているため、より精度よく計測対象物obに結像し反射した光の波長を計測することが可能である。その結果、より精度よく、計測対象物obの変位を計測することが可能となる。なお、共焦点計測装置50に用いられる波長検出装置は、本適用例で説明されたものに限られず、以下の実施例で説明されるものとしてもよい。

【0039】

<実施例1>

次に、本発明の実施例1について説明する。本実施例においては、一枚のフィルタ板に、異なる透過率特性を有する複数のフィルタを形成し、受光素子についても複数の受光素

50

子を一枚の基板上に配置した分割受光素子を用いることで、より構造を簡略化するとともに測定対象の波長範囲における傾斜部分の数を増やした例について説明する。

【0040】

図3には、本実施例における波長検出装置20の構成を示す。本実施例では、入射光が図示しないコリメータレンズによって平行光化される。そして、分岐カプラを用いず、4分割フィルタ22に入射する。この4分割フィルタ22においては、フィルタの入射面が4分割されており、3種類の異なる透過率特性を有するフィルタ22a~22cと、測定対象の波長範囲の全波長の光を通過させる透明板22dが形成されている。そして、平行光化された光はフィルタ22a~22cと、透明板22dに均等に入射するように4分割フィルタ22に入射され透過する。そして、その後側に配置された4分割受光素子23の各受光素子23a~23dにおいて、各々、フィルタ22a~22cと、透明板22dを透過した光の強度が測定される。

10

【0041】

そして演算部としての演算装置26において、受光素子23a~23cで受光された光の強度が、受光素子23dで受光された光の強度により除されることで、フィルタ22a~22cを通過した光の透過率が演算・導出される。さらに、演算装置26において、フィルタ22a~22cを通過した光の透過率と、フィルタ22a~22cの既知の透過率特性から、入射光の波長が検出される。なお、フィルタ22a~22cは透明基板上に蒸着などで形成してもよいし、色ガラスフィルタや多層膜フィルタにより形成しても構わない。なお、本実施例においては、フィルタ22a~22c及び透明板22dは、複数の領域に相当する。また、平行光化された光が、フィルタ22a~22cと透明板22dに均等に入射するように4分割フィルタ22に入射される構成は、分割手段に相当する。

20

【0042】

ここで、図3(b)には、フィルタ22a~22cの透過率特性を示す。4分割フィルタ22において、フィルタ22aの透過率特性は、500nm~550nmの波長範囲に対して急峻な傾斜部分を有する。フィルタ22bの透過率特性は、550nm~600nmの波長範囲に対して急峻な傾斜部分を有する。フィルタ22cの透過率特性は、600nm~650nmの波長範囲に対して急峻な傾斜部分を有する。そして、各々の波長範囲において、フィルタ22a~22cの透過率は0から1に変化する。このように、本実施例の4分割フィルタ22においては、3つのフィルタ22a~22cの透過率特性が各々異なる波長範囲で傾斜部分を有している。また、各々の傾斜部分の傾きの絶対値は、0.02(1/nm)と十分に大きくなっており、光の波長を精度よく検出可能になっている。

30

【0043】

あるいは、各々のフィルタ22a~22cの透過率特性をより緩やかなものとするれば、より広い波長範囲の光に対して波長の検出を行うことが可能である。

【0044】

次に、図4には、波長検出装置20に用いるべきフィルタ22a~22cの透過率特性の別の例を示す。本実施例では、4分割フィルタ22のフィルタ22a~フィルタ22cの各々の透過率特性において、透過率が0から1へと増加する際の傾斜部分と、透過率が1から0へ減少する際の傾斜部分の二つの傾斜部分が設けられている。これによれば、測定対象の波長範囲に関し、傾斜部分をフィルタの数の2倍の数だけ設けることができる。そうすれば、図4に示すように、測定対象の波長範囲により多くの傾斜部分を分布させることができ、当該波長範囲における測定精度をより高くすることが可能である。

40

【0045】

なお、図4に示すように、この場合の各フィルタ22a~22cの透過率特性は、ピークあるいはボトムにおいて平坦部を有している。例えば、フィルタ22aの透過率特性では、525nm~575nmでは、透過率が波長の変化に関わらず変化しない部分が発生している。このような部分においてはフィルタ22aの透過率から光の波長を検出することが不可能となる。これに対し、本実施例は、525nm~550nmの波長範囲につい

50

ては、フィルタ22bの透過率特性の傾斜部分により、550nm～575nmの波長範囲においては、フィルタ22cの透過率特性の傾斜部分により、光の波長の検出することを可能としている。このように、この例では、測定対象の波長範囲において、3つのフィルタ22a～22cの透過率特性の少なくとも一つが傾斜部分を有しているようにした。従って、いずれの波長についても高精度に検出することが可能となる。

【0046】

なお、本実施例におけるフィルタ22a～22dは4分割受光素子23の表面に設置されてもよいし、4分割受光素子23の表面に直接蒸着等の手法で形成されてもよい。また、本実施例においては、フィルタ数は透明板を入れて4枚としたが、フィルタの数はこれに限定されない。例えば、3枚あるいは、5枚以上であっても構わない。

10

【0047】

<実施例2>

次に、本発明の実施例2について説明する。本実施例においては、実施例1と同様、4分割フィルタを用いた例であって、光源における波長毎の強度分布に応じて、各フィルタの透過率特性を選択する例について説明する。

【0048】

本実施例におけるハード構成は、実施例1における波長検出装置20におけるものと同等であるので、符号は同じものを使用し、各々の説明は省略する。そして、本実施例では、4分割フィルタ22の各フィルタ22a～22cの透過率特性は図5(a)に示されるようなものとなっている。本実施例においては、フィルタ22aは波長範囲500nm～535nmにおいて相対的に急峻な傾斜部分を有している。また、フィルタ22bは波長範囲535nm～620nmにおいて相対的に緩やかな傾斜部分を有している。さらに、フィルタ22cは波長範囲620nm～650nmにおいて相対的に急峻な傾斜部分を有している。

20

【0049】

図5(b)には、波長検出装置20における光源の波長毎の強度分布を示す。この強度分布においては、波長が520nm以下となる範囲及び、波長が620nm以上となる範囲では、特に光強度が弱くなっている。そうすると、この波長範囲においては受光素子23におけるSN比が低くなる危険性がある。

【0050】

これに対し、本実施例では、各フィルタにおける透過率特性を図5(a)に示すような透過率特性とすることで、535nm以下の波長範囲と620nm以上における波長範囲において、特に急峻な傾斜部分を有することとし、この部分における波長検出の測定精度が低下することを抑制している。

30

【0051】

以上、説明したように、本実施例においては、光源における波長毎の強度分布に応じて、4分割フィルタ22の各フィルタ22a～22cの透過率特性の傾斜を決定し組み合わせることにより、光源の強度分布に関わらず精度が高く且つ精度の変動が少ない波長検出をすることが可能となった。

【0052】

<実施例3>

次に、本発明の実施例3について説明する。本実施例においても実施例2と同様、ハード構成は実施例1で説明した波長検出装置20と同等である。本実施例では、フィルタが、測定対象の波長範囲において周期的に変化する透過率特性を有する例について説明する。

40

【0053】

図6には、本実施例におけるフィルタ22のフィルタ22a～22cについての透過率特性を示す。本実施例においてはフィルタ22a及びフィルタ22bは、波長の変化に対して、互いに位相の異なる周期的な変化をする透過率特性を有している。これにより、非常に急峻な傾斜部を測定対象の波長範囲において多数設けることが可能となり、より精度

50

よく、波長の検出を行うことが可能となる。また、フィルタ 2 2 a 及びフィルタ 2 2 b における透過率特性の変化は、互いに位相が異なっているため、フィルタ 2 2 a またはフィルタ 2 2 b の一方における透過率特性が、ピークまたはボトムで傾きが小さいあるいは水平となる波長範囲においては、フィルタ 2 2 a またはフィルタ 2 2 b の他方が急峻な傾斜部分を有するようになっており、フィルタ 2 2 a またはフィルタ 2 2 b のいずれかの透過率特性を用いて精度の良い波長検出を行うことが可能となっている。

【 0 0 5 4 】

また、本実施例においては、フィルタ 2 2 c の透過率特性は、測定対象の波長範囲において緩やかに直線的に増加する特性を有している。すなわち、フィルタ 2 2 a 及びフィルタ 2 2 b の透過率特性は周期的な変化をするために、何番目の周期における傾斜部分に基づき透過率なのかが判別困難となるところ、フィルタ 2 2 c による透過率と組み合わせて測定することで、何番目の周期における傾斜部分に基づき透過率が測定されているかを判別することが可能となる。

10

【 0 0 5 5 】

以上、説明したように、本実施例においては、まず、2つのフィルタにおいて周期的で急峻な傾斜部を有する透過率特性を採用したので、測定対象となる波長範囲により多くの傾斜部分を分布させることが可能となり、波長の検出精度を向上させることが可能である。また、2つのフィルタにおける周期的な透過率特性に位相差を設け、一方のフィルタにおける透過率特性がピークまたはボトムで傾きが小さいあるいは平坦となる波長範囲では、他方のフィルタにおける透過率特性が傾斜部分を有するようにした。さらに、測定対象となる波長範囲において緩やかに単調減少または単調増加する透過率特性を有するフィルタと組み合わせることで、いずれの周期における傾斜部分に基づいて透過率が測定されているかを判別することが可能となった。以上により、より精度良く、より広い波長範囲において波長検出を行うことが可能となった。

20

【 0 0 5 6 】

図 6 (b) には、実際のフィルタ 2 2 a および、フィルタ 2 2 b の透過率特性のシミュレーション結果を示す。このように、実際のフィルタの透過率特性として、周期的に変化する特性は充分に実現可能であることが分かる。このようなフィルタはファブリペロ干渉計の原理により構成されるエタロン等を利用することにより実現可能である。

【 0 0 5 7 】

また、本実施例におけるフィルタの透過率特性の山部分の半値幅は、図 7 に示すように、光源の波長分布の半値幅より大きくすることが望ましい。さもないと、光源の波長分布がフィルタの透過率特性における隣の周期に掛ってしまい、正確な測定が困難になるからである。この条件を満たすことで、光源がある程度の波長分布を有していたとしてもより精度の良い波長測定を行うことが可能となる。

30

【 0 0 5 8 】

なお、本実施例における周期的に変化する透過率特性とは、正弦的な変化の他、台形の変化であってもよい。また、三角波的变化であってもよい。なお、透過率特性として三角波的变化を採用した場合であっても、トップまたはボトムの頂点部分においては、必ずしも鋭角な変化を実現できない場合があるので、この場合には、2つのフィルタの透過率特性の周期的変化の位相が異なるようにすべきである。また、本実施例において、2つのフィルタの透過率特性について、波形を変えても構わないし、周期を変えても構わない。

40

【 0 0 5 9 】

< 実施例 4 >

次に、本発明の実施例 4 について説明する。本実施例においても、ハード構成は実施例 1 で説明した波長検出装置 2 0 と同等である。本実施例においては、4分割フィルタ 2 2 を用いた例であって、入射光の入射を4つのフィルタ 2 2 a ~ 2 2 d について、不均一にする例について説明する。

【 0 0 6 0 】

ここで、波長検出装置 2 0 によって波長検出を行う場合、4分割フィルタ 2 2 の中心か

50

ら、透明板 2 2 d の方向あるいは、反対方向にずらして光を入射させた場合には、波長検出の精度は以下の (2) 式のように表すことができる。

【数 2】

$$\sigma_{\lambda} = \sigma_T \left| \frac{dT}{d\lambda} \right|^{-1} = \frac{1}{SN} \sqrt{1/\alpha^2 + T^2} \left| \frac{dT}{d\lambda} \right|^{-1} \dots\dots (2)$$

ここで、 σ_{λ} は波長検出精度、 σ_T は透過率のばらつきを示す。また、 α は図 8 (a) に示したように 4 分割フィルタ 2 2 上における光の入射位置が透明板 2 2 d の方向あるいは、反対方向 (フィルタ 2 2 a の方向) にずれた場合の、フィルタ 2 2 a と透明板 2 2 d に照射される光量の比である光量分割比 (フィルタ 2 2 a への光量 / 透明板 2 2 d への光量) である。また、 $dT/d\lambda$ はフィルタの透過率特性における傾き、 T は透過率、 SN は透明板 2 2 d を透過した光を受光する受光素子 2 3 d における受信信号の SN 比を示す。

10

【 0 0 6 1 】

このように、波長精度は光量分割比の影響を受ける。図 8 (b) は、透過率と波長検出精度との関係を、光量分割比をパラメータとして示した図である。図 8 (b) において、横軸は透過率 T 、縦軸は波長検出精度であるが、この波長検出精度は、数値が小さいほど精度が高くなる数値である。図 8 (b) に示すように、光量分割比が 1、すなわち、光をフィルタ 2 2 a と透明板 2 2 d に均等に入射した場合と比較して、 α を大きくした場合には、透過率が低い領域において波長検出精度を向上させることが可能となる。また、 α を小さくすることで、透過率による波長検出精度の変化を低減することが可能である。このように、透明板を含む 4 つのフィルタ 2 2 a ~ 2 2 d に対して、意図的に光を不均一に照射することにより、波長検出精度を適宜に制御することが可能となる。

20

【 0 0 6 2 】

なお、上記の実施例においては、透過率に関わる物理量が透過率であり、フィルタ 1 2 a、1 2 b、2 2 a ~ 2 2 d を透過した光を受光素子によって受光する例について説明したが、上記の実施例において、フィルタ 1 2 a、1 2 b、2 2 a ~ 2 2 d において反射した光を受光素子によって受光し、反射光の強度から透過率に関わる物理量を検出しても構わない。この場合は、透過率に関わる物理量を反射率としてもよいし、反射率を 1 から差し引く等して、透過率を求めてもよい。

30

【 0 0 6 3 】

なお、以下には本発明の構成要件と実施例の構成とを対比可能とするために、本発明の構成要件を図面の符号付きで記載しておく。

< 発明 1 >

複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) と、

光を分割して前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) を通過させる分割手段 (1 1) と、

前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) の各々を通過または、前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) の各々により反射した光の強度を検出する複数の受光素子 (1 3 a、1 3 b) と、

40

前記複数の受光素子 (1 3 a、1 3 b) の出力から、前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) の透過率に関わる物理量を導出するとともに、前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) についての、透過率に関わる物理量と光の波長との関係である透過率特性に基づいて、前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) を通過した光の波長を導出する、演算部と、

を備える、波長検出装置 (1 0) であって、

前記複数の光学フィルタ (1 2 a、1 2 b) の各々についての透過率特性は、測定対象の波長範囲における異なる波長範囲において傾斜部分を有することを特徴とする、波長検出装置 (1 0) 。

50

< 発明 2 >

前記透過率に関わる物理量は透過率であって、

前記複数の光学フィルタ(12a、12b)の各々についての透過率特性において、各々の前記光学フィルタ(12a、12b)の透過率は、前記傾斜部分において略0と略1との間で変化することを特徴とする、波長検出装置。

< 発明 3 >

前記透過率に関わる物理量は透過率であって、

前記傾斜部分のうちの少なくとも一の傾きの絶対値が0.0033(1/nm)以上であること特徴とする、請求項1または2に記載の波長検出装置。

< 発明 4 >

前記複数の光学フィルタ(12a、12b)の各々についての透過率特性における傾斜部分は、前記測定対象の波長範囲を隙間なくカバーするように配置されることを特徴とする、請求項1から3のいずれか一項に記載の波長検出装置。

< 発明 5 >

前記複数の光学フィルタ(12a、12b)の各々についての透過率特性のうち二以上は、前記測定対象の波長範囲において周期的に変化する曲線からなり、各々の透過率特性に係る曲線は、異なる位相を有することを特徴とする、請求項1から4のいずれか一項に記載の波長検出装置。

< 発明 6 >

前記複数の光学フィルタ(12a、12b)の各々についての透過率特性は、前記測定対象の波長範囲において単調増加または単調減少する直線または曲線からなる透過率特性をさらに含むことを特徴とする、請求項5に記載の波長検出装置。

< 発明 7 >

前記複数の光学フィルタは、一枚のフィルタ板(22)を異なる透過率特性を有する複数の領域(22a~22d)に分割することで構成され、前記異なる透過率特性を有する複数の領域(22a~22d)の少なくとも一つは透明板(22d)で形成されることを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載の波長検出装置。

< 発明 8 >

前記複数の受光素子(23a~23d)は、同一の基板(23)上に、前記複数の領域を透過した光を各々受光可能に配置されたことを特徴とする、請求項7に記載の波長検出装置。

< 発明 9 >

前記複数の光学フィルタ(23a~23c)および前記透明板(22d)に入射する光の強度が不均一となるように構成されたことを特徴とする、請求項7または8に記載の波長検出装置。

< 発明 10 >

複数の波長の光を出射する光源(71)と、

前記光源(71)から出射する光に、光軸方向に沿って色収差を生じさせる色収差付与手段(62)と、

前記色収差付与手段(62)によって色収差を生じさせた光を計測対象物に集光する対物レンズ(64)と、

前記対物レンズ(64)で集光した光のうち、前記計測対象物において合焦する光を通過させるピンホール(63)と、

請求項1から9のいずれか一項に記載の波長検出装置(10)と、を備え、

前記ピンホール(63)を通過した光の波長から、前記計測対象物の変位を計測する、共焦点計測装置(50)。

【符号の説明】

【0064】

10、20・・・波長検出装置

11・・・分岐カプラ

10

20

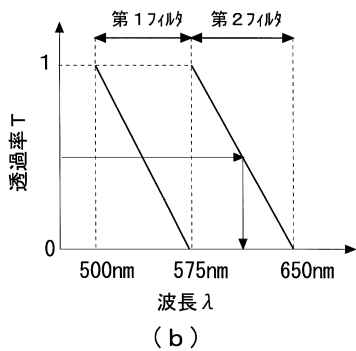
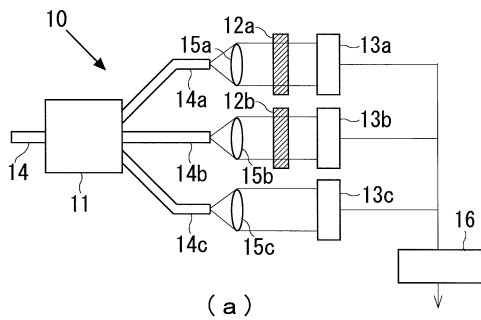
30

40

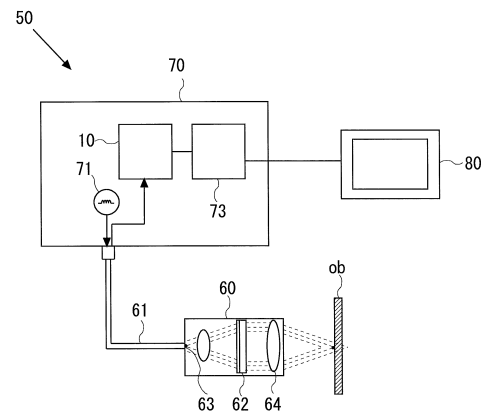
50

- 1 2 a、1 2 b・・・第1、第2フィルタ
- 1 3 a～1 3 c・・・第1～第3受光素子
- 1 4 a～1 4 c・・・第1～第3分岐ファイバ
- 1 5 a～1 5 c・・・第1～第3集光レンズ
- 1 6・・・演算装置
- 2 2・・・4分割フィルタ
- 2 2 a～2 2 c・・・フィルタ
- 2 2 d・・・透明板
- 2 3・・・4分割受光素子
- 5 0・・・共焦点計測装置
- 6 0・・・ヘッド部
- 7 0・・・コントローラ部
- 8 0・・・モニタ部

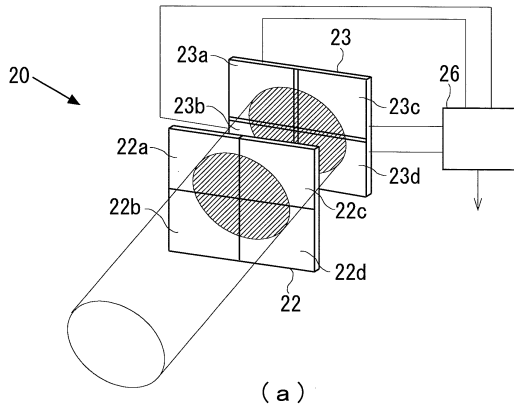
【図1】



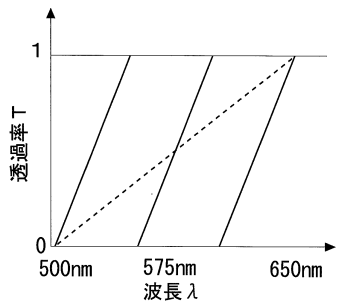
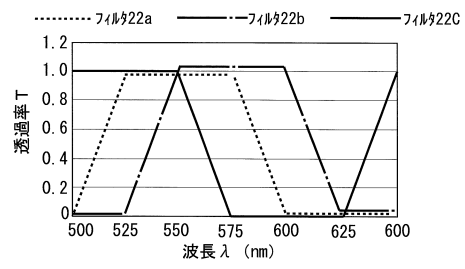
【図2】



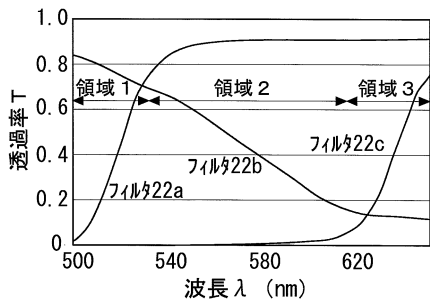
【図3】



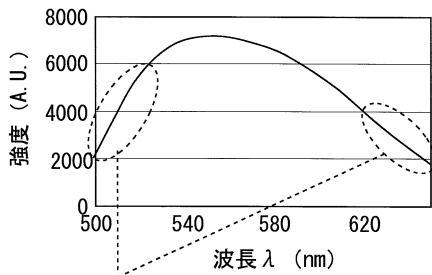
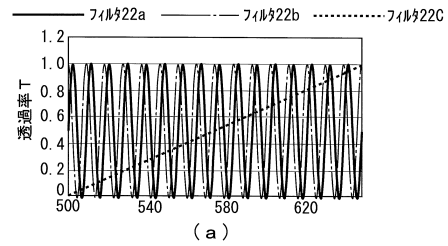
【図4】



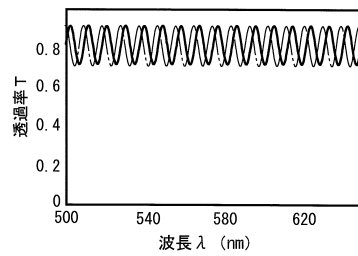
【図5】



【図6】

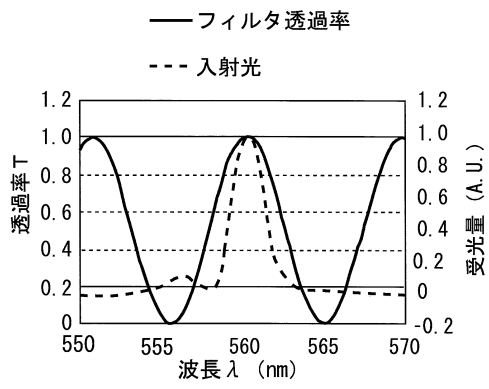


光量が低い波長

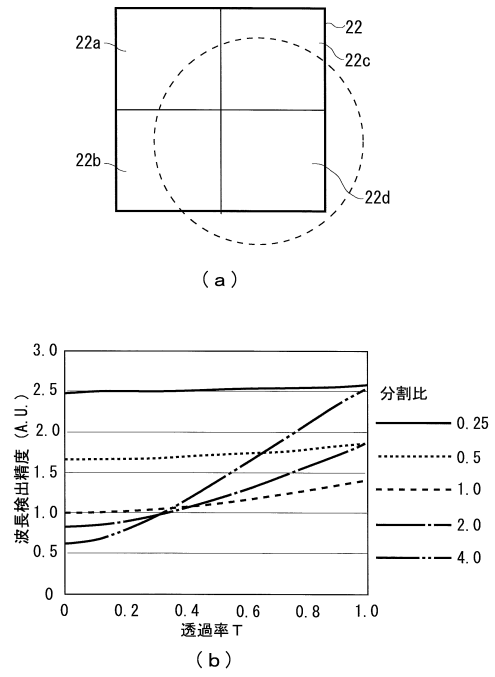


(b)

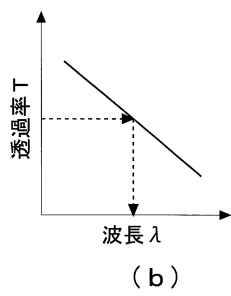
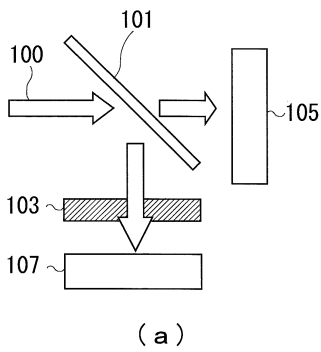
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 木村 和哉
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 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

審査官 横尾 雅一

- (56)参考文献 特開2002-071459(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0049772(US,A1)
特開2015-227858(JP,A)
特開2012-208102(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0085173(US,A1)
米国特許出願公開第2008/0265146(US,A1)
WANG P F, et al., The Use of a Fiber Comb Filter Fabricated by a CO2 Laser Irradiation to Improve the Resolution of a, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2012年 4月15日, VOL. 30, NO. 8, pp.1143-1149, Digital Object Identifier 10.1109/JLT.2011.2171319

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 3/00 - 3/52

G01B 11/00 - 11/30

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)