

(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2005-127943
(P2005-127943A)

(43) 公開日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 J 3/36	GO 1 J 3/36	2GO20
GO 1 J 3/14	GO 1 J 3/14	2GO59
GO 1 J 3/18	GO 1 J 3/18	
GO 1 J 3/26	GO 1 J 3/26	
// GO 1 N 21/35	GO 1 N 21/35	Z
審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 11 頁)		

(21) 出願番号 特願2003-365720 (P2003-365720)
(22) 出願日 平成15年10月27日(2003.10.27)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(74) 代理人 100068504
弁理士 小川 勝男
(74) 代理人 100086656
弁理士 田中 恭助
(74) 代理人 100094352
弁理士 佐々木 孝
(72) 発明者 菅原 俊樹
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 白井 正敬
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
最終頁に続く

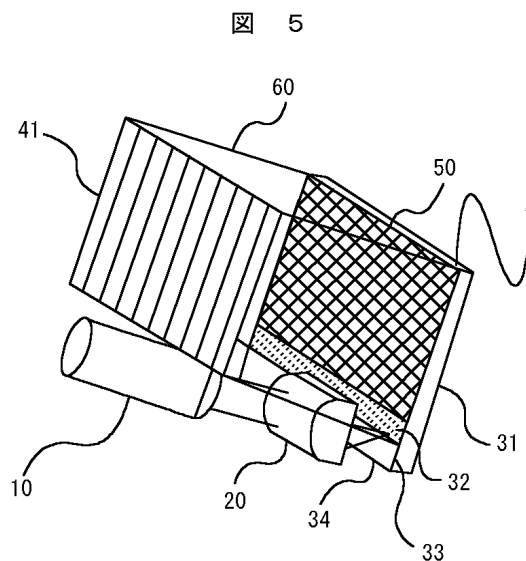
(54) 【発明の名称】 光計測装置及び分光装置

(57) 【要約】

【課題】 分光装置を使用した光計測装置の波長分解能を向上する。

【解決手段】 高波長分散の平行干渉計(A)と低波長分散の回折格子(B)をそれぞれの波長分散方向が直交するように組合せ分光装置を構成し、分光装置で、2次元的に広がった光を2次元アレイ型光検出部(50)を設け、光計測装置を構成する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長分散特性を持つ平行干渉分光計と、該平行干渉分光計より小さい波長分散特性を有する分散素子とが、一定距離離れた位置に平行干渉分光計の波長分散方向と分散素子の波長分散方向が異なる方向に配置されたことを特徴とする分光装置。

【請求項 2】

前記平行干渉分光計は、集光レンズ部と、平行干渉板を有し、前記平行干渉板は透明基板の一面に光入射平面と直線状に境界をもつ第 1 の反射膜が形成され、他面には上記反射膜より反射率が小さい反射率を有する第二の反射膜が形成され、前記分散素子は前記第二の反射膜の透過光を回折するように配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の分光装置

10

【請求項 3】

前記平行干渉板の光入射平面の反射率は 10%以下で、前記第一の反射膜の反射率が 90%以上で、前記第二の反射膜の反射率が 80%以上であることを特徴とする請求項 2 記載の分光装置。

【請求項 4】

前記平行干渉分光計は、集光レンズ部と平行干渉板とを有し、前記平行干渉板は透明平板基板の一面に前記集光レンズ部からの光を入射する入射平面と前記入射平面と直線状に境界をもつ第 1 の反射膜が形成され、他面には上記反射膜より反射率が大きい反射率を有する第二の反射膜が形成され、前記分散素子は前記第一の反射膜の透過光を回折し前記平行干渉板側に回折光を出射するように配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の分光装置。

20

【請求項 5】

前記平行干渉基板の光入射平面の反射率は 10%以下で、前記第一の反射膜の反射率が 80%以上で、前記第二の反射膜の反射率が 90%以上であることを特徴とする請求項 4 記載の分光装置。

【請求項 6】

前記分散素子が反射型回折格子から構成され、3cm角以下の大きさを構成されることを特徴とする請求項 4 記載の分光装置。

【請求項 7】

前記透明基板の温度膨張係数を $10^{-7}/$ とすることを特徴とする請求項 1 記載の分光装置。

30

【請求項 8】

前記分散素子は、プリズム、回折格子あるいは平行干渉板のいずれかで構成されたことを特徴とする請求項 1 記載の分光装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の分光装置と、前記分光装置の前記平行干渉分光計及び分散素子によって分散された光の二次元分布を検出する光検出部とを有することを特徴とする光計測装置

【請求項 10】

前記光検出部が 2 次元アレイ型フォトディテクター、CCD、カメラ、あるいはイメージインテンシファイアのいずれかの光電変換部と、光電変換部でえられた光の二次元分布の情報を二次元平面画像として表示又は波長と光強度の関係に変換表示する信号処理部とをもつことを特徴とする請求項 9 記載の光計測装置。

40

【請求項 11】

請求項 4 に記載の分光装置と、前記分光装置の前記分散素子と平行干渉板との間に前記平行干渉分光計及び分散素子によって分散された光の二次元分布を検出する光検出部とを有することを特徴とする光計測装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載の光計測装置において、前記光検出部を構成する光電変換部が、記透明

50

基板の第1の反射膜の横に集積され、前記平行干渉板と分散素子との間に透明材質の固定部を設けたことを特徴とする光計測装置。

【請求項13】

請求項10記載の光計測装置であって、更に前記透明基板の温度あるいは歪みを検出する手段を有し、前記信号処理部が、前記温度あるいは歪の情報に基づいて、光の二次元分布の表示情報を校正する手段を有することを特徴とする光計測装置。

【請求項14】

請求項1に記載の分光装置において、前記透明基板及び固定部が近赤外から赤外帯域の光に対して損失が少なく、光検出部が近赤外から赤外帯域の光に対する感度を有する素子から構成されることを特徴とする分光装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光計測装置及び分光装置、更に詳しく言えば、水素、重金属やダイオキシンの化学物質や生体物質を、その物質による光の波長変化を光干渉計によって検出するための分光計、及び光センサ(分光装置と略称)及びそれを使用した光計測装置に係り、特に、工業プラント、環境計測、家庭用健康チェッカー、ライフサイエンス、バイオテクノロジー、新素材などの基礎研究用に適した分光装置、光計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の食品安全や環境問題への市民の関心の高まりから、小型・高分解能で非専門家でも容易に扱える物質検出装置の必要性が増している。また、ライフサイエンス、バイオテクノロジー、新素材などの基礎研究用評価においてもアレイ化による高スループット化の要求から、一つ一つのセンサ及び測定器の小型化、高分解能化が要求される。特に、分光測定は光学的測定法の基本であり、バイオ関連、臨床検査、各種プラント(化学プラント、食品プラント等)、環境計測の分野における、分光光度計、分光蛍光光度計、マイクロプレート光度計、原子吸光分光光度計、水銀測定装置、粒度分布測定装置への適用が考えられる。

20

【0003】

分光測定で有効な分光装置として、高反射率の誘電体多層膜を用いた平行干渉分光計は、プリズムや回折格子等の波長分散素子に比べ高波長分散を持つことが知られている。下記非特許文献には、この平行干渉計を用いた通信用波長分波器について示されている。図1に平行干渉計による分波器の構成、図2に基板30の断面構造を示す。この分波器の構成では、集光レンズ部20によって光を絞り込み、平行干渉板30に入射させる。平行干渉板30は図2に示すように、透明基板34の片面に反射率100%の反射膜31と無反射膜33がコーティングされ、他方の面は反射率95%の反射膜32でコーティングされている。集光レンズ部20によって絞り込まれた光は、僅かに斜めに傾けた(入射角は3.5°以上)平行干渉板30の無反射膜33に入射する。入射光は反射膜31とのほぼ境界近くに入射するようにし、かつ最も集光されるのが反射膜32上になるように集光レンズ部20と平行干渉板30を配置する。無反射膜33を通過した光は、5%分だけ反射膜32を通過し出射し、95%は平行干渉板30内に戻り反射膜31に当たる。反射膜31に当たった光は100%の反射率で反射され、反射膜32に再びあたり、さらに5%分だけ平行干渉板30から出射を繰り返す。この際、ビームは一度集光レンズ部20で絞り込まれているので、徐々に広がっていく。このため、5%ずつ出射した光は干渉を起こし、あたかも透過型回折格子と同様に振るまい、出射角に応じて波長強度が変化する。この波長と出射角の関係、すなわち波長分散特性を図3に示す。図3より、0.4~0.8°/nmの非常に大きな波長分散角が得られていることがわかる。この時、基板の厚さは100µmのため、この光路差が原因で8nm毎の波長周期性が存在する。分波器として機能させるためには、波長に応じて光強度が最も大きくなる位置に集光レンズとファイバを複数配置し、所望の波長の光を分波する。

30

40

50

【 0 0 0 4 】

【非特許文献1】M. Shirasaki, Optics Letters Vol.21 No.5 pp366~368

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上述のように、平行干渉分光計は高波長分散素子として有効であるが、光の多重反射(共振現象)を利用しているため、光学特性は波長周期性(FSR: Free Spectral Range)を持つ。このため、小型・高分解能の分光装置として用いる場合、このFSR毎の波長の光を分離できないという問題が生じることになる。すなわち回折光の強度分布は一次元に広った縞模様になり、複数の波長成分が重なったものが光の強弱として現れる。そのため、波長を分離するためには高度の信号処置が必要となり、非専門家が利用することが出来ない。また、通信分野では利用できても、特定の波長成分の検出が必要な計測装置として利用できない問題がある。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上述の課題を解決するために、本発明の分光装置は、高い波長分散特性をもつ平行干渉分光計と、回折格子等の上記平行干渉分光計より小さい波長分散特性を有する分散素子とを一定距離離れた位置に平行干渉分光計の波長分散方向と分散素子の波長分散方向が異なる方向に配置さし、高分解能小型分光装置を実現する。上記波長分散方向の異なる方向は、直交する場合が望ましいが、直交に限定されない。

20

更に、本発明は、上記分光装置で二次元に広げられた光をCCDあるいはイメージ・インテンシファイア等の光電変換手段で検出し、画像処理手段によって、二次元画像として検出試料の波長分布を表示する光計測装置を構成する。

さらに、本発明の好ましい実施形態では、平行干渉分光計を構成する平行干渉板上に回折格子等の分散素子、光電変換手段の構成部品を集積化して、装置の小型化を実現する。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明の分光装置では、平行干渉分光計と、他の分散素子とが波長分散方向の異なる方向に組合せられるため、簡易な方法によって干渉光は二次元に広がるため、二次元に配列された光電変換手段によって、後で詳細に説明するように、波長周期性(FSR: Free Spectral Range)毎の波長の光を正確に分離できる。また、分光装置と光電変換手段との間の距離を短くすることができ、分光装置の小型化が実現でき、光計測装置、特に携行型光計測装置を実現することが可能となる。

30

【 0 0 0 8 】

本発明による光学測定装置を用いることで、工業プラント、環境計測、ライフサイエンス、バイオテクノロジーの分野で、安価・小型・高分解能な光計測システムを構築することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 9 】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

40

【 0 0 1 0 】

図4は、本発明による分光装置を使用した光計測装置の一実施例の構成と原理を示す分解斜視図である。本発分光装置は、波長分散特性を持つ平行干渉分光計Aと、平行干渉分光計Aより小さい波長分散特性を有する分散素子Bとを、それぞれの波長分散方向X, Yが異なる方向に配置されて構成されている。平行干渉分光計Aは、コリメータ10と、集光レンズ部20と、平行干渉板30とで構成され、分散素子Bは透過型回折格子40で構成されている。

光計測装置を構成するため、上記分光装置の出力側に2次元アレイ型光検出部50が設けられ、光検出部50の信号は画像処理装置60で信号処理され、計測結果が表示される。

50

コリメータ 10 から出射した光は、計測すべき試料 C を透過し、集光レンズ部 20 によって絞り込まれ、平行干渉板 30 に入射する。平行干渉板 30 は図 2 に示したように、透明基板 34 の片面に反射率 100% の反射膜 31 と無反射膜 33 とが直線状に分離されようようにコーティングされ、他方の全面は反射率 90% 以上の反射膜 32 でコーティングされている。

【0011】

画像処理装置 60 はカメラでもよいが、さらに、マイクロプロセッサのような信号処理装置で構成し、基準温度に対応する基準スケールデータ、すなわち、後で説明する図 10 に示した波長と光強度分布の位置関係を示すデータを用意し、分光装置で検出された波長の部分に輝度、色彩わけの信号で表示する。分光装置の周囲温度を検出する温度計 70 を

10

【0012】

図 1 に関連して述べたように、集光レンズ部 20 によって絞り込まれた光は、僅かに斜めに傾けた平行干渉板 30 の無反射膜 33 に入射する。平行干渉板 30 から出射した光は干渉を起こし、出射角に応じて波長強度が変化する(図中 X 方向)。透過型回折格子 40 は上記平行干渉板 30 から出射した干渉光に対して、平行干渉分光計で生じた時と異なる方向(図中 Y 方向)に波長分散を与える。このように 2 つの方向に波長分散を与えられた光を 2 次元アレイ型光検出部 50 によって検出する。図 4 では X 方向と Y 方向は垂直に示してあるが、上記 2 方向は異なってさえいれば(0 度より大きい)、出射光は 2 次元的に広がる

20

のでかまわない。後で図 10 によって更に詳しく述べるように、透過型回折格子 40 により波長周期性で同じ方向に出射する光を異なる方向に 2 次元的に分離するので、2 次元アレイ型光検出部 50 によって一次元の検出では波長分離が出来なかった波長周期性による問題が除かれる。

2 次元アレイ型光検出部 50 は、カメラ、CCD(Charge Coupled Device)あるいはイメージ・インテンシファイアなどの検出素子(光電変換素子)で構成される。特に近赤外から赤外帯域の波長の光を検出する素子を用いることで、近赤外分光、あるいは赤外分光が可能となり、プラント、環境計測、健康・医療等分野などへの幅広い分野への応用が可能となる。

【0013】

図 5 及び 6 は、それぞれ本発明による分光装置の第二の実施例の斜視図及び側断面図を示す。本実施例による分光装置では、コリメータ 10 と、集光レンズ部 20 と、平行干渉板 30 と、反射型回折格子 41 と、2 次元アレイ型光検出部 50 と、固定部 60 から構成される。コリメータ 10 から出射した光は、集光レンズ部 20 によって絞り込まれ、平行干渉板 30 に入射する。

30

【0014】

平行干渉板 30 は、透明基板 34 の片面に反射率 90% 以上の反射膜 32 と無反射膜 33 とが境界が直線になるようにコーティングされ、他方の面は反射率 100% の反射膜 31 が全面にコーティングされている。反射膜 32 の横で、無反射膜 33 と反対側には、2 次元アレイ型光検出部 50 が集積されている。

40

図 1 で述べたように、集光レンズ部 20 によって絞り込まれた光は、僅かに斜めに傾けた平行干渉板 30 の無反射膜 33 に入射する。入射した光は反射膜 31 と反射膜 32 の間で反射を繰り返し、平行干渉板 30 の反射膜 32 を透過して出射した光は干渉を起こし、出射角に応じて波長強度が変化する。反射膜 32 から一定の位置に上記平行干渉計で生じた時と直交する方向に波長分散を与えるように反射型回折格子 41 を配置する。

【0015】

上述のように上記平行干渉分光計と反射型回折格子 41 によって異なる 2 つの方向に波長分散を与えられた光を 2 次元アレイ型光検出部 50 によって検出する。図 5 及び 6 に示した構成の分光装置では、2 次元アレイ型光検出部 50 は、透明基板 34 上に張り合わせることによって実現する。固定部 60 は、平行干渉計を構成する基板 34 と反射型回折格

50

子41と2次元アレイ型光検出部50との位置関係を固定するもので、空間であっても、透明物体でもよい。さらにコリメータ10と集光レンズ部20との位置関係を固定しても構わない。また、固定部60は測定したい波長の光になるべく透明な材料で構成されることが望ましく、可視、あるいは近赤外の波長領域では、ガラス、さらには合成石英等で構成することが望ましい。このような構成にすることで、反射型回折格子41によって、波長周期性によって同じ方向に出射する光を、異なる方向に分散を与えることで2次的に分離するので、2次元アレイ型光検出部50によって検出することができる。

【0016】

図7、8及び9は、いずれも本発明の分光装置に使用される平行干渉板の構成を示す側断面図である。平行干渉板30の光の入射部は、必ずしも反射膜31と32とが平行でなくともよい。図7と8の平行干渉板では、透明基板34の光が入射する部分33を細くした形状であり、図9の構成では、基板34の光が入射する部分の反射膜31と32との間を厚くした形状としている。これらの形状を得るには、削る、あるいは台形部分の基板をさらに張り合わせる等の工程により実現する。図8の平行干渉板は、図7の平行干渉板の構成と比べ、無反射膜33のコーティングを省くことによって、作成上の工程の簡素化を図ったものである。また、図9の平行干渉板は、無反射膜33を入射した光は、最初に反射膜31の斜めになった部分に反射するので、光路を変えることが可能となる。よって、斜めの部分の角度を変えることにより、コリメータ10や集光レンズ部20の配置を任意にとることができる。

10

【0017】

図10は、本発明の分光装置を用いた光計測装置による実験を行った実験結果を示す干渉光受光2次元面における光波長の関係を示す図である。

実験は、図9に示した構成の平行干渉板を使用し、反射膜31及び32には誘電体多層膜を用い、それぞれの反射率は各々100%及び98%とした。透明基板34には、光学的に損失が少なく、温度膨張率の小さい(10⁻⁷/°C)合成石英を用いた。また、回折格子には反射型のものを用いた。2次元アレイ型光検出部50には、赤外線カメラを用いた。波長可変光源を用いて、波長をおよそ1490nmから1580nmまで変化させた場合の赤外線カメラ上に写し出された輝点の変化を示す。図10中のプロット()は、波長が1490、1500、...、1580nmと10nm毎の場合の輝点の位置を示し、直線は輝点の動きを補助的に示している。

20

30

【0018】

図中のX方向は平行干渉計によって生じる波長分散方向を、Y方向は反射型回折格子によって生じる波長分散方向を示している。図中の単位は、赤外線カメラ素子上での位置とを対応させて示してある。輝点は、波長を長くしていくと、左下から右上の方向(図中の補助線)に変化していく。平行干渉計は波長周期性を持つので、右側X軸の2cm強のところに行く、左側X軸0cmところへ移動する。このとき、反射型回折格子によって、Y方向に波長分散を与られているので、最初スタートした点より少しだけ上の位置に移動することになる。このように、波長を長くしていくことにより、左から右、下から上に移動していくことがわかる。この時、基板の厚さは約1mmであり、波長周期は100GHz(約0.8nm)であった。このX方向とY方向の波長分散による移動量を比較すると、平行干渉計では、反射型回折格子に比べ約30倍の波長分散量が得られ、高分解能化の効果を確認できた。

40

【0019】

上記実験における分光装置の平行干渉板では、平行干渉板として温度膨張係数の小さい合成石英を基板34として用いたが、通常ガラス基板でも構わない。温度が変わると基板の厚さが僅かに変化するため、光学特性も若干変化、すなわち温度変化によって波長分散角のシフトが起きる。そのため、高精度な分光装置を実現するためには、温度変化への対策も重要である。一つの方法としては、各光学素子の温度依存性を減らすこと、もう一つの方法は校正手段を設けることである。校正手段の一例としては、図4の実施例に示すように、分光装置の温度を検出する温度検出器70を設け、信号処理装置80に基準温度

50

に対応する基準スケールデータ、すなわち図10に示した平行斜線図のデータを用意し、上記温度計で検出された温度情報に基づき基準スケールデータの校正を行うようにする。試料、並び分装置の温度環境に対応して、高精度の分光装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】平行干渉計による波長分散素子を光分波器として適用するための構成を示す図。

【図2】図1の平行干渉計の平行干渉板の断面を示す図。

【図3】平行干渉計による波長分散特性を示す図。

【図4】本発明による光計測装置の一実施例の構成と原理を示す分解斜視図。

【図5】本発明による光計測装置の他の実施例の概念斜視図。

10

【図6】本発明による光計測装置の他の実施例の側断面図。

【図7】本発明の分光装置に使用される平行干渉板の構成を示す側断面図。

【図8】本発明の分光装置に使用される平行干渉板の構成を示す側断面図。

【図9】本発明の分光装置に使用される平行干渉板の構成を示す側断面図。

【図10】本発明の光計測装置の一実施例による実験結果を示す波長分散特性を示す図。

【符号の説明】

【0021】

10：コリメータ

20：集光レンズ

30：平行干渉板

20

31, 32：反射膜

33：無反射膜

40：透過型回折格子

41：反射型回折格子

50：2次元アレイ型光検出部

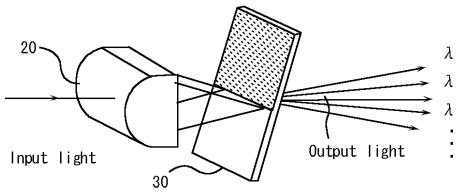
60：固定部

70：温度検出器

80：信号処理装置

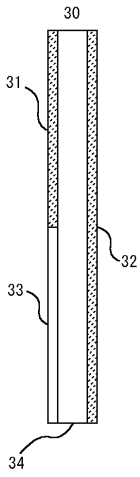
【 図 1 】

図 1



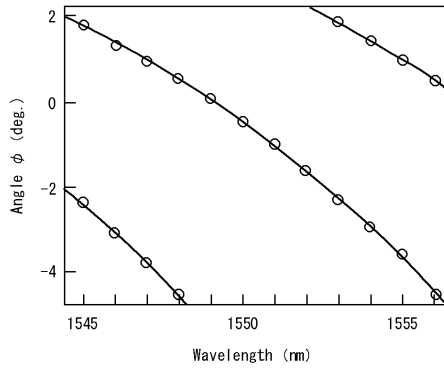
【 図 2 】

図 2



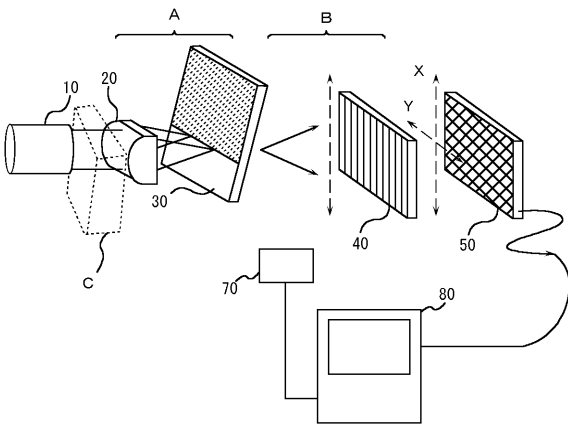
【 図 3 】

図 3



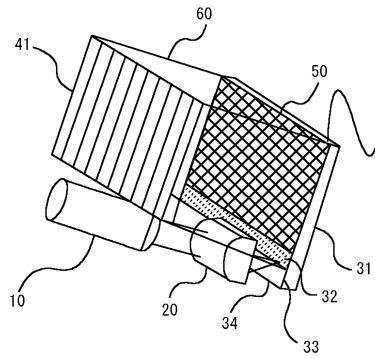
【 図 4 】

図 4



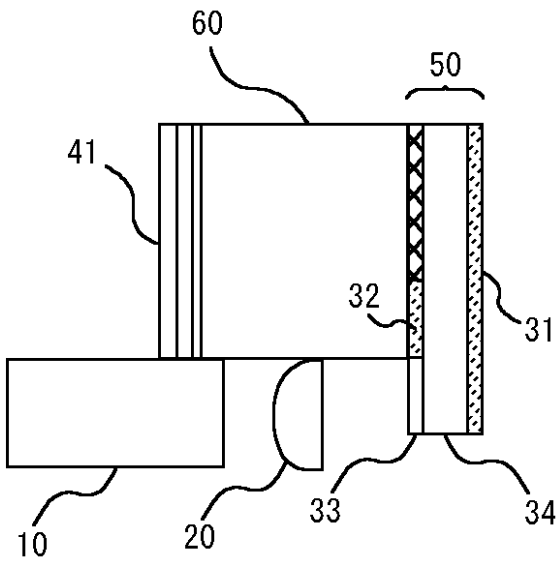
【 図 5 】

図 5



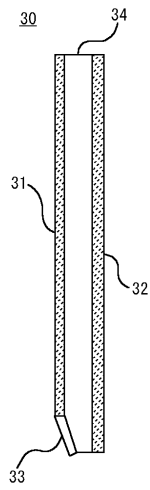
【図6】

図 6



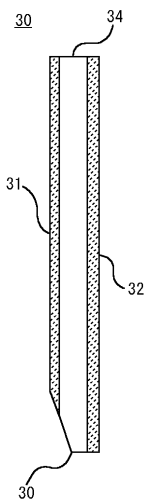
【図7】

図 7



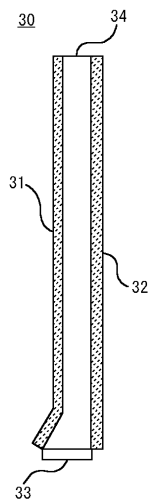
【図8】

図 8

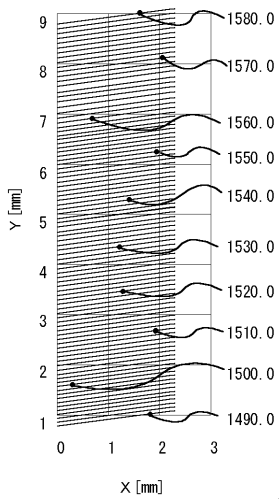


【図9】

図 9



【 図 10 】
図 10



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA03 BA20 CB04 CC02 CC13 CC23 CC63 CD14 CD31 CD39
CD51
2G059 AA05 BB08 BB12 CC16 EE01 EE10 FF01 HH01 HH06 JJ05
JJ06 JJ11 KK04 MM14 NN01 NN02