

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4769490号
(P4769490)

(45) 発行日 平成23年9月7日 (2011.9.7)

(24) 登録日 平成23年6月24日 (2011.6.24)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 21/35 (2006.01)

GO 1 N 21/35 Z

GO 1 J 9/02 (2006.01)

GO 1 J 9/02

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-155314 (P2005-155314)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成17年5月27日 (2005. 5. 27)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-329857 (P2006-329857A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年12月7日 (2006. 12. 7)	(74) 代理人	100086483
審査請求日	平成20年5月27日 (2008. 5. 27)		弁理士 加藤 一男
		(72) 発明者	塩田 道徳
			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
		審査官	田嶋 亮介

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光路長制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光の進行方向を変えるための2次元に配置された複数の部材を含み構成される固定部と、光の進行方向を変えるための2次元に配置された複数の部材を含み構成され、且つ前記固定部との距離を変えるための駆動ステージから成る可動部と、を有し、
前記可動部と前記固定部は、光が、前記固定部の1つの部材から進行して前記可動部の対応する部材で折り返され前記固定部の前記1つの部材に隣接する部材に達し、該隣接する部材で折り返されて前記可動部の前記対応する部材に隣接する部材に達するという事を順次繰り返すように、対向して設置されて、前記可動部と前記固定部の間に、連続する複数の折り返し光路を2次元に形成し、
前記駆動ステージを制御することにより、前記複数の折り返し光路を折り返しながら進む光に対して、前記距離と該光路の数との積から得る遅延時間を与えることを特徴とする光路長制御装置。

【請求項 2】

前記駆動ステージは、モーターあるいはピエゾ素子により構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光路長制御装置。

【請求項 3】

前記光の進行方向を変えるための部材が、前記可動部と前記固定部よりも小さい複数のミラーあるいはプリズムによって形成されていることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 に記載の光路長制御装置。

【請求項 4】

前記光の進行方向を変えるための部材が、U字形状あるいはJ字形状に曲げられた光ファイバーにより形成されていることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 に記載の光路長制御装置。

【請求項 5】

前記光の進行方向を変えるための部材が、被覆のない光ファイバーの端面を研磨して金属でコーティングすることで形成された 45°ミラーによって形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の光路長制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光路長制御装置を含み構成される装置であって、前記光が照射されることによりテラヘルツ波を発生あるいは検出することのできる光伝導素子を有し、前記駆動ステージを制御することにより、前記光路を進む光が前記光伝導素子に到達するまでの遅延時間を変化させることを特徴とする装置。

10

【請求項 7】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光路長制御装置を含み構成される装置であって、前記光をビームスプリッタで 2 つに分割するためのビームスプリッタと、前記ビームスプリッタが分割した前記光の一方が照射されることによりテラヘルツ波を発生させることのできる発生用光伝導素子と、前記発生用光伝導素子から出て被検物を透過あるいは反射したテラヘルツ波を検出するための検出用光伝導素子と、を有し、前記駆動ステージを制御することにより、前記ビームスプリッタが分割した前記光の他方が前記検出用光伝導素子に到達するまでの遅延時間を変化させることにより、前記透過あるいは反射したテラヘルツ波の時間波形を取得することを特徴とする装置。

20

【請求項 8】

前記時間波形を用いて、被検物の物性を検知あるいは位置や運動をセンシングすることを特徴とする請求項 7 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、電磁波を用いた分光イメージング等の分野で使用される時間領域分光法などの構成に用いられる光路長制御装置ないし方法、これを用いる分光装置、センシング装置などの装置に関するものであり、特に、こうした分野で用いられる遅延系に関するものである。ここにおいて、電磁波は、特に、ミリ波からテラヘルツ波の領域の電磁波である。

30

【背景技術】**【0002】**

従来、ミリ波からテラヘルツ波にかけた電磁波を用いた非破壊なセンシング技術が開発されてきている。この周波数帯の電磁波の応用分野として、X線に代わる安全な透視検査装置としてイメージングを行う技術、物質内部の吸収スペクトルや複素誘電率を求めて原子・分子の結合状態などを調べる分光技術、生体分子の解析技術、キャリアの濃度や移動度を評価する技術などが開発されている。

40

【0003】

中でも、これまで、電磁波を用いた分光イメージングをするために、テラヘルツ帯複素誘電率測定装置において、光パルスを用いた分光法である時間領域分光法（TDS：Time Domain Spectroscopy）が用いられてきている（特許文献 1 参照）。

【0004】

図 8 は従来の TDS の概略構成図である。図 8 において、移動ステージ 18 は、時間遅延を与えるものであり、移動ステージ 18 が移動することによって、資料 22 を透過した検出すべきパルス電磁波 24 の波形全体を測定することができる。図 8 に示すように、この TDS では、レーザーなどからの超短パルス光 7 をビームスプリッタ 8 で分割し、一方のパル

50

ス光 10 をレンズ 12 を介して電圧印加した電磁波放射用光伝導素子 13 に照射する。これにより、電磁波放射用光伝導素子 13 には瞬間的に電流が流れるため、パルス電磁波 24 が放射される。これを放物面鏡 21 で平行化して試料 22 を透過させ、放物面鏡 21 により電磁波検出用光伝導素子 14 に集める。

【0005】

他方、電磁波検出用光伝導素子 14 はビームスプリッタ 8 で分割されたもう一方の超短パルス光 11 で照射され、その瞬間だけ導電性となる。そのため、到達してきた電磁波 24 の電場を電流として検出することができる。そして、ビームスプリッタ 8 から電磁波検出用光伝導素子 14 に到達するまでの時間を遅延系（リトロリフレクタ 17 を設けた移動ステージ 18 で構成される）で変えることにより、試料 22 を透過して来た電磁波 24 の時間波形を得ることができる。なお、図 8 中、15 は電源、25 は電流増幅器、23 はロッキングイン増幅器、20 はコンピュータを示す。

10

【0006】

このTDSの方法では、用いられる電磁波が短パルスであるため、試料を透過してきた電磁波波形と試料を挿入しない場合の電磁波波形とを比較することにより、広い周波数にわたる電磁波の透過率・位相遅れを計算することができる。すなわち、このTDSでは電磁波の時間波形を測定することができ、この時間波形を、試料を挿入した場合と試料を挿入しない場合について求めてフーリエ変換し、各周波数成分ごとの振幅及び位相を比較することにより、試料がもたらす減衰及び位相遅れが分かり、これから複素誘電率や複素屈折率などを計算することができる。

20

【特許文献1】特開2001-21503号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、図 8 に示すような移動ステージ 18 によって時間遅延を与える場合、「移動ステージの移動量が大きい」、「移動ステージが大型化する」、「移動ステージの駆動が高速で応答できない」といった問題が発生しがちである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題に鑑み、本発明の光路長制御装置は、光の進行方向を変えるための2次元に配置された複数の部材を含み構成される固定部と、光の進行方向を変えるための2次元に配置された複数の部材を含み構成され、且つ前記固定部との距離を変えるための駆動ステージから成る可動部と、を有し、前記可動部と前記固定部は、光が、前記固定部の1つの部材から進行して前記可動部の対応する部材で折り返され前記固定部の前記1つの部材に隣接する部材に達し、該隣接する部材で折り返されて前記可動部の前記対応する部材に隣接する部材に達するということを順次繰り返すように、対向して設置されて、前記可動部と前記固定部の間に、連続する複数の折り返し光路を2次元に形成し、前記駆動ステージを制御することにより、前記複数の折り返し光路を折り返しながら進む光に対して、前記距離と該光路の数との積から得る遅延時間を与えることを特徴とする。こうした構成により、例えば、可動部の移動を制御して所定の位置に達する前記光路を経る光の遅延時間を変化させることができる。

30

40

【0009】

また、上記課題に鑑み、本発明の装置は、上記の光路長制御装置を含み構成される装置であって、前記光が照射されることによりテラヘルツ波を発生あるいは検出することのできる光伝導素子を有し、前記駆動ステージを制御することにより、前記光路を進む光が前記光伝導素子に到達するまでの遅延時間を変化させることを特徴とする。また、本発明の装置は、上記の光路長制御装置を含み構成される装置であって、前記光をビームスプリッタで2つに分割するためのビームスプリッタと、前記ビームスプリッタが分割した前記光の一方が照射されることによりテラヘルツ波を発生させることのできる発生用光伝導素子と、被検物を透過あるいは反射したテラヘルツ波を検出するための検出用光伝導素子と、を

50

有し、前記駆動ステージを制御することにより、前記ビームスプリッタが分割した前記光の他方が前記検出用光伝導素子に到達するまでの遅延時間を変化させることにより、前記透過あるいは反射したテラヘルツ波の時間波形を取得することを特徴とする。また、本発明の分光装置は、パルス光をビームスプリッタで2つに分割し、一方のパルス光から生成される電磁波を被検物に当てて被検物を透過する電磁波または被検物で反射する電磁波を電磁波検出手段に導くと共に、他方のパルス光を遅延系で時間遅延して電磁波検出手段に導いて実行される時間領域分光法の構成を有し、遅延系に、上記光路長制御装置を用いて、被検物の物性などの性状に関する情報を得ることを特徴とする。この分光装置の動作原理は、上記背景技術のところで述べたものと基本的に同じである。

【0010】

10

また、上記課題に鑑み、本発明の位置・運動センシング装置は、パルス光をビームスプリッタで2つに分割し、一方のパルス光から生成される電磁波を被検物に当てて被検物を透過する電磁波または被検物で反射する電磁波を電磁波検出手段に導くと共に、他方のパルス光を遅延系で時間遅延して電磁波検出手段に導いて実行される時間領域分光法の構成を有し、遅延系に、上記光路長制御装置を用いて、被検物の位置ないし振動などの運動に関する情報を得ることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、小型化可能なミラー、光ファイバーなどを用いて構築される複数の光路の長さを、可動部の移動により、一度に変化させることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態を明らかにすべく、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

【実施例1】

【0013】

図1は本発明の光路長制御装置ないし遅延系の一実施例を示す概略図である。図1のように、可動部1上に、屋根型に所定の角度で対を成して組まれた小型のミラー2を複数対設置し、固定部3の上に、可動部1上に設置したミラー2の対の数に対応する数の対のミラー4を設置する。対を成すミラー2によりリトロフレクタが構成されている。この設置により、ミラー2とミラー4により形成される複数対の往復する光路5がすべて平行となり、図1に示す固定部3側のAから入射した光が光路5を経由して、図1に示す固定部3側のBから出て行くようになる。このとき、可動部1と固定部3は、可動部1が光路5の方向とほぼ平行に移動するときに固定部3に接触しないようにこれから離して設置すればよい。そのため、光路5の長さを短く選択することで、この光路長制御装置ないし遅延系全体の大きさを小さくすることができる。可動部1としては、高速で応答・駆動できるモーターで移動されるモーター駆動ステージを用いることもできるし、より高速で応答・駆動できる piezo 素子で超高速で移動される piezo 駆動ステージを用いることもできる。

30

【0014】

図1のように、対を成すミラー2とミラー4は左右方向にだけ1次元に並べてもよいが、正面図である図2のように、上下左右方向に2次元に配置してもよい。この場合、図2に示すように、固定部3側のAから入射した光はミラー4（図示せず）によりミラー2に向かって向きを変えて進み、ミラー2で反射される。この反射光は先程のミラー4の横に配置されたミラー4（図示せず）により、ミラー2の向きに向きを変えられる。同様に反射を繰り返すことにより、Aから入射した光は、図2の(1)から(2)の方向に順次ミラー2を経由して進んでいく。(2)で最後に反射された光は、固定部3上に設置されたミラー4（図示せず）により、上から2段目のミラー2への入射光となるように光の進行方向が変えられる。以下同様に、(4)での反射光も3段目のミラー2への入射光となるように、ミラー4（図示せず）により、光の進行方向が変えられる。このようにして、固定部3側のAから入射した光は、(1) (2) (3) (4) (5) (6)の順番にミラー

40

50

2 を経由して、固定部 3 側の B から出て行く。

【 0 0 1 5 】

図 2 のようにミラー 2 とミラー 4 を 2 次元に配置した場合、光は A から B へと進む間に、1 2 往復することになる。そのため、可動部 1 の移動ステージが 1mm 移動するだけで、従来の移動ステージが 12mm 移動したのと同じだけの遅延時間を与えることができる。

【 0 0 1 6 】

このことは、可動部 1 上にはミラー 2 を、固定部 3 上にはミラー 4 を、往復する光路 5 がすべて平行になるように、上下左右方向に配置することで、同じ遅延時間を与えるのに必要とする移動ステージの移動量を少なくできることを意味する。そして、可動部 1 の移動ステージの移動量を少なくできるため、例えば、 piezo 駆動ステージを可動部 1 として用いることで、次のことが可能になる。すなわち、例えば、20Hz 以上の周期運動をする動きなどの高速移動が可能となるとともに、移動ステージを小型にすることができる。

10

【 0 0 1 7 】

なお、対を成すミラー 2 と対を成すミラー 4 の代わりに、同様の機能を果たすプリズムを使って光を反射させるようにしてもよい。

【 0 0 1 8 】

本実施例によれば、小型のミラーを用いて構築される複数の光路の長さを、可動部の移動により、一度に変化させることができる。そのため、従来に比べて、可動部の移動量が少なく済む光路長制御装置ないし遅延系を実現できる。その結果、piezo 駆動ステージなどを可動部として用いることで、「高速で応答できる」、「移動ステージが小型である」といった特徴を持つ光路長制御装置ないし遅延系を提供することができる。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 1 9 】

図 3 は本発明の別の実施例を示す概略図である。本実施例では、図 3 のように、可動部 1 と固定部 3 に複数の光ファイバー 6 (U 形状または J 形状に曲げられている) を埋め込む。そして、図 3 の固定部 3 側の A から入射した光が固定部 3 および可動部 1 内の光ファイバー 6 を通過して固定部 3 側の B から出て行くように、可動部 1 と固定部 3 を接近させて設置する。ただし、このとき、可動部 1 が光路 5 の方向と平行に移動したとき、固定部 3 に接触しないように固定部 3 を設置する。

【 0 0 2 0 】

30

可動部 1 と固定部 3 に設置される光ファイバー 6 は、図 3 のように左右方向にだけ 1 次元に並べてもよいが、図 4 (可動部 1 を正面から見た断面図) と図 5 (固定部 3 を正面から見た断面図) のように上下左右方向に 2 次元に設置してもよい。このように 2 次元にした場合、図 5 に示すように、固定部 3 に設置された光ファイバー 6 のうち、光が入射する光ファイバーと光が出て行く光ファイバーを除く、左右の端にある光ファイバー 6 は上下方向に曲げられている。こうして、光は上段から下段に進む。そのため、図 3 ~ 図 5 に示すように固定部 3 側の A から入射した光は矢印のように光ファイバー 6 を経由して固定部 3 側の B から出て行くことになる。

【 0 0 2 1 】

図 3 ~ 図 5 のように光ファイバー 6 を可動部 1 と固定部 3 に配置した場合、2 8 往復の光路 (左右方向に 4 往復 \times 7 段) が形成される。このため、同じ遅延時間を与えるために、可動部 1 の移動する距離は、光路が 1 往復しかない従来の場合に比べて、 $1 / 2 8$ で済むことになる。

40

【 0 0 2 2 】

可動部 1 として、例えば、ストローク 100 μm 、周波数 20Hz の piezo 駆動ステージを用いた場合、 $25 (1 / 20 \times 1000 / 2)$ ミリ秒に 2.8mm (= 0.1mm \times 28) 移動できることになり、TDS におけるパルス電磁波波形全体を短時間に測定することが可能となる。

【 0 0 2 3 】

なお、piezo 駆動ステージの周波数を高くすれば、より短時間に TDS におけるパルス電磁波波形全体を測定することができる。また、piezo 駆動ステージの移動ストロークを長く

50

するか、光ファイバー 6 の数を多くすればするほど、ピエゾ駆動ステージの 1 回の振動で、スキャンできるパルス電磁波の波形の長さを長くすることができる。

【0024】

図 3 ~ 図 5 において光の方向を変えるのに光ファイバー 6 を曲げたが、図 6 のように光ファイバーの端面 6' を研磨して金などでコーティングすることで 45°ミラーを形成し、光の方向を変えるようにしてもよい。なお、このとき用いる光ファイバー 6 は被覆のないものとする。

【実施例 3】

【0025】

図 7 は、時間領域分光法の構成を位置、振動などの運動のセンシングに応用した図である。図 7 において、図 8 に示す従来の時間領域分光法の構成と異なる点は、テラヘルツ電磁波放射用光伝導素子 13 から放射されたテラヘルツ波 24 を物体 28 に照射するための放物面鏡 21' と、物体 28 によって反射されてきたテラヘルツ波 24 をテラヘルツ電磁波検出用光伝導素子 14 で検出できるようにするための放物面鏡 21' が追加されている点である。なお、図 7 の 27 は、複数の光路を持つ本発明による遅延系であり、複数の小型のミラー、複数の光ファイバーなどを用いて複数の光路が形成されている。

10

【0026】

図 7 の図示例では、放物面鏡 21' からのテラヘルツ波 24 が物体 28 に対して成す角度は比較的大きくなっているが、実際にはこの角度は非常に小さい。したがって、物体 28 に図中上下方向の動きがあっても、テラヘルツ波 24 の物体 28 に対する照射状態にほぼ変化はなく、物体 28 の位置、振動などの運動のセンシングが可能となる。

20

【0027】

この構成では、高速応答が可能な本発明の遅延系 27 が用いられているため、物体 28 の動きに対して高速に追従することができるといったことや、物体 28 の移動距離の長さに対応できるといった効果がある。すなわち、物体 28 の動きに対して遅延系 27 を高速に応答させて駆動して、電磁波検出用光伝導素子 14 で、常に、時間波形中のほぼ所定の位置の信号（例えば、ピーク位置の信号）が得られるようにするなどといった制御が可能となる。こうして、逆に、遅延系 27 の駆動制御の仕方から物体 28 の動きを検出して、その移動位置、移動距離、振動数などを測定できることになる。こうした位置・運動センシングシステムにより、例えば、遅延系 27 を高速に応答・駆動させることで人の肺や心臓の動きを追従して出力信号を得て呼吸数や心拍数などを取得することができる。

30

【0028】

図 7 の構成を分光装置に応用した場合（ただし、この場合は、一般には、上記位置・運動センシングシステム程、高速応答性を要求されない）でも、遅延系の高速な制御で検出電磁波 24 の時間波形全体を迅速に測定することができ、被検物である物体の物性などを迅速に検知できる。また、本発明の光路長制御装置は、光路長を制御して所定の位置に達する当該光路を経る光の遅延時間を変化させるのを必要とする場合など、光路長の制御を必要とする如何なるところにも用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

40

【図 1】複数の小型のミラーを用いた光路長制御装置ないし遅延系の実施例を上から見た断面図である。

【図 2】小型のミラーを用いた可動部の正面図である。

【図 3】光ファイバーを用いた光路長制御装置ないし遅延系の実施例を上から見た断面図である。

【図 4】光ファイバーを用いた可動部を正面から見た断面図である。

【図 5】光ファイバーを用いた固定部を正面から見た断面図である。

【図 6】45°ミラーを形成した光ファイバーを示す図である。

【図 7】時間領域分光法の構成を位置、振動などの運動のセンシングに応用した例を示す図である。

50

【図 8】従来のTDSの概略構成図である。

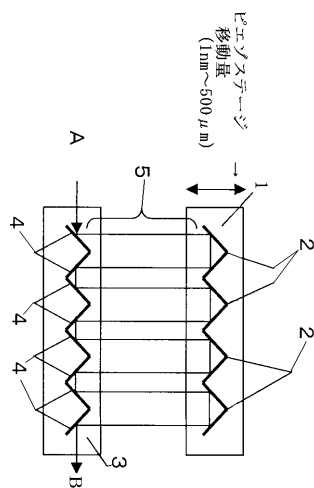
【符号の説明】

【 0 0 3 0 】

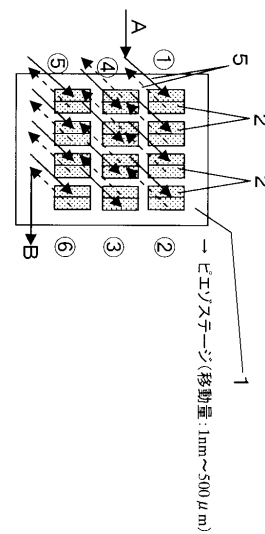
- 1 . . . 可動部
- 2 . . . 可動部に設置したミラー
- 3 . . . 固定部
- 4 . . . 固定部に設置したミラー
- 5 . . . 光路
- 6 . . . 光ファイバー
- 6 ' . . . 光ファイバーの端面
- 2 7 . . . 複数の光路を持つ遅延系
- 2 8 . . . 物体

10

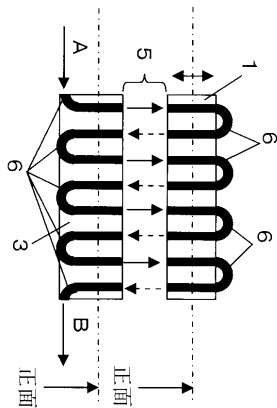
【図 1】



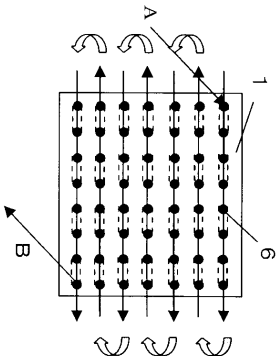
【図 2】



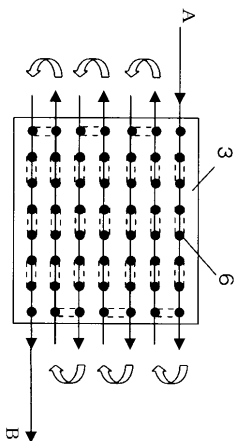
【図 3】



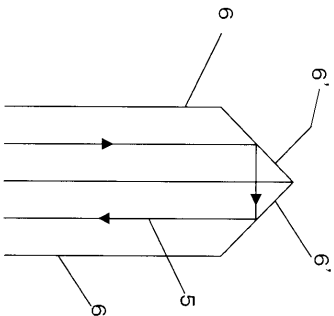
【図 4】



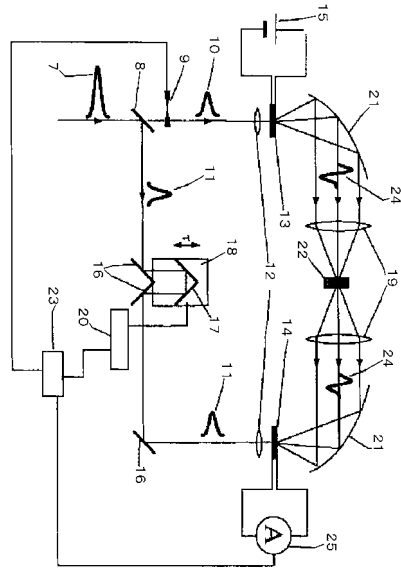
【図 5】



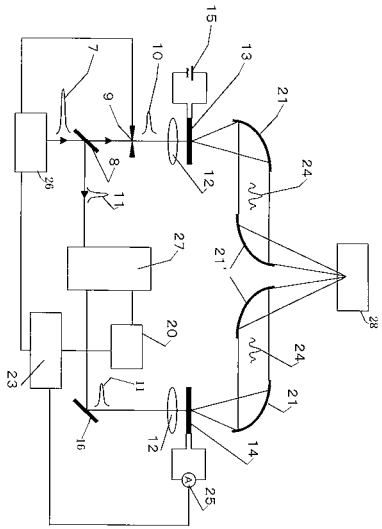
【図 6】



【図 8】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-069840(JP,A)
特開2003-149139(JP,A)
国際公開第00/079248(WO,A1)
特開2001-021503(JP,A)
特開平10-104171(JP,A)
特開2000-275105(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N21/00-21/01
G01N21/17-21/74
G01J1/00-4/04
G01J7/00-11/00