

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5717335号  
(P5717335)

(45) 発行日 平成27年5月13日(2015.5.13)

(24) 登録日 平成27年3月27日(2015.3.27)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 21/3586 (2014.01)

GO 1 N 21/3586

請求項の数 6 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-288818 (P2009-288818)                  (22) 出願日 平成21年12月21日(2009.12.21)                  (65) 公開番号 特開2010-190887 (P2010-190887A)                  (43) 公開日 平成22年9月2日(2010.9.2)                  審査請求日 平成24年12月19日(2012.12.19)                  (31) 優先権主張番号 特願2009-12455 (P2009-12455)                  (32) 優先日 平成21年1月23日(2009.1.23)                  (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000001007                  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 100126240                  弁理士 阿部 琢磨                  (74) 代理人 100124442                  弁理士 黒岩 創吾                  (72) 発明者 井辻 健明                  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 比嘉 翔一</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

テラヘルツ波を用いて物体を分析するための分析装置であって、  
 テラヘルツ波を発生させる発生部と、  
 テラヘルツ波を検出する検出部と、  
 前記発生部から発生したテラヘルツ波を前記物体における第1の焦点に集光させる第1の光学部と、  
 前記物体からのテラヘルツ波を前記検出部の検出面に集光させる選択部と、を備え、  
 前記第1の光学部は、前記発生部及び前記第1の焦点において焦点を結ぶ光学系であり

、  
 前記選択部は、前記物体からのテラヘルツ波を第2の焦点に集光させる第2の光学部と、  
 前記第2の焦点からのテラヘルツ波を前記検出面上の第3の焦点に集光させる第3の光学部と、を有し、

前記第2及び第3の光学部のそれぞれは、テラヘルツ波の入力及び出力において焦点を結ぶ光学系であり、

前記選択部は、前記第1の光学部よりも多くの焦点を持つことを特徴とする分析装置。

【請求項2】

前記検出部は、光伝導膜と、互いに間隙を有して該光伝導膜に設けられる電極対と、を有する光伝導素子であり、

前記第3の焦点は、前記間隙で、且つ前記電極対が設けられる前記光伝導膜における面にあるように構成されることを特徴とする請求項1に記載の分析装置。

【請求項3】

前記第2の光学部は、前記第1の焦点からのテラヘルツ波を平行なテラヘルツ波に整形する第1の放物面鏡と、前記第1の放物面鏡からの平行なテラヘルツ波を前記第2の焦点に集光させる第2の放物面鏡と、を有し、

前記第3の光学部は、前記第2の焦点からのテラヘルツ波を平行なテラヘルツ波に整形する第3の放物面鏡と、前記第3の放物面鏡からの平行なテラヘルツ波を前記第3の焦点に集光させる第4の放物面鏡と、を有する

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の分析装置。

10

【請求項4】

テラヘルツ時間領域分光法により、前記検出部で検出したテラヘルツ波を用いて、前記物体における前記第1の焦点で反射したテラヘルツ波の時間波形を取得する時間波形取得部を備える

ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の分析装置。

【請求項5】

前記検出部が前記テラヘルツ波を検出するタイミングを変更する遅延光学部と、

前記時間波形の時間領域に応じて前記遅延光学部を制御する制御部と、を備え、

前記時間領域は、前記検出部で検出されるテラヘルツ波の強度に応じて設定される

ことを特徴とする請求項4に記載の分析装置。

20

【請求項6】

前記第3の光学部と前記検出部との間に配置される開口部を備え、

前記開口部は、前記物体からのテラヘルツ波のうち、前記物体における前記第3の焦点に集光するテラヘルツ波が選択的に入力するように配置される

ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、テラヘルツ波を用いて物体を分析するための分析装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

THz-TDS装置(THz-Time Domain Spectroscopy装置。THz-TDSは、テラヘルツ時間領域分光法とも呼ぶ。)は、超短パルスによって、検出器に到達するテラヘルツ波(本明細書では、0.03THz以上30THz以下のうち少なくとも一部の周波数帯域を有する電磁波のことをテラヘルツ波と呼ぶ。)電界強度を取得する。そして、この超短パルスが検出器に到達するタイミングを変化させながら電界強度を随時記録する。これにより、テラヘルツ波の時間波形を取得することができる。また、物体の特徴的な吸収を測定する場合、物体にテラヘルツ波を照射し、物体からのテラヘルツ波の時間波形を取得する。そして、この取得された時間波形をフーリエ変換することで周波数領域の情報に変換し、周波数スペクトルを取得することができる。

40

【0003】

この時、物体内部に界面(屈折率が変化する箇所。)が存在すると、物体内部の各界面からの反射波を含む時間波形を取得することができる。このため、物体内部の構造を取得することができる。

【0004】

このとき、上記各界面からの反射波に起因する干渉フリッジが周波数スペクトルに現れる可能性がある。このとき、物体の周波数スペクトルを分析する際にノイズとなる可能性がある。このような干渉フリッジの影響を軽減するために、以下のような手法が特許文献1に開示されている。すなわち、各界面からの反射波を有するテラヘルツ波の時間波形を

50

取得した後、取得した時間波形から所望しない界面からの反射波に関する時間波形を除去する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-003902号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、所望しない界面からの反射波に関する時間波形には、所望する界面（物体内部の集光された位置）からの反射波に起因する振動情報も重畳されている。これは、特許文献1の手法では、所望する界面からの反射波に関する情報も一緒に除去している可能性があることを意味する。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る分析装置は、テラヘルツ波を用いて物体を分析するための分析装置であって、テラヘルツ波を発生させる発生部と、テラヘルツ波を検出する検出部と、前記発生部から発生したテラヘルツ波を前記物体における第1の焦点に集光させる第1の光学部と、前記物体からのテラヘルツ波を前記検出部の検出面に集光させる選択部と、を備え、前記第1の光学部は、前記発生部及び前記第1の焦点において焦点を結ぶ光学系であり、前記 20  
選択部は、前記物体からのテラヘルツ波を第2の焦点に集光させる第2の光学部と、前記  
第2の焦点からのテラヘルツ波を前記検出面上の第3の焦点に集光させる第3の光学部と  
、を有し、前記第2及び第3の光学部のそれぞれは、テラヘルツ波の入力及び出力において  
焦点を結ぶ光学系であり、前記選択部は、前記第1の光学部よりも多くの焦点を持つこ  
とを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る分析装置によれば、物体からのテラヘルツ波のうち、物体における任意の位置からのテラヘルツ波を選択的に検出することができる。これは、物体内部の所望する界面（物体内部の集光された位置）以外からのテラヘルツ波については、その強度分布が 30  
検出部において広げられるためである。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態に係る装置構成を説明するための模式図。

【図2】本実施形態に係る選択部の一例を説明する図。

【図3】本実施形態に係る調整機構の例を説明する図。

【図4】本実施形態に係るその他の構成を説明する図。

【図5】本実施形態に係るテラヘルツ波分析装置の動作例を説明する図。

【図6】本実施形態に係る分析装置及び方法の動作フロー図。

【図7】本実施形態に係る画像取得装置及び方法の動作フロー図。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

本実施形態に係るテラヘルツ波を用いて物体を分析するための分析装置について、図1を用いて説明する。ここで、図1は本実施形態に係る装置構成を説明するための模式図である。

【0011】

まず、上記分析装置は、テラヘルツ波を発生させる発生部101を備える。発生部101は、例えば、光伝導膜と、互いに間隙を有して該光伝導膜に設けられる電極対と、を有する光伝導素子である。このとき、テラヘルツ波は、光伝導素子にレーザ源104から発生されるパルスのレーザを上記間隙に照射し、上記電極対に電圧を印加することで発生さ 50

50

れる。

【0012】

次に、上記分析装置は、発生部101から発生したテラヘルツ波を物体107における第1の位置121（図1における物体107の内部の界面B）に集光させる第1の光学部111を備える。第1の光学部111は、ミラーやレンズなどを用いて、物体107の内部における任意の位置にテラヘルツ波を集光するように構成される。

【0013】

また、上記分析装置は、物体107からのテラヘルツ波を第2の位置122に集光させる第2の光学部112を備える。第2の光学部112は、ミラーやレンズなどを用いて、空間中の任意の位置にテラヘルツ波を集光するように構成される。

10

【0014】

そして、上記分析装置は、第2の位置122に集光したテラヘルツ波を第3の位置123に集光させる第3の光学部113を備える。また、第3の位置123に集光したテラヘルツ波を検出するための検出部102を備える。ここで、第3の光学部113は、ミラーやレンズなどを用いて、検出部102の任意の位置にテラヘルツ波を集光するように構成される。以下、第2の光学部112と第3の光学部113とを合わせて、選択部106とも呼ぶ。尚、第2の位置122と第3の位置123は必ずしも隣り合う必要はない。例えば、第2の位置122と第3の位置123の間に、テラヘルツ波が集光する位置を複数有することも可能である。この時、第2の位置122と第3の位置123の間にある位置を設けるために、選択部106は、第2の光学部112と第3の光学部113の間に、ミラーやレンズを用いてテラヘルツ波を集光させる光学部をさらに備えている。

20

【0015】

これにより、物体107からのテラヘルツ波のうち、物体107における第1の位置121からのテラヘルツ波を選択的に検出することができる。これは、物体107内部の所望する界面（物体107内部の集光された位置）以外からのテラヘルツ波については、その強度分布が検出部102において広げられるためである。また、上記の構成により、周波数スペクトルの分解能を比較的向上させることもできる。なお、周波数スペクトルの分解能は、テラヘルツ波の時間波形の時間長の逆数に依る。

【0016】

ここで、第3の位置123は、検出部102の検出面（図2の208）にあるように構成されることが好ましい。このとき、検出部102が光伝導素子の場合、第3の位置123は上記電極対の間隙で、且つ上記電極対が設けられる上記光伝導膜における面にあるように構成される。これにより、物体107における第1の位置121からのテラヘルツ波の検出の精度を向上させることができる。

30

【0017】

また、上述のテラヘルツ時間領域分光法を行う場合、検出部102で検出したテラヘルツ波を用いて、物体107における第1の位置121で反射したテラヘルツ波の時間波形を取得する時間波形取得部131を備えることが好ましい。このとき、遅延光学部103を備えることで、テラヘルツ波を検出するタイミングを変更することができる。そして、遅延光学部103を上記時間波形の時間領域（以下、測定時間領域とも呼ぶ。）に応じて制御する制御部132を備えることで、テラヘルツ波の時間波形を取得することができる。このとき、上記時間領域は、検出部102で検出されるテラヘルツ波の強度に応じて設定されることが好ましい。以上については、下記の実施形態3で詳述する。なお、上記設定は、処理部105で行うことができる。また、時間波形取得部131及び制御部132は、処理部105に設けられても良いし、互いに別々に設けられても良い。

40

【0018】

また、第3の光学部113と検出部102との間に配置される開口部（図4の511）を備えることが好ましい。このとき、開口部は、物体107からのテラヘルツ波のうち、物体107における第3の位置123に集光するテラヘルツ波を選択的に透過するように配置される。以上については、下記の実施形態1で詳述する。

50

## 【0019】

(実施形態1)

図1は、本発明のテラヘルツ波分析装置及び方法の一実施形態の概略構成図である。図1のように、本分析装置は、時間領域でテラヘルツ波パルスの時間波形を構築する部分と、テラヘルツ波パルスを選択する選択部106を有する。

## 【0020】

時間領域でテラヘルツ波パルスの時間波形を構築する部分は、公知のTHz-TDS装置の基本構成を踏襲している。すなわち、この部分は、発生部101、検出部102、遅延光学部103、レーザ源104、処理部105を含む。

## 【0021】

発生部101は、テラヘルツ波パルスを発生する部分である。発生部101でのテラヘルツ波発生方法には、瞬時電流を利用する手法やキャリアのバンド間遷移を利用する手法がある。瞬時電流を利用する手法としては、半導体や有機結晶の表面にレーザ光を照射してテラヘルツ波を発生する手法や、半導体薄膜上に金属電極でアンテナパターンを形成した光伝導素子に電界を印加して印加部にレーザ光を照射する方法が適用できる。また、PINダイオードが適用できる。利得構造を利用する手法としては、半導体量子井戸構造を用いる手法が適用できる。

## 【0022】

検出部102は、テラヘルツ波パルスの電界強度を検出する部分である。検出部102での検出方法には、光伝導による電界強度に対応した電流を検出する手法、電気光学効果を用いて電場を検出する手法、磁気光学効果を用いて磁場を検出する手法などがある。光伝導による電流を検出する手法としては、光伝導素子が適用できる。電気光学効果を用いて電場を検出する手法としては、直交偏光子と電気光学結晶を使った手法が適用できる。磁気光学効果を用いて磁場を検出する手法としては、直交偏光子と磁気光学結晶を使った手法が適用できる。検出部102に入射するテラヘルツ波は、検出部102に焦点を結ぶことで単位面積あたりの強度を増やし、検出感度を高めることができる。

## 【0023】

レーザ源104は、超短パルスレーザを出力する部分である。発生部101と検出部102は、この超短パルスレーザによってキャリアが励起されることで動作する。図1のように、超短パルスレーザは、 $L_1$ と $L_2$ の二つの光路に分岐される。光路 $L_1$ を通る超短パルスレーザは、後述する遅延光学部103を介して発生部101に入力する。光路 $L_2$ を通る超短パルスレーザは、検出部102に入力する。

## 【0024】

遅延光学部103は、テラヘルツ波パルスの時間波形のうちの検出部102でサンプリングする位置を調整する部分である。具体的には、発生部101に入力される超短パルスレーザに対し、検出部102に入力される超短パルスレーザのタイミングを遅延ないし変化させる。この遅延時間の調整は、光学長を直接調整する手法と実効的な光学長を調整する手法がある。直接調整する手法としては、折り返し光学系と可動部を用いる方法がある。実効的な光学長を調整する手法としては、トリガ信号が伝搬する経路中の時定数ないし屈折率を変化させる方法がある。図1は、折り返し光学系と可動部を用いる例を示している。

## 【0025】

処理部105は、テラヘルツ波パルスの時間波形を構築する部分である。遅延光学部103による調整量と検出部102の出力を参照し、時間波形を構築する。ここで、周波数スペクトルを求める場合、この時間波形をフーリエ変換する。THz-TDS装置を分析装置として用いる場合は、サンプル107にテラヘルツ波を照射した時の時間波形の変化を求める。また、処理部105は、サンプル107と照射されるテラヘルツ波の相対的な位置をモニタすることで、サンプル107を可視化することができる。

## 【0026】

以上の構成は、THz-TDS装置として知られる一般的な構成である。発生部101

10

20

30

40

50

と検出部102は、サンプル107に対して反射配置をとっている。発生部101から発生したテラヘルツ波パルス $T_1$ はサンプル107で焦点を結び、テラヘルツ波パルス $T_1$ の一部は焦点を結んだ箇所の物性などに応じて吸収、散乱される。この結果、反射されたテラヘルツ波パルス $T_2$ は検出部102に入射して測定される。図5(a)は、この状態で装置が測定するテラヘルツ波パルスの模式図を示している。テラヘルツ波は波長が長い  
ため、焦点を結ぶ領域はサブmm~数mmである。これに加え、テラヘルツ波は、サンプル107の材料によっては透過性も優れているため、焦点以外から反射するテラヘルツ波パルスも測定することができる。

#### 【0027】

そのため、図1のようにサンプル107に複数の屈折率界面(A、B、C)が存在し、  
焦点位置を含めた測定可能範囲にこれらの界面が存在すると、テラヘルツ波パルスは、図  
5(a)のように複数の反射パルス(A、B、C)が重なって測定される。ただし、この  
状態で周波数スペクトルを求めると、複数の反射パルスが存在することに起因する干渉フ  
リンジがスペクトルに重畳する。本発明では、例えば図5(b)のように、これらの反射  
パルスから所望のテラヘルツ波パルス(図5(b)の場合、反射パルスB)を選択し、分  
析を行うものである。

10

#### 【0028】

このような分析を実現するため、本発明の分析装置は選択部106を有している。選択  
部106は、サンプル107からのテラヘルツ波パルス $T_2$ より、焦点位置から反射する  
テラヘルツ波パルスを光学的に選択する部分である。選択部106は、一組の曲率面を持  
つ鏡又はレンズから成る光学系を、テラヘルツ波パルス $T_2$ の経路に沿って二組以上配置  
する。

20

#### 【0029】

図2(a)は、選択部106について、一組の曲率面を持つ鏡で構成した例を示してい  
る。図2(a)では、この選択部106の構成例を選択部206と表現する。図2(a)  
において、選択部206は、4つの放物面鏡 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $M_4$ で構成されている。  
また、サンプル107は、界面A、B、Cを有しており、選択部206の焦点は界面Bに  
結ばれている例を示している。検出面208には、検出部102が配置される。ここで、  
一組の曲率面を持つ鏡とは、 $M_1$ と $M_2$ 、 $M_3$ と $M_4$ のように光の入力と出力において焦  
点を結ぶ光学系である。図2(a)では、この一組の曲率面を持つ鏡が二組配置されてい  
る例を示している。また、テラヘルツ波の経路とは、サンプル107に結ばれた焦点から  
検出面208に至るテラヘルツ波パルスが通る経路であり、鏡又はレンズはこの経路に沿  
って直列に配置される。この配置で、一段目の組の入力における焦点はサンプル107上  
の焦点位置に合わされ、その出力における焦点は次段の組の入力における焦点に合わさ  
れる。そして、以下の隣接する組間で、同様に焦点同士が合わされて、最終段の組の出力  
における焦点は検出部102の検出面上に合わされる。

30

#### 【0030】

選択部206の動作を説明する。一組の曲率面を持つ鏡が配置されると、界面Bの焦点  
位置から反射するテラヘルツ波パルスは再び焦点を結ぶが、例えば、焦点位置から外れた  
界面AやCから反射するテラヘルツ波パルスの像はぼやける。このような光学系を複数段  
連ねることで、この像のぼやけを増長させる。増長の程度によっては、テラヘルツ波パ  
ルスの一部が鏡にけられる。この結果、選択部206の焦点Bの像は、検出面208で再び  
焦点B'を結ぶのに対し、界面AとCの像A'とC'はぼやけて投影される。

40

#### 【0031】

検出部102におけるテラヘルツ波パルスの検出領域は、光路 $L_2$ を通り検出部102  
に結ばれる超短パルスレーザの焦点に相当する。典型的には、およそ数 $\mu\text{m}$ の直径を有す  
る領域である。例えば、検出部102として光伝導素子を適用する場合、この検出領域の  
サイズ程度のギャップを有するアンテナパターンを形成する。そして、このギャップに超  
短パルスレーザを照射し、超短パルスレーザによって誘起したキャリアが、テラヘルツ波  
の電界によって変動した際に生じる電流を検出する。

50

## 【0032】

選択部206の出力について、単位面積あたりのテラヘルツ波パルスの強度に換算すると、焦点像B'に比べ、A'とC'の像は広範囲に広がっているため強度が小さくなる。上述したように、検出部102の検出領域は小さいので、この検出領域に入射するテラヘルツ波パルスの強度は焦点位置によって変化する。この結果、図5(b)のように、焦点位置B以外から反射された成分の信号は減衰する。

## 【0033】

また、図2(b)は、選択部106について、一組の曲率面を持つレンズで構成した例を示している。図2(b)では、この選択部106の構成例を選択部306と表現する。一組の曲率面を持つレンズは、 $L e_1$ と $L e_2$ 、 $L e_3$ と $L e_4$ のように光の入力と出力において焦点を結ぶ光学系である。ここでは、この一組の曲率面を持つレンズが二組配置されている例を示している。この構成では、図2(a)の構成に比べ、テラヘルツ波の経路が直線状であるため、より光軸調整が容易となる。

10

## 【0034】

分析装置として汎用性を向上させるため、この焦点位置を調整する調整機構を備えることが望ましい。例えば、図3(a)のように、調整機構として、テラヘルツ波パルスに対しサンプル107を相対的に移動するサンプル移動ステージ409を備える構成を取り得る。また、図3(b)のように、調整機構として、テラヘルツ波パルス $T_1$ と $T_2$ の反射角度を調整するビーム走査機構410を備える構成を取り得る。特に、ビーム走査機構410を適用する場合、金コートした平板のようにテラヘルツ波パルスを完全に反射するサンプルを用いて、予め反射角度の変化に対するテラヘルツ波パルスの応答を確認しておくことが望ましい。そして、テラヘルツ波パルスの応答が変化しない範囲で焦点位置を調整する。

20

## 【0035】

このように、選択部106は、焦点位置以外の像が検出部102において広がって結像することを利用して、サンプル107上の焦点位置から反射されるテラヘルツ波パルスを選択している。この時、図4(a)のように、本発明の分析装置は、検出部102においてテラヘルツ波パルス $T_2$ の入射する側に開口部511を設けてもよい。このような構成によって、焦点位置以外の成分が検出部102に入力することを抑止し、焦点位置からの信号強度に対して差が生じるため、焦点位置からのテラヘルツ波を抽出することが容易となる。

30

## 【0036】

以上が、本実施形態の分析装置の構成等である。次に、動作について特徴を有する本発明の分析装置及び方法の他の実施形態について説明する。

## 【0037】

## (実施形態2)

実施形態2の分析装置及び方法の動作の一例を説明する。

図6(a)は、本実施形態の分析装置の動作フローを示したものである。本分析装置は、測定を開始すると、上述の調整機構を用いてサンプル107における焦点位置を調整する(S101)。この調整機構は、予め定められた焦点位置に手で調整してもよいし、自動で調整してもよい。この焦点位置は、サンプル107の内部構造が予測できる場合、その内部構造より決定する。分析装置は、この焦点位置を固定したまま、選択部106を介したテラヘルツ波パルスの反射時間波形を取得する(S102)。図1のように、焦点位置がBにある場合、Bから反射するテラヘルツ波パルスは検出部102で焦点を結び、AとCから反射するテラヘルツ波パルスは広がる。その結果、検出部102において、AとCから反射するテラヘルツ波パルスの強度は、Bから反射するパルスの強度に比べ低下する。図5(a)は、選択部106がない時、処理部105で構築される時間波形である。しかし、サンプル107から反射するテラヘルツ波パルス $T_2$ が選択部106を介することで、処理部105で構築されるテラヘルツ波パルスの時間波形は、図5(b)のように孤立波形に近づく。このため、本実施形態の分析装置によって得られる周波数スペクトル

40

50

は、複数の反射波の存在下でも干渉フリッジが抑制され、分析性能が向上する。

【0038】

(実施形態3)

次に、実施形態3の分析装置及び方法の動作の一例を説明する。これは、具体的には、実施形態2の変形例であり、テラヘルツ波パルスの取得の方法に関するものである。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

【0039】

テラヘルツ波パルスの時間波形の取得時間は、図1の遅延光学部103の調整量に依る。遅延光学部103は、テラヘルツ波パルスのサンプリングを行う位置を調整するものであるが、この位置の調整範囲によって時間波形の取得時間が決まる。実施形態2では、選択部106がない時(通常のTHz-TDS装置)と選択部106がある時の比較をするため、この取得時間の開始位置と範囲を固定にする例を示した。

10

【0040】

ところが、サンプル107の界面の特性と位置によっては、この固定にした取得時間の条件下では十分な分析が難しい場合がある。例えば、界面Bの特性による振動成分が収束する前に測定が終了すると、界面Bの情報が正しく反映されない時間波形を取得する可能性がある。本実施形態は、このような状況を回避するため、焦点位置によって選択したテラヘルツ波パルスの振動成分が減衰するまで所定の時間に亘って測定することを特徴としている。所定の時間は、少なくとも、選択したテラヘルツ波パルスの振動成分が減衰し収束するまでの時間を含むものである。

20

【0041】

本実施形態では、この所定の時間は、少なくとも選択したテラヘルツ波パルスの振動成分を含み、このテラヘルツ波パルスが生じてから所定の長さの時間領域としている。この所定の時間領域は操作者によって定められる。例えば、焦点位置Aから反射されるテラヘルツ波パルスを測定する所定の時間領域を図5(a)の測定時間とする時を考える。この時、焦点位置Bから反射されるテラヘルツ波を同じ時間領域で測定しようとする時測定時間が不足するため、図5(c)のように、追加測定部分を設定して同じ時間領域を設定する。分析装置の具体的な動作としては、遅延光学部103によって、テラヘルツ波パルスが生じたサンプリング点からの取得時間範囲が一定になるように制御する。そして、テラヘルツ波パルスを含む測定時間領域の窓の位置を、サンプル上の上記焦点位置に応じてずらしている。このような制御によると、測定時間範囲を固定することで、サンプル上の異なる焦点位置における物性の周波数スペクトルの分解能を一律にすることが容易になり、複数の取得情報の比較の信頼性が向上する。

30

【0042】

また、焦点位置の特性によっては、選択したテラヘルツ波パルスの振動成分が減衰し収束することが考えられる。このような場合、所定の時間は、選択したテラヘルツ波パルスの最大振幅に対して振動成分が所定量減衰するまでの時間とする態様も可能である。この振動成分の減衰の所定量として、焦点位置から反射するテラヘルツ波パルスの最大強度に対して、典型的には少なくとも-40dB程度に設定することが望ましい。これは、この所定量が小さいと(すなわち減衰量が十分でない)テラヘルツ波パルスを孤立波とみなし難くなるからである。このことは、例えば、周波数スペクトルのノイズフロアを低減する手法としてよく用いられる時間波形の加算平均を適用した時、この低減効果を小さくする。このような制御によると、テラヘルツ波パルスの振動成分の減衰具合に応じて測定時間範囲を調整できるので、測定効率の向上が期待できる。

40

【0043】

本実施形態によると、テラヘルツ波パルスの時間波形を測定する時間領域を調整することによってサンプルの界面の物性によって変化したテラヘルツ波パルスの時間波形を確実に取得することができる。そのため、分析の信頼性が向上が期待できる。

【0044】

(実施形態4)

50

実施形態4の分析装置及び方法の動作の一例を説明する。これは、具体的には、実施形態2の変形例であり、テラヘルツ波パルスの焦点位置の調整方法に関するものである。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

【0045】

本実施形態では、図6(a)の焦点の位置調整ステップ(S101)について、サンプル上で焦点位置を走査し、各焦点位置からのテラヘルツ波パルスをモニタすることで、焦点位置を決定する。この焦点位置の走査は、上述の調整機構を用いる。テラヘルツ波パルスのモニタは、テラヘルツ波パルスを1サイクル程度含む測定時間領域で行うように、遅延光学部103を調整する。このようにして得られた焦点位置に対応するテラヘルツ波パルスの情報を参照して、焦点の位置調整ステップ(S101)では、焦点位置を調整する。

10

【0046】

このようにサンプル107の分析を行う前に予備測定を行い、焦点位置を定めることで確実に所定の焦点位置から反射するテラヘルツ波パルスの分析を行うことができ、作業効率が改善する。

【0047】

(実施形態5)

実施形態5の分析装置及び方法の動作の一例を説明する。これは、具体的には、実施形態2の変形例であり、テラヘルツ波パルスの焦点位置の調整方法に関するものである。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

20

【0048】

図6(b)は、本実施形態の分析装置の動作フローを示したものである。これまで説明した実施形態と異なる点は、焦点位置を調整するために、サンプル107を構成する界面からの反射波形を一度取得し、この反射波形より調整位置を決定することにある。そのために、図4(b)で示すように、分析装置は測定系を選択する選択機構612を有する。

【0049】

選択機構612は、パルス選択部106と検出部602aを有する測定系と、検出部602bを有する測定系を切り替える機能を有する。例えば、選択機構612の構成としては、ミラーなどの光学素子を用いて、テラヘルツ波パルスが伝搬する経路を光学的に切り替える構成が可能である。また、選択機構612として、これら2つの測定系を機械的に移動し、配置によって測定系を切り替える構成も可能である。配置によって測定系を切り替える構成の場合、検出部602aと602bを共通にし、パルス選択部106はテラヘルツ波パルスの伝搬経路に対して出し入れ可能な構成とすることもできる。いずれの場合においても、本実施形態の分析装置は、選択機構612によって、サンプル107の界面の反射波形を取得し、この反射波形より焦点位置の時間波形を選択して取得できる構成であればよい。

30

【0050】

図6(b)のように、測定を開始すると、分析装置は、サンプル107を構成する界面からの反射波形を取得し得る測定系を選択する(S201)。この状態で、パルス選択部106を介さずにサンプル107より反射するテラヘルツ波パルスの時間波形を測定する(S202)。サンプル107の内部構造が、図1に見られるように界面A、B、Cを含む場合、この工程で測定される時間波形は、図5(a)のようになる。図5(a)に見られる反射パルスは、各界面に相当している。そこで、分析装置は、この時間波形のデータ(1)より焦点位置を決定し調整する(S203)。

40

【0051】

次に、サンプル107から反射するテラヘルツ波がパルス選択部106を介するように、分析装置は測定系を変更する(S204)。この時、測定系の選択によって、サンプル107から検出部602bに至る光路長が変化する場合、分析装置は、遅延光学部103もあわせて調整する。この状態で、分析装置は、焦点位置によって選択されたテラヘルツ波パルスの測定を行う(S205~S206)。

50

## 【 0 0 5 2 】

このようにサンプル 1 0 7 の界面から反射する反射波形から焦点位置を定めることにより、分析装置は、確実に焦点位置から反射するテラヘルツ波パルスの分析を行うことができ、作業効率が改善する。

## 【 0 0 5 3 】

(実施形態 6)

実施形態 6 の装置及び方法を説明する。本実施形態では、これまで説明した分析装置を画像取得装置として用いる例を示す。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

## 【 0 0 5 4 】

これまで説明した分析装置は、焦点位置からのテラヘルツ波パルスの時間波形を測定し、分析するものである。この分析装置を画像取得装置として用いる場合、画像取得装置は、この焦点位置を走査し、サンプル上の各焦点位置におけるテラヘルツ波パルスをプロットすることでサンプルの画像を取得する。

## 【 0 0 5 5 】

画像取得装置の動作を説明する。尚、本実施形態では、焦点位置を走査する範囲において、サンプル 1 0 7 の界面の形状は、焦点が及ぶ領域以内で変化する。

## 【 0 0 5 6 】

図 7 ( a ) は、本実施形態の画像取得装置の動作フローを示したものである。図 7 ( a ) において、画像取得装置が測定を開始すると、画像取得装置は、サンプル 1 0 7 を構成する界面のうち、測定したい界面に焦点位置を調整する ( S 3 0 1 )。例えば、図 1 のサンプル 1 0 7 について、界面 B に焦点位置を調整する。そして、画像取得装置は、この焦点位置から反射するテラヘルツ波パルスの時間波形を測定する ( S 3 0 2 )。可視化は処理部 1 0 5 によって行われるが、ここでは、テラヘルツ波パルスの時間軸上の位置変化をプロットし、界面の構造を可視化するものとする。処理部 1 0 5 は、現在の焦点位置におけるテラヘルツ波パルスの時間軸上の位置を記憶する ( S 3 0 3 )。

## 【 0 0 5 7 】

次に、焦点位置の走査を行う。本実施形態では、サンプルの移動によって焦点位置を走査する。例えば、図 1 のサンプル 1 0 7 について、界面が存在する方向にサンプルを移動する ( S 3 0 4 )。尚、焦点位置の走査は、サンプル 1 0 7 に対して焦点位置が相対的に移動すればよいので、焦点位置の移動方法はこの方法に限らない。

## 【 0 0 5 8 】

所望の位置にサンプル 1 0 7 を移動した後、再び焦点位置から反射するテラヘルツ波パルスを測定し、テラヘルツ波パルスの時間軸上の位置を記録する ( S 3 0 2 ~ S 3 0 3 )。

## 【 0 0 5 9 】

そして、焦点位置の走査が終了するに従い、画像取得装置の動作を終了する。このような工程により、テラヘルツ波パルスの時間軸上の位置変化と焦点位置を対応させることで、界面の構造が可視化できる。尚、本実施形態では、テラヘルツ波パルスの時間軸上の位置変化を用いているが、可視化の手法はこれに限らない。例えば、界面の特性によって変化するテラヘルツ波の時間波形のうち、予め定められた時間波形の形状を有する位置をプロットし、分析を伴う界面の可視化を行ってもよい。また、テラヘルツ波の時間波形より周波数スペクトルを算出し周波数毎の可視化を行うことや、周波数スペクトルから材料や物性を取得し、これらの界面上の分布を可視化してもよい。

## 【 0 0 6 0 】

本実施形態に依ると、例えば、複数の階層の画像が混在した画像から所望の界面の画像を導く手法に比べ、特定界面の画像が選択されて可視化される。そのため、特定界面の画像情報の確認が容易となる。

## 【 0 0 6 1 】

(実施形態 7)

実施形態7の装置及び方法を説明する。本実施形態は、上述した分析装置を画像取得装置として用いる例を示す。具体的には、実施形態6の変形例である。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

【0062】

実施形態6で示した画像取得装置は、焦点位置を走査する範囲において、サンプル107の界面の形状は、焦点が及ぶ領域以内で変化していたが、実施形態7では、焦点が及ぶ範囲を超える界面情報の可視化を可能にする。そのため、本実施形態では、界面の位置が、焦点の及ぶ領域を越えそうになった場合、焦点位置を再調整する工程を追加している。

【0063】

図7(b)は、本実施形態の画像取得装置の動作フローを示したものである。画像取得装置が測定を開始すると、画像取得装置は、調整機構によって焦点位置を調整し(S401)、焦点位置を走査したことに伴うテラヘルツ波パルスの時間波形の変化をプロットする(S402~S404)。

【0064】

ここで、このテラヘルツ波パルスの時間波形について、装置は、焦点位置を調整した時に得られた時間波形の位置に対する変化分をモニタする(S405)。この変化分が焦点の及ぶ領域を越えると判断される場合、装置は、再び焦点位置の調整を行う(S401)。可視化においては、この焦点位置の調整量と時間波形の変化分をあわせて可視化を行う。焦点位置の調整を随時行っていくことで、装置は、界面の大まかな構造を追跡する。そして、時間波形の変化分の情報は、この大まかな構造から細かい構造を抽出する。

【0065】

このような動作を、焦点位置の走査範囲において繰り返し行う。

【0066】

本実施形態に依ると、調整機構の調整量と時間波形におけるパルスが発生する時間の情報を組み合わせることで、可視化できる領域を広げることができるので、より大きな構造体内部の情報の可視化が容易となる。そして、界面を追跡しながら可視化するので、より複雑な界面情報の可視化が容易となる。

【0067】

(実施形態8)

実施形態8の装置及び方法を説明する。本実施形態は、本発明の装置を画像分析装置に適用した例を示す。尚、これまでの説明と共通する部分の説明は省略する。

【0068】

図4(c)に、本実施形態の画像分析装置の概略構成図を示す。図4(c)において、サンプルは、顔料を重ね塗りした絵画であり、重ね塗りした境界が界面を形成している。この絵画の各界面には、少なくともテラヘルツ波領域に特異な吸収を有する顔料(P)で「T(第1の界面)」、「H(第2の界面)」、「Z(第3の界面)」という文字が描かれている。このサンプルは、走査機構1214に設置されている。画像取得装置1213は、これまでに説明した装置であり、サンプルに対し、所定の焦点位置にテラヘルツ波パルス $T_1$ を照射し、焦点位置から反射するテラヘルツ波パルス $T_2$ を測定する。走査機構1214は、この焦点位置を調整し走査する機能を有する。

【0069】

従来のテラヘルツ波の測定装置では、このサンプルの画像を取得すると、各界面の画像が重なって可視化され、顔料(P)で描かれた文字も重なってしまう。そのため、後処理で各界面に相当する画像を探し出す必要がある。本実施形態の装置では、例えば、焦点位置を第1の界面に調整し、界面の情報を可視化することができる。そして、物性の違いから顔料(P)の情報「T」を抽出し、読み取ることができる。焦点位置を第2、第3の界面に順次調整することで、「H」、「Z」という文字を読み取ることができる。

【0070】

尚、本実施形態では、絵画中の或る顔料で描かれた情報の取得例を示しているが、対象はこれに限らない。例えば、本など、重ねられた紙より、或るページの情報を読み取る装

10

20

30

40

50

置としても適用可能である。また、物体をコーティングする塗料について、或る階層の塗料の状態を検査する装置としても適用可能である。すなわち、界面が重なった物体について、或る界面の情報を取得する装置全般として本実施形態の構成は適用可能である。

【0071】

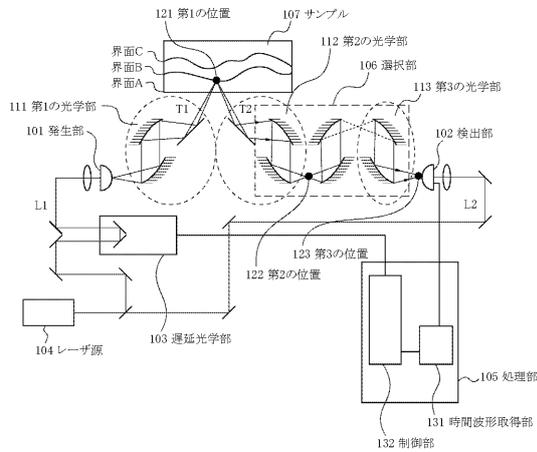
本実施形態に依ると、或る界面の画像情報が簡単に分析できるため、汎用性が向上する。

【符号の説明】

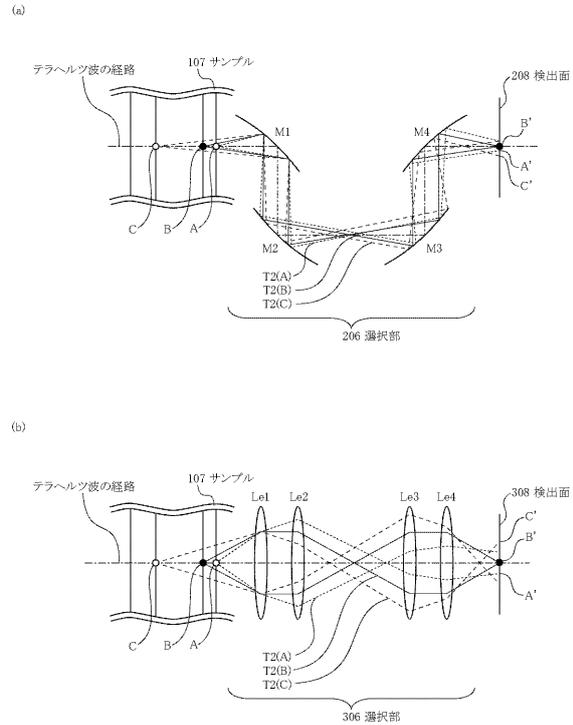
【0072】

- 101 発生部
- 102 検出部
- 111 第1の光学部
- 112 第2の光学部
- 113 第3の光学部
- 121 第1の位置
- 122 第2の位置
- 123 第3の位置

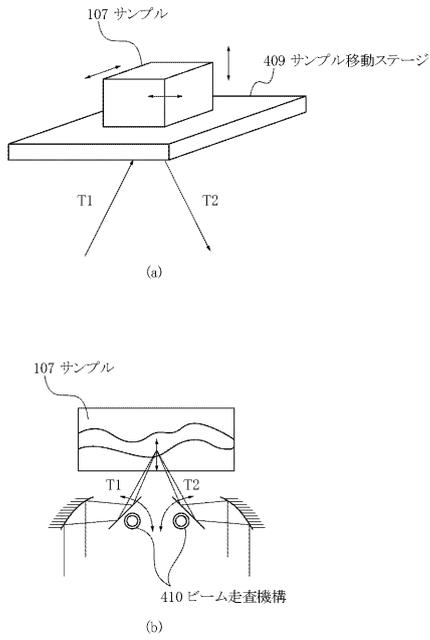
【図1】



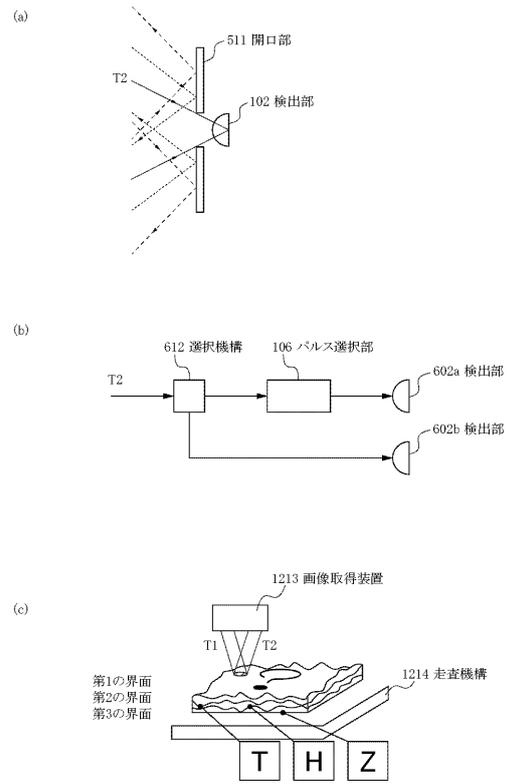
【図2】



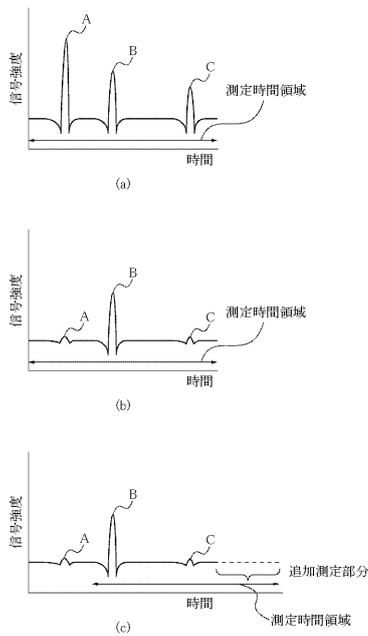
【図3】



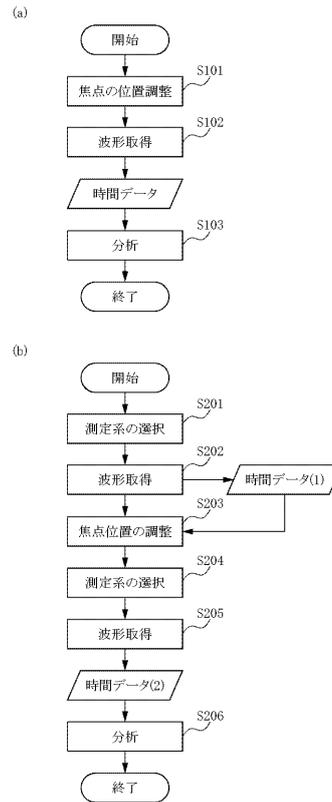
【図4】



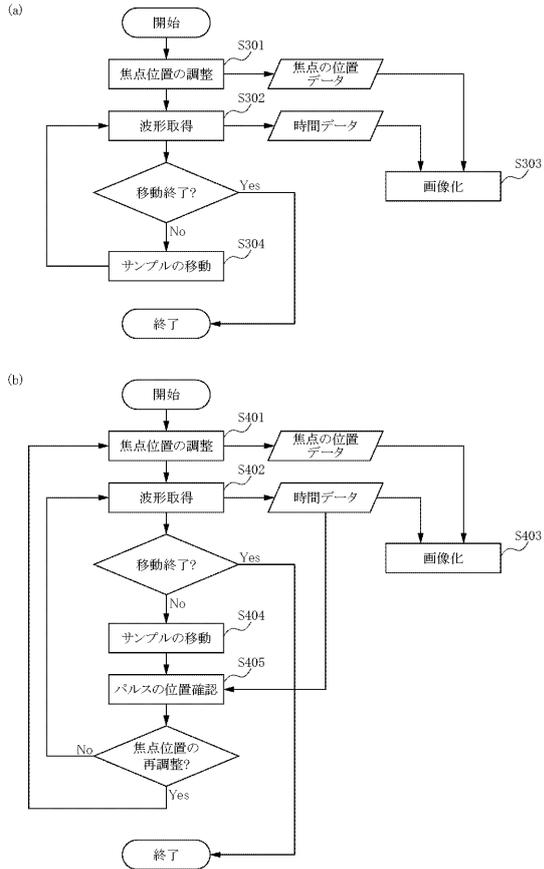
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-121513(JP,A)  
特開2007-281419(JP,A)  
特開2004-003902(JP,A)  
特開2003-232730(JP,A)  
国際公開第2006/092874(WO,A1)  
特開2003-083888(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/01  
G01N 21/17 - 21/61  
JSTPlus(JDreamIII)