

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5031330号
(P5031330)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 N 21/35 (2006.01) GO 1 N 21/35 Z

請求項の数 5 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-308711 (P2006-308711) (22) 出願日 平成18年11月15日(2006.11.15) (65) 公開番号 特開2008-122306 (P2008-122306A) (43) 公開日 平成20年5月29日(2008.5.29) 審査請求日 平成21年11月13日(2009.11.13)</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 100086483 弁理士 加藤 一男 (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 越柴 洋哉</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検体分析装置、及び検体分析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

テラヘルツ波を用いて検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手段と、
 符号パターンを生成する信号生成手段と、
 前記信号生成手段で生成された符号パターンを遅延させる遅延手段と、
 前記信号生成手段で生成された符号パターンによって、前記発生手段から発生したテラヘルツ波の位相を変化させて、該テラヘルツ波の周波数帯域を拡散する帯域拡散手段と、
 テラヘルツ波を検出する検出手段と、
 前記遅延手段で遅延された符号パターンによって、前記検出手段で検出される前のテラヘルツ波の位相を変化させて、該テラヘルツ波の周波数帯域を復元する帯域復元手段と、
 を有することを特徴とする分析装置。

【請求項2】

前記帯域拡散手段と前記帯域復元手段の少なくとも一方は、
 前記発生手段または前記検出手段をテラヘルツ波の伝播方向に前記符号パターンで振動させる振動部、
 伝播しているテラヘルツ波の位相を前記符号パターンで制御するための位相制御部、
 前記発生手段または前記検出手段を駆動するためのバイアスと励起光のいずれかを前記符号パターンで制御するための駆動制御部、
 のいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の分析装置。

10

20

【請求項3】

前記駆動制御部は、
前記発生手段または前記検出手段に入射する励起光の強度を前記符号パターンで変調するためのチョッパ、
前記発生手段または前記検出手段に入射する励起光の位相を前記符号パターンで制御するための励起光位相制御部、
のいずれかであることを特徴とする請求項2に記載の分析装置。

【請求項4】

前記帯域拡散手段と前記発生手段の組と、前記帯域復元手段と前記検出手段の組とが、夫々対応して複数組設けられ、
前記複数組それぞれに割り当てられた符号パターンにより、検体の領域ごと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。

10

【請求項5】

テラヘルツ波の伝播状態の変化より、検体の情報を取得する分析方法であって、
テラヘルツ波を発生する発生工程と、
前記発生工程において発生するテラヘルツ波の位相を符号パターンによって変化させて帯域を拡散する帯域拡散工程と、
前記帯域拡散工程において帯域拡散されたテラヘルツ波を検体に照射する照射工程と、
前記照射工程を経たテラヘルツ波を検出する検出工程と、
前記検出工程前のテラヘルツ波の位相を前記符号パターンによって変化させて帯域を復元する帯域復元工程と、
前記符号パターンを遅延させて前記帯域復元工程における帯域復元の実行タイミングを調整する遅延工程と、
を含むことを特徴とする分析方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、電磁波を用いて検体の情報を取得するイメージング装置などの検体分析装置、及び検体分析方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

近年、ミリ波からテラヘルツ波領域（30GHz乃至30THz）のうちの任意の帯域を有する高周波電磁波（以下、テラヘルツ波などとも呼ぶ）を用いた非破壊な検査技術が開発されている。テラヘルツ波には、生体分子をはじめとして、様々な物質の吸収線が存在することが知られている。この周波数領域の応用分野として、X線に替わる安全な透視検査を行うイメージング技術がある。また、物質内部の吸収スペクトルや複素誘電率を求めて、分子の結合状態を調べる分光技術がある。また、生体分子の解析技術、キャリア濃度や移動度を評価する技術等が期待される。

【0003】

この様な技術として、ピコ秒オーダのパルス信号（すなわちテラヘルツ波）を用いた非破壊な検査技術、及びイメージング技術が提案されている（特許文献1参照）。

40

【0004】

また、次の技術も提案されている（特許文献2）。この提案では、高速なイメージング技術の手段として、信号発生部分のアレイ化が行われる。この時、各信号発生部分から発生する信号のクロストークを回避するため、信号の符号化技術を用いている。ここでは、クロストーク回避の目的を達成するため、各信号発生部分から発生する電磁波に対し、定められた符号パターンによって信号の周波数帯域を拡散させる処理を施して、送信する。その後、受信された信号に対し、定められた符号パターンによって電氣的に相関演算を行い、各信号を切り分けて復元する。

【0005】

50

この様な信号拡散技術は、一般的に、信号の秘匿性を高め、信号のS/N比を高めるために用いられる。

【特許文献1】特開平10-090174号公報

【特許文献2】特開2004-333344号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、テラヘルツ波は、レーザ等の光デバイスで得られる最長波長領域の電磁波であり、ダイオード等の電子デバイスで得られる最短波長領域の電磁波である。そのため、テラヘルツ波の発生/検出効率は、未だ低いといえる。例えば、特許文献1で開示された提案で得られるテラヘルツ波は、マイクロワットオーダの微弱な信号であり、テラヘルツ波領域の検出器の検出感度は低い。そのため、検出されるテラヘルツ波も微弱となる。

10

【0007】

また、上述した様に、テラヘルツ波の占める波長領域は、光デバイスと電子デバイスで夫々制御できる波長の境界領域にあるため、一般的に、テラヘルツ波領域の検出器の検出感度には、波長依存性がある。この結果、特許文献2の提案の様に、帯域を拡散した信号を受信した後に電氣的に復元する工程を行うと、検出器の波長依存性の影響により、送信された信号を完全に復元できない可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題に鑑み、テラヘルツ波の伝播状態の変化より検体の情報を取得する本発明の分析装置は、発生手段と信号生成手段と遅延手段と帯域拡散手段と検出手段と帯域復元手段を有することを特徴とする。発生手段はテラヘルツ波を発生する。信号生成手段は、任意の符号パターンを生成する。遅延手段は、信号生成手段から発生する該符号パターンを遅延させる。帯域拡散手段は、信号生成手段より出力される該符号パターンによって、機械的手段などで、発生手段から発生するテラヘルツ波の位相を変化させて帯域を拡散する。検出手段は、検体により伝播状態が変化させられるテラヘルツ波を検出する。帯域復元手段は、遅延手段より出力される該符号パターンによって、機械的手段などで、検出手段で検出される前のテラヘルツ波の位相を変化させて帯域を復元する。上記分析装置は、例えば、検出手段で得られる信号を検体のテラヘルツ波照射点に対応させて配置して検体の性状に関するイメージングを行う手段を更に有することでイメージング装置として構成することができる。

20

30

【0009】

また、上記課題に鑑み、テラヘルツ波の伝播状態の変化より検体(検査対象)の情報を取得する本発明の分析方法は、発生工程と帯域拡散工程と照射工程と検出工程と帯域復元工程と遅延工程を含むことを特徴とする。発生工程では、テラヘルツ波を発生する。帯域拡散工程では、発生工程において発生するテラヘルツ波の位相を符号パターンによって変化させて帯域を拡散する。照射工程では、帯域拡散工程において帯域拡散されたテラヘルツ波を検体に照射する。検出工程では、照射工程を経たテラヘルツ波を検出する。帯域復元工程では、検出工程において検出される前のテラヘルツ波の位相を前記符号パターンによって変化させて帯域を復元する。遅延工程では、前記符号パターンを遅延させて帯域復元工程における帯域復元の実行タイミングを調整する。上記分析方法は、例えば、検出工程で得られる信号を検体のテラヘルツ波照射点に対応させて配置して検体の性状に関するイメージングを行うイメージング工程を更に有することでイメージング方法として構成することができる。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明における分析装置及び方法では、テラヘルツ波の位相を符号パターンによって変化させて帯域を拡散し、検出される前(例えば、直前)に、テラヘルツ波の位相を該符号パターンによって変化させて帯域を復元する。この様に、検出部側の検出特性に依らない信

50

号検出原理を用いるために、復元時において、検出部側の周波数特性の影響を小さく抑えることができ、比較的信頼性の高い信号検出、検体分析を実現できる。また、テラヘルツ波の位相を変化させ粗密によって拡散し、それを復元して検出するので、テラヘルツ波の発生/検出効率の低さに依る影響を軽減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。尚、図中、同一機能を担う要素に関しては、同符号を用いる。

【0012】

図1は、本発明の一実施形態における、検体の情報を取得する分析装置ないし方法の概略構成図である。図1において、本実施形態の分析装置は、発生手段である発生部101、検出手段である検出部102、駆動制御部103、波形成形部104、処理部109を含む。本明細書では、これらの構成を、便宜的に、信号検出部分と呼ぶ。また、本実施形態の分析装置は、信号検出部分で扱う高周波電磁波に対し、符号化技術によって拡散、復元を行うための信号処理部分を更に有する。信号処理部分は、帯域拡散手段である帯域拡散部105、帯域復元手段である帯域復元部106、信号生成手段である信号生成部107、遅延手段である遅延部108で構成される。

10

【0013】

上記信号検出部分は、高周波電磁波を用いて検体の情報を取得する部分、より具体的には検体の性状を分析する部分である。信号検出部分の発生部101は、検体の性状の分析に用いる高周波電磁波を発生する部分である。特に、本実施形態では、高周波電磁波として、テラヘルツ波を用いる。ただし、本発明で採用する信号検出原理によれば、テラヘルツ波に限るものではなく、赤外、可視光など、他の波長領域の電磁波を用いることもできる。

20

【0014】

本実施形態において、テラヘルツ波を発生する目的を達成できれば、発生部101の電磁波発生方式は問わない。例えば、量子カスケードレーザや共鳴トンネルダイオードの様な電流注入型の半導体素子を用いるデバイスが利用できる。また、非線形光学結晶を利用した発振器や、BW0(Backward-Wave Oscillator: 後進波発振管)の様な電子管を用いた発振器でもよい。また、半導体基板上に形成したアンテナ構造を用いて、光学的にスイッチングする方式のデバイスでもよい。更に、半導体基板自体にレーザを照射し、テラヘルツ波を発生させる方式のデバイスも利用可能である。

30

【0015】

検出部102は、発生部101で発生したテラヘルツ波を検出する部分である。検出部102についても、発生部101と同じく、テラヘルツ波を検出できれば、その検出方式は問わない。例えば、半導体基板上に形成したアンテナ構造を用いて、光学的にスイッチングする方式のデバイスがある。また、ポロメータの様な熱検出器や、電気光学効果を利用する方式のデバイスでもよい。また、ショットキーダイオードの様な半導体素子を利用する方式のデバイスでもよい。

【0016】

波形成形部104は、発生部101で発生したテラヘルツ波を光学的に所望の形状に成形し、検出部102に入射させる部分である。テラヘルツ波は、電波の持つ透過性の他に、光波の持つ直進性を或る程度併せ持っている。そのため、波形成形部104は、ミラーやレンズといった光学素子で構成することができる。本実施形態の分析装置は、波形成形部104で構築された光学系に検体を挿入し、検体によるテラヘルツ波の伝播状態の変化を検出部102で検出する。ただし、検体が一定の形を成さない気体などである場合は、当該分析システムを気体などが満ちた空間に単に配置するといった様な使い方もできる。

40

【0017】

尚、図1では、波形成形部104の光学系は、平行系で表現されているが、これに限らない。例えば、集光系でもよい。また、光学系に挿入される検体を走査する走査機構(不図示)

50

を含んでもよい。この様な走査機構を用いてテラヘルツ波を検体上で走査することで、イメージング装置とすることもできる。この様に、波形成形部104の形態は、分析装置の用途に応じて変化する。

【0018】

駆動制御部103は、発生部101と検出部102を駆動する部分である。そして、各駆動系を制御する制御系を含む。例えば、発生部101と検出部102に、バイアスを与えたり、励起光を照射したりする。駆動制御部103は、発生部101と検出部102の構成に応じて、その態様が変化する。

【0019】

処理部109は、検出部102で検出されたテラヘルツ波の信号を、所望のデータ形式に処理する部分である。例えば、検体のスペクトルを算出したり、屈折率などを算出したりする。また、上記した様に本実施形態の分析システムをイメージング装置として用いる場合、処理部109では、検体上の各走査点について算出データをプロットし、画像化を行う。

10

【0020】

尚、イメージング装置について、上記説明では、走査機構を用いて検体を走査する例を示したが、これに限らない。例えば、テラヘルツ波自体を走査する方式でもよい。要は、検体上に照射されるテラヘルツ波が、検体に対して相対的に走査されればよい。

【0021】

この様に、検体における分析点を走査する走査部を用いて、検出された信号を検体の分析点に対応させて配置することによって、検体の性状に関するイメージングを行うことができるが、次の様な態様も可能である。すなわち、複数の発生部と複数の検出部を用い、複数の検出部から得られる信号を検体の分析点に対応させて配置することによって、検体の性状に関するイメージングを行うこともできる。

20

【0022】

上記信号処理部分は、この様な検体の性状を分析する信号検出部分に対して設けられたものである。信号処理部分は、テラヘルツ波の検出感度を向上するために、符号化技術を用いて、機械的な手段や特性変化手段などによってテラヘルツ波を拡散、復元する。

【0023】

本明細書において、機械的な手段とは、或る構造物（例えば発振器や光学系）を物理的に動かし、その結果として、テラヘルツ波の位相を変調する手段のことを指す。また、特性変化手段は、或る構造物を介してテラヘルツ波が伝播する時、その構造物の特性（屈折率など）を変化させてテラヘルツ波の位相を変調する手段を指す。要は、こうした手段は、テラヘルツ波の発生、検出に直接係わる一連の制御系（上記駆動制御部103など）とは別にあり、更に、テラヘルツ波の伝播特性に作用を及ぼす制御系であれば、どの様なものでもよい。

30

【0024】

信号処理部分の帯域拡散部105は、機械的な機構などを用いて、発生部101から発生するテラヘルツ波の位相の状態を制御するものである。より具体的には、例えば、発生部101自体をほぼランダムに機械的に振動させる。ただし、位相の状態の制御方法はこれに限らない。例えば、発生部101より発生して伝播するテラヘルツ波に対し、位相を遅らせる機構を用いて位相の状態を制御する方法でもよい。また、発生部101からテラヘルツ波が発生するタイミングを変化させることによって、位相の状態を制御する方法でもよい。この様に、機械的な制御などによって、テラヘルツ波はほぼランダムな粗密波となって伝播する。

40

【0025】

帯域復元部106は、帯域拡散部105と同様な機械的な機構などによって、検出部102に入射するテラヘルツ波の位相の状態を制御するものである。帯域復元部106は、検体と検出部102との間にあればよく、例えば、検出部102の直前にあってもよいし、検体の直後にあってもよい。

【0026】

50

信号生成部107は、帯域拡散部105を構成する上記の如き位相制御機構の制御信号（拡散信号）を生成する部分である。この制御信号によって、発生部101から発生するテラヘルツ波の帯域、または発生部101より発生して伝播するテラヘルツ波の帯域が拡散される。

【0027】

他方、信号生成部107によって生成された制御信号は、遅延部108を経て、帯域復元部106を構成する位相制御機構の制御信号（復元信号）としても用いられる。ここで、遅延部108は、帯域復元部106に入力される制御信号の遅延状態を制御する部分である。本実施形態では、遅延部108は、帯域復元部106に入力される制御信号の遅延状態を制御し、ほぼランダムな粗密波となって検出部102に到達する前のテラヘルツ波と遅延制御された復元信号との相関演算が行われて信号が復元される。そして、この復元された信号が検出部102に入射して検出される。

10

【0028】

図8は、上記したテラヘルツ波の拡散、復元の動作を説明するイメージ図である。図8において、(a)は発生側の動作、(b)は検出側の動作を示している。図8(a)において、発生部101から発生する或いは発生しようとするテラヘルツ波の周波数特性は、拡散前の信号成分801と等価になる。信号生成部107により生成されたほぼランダムな制御信号（拡散信号）を用いて、帯域拡散部105の位相制御機構を制御すると、テラヘルツ波はほぼランダムな粗密波となって伝播する。この時の周波数特性は、拡散後の信号成分802となる。図8(a)の様に、拡散後の信号成分802は、拡散前の信号成分801に比べ、各周波数成分の強度は落ちるものの、周波数帯域はより広く占有する。尚、この周波数帯域の占有割合は、拡散に用いた制御信号の単位時間あたりの変化率やランダム性によって変化する。

20

【0029】

図8(b)において、復元前の信号成分803は、図8(a)における拡散後の信号成分802とほぼ等価である。ここで、ほぼ等価と表現したのは、テラヘルツ波の伝播中に、検体や外来ノイズの影響によって、変化するためである。検出部102に到達しようとする拡散されたテラヘルツ波は、帯域復元部106によって復元され、復元後の信号成分804となる。

【0030】

より詳しくは、信号生成部107により生成された帯域拡散に用いられる信号は、遅延部108によって、所望の値、遅延される。この遅延された制御信号（復元信号）を用いて、帯域復元部106の位相制御機構を制御すると、テラヘルツ波が検出される。つまり、制御信号（復元信号）によって、検出部102に到達しようとするテラヘルツ波との相関演算が行われる。この相関が十分にとれていないと（つまり遅延状態が適切でない）、復元されるべきテラヘルツ波は、再び拡散されてしまう。そのため、例えば、処理部109で、検出部102で検出されたテラヘルツ波の強度が最大となる様に、遅延部108の遅延量を制御する。

30

【0031】

本実施形態では、この制御された遅延量によって、連続波の位相変化や、パルス波の遅延状態を簡単に取得することができる。

【0032】

また、信号生成部107で生成された制御信号によって拡散されていないノイズ成分（一点鎖線で表現された復元前のノイズ成分805）は、検出部102において、相関がとれないため帯域が拡散する。そのため、この復元前のノイズ成分805の帯域特性は、図8(b)の様に拡散される（復元後のノイズ成分806参照）。このことから、検出部201に到達するノイズ成分とテラヘルツ波の信号成分のSN比が向上するため、検出部201の検出感度が向上する。

40

【0033】

また、上記実施形態では、発生部101、検出部102において、テラヘルツ波の帯域拡散、復元を行っているが、帯域拡散、復元を行う場所はこれに限らない。例えば、テラヘルツ波の伝播方向に対し、検体の前後に帯域復元、再拡散を行う態様も考えられる。この場合、高効率の伝播特性を保ちつつ、検体とテラヘルツ波の相互作用も、より高感度に検出することが可能になる。

50

【0034】

以上に説明した様に、上記実施形態では、テラヘルツ波の帯域を拡散させて伝播させるので、外来ノイズの影響を受け難い。より詳しくは、仮にノイズの影響を受ける周波数成分があっても、帯域が拡散されているため、相対的に影響を小さくすることができる。

【0035】

また、上記実施形態では、上記した様に、信号を検出する信号検出部分と、信号を高効率に伝播させ高感度に検出するための信号処理部分の信号経路が独立している。そのため、信号検出部分のシステム特性（システム周波数、周波数感度依存性など）に依らないシステムを構築できる。そのため、システムの高速化が容易になる。

【0036】

上記実施形態によれば、更に次の様な効果を奏することもできる。
上記課題の説明のところで述べた様に、テラヘルツ波の発生/検出効率は未だ低く、検出されるテラヘルツ波も微弱となる。一般的に、このような微弱な信号を検出する場合、ロックインアンプに用いられる様な、微小信号検出技術が使われる。このような微小信号検出技術では、信号の検出感度を上げるために、長い信号積算時間を確保する必要がある。このような検出システムに対し、特許文献2で提案される様な拡散技術を用いた信号伝送技術を適用すると、長い信号積算時間のために、受信可能な拡散信号の単位時間あたりの変化率が制限される。具体的には、検出器側の信号積算時間よりも短い時間で変化する速い信号成分は検出することが困難になる。この結果、受信した信号の相関を得るために多くの時間を要することになり、測定時間が長くなる。

【0037】

これに対して、上記実施形態では、伝播するテラヘルツ波の粗密によって拡散を行うものであるため、電磁波のON-OFFで拡散を行う方法に比べ、検出部が単位時間あたりに検出するテラヘルツ波の光量が比較的多くなる。よって、受信可能な拡散信号の単位時間あたりの変化率が制限される度合いが軽減される。こうして、検出感度が上がり、S/Nの向上やシステムの高速化が実現できる。

【0038】

また、検出器の波長依存性の影響により、補足しきれない波長領域の信号が存在し、単位時間あたりに検出器が検知するテラヘルツ波の光量が低下して、検出システム全体の検出感度が低下するという問題も、上記実施形態では軽減される。

【0039】

また、信号の検出感度を向上するため、特許文献1の提案の様にアンテナを用いる形態があり、この場合も、アンテナの周波数特性も加わってしまうため、検出器側の感度特性が問題になるが、この問題も、上記実施形態では軽減される。

【0040】

更に、上記実施形態では、機械的な手段などを用いて、テラヘルツ波を拡散、復元を行っている。具体的には、テラヘルツ波の発生、検出システムの光学的または電気的な信号検出部分に対して、機械的な手段などを用いる信号処理部分を付加する構成となっている。これらの部分は、基本的に独立して駆動している。そのため、検出部側の検出特性（検出器の周波数感度依存性やシステム周波数など）に依らず信号処理部分を構成できるので、秘匿性が高く、ノイズに強い検出動作が高速にできる。

【0041】

また、上記実施形態では、機械的な手段などを用いる変調によってテラヘルツ波を拡散し、遅延部によって、復元のタイミングを制御する方式を用いる。そのため、上述した様に、このタイミング（すなわち遅延時間）情報を用いることで、テラヘルツ波の位相シフトを同時に取得することができる。例えば、この位相シフトの取得は、従来のテラヘルツ波検出系では難しかった連続波の場合でも可能となって、位相情報の取得が可能になる。また、パルス波であっても、パルス波の遅延状態を瞬時に判断することができる。

【0042】

また、テラヘルツ波を拡散させて伝播させる方式であるため、大気中の影響（例えば水分

10

20

30

40

50

)を低く抑えることができる。そのため、水分子存在下であっても、伝播効率が高い検出システムを提供できる。

【実施例】

【0043】

以下に、より具体的な実施例について、図面を参照して説明する。

【0044】

(実施例1)

実施例1について説明する。本実施例は、上記実施形態の所で述べた分析装置ないし方法の一具体例である。尚、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0045】

図2に、本実施例における分析装置の概略構成図を示す。図2の様に、本実施例では、帯域拡散部105として、振動部205を用いる。また、帯域復元部106として、振動部206を用いる。更に、発生部101として、単一周波数成分を有するテラヘルツ波を出射する発振器201を用い、検出部102として、発振器201からのテラヘルツ波に対して検出感度を有する検出器202を用いる。

【0046】

単一周波数成分のテラヘルツ波を出射する上記発振器201としては、半導体素子の非線形性を利用した周波数逡倍器を用いる。ただし、これに限らない。例えば、量子カスケードレーザや共鳴トンネルダイオードの様な半導体素子を用いることもできる。また、非線形光学結晶を利用した発振器や、BWOの様な電子管を用いた発振器でもよい。発振器201は、単一周波数成分を外部に照射する目的を達成できれば、その態様は問わない。こうした発振器は小型化が容易で、比較的パワーの大きいコヒーレントな電磁波を出射することができる。また、コヒーレントな電磁波であるので、位相の状態を制御し易く、その変化を検出することが容易となる。

【0047】

上記検出器202としては、ショットキーダイオードを用いた検出器を用いる。ただし、これに限らない。例えば、その他の半導体素子を用いてもよい。ポロメータの様な熱検出器や、電気光学効果を利用する方式のデバイスでもよい。検出器202は、発振器201から照射されるテラヘルツ波を検出する目的を達成できれば、その態様は問わない。

【0048】

図2では不図示の駆動制御部103は、電源等、発振器201と検出器202を駆動させるためのシステムであればよい。

【0049】

振動部205と振動部206は、夫々、発振器201と検出器202をテラヘルツ波の伝播方向に振動させるアクチュエータである。例えば、ピエゾアクチュエータなどが用いられるが、これに限らない。信号生成部107と遅延部108は、これらの振動部205と振動部206を駆動させる部分である。信号生成部107と遅延部108の形態は、振動部205と振動部206の駆動方式によって変化する。信号生成部107は、時間的にほぼランダムな制御信号を出力する。振動部205は、この制御信号によって駆動され、発振器201をテラヘルツ波の伝播方向に振動させる。また、信号生成部107から発生した制御信号は、遅延部108を介して、振動部206を駆動する。そして、振動部206は、検出器202をテラヘルツ波の伝播方向に振動させる。

【0050】

振動部205と振動部206によって、発振器201と検出器202は、夫々、テラヘルツ波の伝播方向に前後に移動する。この時、移動パターンは、上記制御信号によって制御され、時間的にほぼランダムなものとなる。発振器201と検出器202が静止状態である場所を基準とすると、発振器201と検出器202の移動距離は任意である。ただし、好適には、使用するテラヘルツ波の波長の山と山の間隔(位相に換算して から -)、すなわち一波長程度の移動距離でよい。

【0051】

この様な構成によって得られる発振器201から発生するテラヘルツ波の伝播波形の例を、

10

20

30

40

50

図9に示す。発振器201をテラヘルツ波の伝播方向に振動させることにより、図9の様に、テラヘルツ波の強度の粗密波が形成される。本明細書において、粗密波とは、発振周波数に対して、周波数や位相を変調することによって得られる波形とする。本実施例では、このテラヘルツ波の粗密波によって、テラヘルツ波の帯域を拡散する。この拡散の割合は、粗密波の密度及び粗密パターンのランダム性に依る。

【0052】

検出器202は、このテラヘルツ波の粗密状態を解消する様な動作を行う。具体的には、振動部206によって、テラヘルツ波の伝播方向に検出器202の位置を制御する。例えば、検出器202に到達するテラヘルツ波に対し、粗密波の粗部分が到達しようとする時は、発振器201と検出器202を近づける方向に検出器202の位置を制御する。また、粗密波の密部分が到達しようとする時は、発振器201と検出器202を遠ざける方向に検出器202の位置を制御する。この様な移動制御を行うことでテラヘルツ波の粗密間隔を一定にして（帯域の復元に相当）、帯域復元されたテラヘルツ波を検出器202で検出する。

10

【0053】

上記した様に、このテラヘルツ波の粗密パターンは、信号生成部107から出力される制御信号に応じて、時間的にほぼランダムである。例えば、検出器202における位置制御のパターンがこの粗密パターンと異なる場合、検出器202の部分で、テラヘルツ波は更に帯域の拡散を受ける。詳しくは、よりランダムな粗密波を形成し、所望の周波数成分の強度が低下する。場合によっては、信号の検出自体が困難になる。この状態を避けるため、本実施例では、検出器202側の振動部206の制御信号は、発振器201側の振動部205の制御信号と同じものを用いる。更に、この制御信号の制御タイミングを遅延部108によって調整する。例えば、制御パターンが同じであっても、タイミングがずれると粗密パターンを復元することができないからである。

20

【0054】

この遅延部108による調整は、例えば、図2では不図示の処理部109によって、検出器202から出力される所望の周波数成分の強度をモニタすることで行う。具体的には、処理部109でモニタする所望の周波数成分の強度が最大になる様に、遅延部108における制御信号の遅延タイミングを調整する。このタイミング制御は、伝播するテラヘルツ波の位相ずれを検出することに相当する。そのため、既に述べた様に、例えば、テラヘルツ波の伝播経路中に置かれた検体による位相変化も検出することが可能となる。

30

【0055】

この様な制御を行うことにより、テラヘルツ波の帯域を拡散し、復元することができる。そのため、信号の高効率伝送を実現することができる。また、遅延部108の調整信号を用いて、連続波であっても、テラヘルツ波の位相変化の信号を取得することが容易となる。こうして高効率伝送される信号の位相変化などを検出することで、伝播経路中に置かれた検体の性状などの情報を取得し、検体の同定、物性測定、イメージ化などを行うことができる。

【0056】

尚、上記構成では、発生部と検出部の両方について、テラヘルツ波の伝播方向に機械的に振動させる振動部で夫々振動させていたが、どちらか一方のみを振動させる形態にもできる。

40

【0057】

(実施例2)

実施例2を説明する。本実施例は、上記実施形態の所で述べた分析装置ないし方法の他の具体例である。具体的には、テラヘルツ波の帯域拡散、復元の方式に関する実施例1の変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0058】

図3に、本実施例における分析装置ないし方法の概略構成図を示す。特に、図3(a)は、全体的な構成図を、図3(b)、(c)は、帯域拡散または復元の部分の構成図を示したものである。本実施例では、帯域拡散部105として、位相制御器305を用い、帯域復元部106

50

として、位相制御器306を用いる。実施例1と異なる点は、この帯域拡散部105と帯域復元部106が、夫々、発振器201と検出器202の外部に設けられている点である。

【0059】

位相制御器305と位相制御器306は、夫々、内部に位相変化部310を有する回転盤309と、この回転盤309の駆動機構によって構成する。位相変化部310は、図3(b)の様に、回転盤309の外周部に周期的かつ等角度間隔に配置されるか、図3(c)の様に、回転盤309の外周部にほぼランダムにかつ不連続的に配置される。すなわち、前者の位相制御器は、周期的な位相変化部を有する回転盤で構成され、後者の位相制御器は、符号パターンに準じたパターンによって配置される位相変化部を有する回転盤で構成される。

【0060】

発振器201から発生するテラヘルツ波は、位相変化部310を含む回転盤309の円周部を伝播する。この時、位相制御器305、位相制御器306及び位相変化部310は、テラヘルツ波を透過する部材で形成されている。ただし、位相変化部310を透過するテラヘルツ波は、位相変化部310以外を透過するテラヘルツ波と比べて、位相の状態が変化する。具体的には、位相変化部310を透過するテラヘルツ波は、位相の状態が進んだり、遅れたりする。

【0061】

この様な動作を実現するための方法として、位相制御器305を構成する回転盤309と屈折率が異なる部材で位相変化部310を構成することが考えられる。例えば、回転盤309を高抵抗シリコンで構成し、位相変化部310を石英で構成する。ただし、材料はこれに限らない。位相変化部310の屈折率が、回転盤309のそれと異なればよい。また、好適には、使用するテラヘルツ波に対して、共に透明であることが望まれる。

【0062】

また、ここでは、回転盤309自体をテラヘルツ波が透過する部材で構成する例を示したが、これに限らない。例えば、テラヘルツ波が伝播する円周部のみ、テラヘルツ波が透過する構成にすれば、金属等、不透明な部材で回転盤を形成できる。具体的には、テラヘルツ波が伝播する円周部に複数の窓を設け、各窓に、複数種類の位相変化部310を順次配置する構成であってもよい。また、位相変化部310の材料による屈折率の変化だけでなく、透過方向の厚みによっても、テラヘルツ波の位相を変化させることができる。

【0063】

また、回転盤による反射を避けるために、表面に無反射コーティング、もしくはSWS (Sub Wavelength Structure) 構造を作り込んでもよい。

【0064】

図3(b)の様に、位相の変化する位相変化部310が周期的に設けられる場合、信号生成部107は、回転速度がほぼランダムになる様に、位相制御器305と位相制御器306を夫々制御する。また、図3(c)の様に、位相の変化する位相変化部310の配置がほぼランダムである場合、信号生成部107は、一定の回転速度で、位相制御器305と位相制御器306を夫々回転させる。ただし、この時、回転速度もほぼランダムに制御することが可能である。

【0065】

本実施例では、発振器201と検出器202の外部において、伝播するテラヘルツ波の位相に対して以上の様な制御を行うことによって、図9の様なテラヘルツ波の粗密波を作り、テラヘルツ波の帯域を拡散し、復元する。本実施例では、回転系の帯域拡散部105、帯域復元部106を用いるため、高速な拡散、復元動作が可能になる。そのため、粗密波の密度も上げることが容易であり、より高効率な伝送が可能になる。

【0066】

尚、上記構成では、帯域拡散部と帯域復元部の両方について、伝播するテラヘルツ波の位相の状態を機械的に制御する位相制御器を用いているが、どちらか一方のみに用いる形態にもできる。

【0067】

(実施例3)

実施例3を説明する。本実施例は、上記実施形態の所で述べた分析装置ないし方法の更に

10

20

30

40

50

他の具体例である。具体的には、使用するテラヘルツ波の帯域に関する実施例1の変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0068】

図4に、本実施例における分析装置ないし方法の概略構成図を示す。本実施例では、発生部101として発生素子401を用いる。また、検出部102として検出素子402を用いる。これまでの実施例では、使用するテラヘルツ波は連続波であったが、本実施例では、パルス波を用いる。

【0069】

本実施例では、発生素子401と検出素子402として、夫々、半導体基板上に形成したアンテナ構造を用いる。また、半導体基板として、表面に厚さ1.5 μm のLT-GaAsエピタキシャル成長層を有する厚み100 μm のGaAs基板を用いる。アンテナ構造としては、中心に5 μm の間隙を有するダイポールアンテナ構造を用いる。このダイポールアンテナ構造のアンテナは、長さ30 μm で、金(AuGe/Ni/Au)を用い、通常の蒸着プロセスによって作製する。ただし、アンテナ構造はこれに限らない。扱う電磁波の周波数特性によって、アンテナのサイズや形状は変化する。また、半導体基板の材料もこれに限らない。

【0070】

上記アンテナ構造を発生素子401として用いる場合、アンテナの間隙にバイアスを印加し、フェムト秒オーダの超短パルス光を用いて間隙を光学的にゲートし、その時発生した電磁波をテラヘルツ波とする。ただし、発生方法は、この方式に限るものではなく、例えば、レーザ波長が異なる二種類のレーザの差周波を持つパルス光を用いて、ゲートする方法でもよい。

【0071】

上記アンテナ構造を検出素子402として用いる場合、フェムト秒オーダの超短パルス光を用いて間隙を光学的にゲートする。そして、この時発生したキャリアがテラヘルツ波の電磁場によって受ける変動を、電流値として検出する。検出方法も、上記した発生方法と同じく、これに限らない。

【0072】

本実施例では、発生素子401と検出素子402の駆動制御部103として、上記超短パルス光を発生するパルスレーザ光源403を用いる。パルスレーザ光源403は、上記超短パルス光を周期的に発生する。この結果、発生素子401から発生するテラヘルツ波は、定常的には周期的となる。尚、上記半導体基板は、このレーザ光源の波長によっても、変化する。

【0073】

上記した様に、伝播するテラヘルツ波を検出するためには、検出素子402にテラヘルツ波が到達すると同時に、超短パルス光を入射する必要がある。この超短パルス光の入射タイミングを制御するために、本実施例では、二つの遅延光学部411及び412を用いる。具体的には、遅延光学部411と遅延光学部412の光路差を利用して、発生素子401と検出素子402に夫々入射する超短パルス光の入射タイミングをずらして、上記検出素子402への超短パルス光の入射タイミングの制御を実現する。

【0074】

本実施例では、帯域拡散部105として、遅延光学部411を振動させる振動部405を用いる。また、帯域復元部106として、遅延光学部412を振動させる振動部406を用いる。これら振動部411、412の振動パターンは、これまでの実施例と同じく、信号生成部107によって制御される。本実施例においては、振動部411は、遅延光学部411を振動させることによって、発生素子401に入射する超短パルス光の入射タイミングをほぼランダムに変化させる。その結果、発生素子401から発生するテラヘルツ波は、図10の様に、発生タイミングがほぼランダムに変化させられる。一般的に、パルス波は、無数の連続波の集合体として表すことができる。上記の様に発生タイミングをほぼランダムに変化させることは、各連続波に対し、帯域の拡散を行うことに相当する。

【0075】

ここで、振動部405と振動部406の移動距離は任意である。ただし、好適には、変化するテ

10

20

30

40

50

ラヘルツ波の発生タイミングの変化幅を、パルスレーザー光源403が発生する隣接する超短パルス光の間隔内に収める様にさせる移動距離が望ましい。

【0076】

これまでの実施例と同じく、本実施例では、振動部406を制御して、ほぼランダムなタイミングで伝播するテラヘルツ波（パルス波）について、検出素子402への入射タイミングを一定にして（帯域の復元に相当）、帯域復元されたテラヘルツ波を検出する。この様な構成にすることで、本発明の原理を、パルス形状のテラヘルツ波を用いるシステムにも適用できることになる。

【0077】

上記実施例では、帯域拡散部と帯域復元部の両方で、発生部、検出部におけるテラヘルツ波の発生、検出の動作のトリガとなる制御光（上記超短パルス光）の入射タイミングを制御する遅延光学部と、これを機械的に振動させる振動部を用いていた。しかし、いずれか一方にのみこうした構成を用いる形態にもできる。

【0078】

（実施例4）

実施例4を説明する。本実施例は、具体的には、実施例3の変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0079】

実施例3は、検出素子402において、発生素子401より発生したテラヘルツ波パルスを実タイムに検出する形態を示している。しかし、使用するテラヘルツ波の周波数特性によっては、リアルタイムに検出することが難しい場合がある。本実施例は、この様なケースにも対応できる構成を有する例である。

【0080】

図5に、本実施例における分析装置ないし方法の概略構成図を示す。実施例3の構成と異なる点は、チョッパー513を設けている点である。このチョッパー513によって、発生素子401に入射する制御光の強度すなわち超短パルス光の振幅はチョッピング周波数による変調を受ける。この結果、発生素子401から発生するテラヘルツ波パルスの振幅は、チョッピング周波数に従って変調を受ける。

【0081】

上記の如くチョッパー513を加えた本実施例では、検出素子402には、例えば、ロックインアンプが接続されている。上記実施例3で述べた様に、検出素子402に入射する超短パルス光は、検出素子402を構成するアンテナの間隙を光学的にゲートする。ロックインアンプは、この光学的にゲートされた瞬間の信号を検出する。この時、超短パルス光によってゲートされた瞬間のテラヘルツ波の任意点の強度を検出することになる。そのため、このゲートするタイミングを遅延光学部412によって掃引し、時間領域のテラヘルツ波を取得する。このことは、言い換えると、超短パルス光によって、テラヘルツ波をサンプリングすることに相当している。この方法は、テラヘルツ時間領域分光法（THz Time Domain Spectroscopy, THz-TDS）と呼ばれることもある。

【0082】

本実施例では、この各サンプリング点について、振動部405と振動部406を用いて、発生素子401と検出素子402に夫々入射する超短パルス光の入射タイミングをほぼランダムに制御し、帯域の拡散、復元を行う。

【0083】

以上の様に、本実施例は、THz-TDS に対して、帯域の拡散、復元を行う信号検出方法を適用したものである。具体的には、上記した様に、チョッピング周波数によって変調されたテラヘルツ波の各サンプリング点に対して、帯域の拡散、復元を行う。このため、帯域の拡散に用いられる信号の周波数特性とチョッピング周波数の周波数特性を近づけることが容易になる。この結果、より広帯域に、帯域の拡散、復元を行うことが容易になる。そのため、より高効率で秘匿性の高い信号伝送が実現できる。

【0084】

10

20

30

40

50

(実施例5)

実施例5を説明する。本実施例は、具体的には、テラヘルツ波の帯域拡散、復元に関する実施例3の変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0085】

図6に、本実施例における分析装置ないし方法の概略構成図を示す。特に、図6(a)は、構成図を、図6(b)、(c)は、帯域拡散部または復元部の構成図を示したものである。本実施例では、帯域拡散部105として、位相制御器605を用いる。また、帯域復元部106として、位相制御器606を用いる。

【0086】

これらの位相制御器605、606の基本的な構成は、実施例2で説明した位相制御器305、306と同じであるため、説明を省略する。実施例2の位相制御器305、306との違いは、位相を制御する対象がテラヘルツ波から超短パルス光になったことである。そのため、位相変化部610は、超短パルス光に対して、透明である。

【0087】

本実施例では、位相制御器605、606によって、発生素子401及び検出素子402への超短パルス光の入射タイミングの制御を夫々行う。このことにより、テラヘルツ波パルスの帯域拡散、復元を行う。

【0088】

(実施例6)

実施例6を説明する。本実施例は、具体的には、テラヘルツ波の帯域拡散、復元に関する実施例4の変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0089】

図7に、本実施例における分析装置ないし方法の概略構成図を示す。本実施例では、帯域拡散部105として、位相制御器605を用いる。また、帯域復元部106として、位相制御器606を用いる。これらの位相制御器605、606の構成は、実施例5で説明したものと同様であるため、説明を省略する。

【0090】

本実施例では、位相制御器605、606によって、発生素子401及び検出素子402への超短パルス光の入射タイミングの制御を夫々行う。この時、図7の様に、チョッパー513を併用することによって、実施例4と同様に、テラヘルツ波の各サンプリング点について、超短パルス光の入射タイミングをほぼランダムに制御し、帯域の拡散、復元を行う。

【0091】

(実施例7)

実施例7を説明する。本実施例は、具体的には、これまで述べてきた位相制御器に関する変形例である。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0092】

これまで述べてきた位相制御器305、306、605、606は、材料物性が異なる物質の組み合わせを用いて、位相制御を行っている。本実施例では、この位相制御を行う物質として、外部の電界により、その屈折率が変化する電気光学素子を用いる。電気光学素子としては、BBO結晶、LiTzO₃結晶、KTP結晶、ZnTe結晶など、外部の電界によって屈折率が変化する物質であればよい。また、好適には、使用する波長に対して、或る程度透明である。

【0093】

このような物質を、例えば、位相制御器を構成する位相変化部310、610に用いることで、位相の状態の微妙な調整が可能になり、システム制御の自由度が上がる。また、このような物質自体を、位相制御器として用いることで、位相の状態が外部電界によって制御可能になる。このため、より広帯域に、テラヘルツ波を拡散させ、復元することが可能になる。従って、より高効率で秘匿性の高い信号伝送が実現できる。また、回転機構などの機構部品

10

20

30

40

50

がなくなるので、装置の小型化も容易になる。

【0094】

(実施例8)

これまでの実施例における分析装置ないし方法では、発生部101と検出部102に夫々対する帯域拡散部105と帯域復元部106は、共通の構造を用いている。例えば、実施例1では、振動器205と振動器206という共通の構造を用いている。しかし、帯域拡散部105と帯域復元部106は、場合に応じて、これまで述べてきた構成を組み合わせて使用することもできる。例えば、帯域拡散部105と帯域復元部106に夫々振動器と位相制御器を使用することもできる。

【0095】

更には、これまで述べてきた構成の組み合わせ(例えば、振動器と位相制御器)を帯域拡散部105と帯域復元部106に夫々用いることもできる。この場合、より広帯域に、テラヘルツ波を拡散させ、復元することが可能になる。

【0096】

(実施例9)

これまでの実施例における分析装置ないし方法では、発生部101と検出部102は各一つであったが、これら発生部101と検出部102の組を複数組設ける形態も可能である。このような形態をとることにより、より広範囲の分析を比較的短時間で行うことができる。例えば、こうした複数の組が、検体の各領域を分担して分析したり、使用する波長を異ならせて各波長領域において分担して検体を分析したりすることができる。また、各組が、同じ波長領域において検体を測定し、得られた信号の差分を取ってより精度の高い分析をすることもできる。複数組を用いる形態では、場合に応じて、各組に割り当てられる波長と符号パターンは適宜決めればよい。

【0097】

例えば、帯域拡散部と発生部の組及び帯域復元部と検出部の組が、夫々対応して少なくとも一つある形態において、組み合わせに応じて、任意の符号パターンを夫々の組に割り当てることができる。

【0098】

(実施例10)

実施例10は、実施例9における分析装置ないし方法の変形例である。本実施例では、各発生部101に用いる拡散信号(符号パターン)は、それぞれ直交している。このような形態にすることにより、各発生部101より発生するテラヘルツ波のクロストークを軽減することが容易になる。

【0099】

(実施例11)

本実施例11は、これまで述べてきた分析装置ないし方法の形態をイメージング装置ないし方法に適応させた例に係る。ここでも、既に説明した部分と共通する部分についての記載は、省略する。

【0100】

本実施例では、不図示の検体を走査する走査部を有する。そして、例えば、処理部109において、検体の各走査点ないし領域のテラヘルツ波の応答をプロットすることで検体の物性画像を取得できる。また、発生部101と検出部102の組が複数組ある場合、各組が担当する検体の各検出点ないし領域を、処理部109においてプロットすることで検体の物性画像を取得できる。また、発生部101と検出部102の組が複数組ある場合でも、走査部を組み合わせることで、より広範囲の画像を短時間で取得することができる。

【0101】

上記説明では、走査部は、検体を動かしているが、これに限らない。例えば、可動な光学系でテラヘルツ波自体を検体上で走査する様な形態も可能である。いずれにせよ、検体とテラヘルツ波が相対的に走査する機構であればよい。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 1 0 2 】

【図 1】本発明の実施形態を説明する概略構成図。

【図 2】本発明の実施例1を説明する概略構成図。

【図 3】本発明の実施例2を説明する概略構成図。

【図 4】本発明の実施例3を説明する概略構成図。

【図 5】本発明の実施例4を説明する概略構成図。

【図 6】本発明の実施例5を説明する概略構成図。

【図 7】本発明の実施例6を説明する概略構成図。

【図 8】帯域の拡散、復元を説明する図。

【図 9】連続波に対する帯域の拡散を説明する図。

10

【図 10】パルス波に対する帯域の拡散を説明する図。

【符号の説明】

【 0 1 0 3 】

101 発生手段（発生部）

102 検出手段（検出部）

103 駆動制御部

104 波形成形部

105 帯域拡散手段（帯域拡散部）

106 帯域復元手段（帯域復元部）

107 信号生成手段（信号生成部）

20

108 遅延手段（遅延部）

109 処理部

205、206、405、406 振動部

305、306、605、606 位相制御器

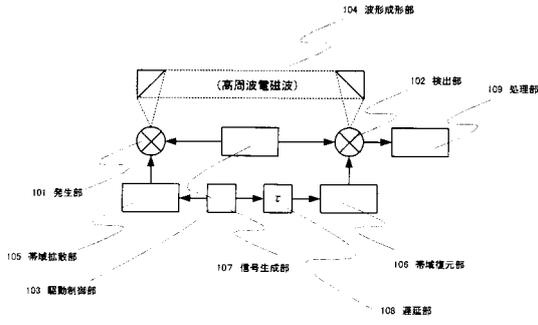
310、610 位相変化部

403 パルスレーザ光源

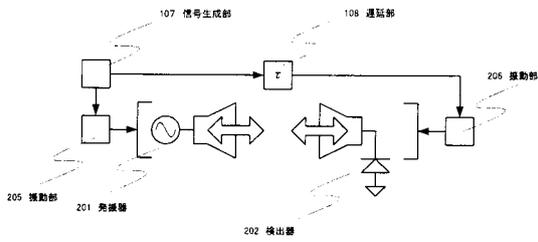
411、412 遅延光学部

513 チョッパー

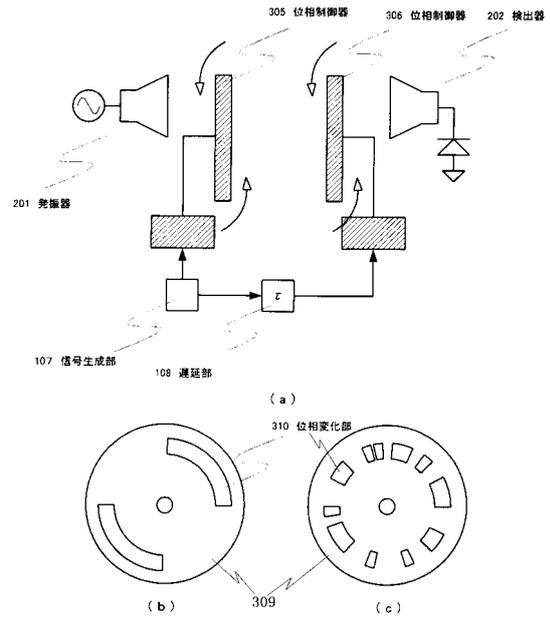
【図1】



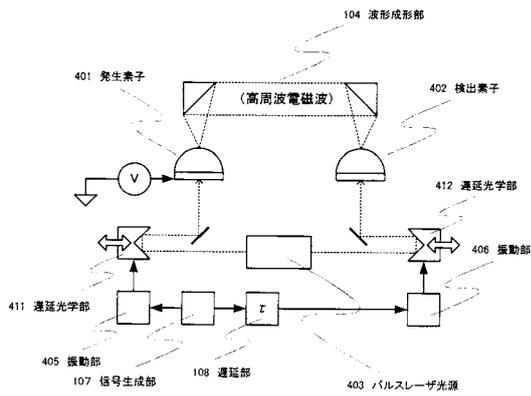
【図2】



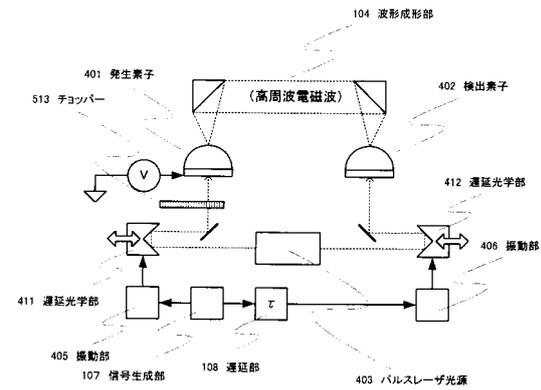
【図3】



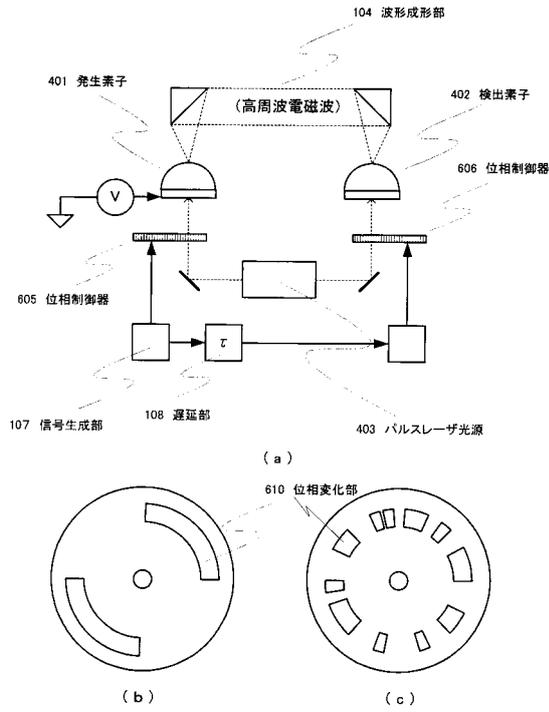
【図4】



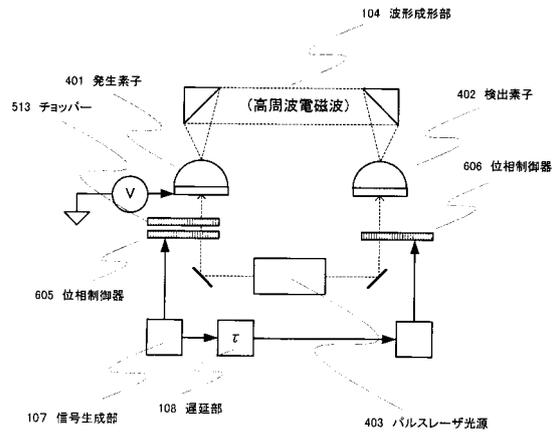
【図5】



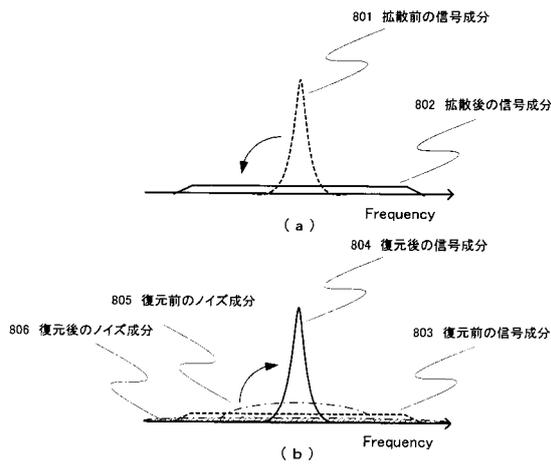
【図6】



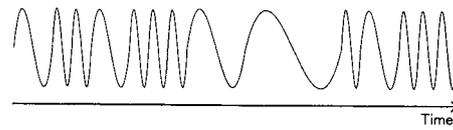
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-333344(JP,A)
特開2006-230657(JP,A)
特表2004-538063(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/00-21/61