

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4878180号
(P4878180)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月9日(2011.12.9)

(51) Int.Cl.

G 0 1 N 21/35 (2006.01)

F 1

G 0 1 N 21/35

Z

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-56493 (P2006-56493)
 (22) 出願日 平成18年3月2日 (2006.3.2)
 (65) 公開番号 特開2006-300925 (P2006-300925A)
 (43) 公開日 平成18年11月2日 (2006.11.2)
 審査請求日 平成20年6月19日 (2008.6.19)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-87326 (P2005-87326)
 (32) 優先日 平成17年3月24日 (2005.3.24)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 ▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電磁波を用いる検査装置

(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検査するための検査装置であつて、
 前記検体を保持する構造を内部に有する基板と、
 前記基板に設けられ、前記構造に保持された前記検体にテラヘルツ波を発信するための
 発信部と、
 前記基板に設けられ、前記検体からのテラヘルツ波を受信するための受信部と、を備え
 、

前記発信部と前記受信部とが、前記基板を挟んで対向して配置され、前記基板が前記テ
 ラヘルツ波を閉じ込める効果を有することを特徴とする検査装置。

10

【請求項 2】

前記発信部あるいは前記受信部が前記基板と密着していることを特徴とする請求項 1 に
 記載の検査装置。

【請求項 3】

前記検体を保持する構造は、検体を保持する部分が周期的に設けられている構造である
 ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の検査装置。

【請求項 4】

前記発信部あるいは前記受信部はアンテナ構造を有することを特徴とする請求項 1 から
 3 のいずれか 1 項に記載の検査装置。

【請求項 5】

20

前記アンテナ構造は、複数の導体から成り、該複数の導体間に間隙を有して対向配置したボウタイ型のアンテナであることを特徴とする請求項4に記載の検査装置。

【請求項6】

前記発信部あるいは前記受信部は、負性抵抗素子を有することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の検査装置。

【請求項7】

前記検体を保持する構造に前記検体を挿入するための検体挿入手段を備えることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の検査装置。

【請求項8】

前記検体挿入手段は、前記検体を前記検体保持部に噴射して挿入するためのインクジェットであることを特徴とする請求項7に記載の検査装置。 10

【請求項9】

前記発信部から発信するテラヘルツ波を発生させるための発生手段と、
前記受信部で受信したテラヘルツ波を検出するための検出手段と、
前記検体を保持する構造に保持された検体の物理的特性を予め保持しておくデータベースと、前記検出手段によって検出されたテラヘルツ波の情報と前記データベースが保持する情報とを比較する比較部と、を有することを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の検査装置。

【請求項10】

電磁波を用いて検体を検査するための検査装置であって、
前記検体を保持する構造を内部に有する基板と、
前記基板の上部に設けられ、前記構造に保持された前記検体に電磁波を発信するためのアンテナ構造を有する発信部と、
前記基板を介して前記発信部に対向して該基板の下部に設けられ、前記検体からの電磁波を受信するためのアンテナ構造を有する受信部と、を備え、
前記基板が前記電磁波を閉じ込める効果を有することを特徴とする検査装置。 20

【請求項11】

前記発信部または前記受信部が前記基板と密着していることを特徴とする請求項10に記載の検査装置。

【請求項12】

前記検体を保持する構造は、検体を保持する部分が周期的に設けられている構造であることを特徴とする請求項10または11に記載の検査装置。 30

【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物性の分析などを行う検査装置に関し、特にミリ波からテラヘルツ波領域の電磁波を用いる場合の検査装置である。また、検体の物性情報より検体の分析、同定などを行う技術にも関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、ミリ波からテラヘルツ波領域(30GHz～30THz)の高周波電磁波(以下、便宜的にテラヘルツ波と総称する)等を用いた非破壊な検査技術が開発されている。テラヘルツ波の周波数領域は、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。そのため、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が期待される。さらに、物質内部の吸収スペクトルや複素誘電率を求めて結合状態を調べる分光技術、生体分子の解析技術、キャリヤ濃度や移動度を評価する技術等も期待される。 40

【0003】

テラヘルツ波を用いた物体の検査装置として、図9のように、空間を伝搬するテラヘルツ波を物体4に照射し、物体4からの透過波の特性変化より物体4の構成材料を特定する

装置が開示されている（特許文献1、特許文献2）。この時、物体4を2次元に走査することによって、物体4内部の透過イメージング像を得ることができる。

【0004】

また、テラヘルツ波の周波数領域ではないが、このような検査装置を集積化した検査装置に関する技術が開示されている（特許文献3）。この素子11は、図10のように、発光素子2と受光素子7をそれぞれ有する半導体16を、流路10に相当する空隙が存在するように接合一体化している。この素子11は、発光素子2からの伝搬光の変化より、流路10に存在する対象成分の濃度を測定する。

【0005】

また、テラヘルツ波を送信／受信するための光学的にゲートされたテラヘルツ送受信機の構成例としては、図11のように半導体基板上に形成したアンテナ構造を用いることが多い。

10

【特許文献1】特開平8-320254号公報

【特許文献2】特開2002-257629号公報

【特許文献3】特開平6-018421号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

テラヘルツ波は、水分に対して強い吸収スペクトルが存在する。そのため、特許文献1のように、テラヘルツ波を大気中に伝搬させると、大気中に存在する水分の影響で電磁波は大きく減衰する。この大気が電磁波に及ぼす影響を軽減するためには、少なくとも、電磁波の伝搬路を取り囲む領域に関して、雰囲気を調整するといった手法が必要になる。この場合、この雰囲気を調整する手段のために、装置構成が大きくなるという懸念がある。また、大気中の物質の特性も同時に検出して、不要な信号成分も検出してしまい易いことから、ノイズ成分が大きくなるという懸念がある。

20

【0007】

そこで、上述の課題に鑑み、本発明は、電磁波の減衰を低減した検査素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

30

本発明は、

テラヘルツ波を用いて検体を検査するための検査装置であって、

前記検体を保持する構造を内部に有する基板と、

前記基板に設けられ、前記構造に保持された前記検体にテラヘルツ波を発信するための発信部と、

前記基板に設けられ、前記検体からのテラヘルツ波を受信するための受信部と、を備え、

前記発信部と前記受信部とが、前記基板を挟んで対向して配置され、前記基板が前記テラヘルツ波を閉じ込める効果を有する検査装置を提供するものである。

また、本発明は、

40

電磁波を用いて検体を検査するための検査装置であって、

前記検体を保持する構造を内部に有する基板と、

前記基板の上部に設けられ、前記構造に保持された前記検体に電磁波を発信するためのアンテナ構造を有する発信部と、

前記基板を介して前記発信部に対向して該基板の下部に設けられ、前記検体からの電磁波を受信するためのアンテナ構造を有する受信部と、を備え、

前記基板が前記電磁波を閉じ込める効果を有する検査装置を提供するものである。

【0009】

また、前記電磁波発信部より発生した電磁波が、前記基板内を伝搬し、電磁波の伝搬経路中に検体が存在し、前記電磁波受信部が、検体の存在によって変化した電磁波を受信す

50

るよう構成されていることが好ましい。

【発明の効果】

【0010】

これにより、検査装置を取り巻く雰囲気に起因する電磁波の減衰を抑制できるという効果がある。また、電磁波の伝搬経路中に不要な物質が混入するのを防止しやすい構成となっているので、検出感度が向上するという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明を実施するための具体的な構成について、図面を参照して説明する。尚、図中の同一要素に関しては、同符号を用いる。

10

【0012】

図1は、本発明の一実施形態における検査装置の概略構成を示した図である。図1のように、本実施形態の検査装置100は、検査対象である検体104を保持する構造を内包する検体保持部103の表面に対して、THz波発信部101とTHz波受信部102が密着して配置された構成を有している。そして、検体104は、検体保持部103が内部に有する構造内に保持されている。本実施形態では、図1のように、検体104を保持する検体保持部103の内部構造は、円柱形状であるが、この形状に限るものではなく、検体104を検体保持部103の内部に保持できる構造であればよい。また、検体保持部103は、検体104が外部より挿入可能な構造を有していることが望ましい。

20

【0013】

検体保持部103は、通常のMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 作製技術などに応用されるプロセス技術を用いて作製される。例えば、図6のように、検体保持部103を構成する2枚の基板の一部に凹部分を作製し、その後、樹脂系の接着層601を用いて、凹部分を向かい合わせる形で接着一体化するといった方法がある。ただし、これらの基板を接着する方法として、樹脂系の接着剤601を用いる方法に限るものではなく、これらの基板を接着一体化できる物質を用いる方法や方式であればよい。また、このような貼り合せの技術に限るものではなく、検体104を保持する構造を、検体保持部103の内部に作製できる方法であればよい。

【0014】

THz波発信部101とTHz波受信部102は、導体で構成されるアンテナ構造を有している。例えば、本実施形態では、図1のように、三角形の導体が、微小な間隙を隔てて頂点を向かい合わせて対向する構造を有している。このアンテナの形状は、ボウタイアンテナと呼ばれ、アンテナ高さH(各三角形の底辺間の距離に相当)から計算される波長より高周波側の電磁波信号に対して、アンテナとして機能する広帯域アンテナとして知られている。また、アンテナの中心角度によって、アンテナのインピーダンスが変化することも知られている。

30

【0015】

当然のことながら、本実施形態におけるアンテナ構造は、これに限るものではなく、必要とする帯域、指向性、インピーダンス整合などの特性により、適宜選択される。本実施形態では、アンテナ構造の中心部分に上記の如く微小な間隙を有している。上記背景技術のところで図11を参照して述べたように、この間隙を光学的にゲートすることにより電磁波を発生、検出する(発生する場合は、間隙にバイアスを印加し、検出する場合は、間隙にレーザ光を照射する)。ただし、これらの構造も、テラヘルツ波を発生、検出する手法によって適宜選択される。これらの構造は、通常のプリント技術で作製するが、この技術に限るものではなく、所望の導体パターンが形成できればよい。

40

【0016】

THz波発信部101は、このアンテナ構造の間隙を光学的にゲートすることによって、電磁波を発生する。例えば、検体保持部103として、LT-GaAsを表面にエピタキシャル成長したGaAs基板を用いた場合、電磁波の帯域はテラヘルツ波領域に存在することが知られている。ただし、検体保持部103に用いる材料はこれに限るものではな

50

い。例えば、電磁波利得を得られる利得構造を有する基板や、L T - G a A s エピタキシャル成長薄膜をS i 基板など所望の基板に転写した基板など、所望する電磁波の特性や検体保持部103の構造やプロセス条件などにより、適宜選択されるものである。

【0017】

上記したように、大気との界面における屈折率の差異などの関係で電磁波は基板内に閉じ込められ易く、発生したテラヘルツ波の多くは、検体保持部103内を伝搬する。テラヘルツ波の伝搬経路中に検体104が存在し、かつ検体104に特徴的な周波数吸収スペクトルがテラヘルツ波領域内の存在する場合、検体保持部103内を伝搬するテラヘルツ波の周波数成分の一部が吸収され、テラヘルツ波の伝搬状態が変化する。変化するパラメータとしては、位相の変化や強度の変化や電磁波の波形の変化などがある。望ましくは、検体104の吸収スペクトルが、テラヘルツ波領域内に存在していることが好ましい。しかし、検体104の吸収スペクトルがテラヘルツ波領域内に存在しなくても、検体104の持つ物理的特性（例えば屈折率や損失など）によって、検体保持部103内を伝搬するテラヘルツ波の伝搬状態は変化する。こうした変化がT H z 波受信部102で検出されるのである。

【0018】

このT H z 波受信部102では、上記したように、これを構成するアンテナ構造の間隙を光学的にゲートすることによって、検体保持部103内を伝搬するテラヘルツ波が検出される。本実施形態では、テラヘルツ波領域の電磁波を発生／検出するために、上記した光学的にゲートする方式を用いているが、この方式に限るものではなく、テラヘルツ波領域の電磁波が発生／検出できる方式（後述の実施例を参照）であればよい。

【0019】

また、図1のように、本実施形態では、T H z 波発信部101とT H z 波受信部102は、検体保持部104を挟んで対向配置されている。基板の厚さ方向上に配置することにより、基板の厚さを変えることにより、T H z の伝播距離を変化させることができるのである。ただし、この形態に限定されるものではなく、例えば、検体保持部104の同一面上に配置されてもよいし、対向配置される位置も、T H z 波発信部101とT H z 波受信部102がずれていてもよい。要は、T H z 波発信部101から発生し、検体104を中継して検体保持部103を伝搬するテラヘルツ波をT H z 波受信部102で受信できる配置であればよい。また、T H z 波発信部とT H z 波受信部の機能を兼ね備えた共通の構造体でもよい。

【0020】

以上に述べた検査装置100を用いて、実際に検体104の物性情報を取得し、検体104の分析、同定などを行う検査装置に適応した実施形態について、以下に述べる。

【0021】

図2のように、本実施形態の検査装置は、検査装置100に対し、さらに電磁波を発生させる発生手段201、電磁波を検出させる検出手段202が用いられている。本実施形態にある発生手段201は、検査装置100を構成するT H z 波発信部101からテラヘルツ波を発生させるためのデバイスや装置であれば、その形態は問わない。例えば、T H z 波発信部101が、上記したような間隙を有するアンテナ導体構造である場合、発生手段201は、この間隙をゲートするための光源と光学系及びバイアス印加用電源に相当する。同様に、本実施形態にある検出手段202は、検査装置100を構成するT H z 波受信部102が受信したテラヘルツ波を検出するためのデバイスや装置であれば、その形態は何でもよい。例えば、T H z 波受信部102が、上記したような間隙を有するアンテナ導体構造である場合、検出手段202は、この間隙をゲートするための光源と光学系及び電流検出手段に相当する。

【0022】

具体的には、検出手段202の光源として、フェムト秒のレーザ光源を用いる。そして、電流検出手段は、電流入力プリアンプと、テラヘルツ波の波形を形成するための情報処理装置で構成する。光源から発生したレーザによって、アンテナの間隙がゲートされた時

10

20

30

40

50

、電流入力プリアンプでは、アンテナに入射するテラヘルツ波の電界強度に応じた電流を検出する。ただし、この電流信号は、ゲートされた瞬間の電流値であるため、例えば、遅延光学系を用いて、アンテナの間隙に入射するレーザのタイミングを変化させて波形を観測する。情報処理装置では、各レーザのタイミングにおける電流値を時間領域でプロットし、テラヘルツ波を成形する。つまり、短パスルのレーザによって、テラヘルツ波をサンプリング検出していることに相当する。一般的に、この手法を用いた分光装置を、テラヘルツ波時間領域分光装置（T H z - T D S）と呼ぶ。このような手法によって、検出手段 202 では、テラヘルツ波を検出する。

【0023】

また、本実施形態の検査装置は、検査装置 100 に対し、検体挿入手段 203 を用いて、検査装置 100 の検体保持部 103 に、外部より、検体 104 を挿入する構成をさらに有している。そのため、検体挿入手段 203 は、検体保持部 103 に、分析に使用する検体を挿入する目的を達成できれば、その形態は問わない。例えば、アクチュエータを用いて挿入する方法や、インクジェット技術を用いて噴射し挿入する方法や、針を用いて挿入する方法や、毛細管現象などの界面における物理現象を用いて挿入する方法などがある。

【0024】

検出手段 202 では、検体保持部 103 を伝搬し、検体 104 の存在によってその伝搬状態が変化したテラヘルツ波の波形を、T H z 波受信部 102 より取得する。検体解析部 204 では、検出手段 202 によって取得したテラヘルツ波の情報と、予めデータベース 205 に記憶してある物質の情報を比較して、検体の分析、同定などを行う。例えば、検体解析部 204 では、検出手段 202 によって取得したテラヘルツ波の周波数スペクトルと、データベース 205 に記憶してある物質の周波数スペクトルを比較し、検体の構成成分を同定するといったことができる。ただし、比較情報としてはこれに限るものではなく、強度変化や位相変化の情報などを用いることも可能である。また、データベース 205 には、可能な限り多くの物質のデータが記憶されていることが望ましい。

【0025】

尚、本実施形態では、特にテラヘルツ波に注目しているが、テラヘルツ波の周波数領域外の電磁波についても、本発明の検査装置は適応可能であることは言うまでもない。

【0026】

以上のような構成と動作を有することにより、本実施形態の検査装置は、検出用のテラヘルツ波を、検査装置を取り巻く雰囲気に伝搬させることなく、検体 104 の分析、同定などを行うことができる。そのため、テラヘルツ波の減衰を抑制できるので、信号強度が強まり、検出作業が容易になるという効果がある。また、テラヘルツ波の伝搬経路中に不要な物質が混入するのを容易に防止することができるので、ノイズ成分（本実施形態の場合、不要な物質による電磁波の伝搬状態変化）を抑制し、検出感度が向上するという効果もある。さらに、検査装置の小型化も容易である。

【実施例】

【0027】

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。

【0028】

（実施例 1）

図 1 は、本発明における検査装置の一実施例を示したものである。尚、本実施例において、検査装置の動作検証は、電磁界シミュレータを用いて計算している。

【0029】

図 1 のように、本実施例の検査装置 100 は、T H z 波発信部 101、T H z 波受信部 102、検体保持部 103 で構成される。T H z 波発信部 101 と T H z 波受信部 102 は、図 1 のように、頂角 90 度の二等辺三角形の導体を対向配置したボウタイ型のアンテナ構造を有している。本実施例のアンテナ構造のアンテナ高さ H は 1 mm である。本実施例では、これらのアンテナ構造は、アンテナ構造の中心部分に 5 μ m の間隙を有している。本実施例において、上記アンテナ構造は、A u G e / N i / A u を用い、図 1 のよう

10

20

30

40

50

に、検体保持部 103 に対して対向するように蒸着プロセスで形成する。

【0030】

検体保持部 103 は、検体 104 を内部に殆ど隙間無く保持する基板である。検体保持部 103 は、図 6 のように、表面に厚さ $1.5 \mu\text{m}$ の LT-GaAs エピタキシャル成長層を有する厚み $100 \mu\text{m}$ の GaAs 基板の表面に、上記したようなプロセス技術によって、半径 $60 \mu\text{m}$ の半円柱状の凹部を作製し、この基板を樹脂系の接着剤 601 によって接着一体化する。結果として、厚み $200 \mu\text{m}$ の GaAs 基板内に、半径 $60 \mu\text{m}$ の円柱状の空間が作製される。

【0031】

本実施例では、THz 波発信部 101 と THz 波受信部 102 として、間隙を有するアンテナ構造を用いているので、上記したように、この間隙部を光学的にゲートすることによって、電磁波を発生 / 検出できる。この時の電磁波はテラヘルツ波となる。このようにアンテナ構造の間隙部を光学的にゲートするために、検査装置の発生手段 201 はフェムト秒レーザを用い、検査装置の検出手段 202 は、フェムト秒レーザの光が時間的に遅延する遅延光学系を有する光学装置で構成する。

【0032】

以上のように構成した検査装置 100 において、検査対象である検体 104 を円柱状の空間に挿入する。これにより、図 2 に示した検査装置は、検体 104 の存在によって伝搬状態が変化したテラヘルツ波を検出でき、検体解析部 204 において、データベース 205 の情報を参照することにより、検体 104 の分析、同定などが可能になる。

【0033】

図 7 は、検体 104 として DNA (誘電率 4.0、誘電正接 $\tan \delta = 0.01$) を用いた場合の、THz 波発信部 101 から THz 波受信部 102 までのテラヘルツ波の伝搬状態を計算したグラフである。図 7 において、実線は、検体 104 が存在する場合のテラヘルツ波の伝搬状態を示し、破線は、検体 104 が存在しない場合のテラヘルツ波の伝搬状態を示す。図 7 より明らかなように、検体 104 の存在によって、テラヘルツ波の周波数特性が低域側にシフトしている。また、周波数によって強度 (透過率) も変化していることが分かる。この計算では、検体 104 の物理的特性として、誘電率と誘電正接しか考慮していないが、この検体 104 に特徴的な周波数スペクトルによる電磁波の吸収という効果を考慮した場合、より顕著に周波数スペクトルの変化が起きることが予想できる。

【0034】

本実施例の場合、THz 波発信部 101 と THz 波受信部 102 は、検体保持部 103 に対して対向して配置されている。しかし、このような配置に限るものではない。例えば、上記したように、検体保持部 103 におけるテラヘルツ波の閉じ込め効果を利用すれば、THz 波発信部 101 と THz 波受信部 102 を同一平面上に作製しても、THz 波受信部 102 においてテラヘルツ波を検出することが可能になる。また、このようなテラヘルツ波の閉じ込め効果を応用すれば、検体保持部 103 に内包されている検体 104 が、必ずしも、図 1 のように THz 波発生部 101 の直下にある必要はなく、THz 波発信部 101 と THz 波受信部 102 を任意の位置に配置することができる。また、検査装置を構成する発生手段 201 と検出手段 202 の作業を交互に行うように装置を制御すれば、THz 波発信部 101 または THz 波受信部 102 のいずれか一つで、発生 / 検出作業を行うことも可能である。

【0035】

さらに、本実施例では、テラヘルツ波を発生 / 検出する方法として、フェムト秒レーザによって光学的にゲートする構成を述べているが、この方法に限るものではなく、例えば、以下のような形態も取り得る。

【0036】

図 4 のように、THz 波発信部 101 や THz 波受信部 102 の中心部分に負性抵抗素子 401 を挿入するような構成でもよい。負性抵抗素子 401 は、例えば、共鳴トンネルダイオード (RTD) やガンダイオードなどに代表される電磁波利得を得られる半導体素

10

20

30

40

50

子である。このような構成において、これらの負性抵抗素子 401 に外部よりバイアスを印加することにより、T H z 波発信部 101 よりテラヘルツ波が発生し、また、T H z 波受信部 102 でテラヘルツ波を検出することができる。このような検査装置 400 を用いる場合、検査装置のテラヘルツ波を発生させる発生手段 201 や、テラヘルツ波を検出させる検出手段 202 は、バイアス回路で構成される。

【0037】

また、上記した実施例では、T H z 波発信部 101 と T H z 波受信部 102 は、テラヘルツ波を発生、検出する素子も兼ねる構成であった。しかし、図 5 のように、T H z 波発信部 101 や T H z 波受信部 102 に対して、導波路を用いて、テラヘルツ波を発生または検出するような機能を持つ高周波回路 501 と接続するような構成としてもよい。

10

【0038】

以上のように、本実施例の検査装置は、テラヘルツ波を、検査装置を取り巻く雰囲気に伝搬させることなく、検体の分析や同定などを行うことができる。そのため、テラヘルツ波の減衰を抑制できるので、信号強度が強まり、検出作業が容易になる。また、テラヘルツ波の伝搬経路中への不要な物質の混入を防止できるので、ノイズ成分（本実施例の場合、不要な物質による電磁波の伝搬状態変化）を抑制し、検出感度が向上する。また、テラヘルツ波の閉じ込め効果を利用することにより、テラヘルツ波の発生 / 検出に用いる素子のレイアウトの自由度が上がるという効果がある。また、発生 / 検出作業を一つのアンテナ構造によって行うことで、検査装置の作製プロセスを減らし、作製コストを減らすことができるという効果がある。また、検査装置に、電磁波利得を有する半導体デバイスを挿入することで、検査装置は、テラヘルツ波を発生 / 検出するための光学系を大幅に削減できるので、装置の小型化が容易になるという効果がある。

20

【0039】

（実施例 2）

図 3 は、本発明における検査装置の第 2 の実施例を示したものである。尚、本実施例においても、検査装置の動作検証は、電磁界シミュレータを用いて計算している。図 3 のように、本実施例の検査装置 300 は、T H z 波発信部 101、T H z 波受信部 102、検体保持部 301 で構成される。図 3 において、上記した実施例 1 と、本実施例の検査装置 300 及び検査装置との大きな差異は、検体保持部 301 の内部に形成され検体 104（不図示）を保持する構造が、周期的に配置され、共振構造を有していることである。

30

【0040】

T H z 波発信部 101 と T H z 波受信部 102 は、上記した実施例 1 で述べたように、頂角 90 度の二等辺三角形の導体を対向配置したボウタイ型のアンテナ構造を有している。また、本実施例のアンテナ構造のアンテナ高さ H は 1 mm である。本実施例でも、これらのアンテナ構造は、アンテナ構造の中心部分に 5 μ m の間隙を有している。また、上記アンテナ構造は、A u G e / N i / A u を用いている。そして、上記した実施例 1 で述べたように、表面に厚さ 1.5 μ m の L T - G a A s エピタキシャル成長層を有する厚み 200 μ m の G a A s 基板内に共振構造を有する検体保持部 301 に対して対向するよう蒸着プロセスで形成されている。

40

【0041】

本実施例では、検体保持部 301 の共振部分の構造は、半径 9 μ m の円柱が、40 μ m の間隔で三角格子状に配置されている。このような構造は、現在の M E M S 技術で十分作製可能である。このような共振構造で検体 104 を保持することにより、検体保持部 301 を伝搬するテラヘルツ波は、検体 104 が存在する部分において、強く局在するため、検体 104 との相互作用が強まる。したがって、検体保持部 301 内を伝搬するテラヘルツ波の伝搬状態の検体 104 による変化も、より顕著になり得る。

【0042】

本実施例でも、T H z 波発信部 101 と T H z 波受信部 102 として、間隙を有するアンテナ構造を用いているので、この間隙部を光学的にゲートすることによって、電磁波を発生 / 検出することができる。この時の電磁波はテラヘルツ波となる。このように、上記

50

した実施例 1 と同様、アンテナ構造の間隙部を光学的にゲートする。

【0043】

以上のように構成した検査装置 300 に、検査対象である検体 104 を、周期的に配置された円柱状の空間に挿入する。これにより、図 2 に示した検査装置は、検体 104 の存在によって伝搬状態が変化したテラヘルツ波を検出でき、検体解析部 204 において、データベース 205 の情報を参照することにより、検体 104 の分析、同定などが可能になる。

【0044】

図 8 は、本実施例において検体 104 として DNA (誘電率 4.0、誘電正接 $\tan 0.01$) を用いた場合の、THz 波発信部 101 から THz 波受信部 102 までのテラヘルツ波の伝搬状態を計算したグラフである。図 8 において、実線は、検体 104 が存在する場合のテラヘルツ波の伝搬状態を示し、破線は、検体 104 が存在しない場合のテラヘルツ波の伝搬状態を示す。図 8 より明らかなように、検体 104 の存在によってテラヘルツ波の周波数特性が低域側にシフトしている。特に、本実施例において、共振周波数が 1 THz 付近になるように共振構造の形状を決めているが、図 8 を見ると、1.03 THz 付近の周波数成分が、検体 104 の存在によって、強度が大きく変化している様子が分かる。この計算では、検体 104 の物理的特性として誘電率と誘電正接しか考慮していないが、この検体 104 に特徴的な周波数スペクトルによる電磁波の吸収という効果を考慮した場合、より顕著に周波数スペクトルの変化が起きることが予想される。

【0045】

ここでは、検体保持部 301 の構造として、円柱状の空隙を三角格子状に配置した共振構造を用いているが、この構造に限るものではない。例えば、円柱状の空隙が四角形のように別の形状でもよい。また、配置方法も、三角格子状に限るものではなく、四角格子状でもよい。要は、検体保持部 301 の空隙の周期的な配置によって共振作用が実現できる構造であれば、その形態には拘らない。また、空隙の周期的な配置の一部に、周期性を乱すような構造が存在していてもよい。これは、フォトニックバンドギャップ構造中に、或る特定の周波数の電磁波のみが通る周期性を乱す構造を設けたものである。これにより、この特定の周波数の電磁波に対する検体 104 の影響が、より顕著に測定できることになる。

【0046】

また、本実施例でも、テラヘルツ波を発生 / 検出する方法として、フェムト秒レーザによって光学的にゲートする構成を述べているが、この方法に限るものではなく、例えば、上記した図 4 のような形態をも取り得る。さらに、実施例 2 でも、THz 波発信部 101 と THz 波受信部 102 は、テラヘルツ波を発生、検出する素子も兼ねる構成であるが、上記した図 5 のような構成を有してもよい。

【0047】

以上のような実施例 2 の検査装置は、上記実施例 1 で述べた効果の他に、次のような効果を有する。テラヘルツ波を、検体が存在する部分に局在させることによって、テラヘルツ波と検体との相互作用を強くできるので、検出感度が向上し、精度の良い分析や同定などが容易になる。

【産業上の利用可能性】

【0048】

以上説明したように、本発明を利用すれば、タンパク質等を分析や同定するための検査装置などに応用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図 1】本発明における実施形態と実施例 1 の検査装置を説明するための図である。

【図 2】本発明における検査装置の一構成例を示す図である。

【図 3】本発明における実施例 2 の検査装置を説明するための断面図である。

【図 4】実施例における検査装置の変形例を説明するための上面図である。

10

20

30

40

50

【図5】実施例における検査装置の変形例を説明するための上面図である。

【図6】本発明における検査装置の作製例を説明するための図である。

【図7】本発明における実施例1の検査装置の動作を説明するための図である。

【図8】本発明における実施例2の検査装置の動作を説明するための図である。

【図9】テラヘルツ波を用いた検査装置の背景技術を説明する図である。

【図10】光を用いた検査装置の背景技術を説明する図である。

【図11】テラヘルツ波の発生/検出原理を説明するための図である。

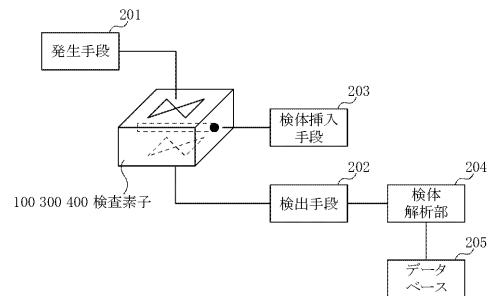
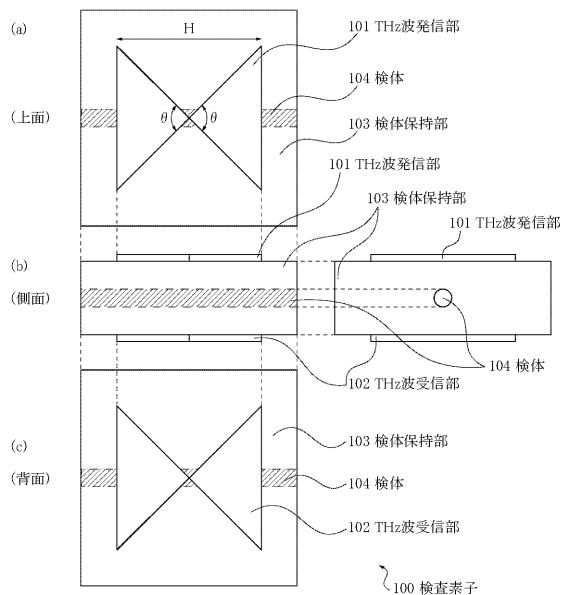
【符号の説明】

【0050】

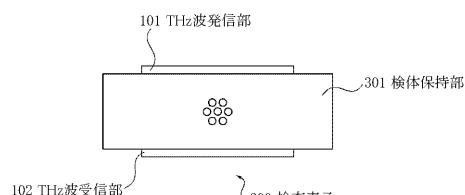
100、300、400	検査素子	10
101	THz波発信部	
102	THz波受信部	
103、301	検体保持部(基板)	
104	検体	
201	発生手段	
202	検出手段	
203	検体挿入手段	
204	検体解析部	
205	データベース	
401	負性抵抗素子	20
501	高周波回路	

【図1】

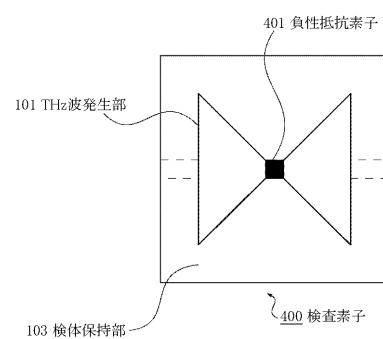
【図2】



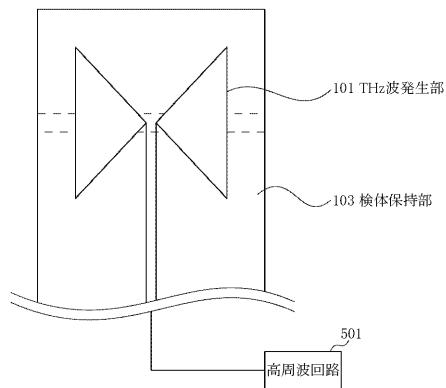
【図3】



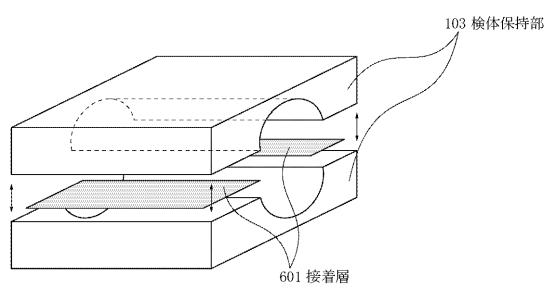
【図4】



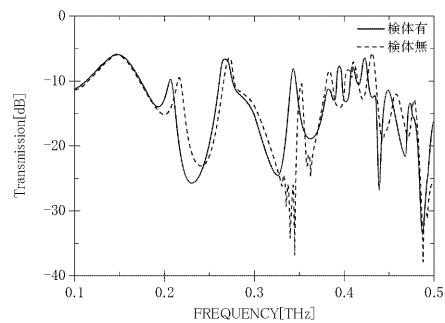
【図5】



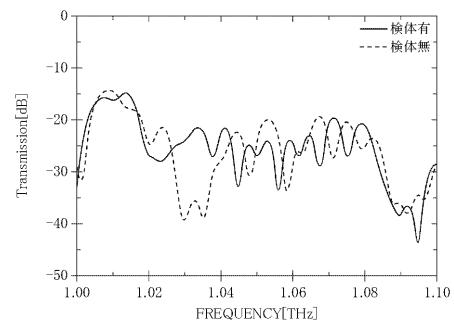
【図6】



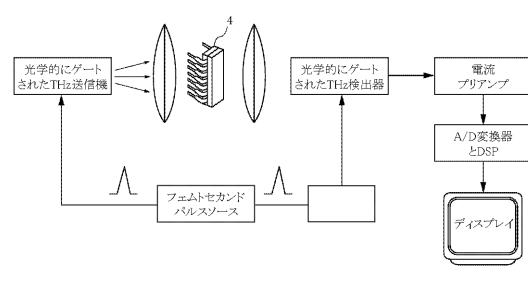
【図7】



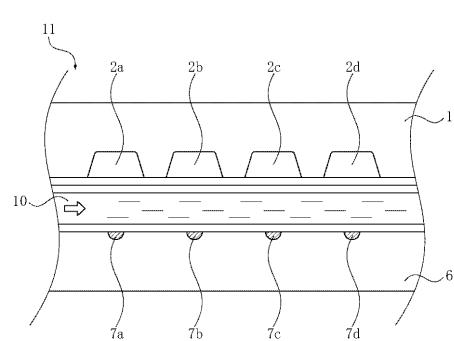
【図8】



【図9】

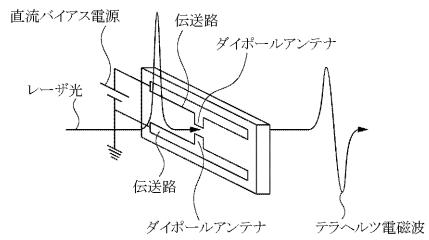


【図10】

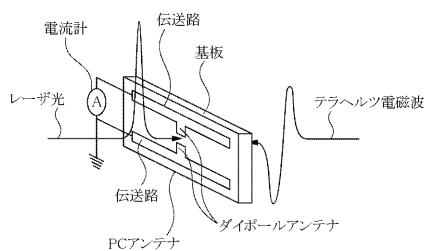


【図 1 1】

PCアンテナによるテラヘルツ電磁波の
発生方法と検出方法の説明図



(a)



(b)

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-017644 (JP, A)
特開2004-085506 (JP, A)
特表2004-522151 (JP, A)
国際公開第03/102518 (WO, A2)
特開2004-317573 (JP, A)
特開2004-085353 (JP, A)
特表2003-529760 (JP, A)
E. Knoesel 外3名, "Charge Transport and Carrier Dynamics in Liquids Probed by THz Time-Domain Spectroscopy", Physical Review Letters, 2001年 1月 8日, Vol. 86, Issue 2, pp. 340-343, doi:10.1103/PhysRevLett.86.340
J. Zhang 外1名, "Waveguide terahertz time-domain spectroscopy of nanometer water layers", OPTICS LETTERS, 2004年 7月 15日, Vol.29, No.14, pp.1617-1619
N.Kaun 他, "Terahertz Pulsed Spectroscopy as a New Tool for Measuring the Structuring Effect of Solutes on Water", Applied Spectroscopy, 2005年 4月 1日, Vol.59, No.4, pp.505-510
T. Ohkubo 他, "Spectroscopic Characterization of Liquid Water/Solute System using Microstrip-Line-based THz sensors", Extended abstracts of International Workshop on Terahertz Technology 2005 [Teratech '05], 2005年11月, 17PS-34, URL, <http://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/THP/thz2005/17PM-2prog.htm>

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- G 01N 21/00 - 21/61
G 01N 22/00 - 22/04
J S T P l u s (J D r e a m I I)