

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4958278号
(P4958278)

(45) 発行日 平成24年6月20日 (2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012.3.30)

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

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-63613 (P2007-63613)	(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
(22) 出願日	平成19年3月13日 (2007.3.13)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(65) 公開番号	特開2008-224436 (P2008-224436A)	(72) 発明者	笠井 信太郎 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
(43) 公開日	平成20年9月25日 (2008.9.25)	(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
審査請求日	平成22年3月15日 (2010.3.15)	(72) 発明者	尾内 敏彦 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁波が検体と相互作用することで生じる電磁波の伝播状態の変化から検体の情報を検出するための検査装置であって、

伝送路と、前記伝送路に電磁波を供給し且つ前記電磁波を検出する電磁波供給検出部と、前記伝送路を伝播する前記電磁波を反射する反射部と、前記電磁波供給検出部と前記反射部との間において検体を設置するための検査部とを有し、

前記伝送路と前記電磁波供給検出部と前記反射部と前記検査部が同一基板上に形成されており、

前記電磁波供給検出部は、前記伝送路に電磁波を供給する供給部と、前記伝送路からの前記電磁波を検出する検出部と、を含み、

前記供給部と前記検出部は、互いに隣接して配置されており、連続する共通の同一層を含む、

ことを特徴とする検査装置。

【請求項2】

電磁波が検体と相互作用することで生じる電磁波の伝播状態の変化から検体の情報を検出するための検査装置であって、

伝送路と、前記伝送路に電磁波を供給し且つ前記電磁波を検出する電磁波供給検出部と、前記伝送路を伝播する前記電磁波を反射する反射部と、前記電磁波供給検出部と前記反射部との間において検体を設置するための検査部とを有し、

10

20

前記伝送路と前記電磁波供給検出部と前記反射部と前記検査部が同一基板上に形成されており、
 前記電磁波供給検出部は、前記伝送路に電磁波を供給する供給部と、前記伝送路からの前記電磁波を検出する検出部と、を含み、
 前記供給部と前記検出部は、連続する共通の同一層を含み、
 前記伝送路が分岐点を有し、前記検査部が前記分岐点と前記反射部の間にあり、
 前記供給部から伝送路に供給される電磁波は、前記分岐点を経て前記反射部へ向かう伝送路に結合され、前記反射部から前記分岐点へ向かう電磁波は、前記分岐点を経て前記検出部へ向かう伝送路に結合される、
 ことを特徴とする検査装置。

10

【請求項3】

前記連続する共通の同一層は、低温成長ガリウムヒ素からなる請求項1または2に記載の検査装置。

【請求項4】

前記伝送路が、誘電体部と該誘電体部の一箇所以上に設けられた導電部とを有する請求項1乃至3のいずれかに記載の検査装置。

【請求項5】

前記反射部が、前記伝送路のインピーダンスを不連続に変化させて形成されている請求項1乃至4のいずれかに記載の検査装置。

【請求項6】

前記電磁波の周波数が、30GHz乃至30THzの周波数領域に含まれる請求項1乃至5のいずれかに記載の検査装置。

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（検査対象）の情報（物性、同定、濃度、存否など）を検出するための検査装置に関する。特に、周波数30GHz乃至30THzのうちの任意の周波数領域の電磁波（本明細書では、テラヘルツ波と呼ぶ）を用いて、検体の情報を検出するための検査装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

近年、テラヘルツ波を利用した技術開発が盛んである。特に、テラヘルツ波の光子エネルギーは分子の骨格振動や分子間の相互作用のエネルギーと同程度であり、テラヘルツ波を利用した技術は、分光学的手法によって得られるスペクトルなどを用いて物質の分析に用いられる。

【0003】

上記状況において、微量な検体の検出や分析を目的として、テラヘルツ波発生部、テラヘルツ波伝播部、テラヘルツ波検出部、及び検体を設置してテラヘルツ波と相互作用させるセンサ部を、同一基板上に作製した構成が提案されている（非特許文献1参照）。

【0004】

40

具体的には、低温成長ガリウムヒ素エピタキシャル層を、誘電体膜を塗布したシリコン等の基板上に転写し、マイクロストリップライン型伝送線路をフォトリソグラフィ等の技術を用いて形成したものである。低温成長ガリウムヒ素エピタキシャル層は、その上で数 μm から数十 μm の間隙を隔てて2つの電極を対向させることで、テラヘルツ波の発生部として用いる。前記2つの電極に電圧を印加し、前記間隙にモードロックチタンサファイアレーザなどから出射した超短パルスレーザ光を照射することで、テラヘルツ波が発生する。発生したテラヘルツ波は、前記マイクロストリップライン型伝送線路を伝播し、伝送線路上に設置された検体と相互作用した後、テラヘルツ波の発生部と同じ構造の検出器によって検出される。

【0005】

50

上記構成において、例えば、前記マイクロストリップライン型伝送線を伝播したテラヘルツ波の波形を観測し、検体の設置前後で如何に変化したかを比較することで、検体の物性、同定、濃度、存否などについて検出する。

【0006】

また一方で、上記非特許文献1に開示の構造と類似した構造であるが、マイクロストリップライン型伝送線路上にリング型共振器を設けることで検出感度を高めている構成の提案がある（非特許文献2参照）。非特許文献2の構成も同様に、液体状検体の誘電率などを求めることで、液体状検体に含まれる物質の物性、同定、濃度、存否などについて検出する。

【非特許文献1】Physics in Medicine and Biology 48(2003) 3625

10

【非特許文献2】APPLIED OPTICS/Vol.41, No.10, 2002,pp.2074

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

伝送路上に検体が設置されている場合、伝送路を伝播する電磁波は、検体によって強度吸収や位相遅延が発生する。しかし、吸収が微弱な場合、検体設置前後での電磁波強度変化を精度良く観測することが困難である。また、位相遅延量が極僅かな場合も、検体設置前後での電磁波位相変化を精度良く観測することが困難である。

【0008】

上記非特許文献1の方法では、伝送路を伝播する電磁波について、検体を1回のみ透過した電磁波を検出する。そのため、電磁波と検体の相互作用長は、検体と伝送路が重なっている長さにほぼ等しい。従って、電磁波と検体の相互作用が充分強くない場合、検体の情報を精度良く得ることが困難である。

20

【0009】

一方、上記非特許文献2の方法では、共振器型であるために、広い周波数領域に渡る電磁波を用いることが難しい。このため、検体が有する特徴的な吸収等が存在する周波数領域が予め或る程度分かっている、その周波数領域と共振器の共振周波数が一致している場合には適している。しかし、様々な検体の特徴的な吸収等が存在する周波数領域と共振器の共振周波数を一致させづらい状況においては、必ずしも高感度な検出は得られない。

【0010】

30

このように、伝送路型の検査装置においては、検出感度を向上させることが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題に鑑み、本発明の検査装置は、電磁波が検体と相互作用することで生じる電磁波の伝播状態の変化から検体の情報を検出するための検査装置であって、次の特徴を有する。伝送路と、前記伝送路に電磁波を供給し且つ前記電磁波を検出する電磁波供給検出部と、前記伝送路を伝播する前記電磁波を反射する反射部と、前記電磁波供給検出部と前記反射部との間において検体を設置する検査部とを有する。前記伝送路と電磁波供給検出部と前記反射部と前記検査部は同一基板上に形成されている。更に、電磁波供給検出部は、前記伝送路に電磁波を供給する供給部と、前記伝送路からの前記電磁波を検出する検出部と、を含み、前記供給部と前記検出部は、互いに隣接して配置されており、連続する共通の同一層を含む。また、本発明の別の検査装置は、電磁波が検体と相互作用することで生じる電磁波の伝播状態の変化から検体の情報を検出するための検査装置であって、伝送路と、前記伝送路に電磁波を供給し且つ前記電磁波を検出する電磁波供給検出部と、前記伝送路を伝播する前記電磁波を反射する反射部と、前記電磁波供給検出部と前記反射部との間において検体を設置するための検査部とを有し、前記伝送路と前記電磁波供給検出部と前記反射部と前記検査部が同一基板上に形成されており、前記電磁波供給検出部は、前記伝送路に電磁波を供給する供給部と、前記伝送路からの前記電磁波を検出する検出部と、を含み、前記供給部と前記検出部は、連続する共通の同一層を含み、前記伝送路が分岐点を

40

50

有し、前記検査部が前記分岐点と前記反射部の間にあり、前記供給部から伝送路に供給される電磁波は、前記分岐点を経て前記反射部へ向かう伝送路に結合され、前記反射部から前記分岐点へ向かう電磁波は、前記分岐点を経て前記検出部へ向かう伝送路に結合される

。

【発明の効果】

【0012】

上記構成の本発明によれば、伝送路内を伝播する電磁波の反射部での反射波を利用することで、検体と電磁波を複数回相互作用させることができ、微量の検体でも感度良く検査できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下に、本発明の原理を説明しつつ本発明を適用できる実施形態を説明する。

本発明の検査装置の一実施形態は、電磁波を伝播させる伝送路、伝送路に電磁波を供給し且つ伝送路から電磁波を受けて検出する電磁波供給検出部、電磁波を反射して伝送路に戻す反射部、検体を設置するための検査部を有する。伝送路に電磁波を結合させる結合部が更に設けられてもよい。

【0014】

検査部は、電磁波供給検出部と反射部の間、或いは結合部が設けられる場合はそれと反射部の間に設けられる。検査部は、伝送路を伝播する電磁波の電場分布の及ぶ範囲の少なくとも一部を含む部位に検体を設置できるようであればよい。この場合、電磁界分布が及ぶ範囲とは、例えば、伝送路を伝播する電磁波の電界のピーク値の $1/e^2$ 以上の電界が分布する範囲である。要するに、検査部は、伝送路を反射部の方向へ伝播する電磁波と、反射部から遠ざかる方向へ伝播する電磁波が混在する領域であって且つ電場分布の及ぶ範囲の少なくとも一部を含む部位に検体を設置できる様にする。電磁波は、代表的にはテラヘルツ波であり、その周波数が、30GHz乃至30THzの周波数領域に含まれる。

【0015】

伝送路、検査部、反射部、結合部は、同一基板上に形成して集積することができる。電磁波供給検出部が、電磁波を供給する供給部と電磁波を検出する検出部を含み、供給部と検出部が、連続する共通の同一層構成を含む構造で、隣接して形成されている様な場合、電磁波供給検出部も集積するのに適する。従って、電磁波供給検出部も上記同一基板上に形成して集積することができる。前記連続する共通の同一層構成としては、後述する光伝導スイッチ素子構造の為の低温成長ガリウムヒ素膜がある。

【0016】

伝送路としては、例えば、誘電体部と該誘電体部の一箇所以上に設けられた導電部とを有する構造のものをを用いることができる。より具体的には、伝送路には、マイクロストリップライン型伝送線路や、ストリップライン型伝送線路、サスペンディッド・マイクロストリップライン型伝送線路、コプレーナウェーブガイド型伝送路、グランド付きコプレーナウェーブガイド型伝送路、スロットライン型伝送線路、マイクロコプレーナストリップライン型伝送線路、コプレーナストリップライン型伝送線路、単一線路型伝送線路などを用いることができる。

【0017】

反射部は、例えば、伝送路のインピーダンスを不連続に変化させて形成される。より具体的には、反射部は、導電部や誘電体部の断絶や幅の変更、信号線の断絶、信号線の線幅変更、信号線の折れ曲がり、接地電極の断絶、誘電体層の誘電率変更（形状は同じで材料を異ならせる）、誘電体層の厚さ変更、伝送路の構造（伝送路の種類）変更などによるインピーダンス不整合を設けた箇所構成される。

【0018】

こうした構成において、電磁波供給検出部から発生したテラヘルツ波は、結合部を介して伝送路を伝播し、伝送路上に設置された検体と相互作用し、反射部に達する。反射部で反射し、伝送路を逆方向に伝播して戻ってきたテラヘルツ波は、再び検体と相互作用し、結

10

20

30

40

50

合部を介して電磁波供給検出部に達する。こうして検体と複数回（典型的には2回）相互作用したテラヘルツ波を検出することで、検体を検査する。テラヘルツ波は、反射部での反射前後で検体と複数回相互作用するため、微量の検体であっても結果的にこれと強く相互作用する。これにより、検体の有無や成分などによるテラヘルツ波の伝播状態の変化を、検出部より取得でき、検体の有無や成分などの情報を得ることができる。

【0019】

図1を用いて、より具体的な一実施形態を更に説明する。図1(a)は検査装置の平面図であり、図1(b)は信号線での断面図である。図1の実施形態の検査装置において、基板11(例えば、シリコン基板)上に蒸着等の方法により形成された金属面(例えば、チタンと金を夫々500 と3000 蒸着し積層した金属面)が伝送路の接地電極12となっている。接地電極12上には、低温成長ガリウムヒ素膜13が1箇所にてエピタキシャルリフトオフ法などで形成され、その上に、テラヘルツ波に対して比較的透明な誘電体層14(例えば、ベンゾシクロブテン)が形成されている。誘電体層14の厚さは、例えば、5 μ mである。誘電体層14の一部はリアクティブイオンエッチングなどの方法で除去され、低温成長ガリウムヒ素膜13は一部露出している。低温成長ガリウムヒ素膜13は、例えば、一辺が2mmの四角形状である。

【0020】

誘電体層14上には、幅が5 μ m乃至10 μ m程度で、長さが1mm程度の金属製の信号線15が設置されている。信号線15は、例えば、チタンと金を夫々500 と3000 蒸着し積層した金属面からなる。接地電極12、誘電体層14、信号線15によりマイクロストリップライン型伝送線路(伝送路)16が構成される。信号線15において、低温成長ガリウムヒ素膜13上では5 μ m乃至10 μ m程度の間隙17a、17bを設けて、バイアス電圧供給線18及び信号読み取り線19が設けられている。また、信号線15の一方の終端部は断絶しており、この箇所でインピーダンスが不連続に変化している。この信号線15の断絶した終端部が、反射部110を構成する。バイアス電圧供給線18、信号読み取り線19も、蒸着などの方法で形成することができる。

【0021】

バイアス電圧供給線18からは10V程度の電圧を印加し、間隙17aに、例えば、モードロックチタンサファイアレーザなどから出射した超短パルスレーザ光を照射することで、テラヘルツ波が発生する。この部分が、電磁波供給検出部111の供給部を構成する。信号読み取り線19は信号増幅器(不図示)に接続される。間隙17bに、同じくモードロックチタンサファイアレーザなどから出射した超短パルスレーザ光を照射することで、テラヘルツ波を検出する。この部分が、電磁波供給検出部111の検出部を構成する。連続する共通の同一層構成である低温成長ガリウムヒ素膜13、信号線15、間隙17a、17b、バイアス電圧供給線18、及び信号読み取り線19により、電磁波供給検出部111が構成される。

【0022】

本実施形態では、間隙17a及び17bと、バイアス電圧供給線18、信号読み取り線19、信号線15の集まった部分が、電磁波供給検出部111を構成すると同時にマイクロストリップライン型伝送線路16への結合部も兼ねている。この場合の結合部は、特別にその為に設けられたものではない。電磁波供給検出部111の供給部と検出部は、光伝導スイッチ素子構造の為の低温成長ガリウムヒ素膜13という連続する共通の同一層構成を含む構造で、隣接して形成されている。

【0023】

上記構成において、電磁波供給検出部111の供給部から発生したテラヘルツ波は、伝送線路16を伝播し、反射部110にて反射し、伝送線路16を逆方向に伝播して電磁波供給検出部111の検出部で検出される。電磁波供給検出部111では、発生した直後のテラヘルツ波と、反射部110で反射して戻ってきたテラヘルツ波を検出することができる。

【0024】

信号線15上には、検体112を設置できるようにする。すなわち、検査部として、本実施形態では、信号線15上で且つ反射部110と電磁波供給検出部111(または結合部)の間の領域に、検体を保持するための液だめ113を設ける。図1(a)では、検体112は液だめ113の一部

10

20

30

40

50

領域に保持されているかのごとく描かれているが、実際には検体112は滴下後には液だめ113の全領域に広がることが多い。液だめ113は樹脂などで作製する。例えば、感光性エポキシ樹脂を用いたフォトリソグラフィ法により、樹脂製の液だめを形成する。ここでは、液だめ113は、樹脂製の堀のような構造を用いて閉じた領域を形成することで構成されている。

【0025】

液だめ113が無くとも信号線15上に検体を設置できるのであれば、それでもよい。すなわち、伝送路16の面をそのまま検査部として用いてもよい。反射部110と電磁波供給検出部111の間で且つ信号線15上で、伝播するテラヘルツ波の電磁界分布が及ぶ範囲全体を検査部としてもよい。

10

【0026】

図2に、上記の如き検査装置に必要な周辺光学系を示す。図2に示すように、モードロックチタンサファイアレーザ21から出射した超短パルスレーザ光は、ビームスプリッター22によって分割される。一方は、全反射ミラー26とハーフミラー27を経て図1の供給部の間隙17a(電圧を印加した側)に集光照射される。ビームスプリッター22によって分割されたフェムト秒レーザ光のもう一方は、遅延光学系23、全反射ミラー26、ハーフミラー27を経た後、図1の検出部の間隙17b(信号増幅器に接続された側)に集光照射される。

【0027】

このとき、間隙17aと間隙17bの間隔は非常に接近している(例えば、信号線15の幅程度である $10\mu\text{m}$)。そのため、分割されたレーザ光を集光照射する手前で再合流させ、単一の

20

【0028】

遅延光学系23を前後させることで、間隙17aに集光照射されるレーザ光(ポンプ光)の光路長と、間隙17bに集光照射されるレーザ光(プローブ光)の光路長を等しくしたとき、発生直後のテラヘルツ波を観測できる。また、プローブ光の方がポンプ光より、若干(この場合、1mmから数mm程度)光路長が長くなるよう遅延光学系23の位置を調節することで、反射部110で反射して戻ってくるテラヘルツ波を電磁波供給検出部111の検出部で観測できる。

【0029】

図3に、上記の如き検査装置を用いて得られる信号の模式図を示す。上下二つのグラフは検出されたテラヘルツ波の時間波形を模式的に表したものである。上側のグラフは、信号線15上に検体112を設置する前に行った測定で得られたテラヘルツ波の時間波形である。下側のグラフは、信号線15上に検体112を設置した後に行った測定で得られたテラヘルツ波の時間波形である。いずれのグラフ中にも示されるように、発生直後のテラヘルツ波と、反射部110で反射して戻ってきたテラヘルツ波の二つのピークがある。検体112が信号線15上に在る時と無い時では、前記二つのピークの時間差や、前記二つのピーク値の比が異なる。これは、テラヘルツ波が信号線15上の検体112と相互作用することで、伝送路16を伝播して検出部に達するテラヘルツ波に時間遅延や減衰が生じるからである。

30

【0030】

反射部110で反射して戻ってきたテラヘルツ波は、当然、電磁波供給検出部111で検出できる程度の強度を有していなければならない。すなわち、反射部110において反射された電磁波は、電磁波供給検出部111に達した時点で、この電磁波検出感度以上である電磁波強度を有する必要がある。その為に、供給される電磁波の強度、反射部110での反射率、伝送路16での伝搬損失などを適切に設定する。

40

【0031】

上記の如き検査装置を用いて実際に得られると考えられる信号を、シミュレーションによって求めた。図4に、シミュレーションによって得られたテラヘルツ波の波形を示す。一つ目のピークは、テラヘルツ波発生直後の波形である。二つ目のピークが、反射部110で反射して戻ってきたテラヘルツ波である。三つ目以降のピークは、誘電体層14(ここでは、ベンゾシクロブテン)と低温成長ガリウムヒ素膜13との境界などで生じるインピーダン

50

ス不整合による反射テラヘルツ波である。特に、反射部110とは反対の方向へ伝播した後、これらインピーダンス不整合部で反射したテラヘルツ波である。

【0032】

場合によっては、このようなインピーダンス不整合部で反射されるテラヘルツ波と検体112との3回以上の相互作用の結果を反映した波形を検出してよい。この為には、この波形検出に応じた位置調整を上記遅延光学系23で行えばよい。

【0033】

上記構成の検査装置では、テラヘルツ波は、発生から反射部110までの往路と、反射してから電磁波供給検出部111に達するまでの復路とにおいて、少なくとも2度検体112と相互作用する。そのため、検体112の量が微量であっても感度良く測定することができる。これにより、検体の情報を高感度で得ることができる。また、供給部と検出部は、電磁波供給検出部111の一箇所で隣接して構成することができるため、検査装置の大部分を1つの基板上に集積することもできて、装置の小型化が可能になる。

【0034】

ところで、上記の如き電磁波供給検出部111に照射するポンプ光やプローブ光は、図2の如き光学系で間隙17a、17bの上方から照射するのではなく、次の様に照射することもできる。後述する第2の実施例の変形例を示す図10を用いて説明する。すなわち、この例では、基板上に、例えば、半導体モードロックレーザ150が実装され、約0.3psecのパルスを生じして光導波路に結合する。光導波路を伝播したレーザ光の一方は、一方の分岐光導波路152を経て、電磁波供給検出部の光伝導スイッチを構成する低温成長ガリウムヒ素膜53上の間隙55aに対応する該膜の側面に照射される。光導波路を伝播したレーザ光の他方は、他方の分岐光導波路153を経て、同じく電磁波供給検出部の光伝導スイッチを構成する低温成長ガリウムヒ素膜53上の間隙55bに対応する該膜の側面に照射される。他方の分岐光導波路153中には、遅延器154が設けられており、この遅延量を変化させることで、伝送路を伝播して間隙55bの部分に達するテラヘルツパルスの電界強度の時間変化を計測できる。遅延器154としては、電圧印加により光導波路の屈折率を変化させる素子などを用いることができる。光導波路152、153は、例えば、伝送路を構成する誘電体層の屈折率をこの部分だけ露光などで高くして形成することができる。この様に、ポンプ光やプローブ光を、分岐光導波路を用いて、間隙55a、55bが形成された低温成長ガリウムヒ素膜53の側面から照射することもできる。この構成によれば、電磁波供給検出部を基板上に容易に形成でき、より容易に集積化することができる。

【実施例】

【0035】

上に述べた実施形態を元に、更に具体的な実施例を述べる。

【0036】

(第1の実施例)

第1の実施例を説明する。図1に示す上記実施形態と同じ基本構成を有する本実施例では、光強度10mWのポンプ光を間隙17aに、光強度5mWのプローブ光を間隙17bに集光照射する。バイアス供給線18には10Vの電圧を印加し、信号線15の電位は0Vとする。

【0037】

本実施例において、例えば、市販のマイクロピペットやマイクロインジェクターを用い、DNA水溶液を検体112として液だめ113に滴下する。液だめ113は、厚さ5 μ m程度の感光性エポキシ樹脂を塗布しその縁部だけを残して内側の材料を除去することで、枠形態で作製することができる。検体112の滴下量は、例えば100nl程度である。DNA水溶液は、0.5 μ g/ μ l程度の濃度の水溶液を用いる。

【0038】

本実施例による検体の検査を説明する。まず、検体112を滴下する前の参照テラヘルツ波波形を測定する。このとき、オプティカルチョッパーなどを用いて、1kHz程度の変調周波数でポンプ光を変調させる。信号読み取り線19には高ゲインアンプを接続し、同アンプからの出力をロックインアンプリファイアーに入力して、同期検波の方法で電磁波供給検出

10

20

30

40

50

部111に達するテラヘルツ波を測定する。

【0039】

次いで、2本鎖のDNA水溶液を液だめ113に滴下し、充分乾燥させた後、マイクロストリップライン型伝送線路16を伝播し反射してきたテラヘルツ波を測定する。こうして、図3に示されるような、検体112の有無による反射波の遅延時間を求める。

【0040】

次いで、純水などで液だめ113を洗浄し、2本鎖のDNAを除去する。乾燥させた後、加熱処理により1本鎖にしたDNA水溶液を液だめ113に滴下し、測定する。こうして、再び図3のような、検体112の有無による反射波の遅延時間を求める。

【0041】

検体112が2本鎖のDNA水溶液の場合と、1本鎖のDNA水溶液の場合とで、遅延時間が異なる。このことを利用すれば、1本鎖か2本鎖かが不明なDNA水溶液を液だめ113に滴下し、テラヘルツ波を測定することで、未知の試料が1本鎖か2本鎖かを判別できる。

【0042】

本実施例では、反射部110として、マイクロストリップライン型伝送線路16を構成する信号線15が断絶している形態を例示した。他にも、前述した様に、マイクロストリップライン型伝送線路16を構成する接地電極12が断絶している形態や、誘電体層14の厚さが不連続に変化している形態も用いることができる。また、信号線15の幅が不連続に変化している形態や信号線15の折れ曲がりなどを、反射部として用いることもできる。

【0043】

(第2の実施例)

本発明の第2の実施例を、図5を用いて説明する。

本実施例では、信号線、誘電体、接地電極からなるマイクロストリップライン型伝送線路51は分岐点52を有している。図5中、分岐点52から見て左下に伸びる伝送線路をマイクロストリップライン型伝送線路51a、左上に伸びる伝送線路をマイクロストリップライン型伝送線路51b、右側に伸びる伝送線路をマイクロストリップライン型伝送線路51cとする。

【0044】

分岐点52では、例えば、2つの信号線が並行して適切な結合長だけ伸びて、次の様になっている。すなわち、伝送線路51

a)に供給されたテラヘルツ波はほぼ全て分岐点52を経て反射部57へ向かう伝送線路51 cに結合し、反射部57から分岐点52へ向かうテラヘルツ波はほぼ全て分岐点52を経て検出部へ向かう伝送線路51

b)に結合する。

【0045】

伝送線路51aは、低温成長ガリウムヒ素膜53上でバイアス供給線54との間で間隙55aを挟んで設置されている。一方、伝送線路51bは、低温成長ガリウムヒ素膜53上で信号読み取り線56との間で間隙55bを挟んで設置されている。伝送線路51cは信号線が断絶しており、断絶箇所が反射部57となっている。反射部57と分岐点52の間の領域に、液だめ58が設置されており、検査部を構成している。液だめ58に検体59を滴下することで、微小検体の測定を高感度に行なうことができる。

【0046】

本実施例では、電磁波供給検出部の供給部から伝送線路51 a)に供給されたテラヘルツ波が分岐点52を経て反射部57へ向かう往路と、反射部57から分岐点52へ向かう復路で、2度、検体59とテラヘルツ波が相互作用する。このため、高感度な検出が可能となると言う本発明の効果は無論のこと、本実施例特有の効果として、分岐点52の存在により間隙55aと間隙55bの距離を第1の実施例よりも離すことができる。すなわち、ポンプ光とプローブ光を夫々の間隙に集光照射するのが容易になると言う利点がある。

【0047】

一般的に、ポンプ光とプローブ光が照射する領域が互いに重なり合うと、信号に大きな雑音が生じやすいため、互いに重ならないよう集光照射することが望ましい。間隙55aと

10

20

30

40

50

間隙55bの距離が10 μ m程度であれば、ポンプ光とプローブ光の集光点を直径10 μ m程度以下にすることが望まれるため、N.A.の高い対物レンズを用いることが望ましい。一方、間隙55aと間隙55bの距離が1mm程度離れていれば、N.A.の低いレンズを用いることができ、装置の簡単化、低コスト化を期待できる。

【0048】

更に、本実施例では、分岐点52の存在により間隙55aと間隙55bの距離を離すことができるので、上記実施形態のところで述べた図10に示すような電磁波供給検出部を容易に採用することができる。

【0049】

(第3の実施例)

本発明の第3の実施例を、図6を用いて説明する。

本実施例でも、第1の実施例に示したものと同様、マイクロストリップライン型伝送線路61、電磁波供給検出部62、反射部63、検体を滴下する液だめ64が基板上に設置されている。本実施例においては、マイクロストリップライン型伝送線路61を構成する信号線65のうち、断絶している反射部63とは反対の側に、アンテナ66が形成されている。ここでは、逆三角形形状のアンテナ66が信号線65に接続されているが、不要な反射波を抑制して、伝播してきた電磁波を空中へ放射できるアンテナであればどのようなものでもよい。

【0050】

本実施例でも、バイアス電圧供給線67に10V程度の電圧をかけ、間隙68aにポンプ光を照射するとテラヘルツ波が発生し、マイクロストリップライン型伝送線路61上を伝播する。この時、テラヘルツ波は反射部63方向へ伝播する成分のほか、その反対側へも伝播する。反対側へ伝播したテラヘルツ波は、反射の原因となるインピーダンス不整合(例えば、伝送線路61の誘電体層の厚さ変化)などが無い限り、反射せずに伝播し徐々に減衰する。しかし、製造上の要請などでインピーダンスが不整合な箇所が存在する場合、そこでテラヘルツ波は反射し、電磁波供給検出部62に戻ってくる。例えば、図4に示したように、本実施例でも、誘電体層(BCB)と低温成長ガリウムヒ素膜との境界でテラヘルツ波が反射する可能性がある。

【0051】

そこで、図6のようにアンテナ66を設置することで、反射部63とは反対側へ伝播した電磁波をアンテナ66から空中へ放射する。これにより、不要な反射波を抑制することができる。

【0052】

アンテナの他に、テラヘルツ波を吸収する物質(例えば、水を含有するポリマーなど)を、伝送線路61の反射部63とは反対の側の端部に設置してもよい。一例として、この反対側の端部に、アンテナやテラヘルツ波を吸収する物質を設置し、反対側へ伝播したテラヘルツ波を100%放射ないし吸収する場合を考える。この場合に得られるテラヘルツ波波形をシミュレーションによって求めた。その時の波形を図7に示す。この反対側の端部にあるインピーダンス不整合部に由来するテラヘルツ波が抑制されていることが分かる。

【0053】

本実施例でも、電磁波供給検出部62の間隙68bに超短パルスレーザー光を照射することで、信号増幅器に接続される信号読み取り線69を介してテラヘルツ波を検出する。本実施例では、検体の検査に寄与しない反射テラヘルツ波を除去・抑制するという効果が得られる。

【0054】

(第4の実施例)

本発明の第4の実施例を、図8を用いて説明する。

本実施例でも、第3の実施例に示したものと同様、マイクロストリップライン型伝送線路81、電磁波供給検出部82、反射部83、検体を滴下する液だめ84が基板上に設置されている。また、伝送線路81を構成する信号線85のうち、断絶している反射部83とは反対側の端部にアンテナ86が形成されている。

【0055】

10

20

30

40

50

本実施例において、バイアス電圧供給線87と信号読み取り線89は、各々、信号線85との間で間隙88a及び間隙88bを挟んで設置されている。ここでは、バイアス電圧供給線87と信号読み取り線89は、一直線上に配置されておらず、数100 μ mから1mm程度の距離において信号線85と垂直に設置されている。

【0056】

バイアス電圧供給線87と信号読み取り線89を一直線上に配置せずに距離において設置することで、ポンプ光とプローブ光を分離して集光照射することが容易になる。従って、第2の実施例のところで述べた構成と同様な効果が得られる。

【0057】

(第5の実施例)

本発明の第5の実施例を、図9を用いて説明する。

本実施例では、シリコン等からなる基板91上に、接地電極92aを蒸着等の方法により形成している。そして、エピタキシャルリフトオフ法などにより、低温成長ガリウムヒ素膜93を接地電極92a上に形成している。また、スピコート法などにより誘電体層94(例えばCB)を形成している。誘電体層94の一部は、ドライエッチングなどの方法により除去され、低温成長ガリウムヒ素膜93を露出させている。

【0058】

更に、信号線95、接地電極92b及び92c、バイアス電圧供給線96、信号読み取り線97を蒸着等の方法で形成している。また、樹脂等を用いて液だめ98を、信号線95と接地電極92a及び92bに跨るように形成している。

【0059】

ここでは、接地電極92a、92b、92c、誘電体層94、信号線95から構成される伝送路は、所謂グランド付きコプレーナウェーブガイド型伝送路である。接地電極92b及び92cは途中で断絶しており、そこが反射部となっている。また、バイアス電圧供給線96、低温成長ガリウムヒ素膜93、信号線95、信号読み取り線97からテラヘルツ波の電磁波供給検出部が構成される。

【0060】

上記構成において、バイアス電圧供給線96に10V程度の電圧を印加し、バイアス電圧供給線96と信号線95に挟まれた領域の低温成長ガリウムヒ素層93にフェムト秒レーザを集光照射することで、テラヘルツ波が発生する。発生したテラヘルツ波は、グランド付きコプレーナウェーブガイド型伝送路を伝播し、液だめ98に設置された検体と相互作用する。接地電極が断絶している反射部で反射したテラヘルツ波は再び検体と相互作用した後、信号読み取り線97により検出される。上記実施例と同様に、テラヘルツ波の伝播状態の変化から、検体の情報を検出することができる。

【0061】

本実施例のグランド付きコプレーナウェーブガイド型伝送路はマイクロストリップライン型伝送線路に比べ、低周波(例えば、100GHz程度)の電磁波を伝播しやすい。このため、本実施例は、特に低周波の電磁波を用いた検体の検査に適しているという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明の実施形態及び第1の実施例を説明する検査装置模式図。

【図2】検査装置に用いる周辺光学系の一例を示す図。

【図3】テラヘルツ波時間波形の模式図。

【図4】シミュレーションによって得たテラヘルツ波時間波形の模式図。

【図5】分岐点を有する本発明の第2の実施例の検査装置模式図。

【図6】アンテナを有する本発明の第3の実施例の検査装置模式図。

【図7】シミュレーションによって得た、アンテナを有する検査装置のテラヘルツ波時間波形の模式図。

【図8】本発明の第4の実施例の検査装置模式図。

【図9】グランド付きコプレーナウェーブガイド方伝送路を用いた本発明の第5の実施

10

20

30

40

50

例の検査装置模式図。

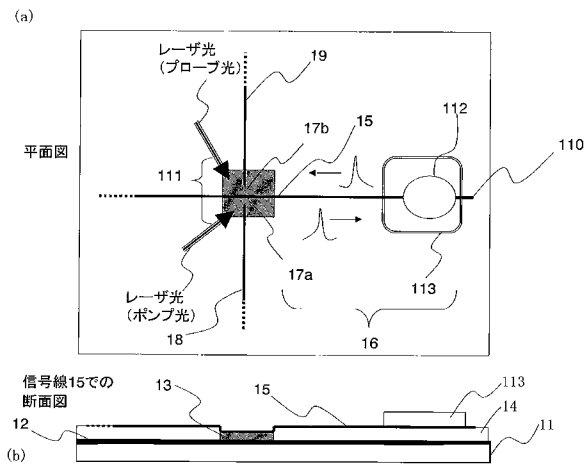
【図10】本発明の第2の実施例の変形例の検査装置模式図。

【符号の説明】

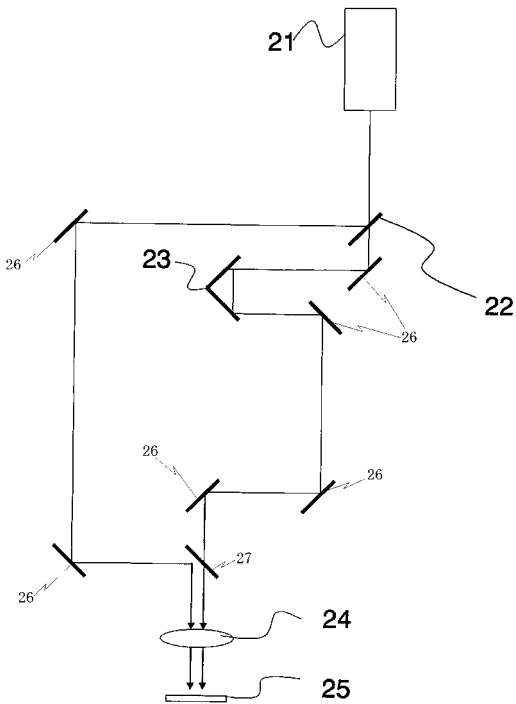
【0063】

- 11、91 基板
- 12、92a、92b、92c 伝送路（接地電極）
- 13、53、93 電磁波供給検出部（低温成長ガリウムヒ素膜）
- 14、94 伝送路（誘電体層）
- 15、65、85、95 伝送路（信号線）
- 16、51、61、81 伝送路（マイクロストリップライン型伝送線路）
- 17、55、68、88 電磁波供給検出部（間隙）
- 18、54、67、87、96 パイアス電圧供給線
- 19、56、69、89、97 信号読み取り線
- 23 遅延光学系
- 25 本発明の検査装置
- 57、63、83、110 反射部
- 58、64、84、98、113 検査部（液だめ）
- 59、112 検体
- 62、82、111 電磁波供給検出部

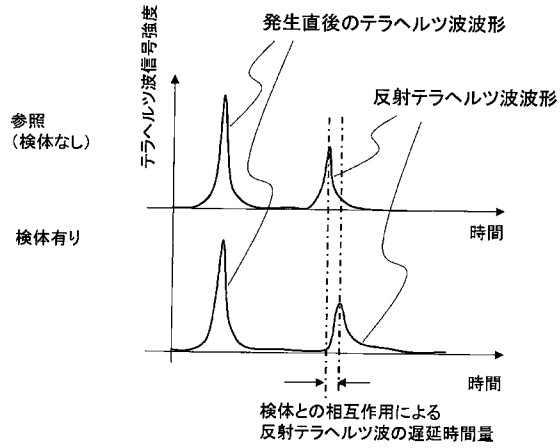
【図1】



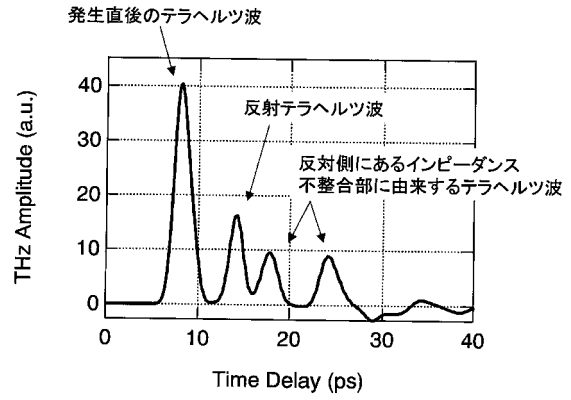
【図2】



【図3】

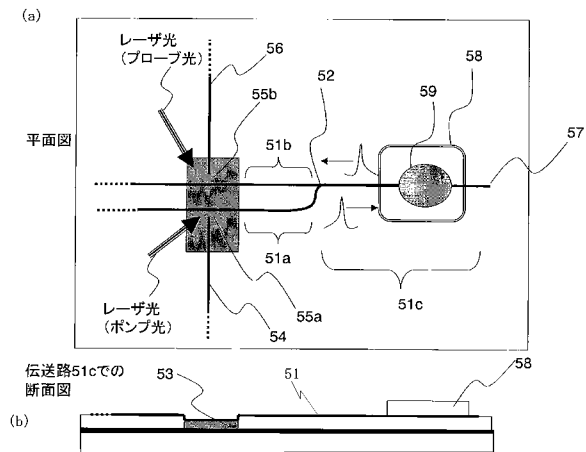


【図4】

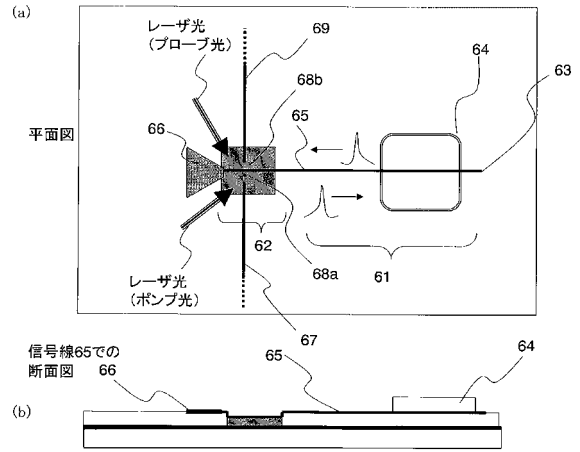


シミュレーションによるテラヘルツ波の波形

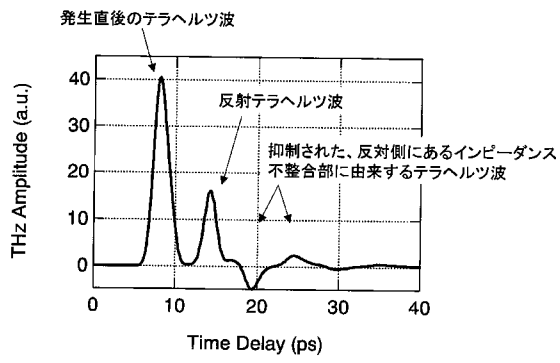
【図5】



【図6】

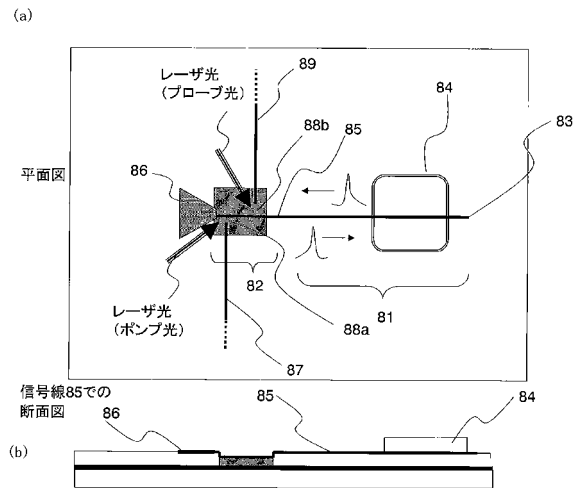


【 図 7 】

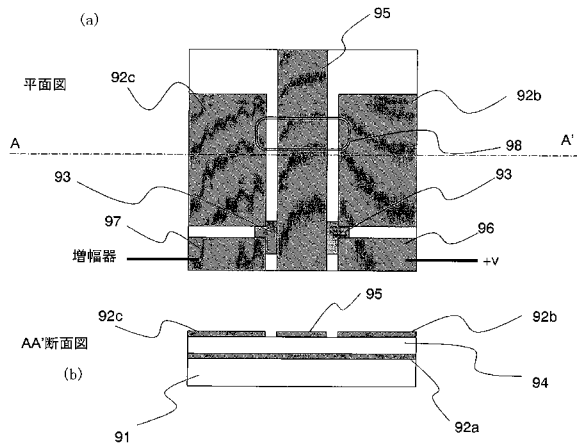


シミュレーションによるテラヘルツ波の波形

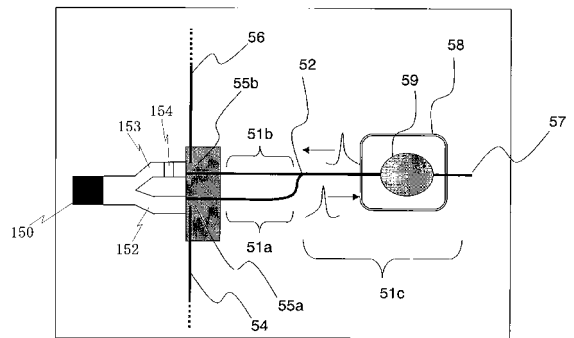
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 森口 正治

(56)参考文献 特開2006-275592(JP,A)
特開2005-172633(JP,A)
特表2004-500582(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/35