

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6182471号
(P6182471)

(45) 発行日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)

(24) 登録日 平成29年7月28日 (2017. 7. 28)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 21/3581 (2014. 01)

GO 1 N 21/3581

GO 1 J 9/02 (2006. 01)

GO 1 J 9/02

GO 1 B 9/02 (2006. 01)

GO 1 B 9/02

GO 1 N 21/41 (2006. 01)

GO 1 N 21/41

Z

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-21836 (P2014-21836)
(22) 出願日 平成26年2月7日 (2014. 2. 7)
(65) 公開番号 特開2015-148523 (P2015-148523A)
(43) 公開日 平成27年8月20日 (2015. 8. 20)
審査請求日 平成28年8月26日 (2016. 8. 26)

(73) 特許権者 501387839
株式会社日立ハイテクノロジーズ
東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(74) 代理人 100098660
弁理士 戸田 裕二
(72) 発明者 白水 信弘
東京都千代田区丸の内一丁目6 番 6 号 株
式会社日立製作所内

審査官 ▲高▼場 正光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 テラヘルツ波位相差測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ポンプ光を発生させるパルスレーザ光源と、

シード光を発生させる連続波レーザ光源と、

前記ポンプ光と前記シード光とを、テラヘルツ波を発生させるための第一の角度位相整合条件を満たすように入射させることにより、テラヘルツ波を発生する非線形光学結晶からなるテラヘルツ波発生器と、

前記テラヘルツ波と前記ポンプ光とを、前記テラヘルツ波からテラヘルツ波検出光への変換するための第二の角度位相整合条件を満たすように入射させることにより、前記テラヘルツ波検出光を発生する非線形光学結晶からなるテラヘルツ波検出器と、

前記検出光を検出する光検出器と、

前記光検出器の出力信号を検出したテラヘルツ波の強度に変換して記録する信号処理装置と、

前記パルスレーザ光源からのポンプ光を2方向に分岐し、分岐した第一のポンプ光を前記テラヘルツ波発生器に導き、分岐した第二のポンプ光を第一の光遅延器へと導く、ビームスプリッタと、

前記第二のポンプ光の光路上に設置し、前記テラヘルツ波検出器へと導く、前記第一の光遅延器および第二の光遅延器と、

前記テラヘルツ波発生器から照射されたテラヘルツ波を2方向に分岐するとともに、それぞれの2方向から反射されたテラヘルツ波を合成して前記テラヘルツ波検出器に導くハ

10

20

ーフミラーと、前記ーフミラーの第一の方向に分岐したテラヘルツ波を測定対象物に照射して、反射されたテラヘルツ波をーフミラーに導くテラヘルツ波光学系と、前記ーフミラーの第二の方向に分岐したテラヘルツ波を任意の光路長で反射してーフミラーに導く可動式参照ミラーとからなるテラヘルツ波干渉計と、

前記第二の光遅延器の前記第二のポンプ光の光路長可変量と前記可動式参照ミラーのテラヘルツ波の光路長可変量が一致する連動機構とを有し、

前記ビームスプリッタから前記テラヘルツ波発生器までの第一のポンプ光の光路長と前記ビームスプリッタから第一の光遅延器と第二の光遅延器を通過し前記テラヘルツ波検出器までの第二のポンプ光の光路長との差分である第一の光路長と、前記テラヘルツ波発生器からーフミラーで分岐され第二の方向を通り可動式ミラーで反射されーフミラーを再度通過し、前記テラヘルツ波検出器に至るまでのテラヘルツ波の光路長である第二の光路長が実質的に一致することを特徴とするテラヘルツ波位相差測定システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載のテラヘルツ干渉計において、さらに前記ーフミラーと前記可動式参照ミラーの間にテラヘルツ波の通過と遮断を切り替えるシャッターを配置し、

第一の測定において、第二の分岐テラヘルツ波をシャッターで遮断し、第一の光遅延器を走査して検出光のピークを検出した位置を第一の光遅延器の初期位置とし、第二の測定において、シャッターを開放して第一の分岐テラヘルツ波を通過させ、第一の光遅延器と第二の光遅延器をポンプ光の光路長が一定になるように走査して、検出光の最小値となる位置を第二の光遅延器の初期位置とし、

20

第三の測定において、第一の分岐テラヘルツ波を通過させ、第一の光遅延器を固定し、第二の光遅延器を走査して検出光の強度を観測して測定対象物によるテラヘルツ波の位相差を測定することを特徴とするテラヘルツ波位相差測定システム。

【請求項 3】

ポンプ光を発生させるパルスレーザ光源と、

シード光を発生させる連続波レーザ光源と、

前記ポンプ光と前記シード光とを、テラヘルツ波を発生させるための第一の角度位相整合条件を満たすように入射させることにより、テラヘルツ波を発生する非線形光学結晶からなるテラヘルツ波発生器と、

前記テラヘルツ波と前記ポンプ光とを、前記テラヘルツ波からテラヘルツ波検出光への変換するための第二の角度位相整合条件を満たすように入射させることにより、前記テラヘルツ波検出光を発生する非線形光学結晶からなるテラヘルツ波検出器と、

30

前記検出光を検出する光検出器と、

前記光検出器の出力信号を検出したテラヘルツ波の強度に変換して記録する信号処理装置と、

前記パルスレーザ光源から照射されて前記テラヘルツ発生器を通過したポンプ光を、前記テラヘルツ波検出器へと導く、前記第一の光遅延器および第二の光遅延器と、

前記テラヘルツ波発生器から照射されたテラヘルツ波を2方向に分岐するとともに、それぞれの2方向から反射されたテラヘルツ波を合成して前記テラヘルツ波検出器に導くーフミラーと、前記ーフミラーの第一の方向に分岐したテラヘルツ波を測定対象物に照射して、反射されたテラヘルツ波をーフミラーに導くテラヘルツ波光学系と、前記ーフミラーの第二の方向に分岐したテラヘルツ波を任意の光路長で反射してーフミラーに導く可動式参照ミラーとからなるテラヘルツ波干渉計と、

40

前記第二の光遅延器の前記ポンプ光の光路長可変量と前記可動式参照ミラーのテラヘルツ波の光路長可変量が一致する連動機構とを有し、

前記テラヘルツ波発生器から第一の光遅延器と第二の光遅延器を通過し前記テラヘルツ波検出器までのポンプ光の光路長である第一の光路長と、前記テラヘルツ波発生器からーフミラーで分岐され第二の方向を通り可動式ミラーで反射されーフミラーを再度通過し、前記テラヘルツ波検出器に至るまでのテラヘルツ波の光路長である第二の光路長が実質的に一致することを特徴とするテラヘルツ波位相差測定システム。

50

【請求項 4】

請求項 3 記載のテラヘルツ干渉計において、さらに前記ハーフミラーと前記可動式参照ミラーの間にテラヘルツ波の通過と遮断を切り替えるシャッターを配置し、
第一の測定において、第二の分岐テラヘルツ波をシャッターで遮断し、第一の光遅延器を走査して検出光のピークを検出した位置を第一の光遅延器の初期位置とし、第二の測定において、シャッターを開放して第一の分岐テラヘルツ波を通過させ、第一の光遅延器と第二の光遅延器をポンプ光の光路長が一定になるように走査して、検出光の最小値となる位置を第二の光遅延器の初期位置とし、
第三の測定において、第一の分岐テラヘルツ波を通過させ、第一の光遅延器を固定し、第二の光遅延器を走査して検出光の強度を観測し、測定対象物によるテラヘルツ波の位相差を測定することを特徴とするテラヘルツ波位相差測定システム。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明はテラヘルツ波位相差測定システムに関し、特に、テラヘルツ波を測定対象物に照射し、その反射波あるいは透過波を観測して対象物によって生じた位相の偏差を検出するシステムにおいて、特に対象物の表面凹凸などの形状や、対象物の層、膜の厚さや対象物の空洞などの内部構造、屈折率などを非破壊で観測するために有効なテラヘルツ波位相差測定システムに関する。

【背景技術】

20

【0002】

テラヘルツ波とは、およそ0.1 THz～10 THzの周波数範囲の電磁波であり、より高い周波数帯の電磁波である遠赤外線と比べて紙や木、プラスチックなどの多くの物質に対する透過性において優れ、一方でより低い周波数帯の電磁波であるミリ波と比べて直進性や分解能において優れている特徴がある。

【0003】

また、糖やたんぱく質のような高分子化合物をはじめ、多くの物質の固有スペクトルがテラヘルツ波の周波数帯に含まれている。これらの特徴を生かして、テラヘルツ波を対象物に照射し、その透過波あるいは反射波を観測することで、対象物の形状や内部構造、欠陥・異物の有無、材質や含有成分の違いなどを、透過性のある容器に入れたまま非破壊で観測することが出来る。そのため、材料検査、構造物検査、薬品検査などに適用できる幅広いテラヘルツ波応用技術が将来実現されることを期待されている。

30

【0004】

特に、測定対象物に反射したテラヘルツ波と基準となる金属などに反射したテラヘルツ波の位相の差を検出することにより、対象物の表面凹凸や層構造の層の厚さ、空洞などの内部構造を非破壊で観測できる。

【0005】

複数の周波数のテラヘルツ波を用いて、それぞれの周波数の位相差を検出することにより、複数の層の厚さや複雑な内部構造を観測できる。

【0006】

40

また、測定対象物を透過したテラヘルツ波の位相と対象物のない空間を伝播したテラヘルツ波の位相の差を検出することにより、材料の屈折率を非破壊で観測することができる。

【0007】

しかしながら、従来のテラヘルツ波技術では高出力のテラヘルツ波発振器と高感度のテラヘルツ波検出器がなく、なおかつテラヘルツ波の複数の周波数を発生し検出する方法は限られていた。そのため、実用的な測定対象物は絵画・美術品の塗装膜のような薄膜やテラヘルツ波透過性の良い発泡材料などに限られていること、また測定にかかる時間が長いことが大きな課題であった。これらの課題により、高速かつ高精度な測定性能が求められる製品検査装置などにテラヘルツ波技術を導入することは困難であった。

50

【 0 0 0 8 】

従来のテラヘルツ波の位相差測定システムとして、例えば特許文献 1 に示すように、テラヘルツパルス波を発生・検出する方法が知られている。フェムト秒レーザの発生する超短パルス光を発生用光伝導アンテナに入射してテラヘルツパルス波を発生させ、検出用光伝導アンテナにテラヘルツパルス波と超短パルス光をほぼ同時に入射し、光伝導アンテナに生じた電流を観測することで二つの光伝導アンテナ間のテラヘルツパルス波の伝達量を得られる。

【 0 0 0 9 】

この方法を用いて、測定対象物に反射させたテラヘルツパルス波形と、参照となる金属板に反射させたテラヘルツパルス波形とを観測し、それぞれのパルス波形の遅延時間を算出することにより、テラヘルツ波の位相差を得ることができる。よって測定対象物の表面の凹凸、層構造の場合は各層の厚さ、屈折率を測定することができる。

10

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 に示すように、狭帯域のテラヘルツ波を発生させ、広帯域のテラヘルツ波検出器で検出する方法が知られている。

【 0 0 1 1 】

一方、非特許文献 1 に示すように、非線形光学結晶をテラヘルツ波発生とテラヘルツ波検出の双方に用いて、狭帯域かつ高強度のテラヘルツ波発生と高感度のテラヘルツ波検出を実現する方法が知られている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 2 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 1 0 1 5 1 0 号公報

【 特許文献 2 】 特許第 5 1 5 5 1 0 6 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 非特許文献 1 】 Shinichiro Hayashi, et al., "High-peak-power and tunable terahertz-wave generation and sensitive detection by using nonlinear parametric conversion", 37th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Sept. 2012

30

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

しかしながら、特許文献 1 に記載の技術では、パルス幅の短いテラヘルツパルス波を用いているため強度が小さく十分な S N 比が得られない。そのため、塗料の薄膜などテラヘルツ波の透過性の高い測定物への応用に限定されていた。

【 0 0 1 5 】

40

また、特許文献 2 に記載の技術では、狭帯域のテラヘルツ波を発生させるため、比較的強度の大きいテラヘルツ波を得られるが、検出にポロメータなどの広帯域のテラヘルツ波検出器を用いているため雑音が大きく十分な S N 比が得られない。

【 0 0 1 6 】

また、非特許文献 1 に記載の技術では、狭帯域のテラヘルツ波の発生と検出が可能であり、強度に関しておよそ 100dB の高い S N 比を得られることが示されている。

【 0 0 1 7 】

しかしながら、非特許文献 1 には位相を検出する方法が示されておらず、特許文献 2 に記載の技術と異なりポンプ光をテラヘルツ波発生器とテラヘルツ波検出器の双方に照射する必要があるため、ポンプ光の遅延時間とテラヘルツの遅延時間を一致させてテラヘルツ

50

波の位相を測定する構成が必要となる。

【 0 0 1 8 】

図 5 に具体的な位相測定時の問題点について示す。ポンプ光は非線形結晶の熱による損傷を防ぐために短時間の方が高強度のテラヘルツ波発生に適している。

【 0 0 1 9 】

一方、テラヘルツ波の狭帯域化には一定のパルス幅が必要となり、10GHz帯域幅とするため、およそ400psのパルス幅が用いられている。ポンプ光は、パルス幅の一部の100ps程度がテラヘルツの発生・検出に利用されている。テラヘルツ波は100psのパルス幅であり、その一部の50ps程度が検出に用いられる。

【 0 0 2 0 】

10

図 5 の上段に示すように、ポンプ光とテラヘルツ波と光路長が不一致の場合には、テラヘルツ波検出光が発生しない。図 5 の下段に示すように、ポンプ光のパルス発生時間を遅延させて、ポンプ光とテラヘルツ波のパルスがテラヘルツ波検出器の位置において重なるときにテラヘルツ波検出光が発生される。したがって、ポンプ光とテラヘルツ光の遅延時間を一定の範囲内で一致させる必要がある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 1 】

本発明は、以上の課題を検討した結果、S N比の良好なテラヘルツ波の位相差測定を可能とする技術を提供することを目的とする。

【 0 0 2 2 】

20

このため、本発明では、非線形光学結晶に角度位相整合を満たしたポンプ光とシード光を照射するテラヘルツ波発生器と、非線形光学結晶に角度位相整合を満たしたポンプ光とテラヘルツ波を照射するテラヘルツ波検出器とを用いることで高いSN比を得られるテラヘルツ波発生・検出装置に、ハーフミラーと可動式参照ミラーにより干渉計を構成してテラヘルツ干渉波を観測し位相差を算出する。

【 0 0 2 3 】

可動式参照ミラーの位置や測定対象物の位置に関わらず、ポンプ光とテラヘルツ波の光路長を一致させるために、第一の光遅延器とマイケルソン干渉計の可動式参照ミラーの移動と連動する第二の光遅延器とをポンプ光の光路上に導入する。

【発明の効果】

30

【 0 0 2 4 】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

【 0 0 2 5 】

すなわち、高感度かつ高精度なテラヘルツ波位相差測定システムを提供することができる。更に、検出した位相差情報に基づき、測定対象の層の厚さ検出、表面形状や内部構造の画像化、屈折率の測定システムを提供することができる。また、テラヘルツ波の光路長の大小に関わらず測定可能となるため、サイズの大きい測定物や、不可視の容器の中にあ

【図面の簡単な説明】

40

【 0 0 2 6 】

【図 1】テラヘルツ波位相差検出システムの第一の構成例を示す図である。

【図 2】テラヘルツ波位相差検出システムの第二の構成例を示す図である。

【図 3】テラヘルツ波位相差検出システムの第三の構成例を示す図である。

【図 4】テラヘルツ波位相差検出システムの第四の構成例を示す図である。

【図 5】テラヘルツ波とポンプ光の光路長が異なることの問題点を示す図である。

【図 6】位相測定システムの測定手順例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 7 】

《代表的な実施の形態》

50

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、後述する装置構成や処理動作の内容は一例であり、実施の形態と既知の技術との組み合わせや置換により他の実施の形態を実現することもできる。

【 0 0 2 8 】

なお、この実施の形態では、近赤外光を発生可能な光源をポンプ光源およびシード光源として使用する。ポンプ光源から発生される近赤外光をポンプ光、シード光源から発生される近赤外光をシード光と呼ぶ。

【 0 0 2 9 】

図 1 にテラヘルツ波位相差測定システムの第一の構成例を示す。ポンプ光パルスレーザ光源 1 3 から出力されたポンプ光 1 は、ビームスプリッタ 1 5 により 2 方向に分岐される。ポンプ光パルスレーザ光源は、単独のレーザ光源である必要はなく、通常は光増幅器をレーザ光源の後段に接続して高出力化し、波長1064nm、パルス幅400ps、出力20mJ/pulse、繰返し周波数 1 0 0 H z のポンプ光が出力される。

10

【 0 0 3 0 】

ビームスプリッタから分岐されたポンプ光の一方は、非線形光学結晶とシリコンプリズム 1 2 からなるテラヘルツ波発生器 1 1 に入射される。

【 0 0 3 1 】

また、シード光連続波レーザ光源 1 4 から出力されたシード光 2 は、角度位相整合調整用ミラー 2 8 とミラー 1 6 を介して、テラヘルツ波発生器 1 1 に入射される。シード光連続波レーザ光源は、単独のレーザ光源である必要はなく、通常は波長可変レーザ光源と光増幅器からなり、波長1067nm ~ 1075nm、出力500mW、連続波のシード光が出力される。角度位相整合調整用ミラー 2 8 は、通常回折格子からなり、周波数ごとに異なる角度で反射させて、テラヘルツ波発生器に入射するときには、ポンプ光とシード光の入射角度が、非線形光学結晶内部でテラヘルツパラメトリック発振を起こす角度位相条件を満たすように調整される。

20

【 0 0 3 2 】

角度位相整合調整用ミラー 2 8 は、発生周波数ごとに角度を変化させるよう制御されるガルバノミラーでも良い。シリコンプリズムは、非線形光学結晶内部で発生したテラヘルツ波が結晶界面で反射されないよう、屈折率を変えるために結晶表面に接着される。

【 0 0 3 3 】

シリコンプリズムから照射されたテラヘルツ波 3 は楕円状のビーム形状であり、シリンドリカルレンズ 1 8 を通過することにより円形のビーム形状となる。

30

【 0 0 3 4 】

ハーフミラー 2 2 により、第一の分岐テラヘルツ波 4 と第二の分岐テラヘルツ波 5 に分岐され、第一の分岐テラヘルツ波は被測定対象物 2 5 に照射され、その反射波が再びハーフミラー 2 2 に入射される。ここで、被測定対象物が、透過性が良い材質である場合には、その透過光を金属ミラーで反射させてもよい。

【 0 0 3 5 】

一方、第二の分岐テラヘルツ波は、可動式ミラー 2 3 に照射され、その反射波が再びハーフミラー 2 2 に入射される。

40

【 0 0 3 6 】

第一の分岐テラヘルツ反射波と第二の分岐テラヘルツ反射波がハーフミラー 2 2 で合成されて干渉波 6 が出力される。干渉波 6 は、テラヘルツ波用凸レンズ 1 9 を介して集光され、テラヘルツ波検出器 2 1 に接着されたシリコンプリズム 2 0 に入射される。ビームスプリッタ 1 5 で分岐したポンプ光 1 は、ミラー 1 6 を介して第一の光遅延器 1 7 に入射される。

【 0 0 3 7 】

第一の光遅延器 1 7 は、制御信号により任意の光路長に変更することができ、被測定対象物の位置が変わる場合や奥行き方向の測定範囲が大きい場合でもポンプ光の遅延時間をテラヘルツ波の遅延時間と一致させることができる。

50

【 0 0 3 8 】

次に４個のミラー１６のうち、２個のミラーが、可動式参照ミラー２３と同じステージ２４に設置され、同一方向に動くように構成された第二の光遅延器２７にポンプ光が入射される。この構成により、可動式参照ミラーが大きく動く場合においても、ポンプ光とテラヘルツ波の遅延時間を一致させることができる。

【 0 0 3 9 】

非線形光学結晶とシリコンプリズム２０からなるテラヘルツ波検出器２１に角度位相整合を満たす角度で入射されたポンプ光とテラヘルツ干渉波は、結晶内部でパラメトリック発振が発生し、残存したポンプ光８と、テラヘルツ干渉波の強度に依存して強度が変化するテラヘルツ波検出光７が、テラヘルツ干渉波の周波数に依存した角度位相整合を満たす角度で照射される。

10

【 0 0 4 0 】

テラヘルツ波検出光の強度を、フォトダイオード、焦電センサ、ボロメータ、あるいはＣＣＤなどの光検出器２６で測定する。テラヘルツ干渉波の強度は、光検出器で測定したテラヘルツ波検出光の強度から算出する。

【 0 0 4 1 】

ここで、位相差の測定方法について説明する。テラヘルツ干渉波は、第一の分岐テラヘルツ波の光路長と、第二の分岐テラヘルツ波の光路長が一致したときに強度が最大となり、第一の分岐テラヘルツ波の光路長と、第二の分岐テラヘルツ波の光路長の差が１／２波長となったときに強度が最小となる。

20

【 0 0 4 2 】

あらかじめ、基準となる位置に、測定対象物の代わりに金属板等の反射物を設置し、ステージ２４を走査してステージ位置ごとの干渉波の強度分布を測定し記録する。テラヘルツ波の波長と同じ周期で干渉波形が記録され、これを標準位相の干渉波形とする。次に、被測定対象物を設置し、ステージ２４を走査して同様に干渉波形を記録する。標準位相の干渉波形と被測定対象物の干渉波形の最大強度の位置の差が、テラヘルツ波の位相差となる。また、この位置の差は、テラヘルツ波の反射波が往復する距離の基準と被測定対象物の差であり、基準となる位置からの奥行き方向の偏差の２倍に当たる。

【 0 0 4 3 】

したがって、位相差からテラヘルツ波の反射位置の特定が可能であり、測定対象物をテラヘルツ波の光軸に対して水平、あるいは垂直方向に動かしながら位相差を記録すると、立体形状の画像化が可能となる。また、複数の周波数の干渉波形を記録しフーリエ変換すると、特許文献２に示されているように複数の反射位置を算出することができる。

30

【 0 0 4 4 】

図２にテラヘルツ波位相差測定システムの第二の構成例を示す。第一の構成例と異なり、ポンプ光パルスレーザ光源１３から、分岐せずにテラヘルツ波発生器１１に入射される。ポンプ光パルスレーザ光源の出力する強度を落とさずにポンプ光をテラヘルツ波発生器に照射できるため、同じパワーの光源を用いた場合、テラヘルツ波の発生強度を向上させることができる。

【 0 0 4 5 】

40

テラヘルツ波発生器を通過したポンプ光１は、第一の光遅延回路１７と、第二の光遅延回路２７を介して、テラヘルツ波検出器２１に入射される。テラヘルツ波発生器を通過した際に、ポンプ光の強度は減衰しているため、テラヘルツ波検出器に入射するポンプ光強度は低下する。光学部品点数が少なくすむため、測定器の構築が容易である利点がある。

【 0 0 4 6 】

図３にテラヘルツ波位相差測定システムの第三の構成例を示す。第一の構成例と異なり、第二の分岐テラヘルツ波５の経路上にテラヘルツ波のシャッター２９を設ける。

【 0 0 4 7 】

シャッターは金属板を開閉したり、電動式の絞りを開閉したり、あるいは回転式の光学

50

フィルタ切替器に設置した金属遮断板の有無を切り替えてもよい。

【 0 0 4 8 】

このシャッターを設けることにより、例えば不可視の容器に包まれていて測定対象物の位置が不明確な場合に、測定対象物を測定するのに最適なステージ移動範囲となるよう、光遅延器や可動式参照ミラーの初期位置を設定することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

その手順を図 6 にフローチャートとして示す。まず、シャッターを遮断する。この状態で第一の光遅延器を走査し、図 5 に示した光路長不一致時の状態ではなく、光路長一致時のテラヘルツ波検出光が検出される位置を記録し、その中心に第一の光遅延器の光路長を設定する。

10

【 0 0 5 0 】

次に、シャッターを開放し、第一の光遅延器と第二の光遅延器の両方をそれぞれ逆方向に走査する。すなわち、第一の光遅延器の光路長を延ばしたときには、第二の光遅延器の光路長を縮小する。

【 0 0 5 1 】

そして、二つの光遅延器の合計光路長は一定となるようにする。このとき、ステージ 2 4 の位置ごとのテラヘルツ干渉波の強度を記録して最も強い強度となるステージ位置を第二の光遅延器の光路長の初期値として設定する。

【 0 0 5 2 】

次に、シャッターを開放したまま、第二の光遅延器のみを前後に走査する。前の手順において、干渉波形のピーク位置、すなわち第一の分岐テラヘルツ波の光路長と第二の分岐テラヘルツ波の光路長が一致した状態を初期位置としているため、その前後を走査すれば反射物の奥行き方向の反射位置前後を測定することになり。最適なステージ移動範囲となる。このようにして、容器内の見えない被測定物の位置を、測定波形から推定し、最適な位相差測定を実施することが可能となる。

20

【 0 0 5 3 】

図 4 にテラヘルツ波位相差測定システムの第四の構成例を示す。

【 0 0 5 4 】

第二の構成例のポンプ光を分離しない場合において、第二の分岐テラヘルツ波 5 の経路上にシャッター 2 9 を設ける。第三の構成例と同様に、図 6 のフローチャートに従い測定を実施することにより、容器内の見えない測定物の位置を、測定波形から推定し、最適な位相差測定を実施することが可能となる。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

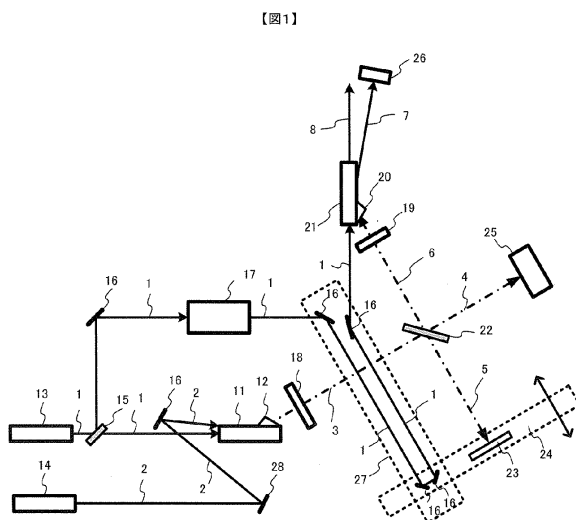
- 1 ポンプ光
- 2 シード光
- 3 テラヘルツ波
- 4 第一の分岐テラヘルツ波
- 5 第二の分岐テラヘルツ波
- 6 第一の分岐テラヘルツ波と第二の分岐テラヘルツ波の合成干渉波
- 7 テラヘルツ波検出光
- 8 ポンプ光
- 1 1 テラヘルツ波発生器
- 1 2 シリコンプリズム
- 1 3 ポンプ光パルスレーザ光源
- 1 4 シード光連続波レーザ光源
- 1 5 ビームスプリッタ
- 1 6 ミラー
- 1 7 第一の光遅延器
- 1 8 テラヘルツ波用シリンドリカルレンズ

40

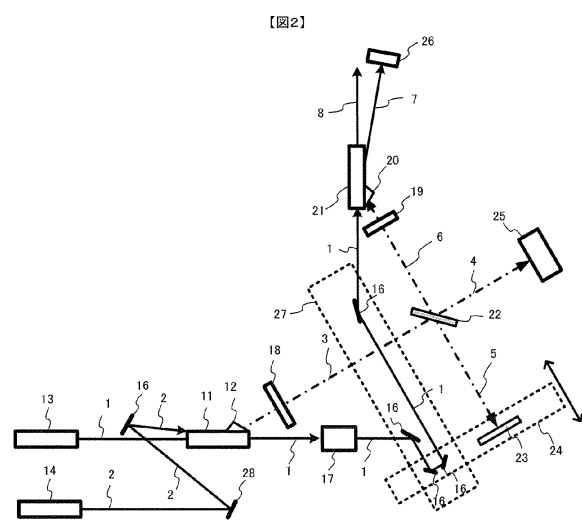
50

- 1 9 テラヘルツ波用凸レンズ
- 2 0 シリコンプリズム
- 2 1 テラヘルツ波検出器
- 2 2 テラヘルツ波用ハーフミラー
- 2 3 可動式参照ミラー
- 2 4 可動式ステージ
- 2 5 測定対象物
- 2 6 光検出器
- 2 7 第二の光遅延器
- 2 8 角度位相整合調整ミラー
- 2 9 テラヘルツ波用シャッター

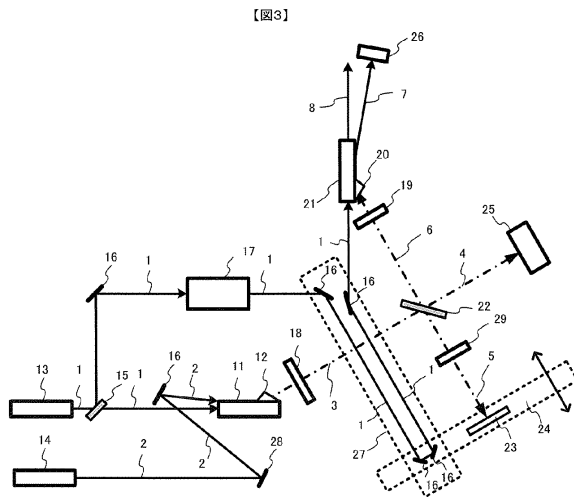
【図 1】



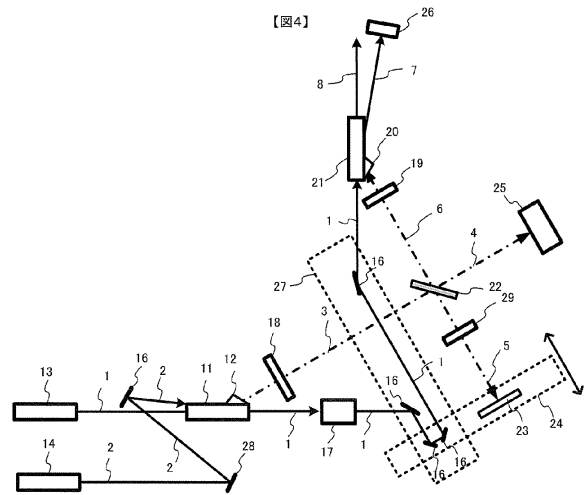
【図 2】



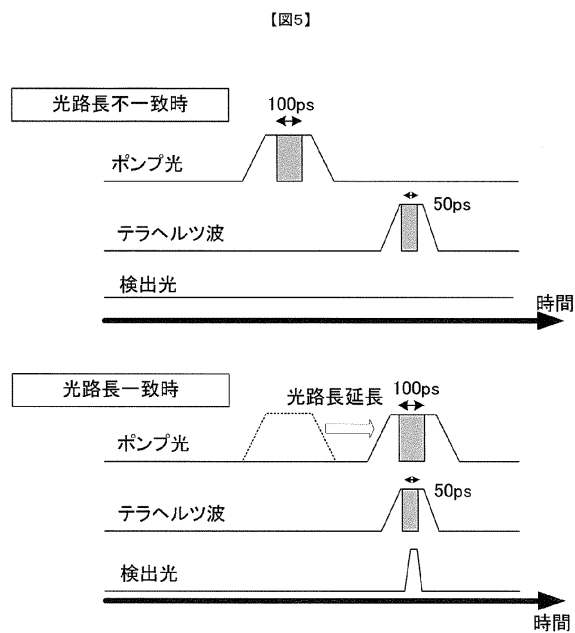
【図 3】



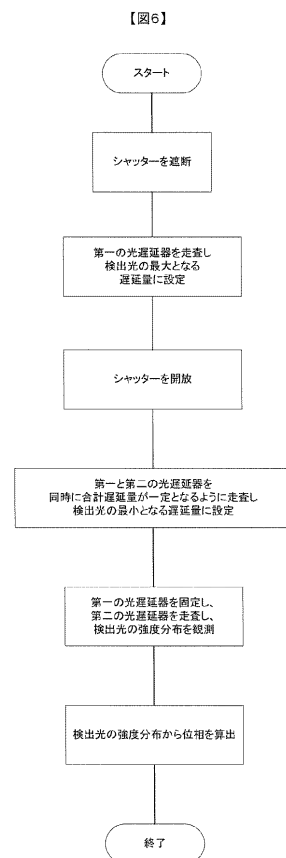
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-116439(JP,A)
 特開2009-300279(JP,A)
 特開2011-075583(JP,A)
 米国特許出願公開第2008/0074674(US,A1)
 HAYASHI,S. et.al., "High-peak-power and tunable terahertz-wave generation and sensitive detection by using nonlinear p, 37th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), 2012年 9月, 3 Pages, * 図3 *
 TAKIDA,Y. et.al., "Coherent electro-optical detection of THz-wave generated from synchronously pumped picosecond THz, Proceedings of SPIE, 2012年 2月15日, Article 82400A, 6 Pages, * 図1 *
 四方潤一 他 SHIKATA,J. et.al., "THz波パラメトリック発生光を用いたフーリエ分光光度計" "Fourier transform THz-wave spectrometer using, 電子情報通信学会技術研究報告 IEICE Technical Report, 2000年10月 6日, Volume 100, Number 349, Pages 31-36, * 図8 *
 五十川貴之 他 ISOGAWA,T. et.al., "光技術による低コヒーレンス・テラヘルツ波を用いたトモグラフィ" "Tomographic Imaging Using Photonic, 2012年電子情報通信学会総合大会講演論文集PROCEEDINGS OF THE 2012 IEICE GENERAL CONFERENCE, 2012年 3月 6日, エレクトロニクス(1) ELECTRONICS(1), Article C-14-17, Page 298

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/3581 - G01N 21/3586
 G01J 9/02
 G01B 9/02
 JSTPlus(JDreamIII)