

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-199044
(P2007-199044A)

(43) 公開日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 N 21/35 (2006.01) GO 1 N 21/35 Z 2 GO 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 書面 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-44545 (P2006-44545)	(71) 出願人	591172504 西澤 潤一 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋1丁目6番16号
(22) 出願日	平成18年1月24日 (2006.1.24)	(71) 出願人	506060708 株式会社テラヘルツ研究所 秋田県湯沢市上関字上関15番地
		(71) 出願人	000173902 財団法人半導体研究振興会 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉519-1176
		(72) 発明者	西澤 潤一 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋1丁目6番16号

最終頁に続く

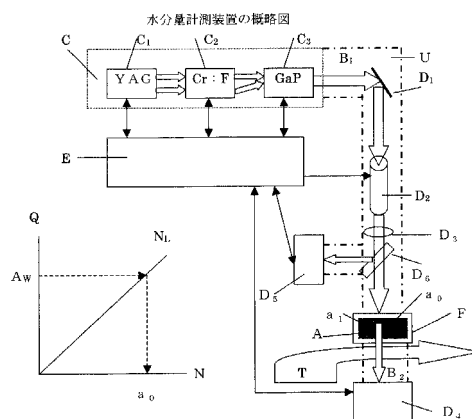
(54) 【発明の名称】 テラヘルツ波式計測装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 テラヘルツ波の透過性は、被測定物の内部物質までの計測を可能にし、高い周波数分解能は、吸収特性から分子の結合エネルギーレベルで物質の違いを峻別し、また、テラヘルツ波の被曝による危険は殆んど無いので、安全で高精度・小型・低価格の計測装置及び方法を提供することが可能である。

【解決手段】 被測定物の成分濃度を非接触で計測するテラヘルツ波式計測装置において、0.01THzから30THzの間のテラヘルツ波のうち、該成分夫々が有している吸収率の大きい特定周波数のテラヘルツ波が、被測定物を透過する間に減衰する度合、即ち、吸光度を夫々測定して、該吸光度と該成分濃度の関係を示した検量線を用いて、被測定物の成分濃度を計測する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定物の成分濃度を非接触で計測するテラヘルツ波式計測装置において、
0.01 THz から 30 THz の間のテラヘルツ波のうち、該成分夫々が有している吸収率の大きい特定周波数のテラヘルツ波が被測定物を透過する間に減衰する度合、即ち、吸光度を夫々測定して、該吸光度と該成分濃度の関係を示した検量線から、被測定物の成分濃度を計測する手段を備えていることを特徴とするテラヘルツ波式計測装置及び方法

【請求項 2】

テラヘルツ波を殆んど吸収しないガス雰囲気になっていて、且つ、その中に、被測定物に照射されるテラヘルツ波のビームの形状・位置・強度・周波数などが自在に設定できるようにレンズ・反射鏡などが配置されている導波路を備えていることを特徴とする請求項 1 記載のテラヘルツ波式計測装置及び方法

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載した透過するテラヘルツ波を用いなくて、被測定物から反射および散乱してくるテラヘルツ波の強度・偏光などを測定して、予め採ってある所定の検量線から、被測定物の成分濃度・成分密度・成分重量・水分量などを計測する手段を備えていることを特徴とするテラヘルツ波式計測装置及び方法

【請求項 4】

被測定物に対して、テラヘルツ波の出射側と反対側にテラヘルツ波の反射板を備えて、該反射板による 1 回以上反射を可能にする手段を備えていることを特徴とする請求項 1 , 2 記載のテラヘルツ波式計測装置及び方法

20

【請求項 5】

テラヘルツ波発生装置の構成に、YAG レーザ、クロムフォルステライトレーザ、回折格子、GaP 結晶を用いていることを特徴とする請求項 1 , 2 , 3 , 4 記載のテラヘルツ波式計測装置及び方法

【請求項 6】

テラヘルツ波発生装置に少なくとも 1 式のタンネットシステムを組み合わせて用いていることを特徴とする請求項 1 , 2 , 3 , 4 , 5 記載のテラヘルツ波式計測装置及び方法

【請求項 7】

被測定物の組成割合あるいは化学反応過程などの経時変化を 1 マイクロ秒より高速のサンプリングを可能にする手段を備えていることを特徴とする請求項 1 , 2 , 3 , 4 , 5 記載のテラヘルツ波式計測装置及び方法

30

【請求項 8】

特定周波数等で変調して暗号化されているテラヘルツ波指紋などを発信するテラヘルツ波発信手段と、該テラヘルツ波が照射されるとテラヘルツ波センサが作動して機能するテラヘルツ波暗号解読手段を、少なくとも、1 式備えていることを特徴とするテラヘルツ波シークレットシステム及び方法

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触で密度・濃度・重量などを計測するテラヘルツ波式計測装置に関わる。

40

【背景技術】

【0002】

テラヘルツ波は未踏領域の電磁波だったために、その応用は殆んど進展していなかったが、最近、当発明者等によって、0.01 THz ~ 7.5 THz などと広範囲の連続する周波数帯で、極めて周波数純度が高く、且つ、高エネルギーのテラヘルツ波が得られるようになった。従って、生体関連分子や高分子材料の骨格振動や分子構造における格子振動、局所振動の結合エネルギーによる吸収特性など、物質を区別する情報がテラヘルツ帯に存在することなどから、従来無かった新しい計測技術などが構築され、多くの分野で学術

50

理論や産業技術などへの展開が期待されている。

【特許文献1】特開2004-318028

【特許文献2】特願2004-75300

【特許文献3】PCT/JP2004/01/6165

【特許文献4】A comparative study of THz spectra (Proceedings of the Japan Academy, ser. B, Vol. 81, No. 1 (2005))

【特許文献5】Gap THz wave generator and THz spectrometer using Cr:Forsterite lasers (Review of Scientific Instruments 76, 123109 (2005))

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

例えば、物質に含まれる特定の成分量を吸収特性から量る場合、赤外線は透過性がないために表面近傍の情報しか得られない場合が多い。また、マイクロ波の場合は透過性は良いが、空間分解能が悪く広帯域計測における高精度周波数分別も難しい。また、X線やガンマ線などは人体に危険があるので取り扱いが難しく、且つ、大型・高価な装置である。本発明の目的は、上記の欠点を除くテラヘルツ波の透過性は、被測定物の内部物質までの計測を可能にし、高い周波数分解能は、吸収特性から分子の結合エネルギーレベルで物質の違いを峻別し、また、テラヘルツ波の被爆による危険は殆んど無いので、安全で高精度・小型・低価格のテラヘルツ波式計測装置及び方法を提供することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0004】

請求項1記載の発明は、被測定物の成分濃度を非接触で計測するテラヘルツ波式計測装置において、

0.01THzから30THz間のテラヘルツ波のうち、該成分夫々が有している吸収率の大きい特定周波数のテラヘルツ波が被測定物を透過する間に減衰する度合、即ち、吸光度を夫々測定して、該吸光度と該成分濃度の関係を示した検量線を用いて、被測定物の成分濃度を計測する手段を備えていることを特徴とする。

【0005】

この発明によると、例えば、被測定物に2.000THzのテラヘルツ波を照射したとき、a成分の吸光度A、b成分の吸光度Bが、A、Bで測定され、2.001THz照射したとき、a成分の吸光度A'、b成分の吸光度B'が、A'、B'測定された場合において、ランベルト・ベールの法則を示す下記の数式1と数式2からa成分濃度N_aとb成分濃度N_bが計測される。

【0006】

【数1】

$$A = \alpha L_a N_a$$

【0007】

【数2】

$$B' = \beta L_b N_b$$

【0008】

上記の数式において、 α 、 β は吸光係数、 L_a 、 L_b は光路長(透過長)で、テラヘルツ波が透過する被測定物の寸法に相当している。

実用上、予め、吸光度と成分濃度の関係は検量線の形式で採ってあるので、測定された吸光度A、B'から検量線図表をみて成分濃度N_a、N_bが計測されることになる。

一般に、吸光度Qは下記の数式3で定義されている。

10

20

30

40

50

【0009】

【数3】

$$Q = \log_{10} (I_0 / I)$$

I_0 は blank cell の透過光強度、 I は sample cell の透過光強度である。

【0010】

成分濃度の計測について記述したが、例えば、水素結合による固有振動がこの特定周波数に合致しており、該吸光度が該成分の密度あるいは重量に直接対応している関係が該検量線に表れている場合において、該吸光度の測定により、非接触で被測定物の特定の構成分子の数や欠陥数などの一部分あるいは全部の密度、あるいは、重量の計測が可能となる。

10

【0011】

透過光の減衰特性について記述したが、偏光特性について、同様の計測装置に適用することも可能である。上記、数1～数式は概念を説明したものであり、これに限られない。

【0012】

請求項2記載の発明は、テラヘルツ波を殆んど吸収しないガス雰囲気になっていて、且つ、その中に、被測定物に照射されるテラヘルツ波のビームの形状・位置・強度・周波数などが自在に設定できる様にレンズ・反射鏡などが配置されている導波路を備えていることを特徴とする。

20

【0013】

この発明によると、例えば、テラヘルツ導波路が不活性ガスなどを満たしているので、テラヘルツ波の減衰が少なくなり、前記処理前と比較して、100倍以上テラヘルツ波出射部から離れた場所にある被測定物のテラヘルツ波特性を計測することが可能となる。

【0014】

また、レンズや反射鏡を用いて焦点位置の変更やビーム走査でテラヘルツ波特性の場所の違いや、ピンホールの開いたテレスコープ等を動かして近接場測定などの計測ができる。

【0015】

請求項3記載の発明は、請求項1に記載した透過するテラヘルツ波を用いなくて、被測定物から反射および散乱してくるテラヘルツ波の強度・偏光などを測定して、予め採ってある所定の検量線から、被測定物の成分濃度・成分密度・成分重量・水分量などを計測する手段を備えていることを特徴とする。

30

【0016】

この発明によると、被測定物に向けて出射されたテラヘルツ波が、被測定物を介して出射側と同じ側に配置されたセンサに受信されるので、スペースファクターが有利になり計測装置が簡便化され、また、被測定物の片側状態に制約を受けないので、測定対象も大幅に増える。

【0017】

請求項4記載の発明は、被測定物に対して、テラヘルツ波の出射側と反対側にテラヘルツ波の反射板を備えて、該反射板による1回以上反射を可能にする手段を備えていることを特徴とする。

40

【0018】

この発明によると、請求項3の様なスペースファクターによる同様の効果があり、また、テラヘルツ波の被測定物の透過長がとれるので測定感度が上げられる他、数1、数3などを用いて煩雑になる検量線との照合作業を簡略化できる。

【0019】

請求項5記載の発明は、テラヘルツ波発生装置の構成に、YAGレーザ、クロムフォルステライトレーザ、回折格子、GaP結晶を用いていることを特徴とする。

【0020】

50

この発明によると、例えば、 $0.3 \text{ THz} \sim 7.5 \text{ THz}$ などと広範囲の連続する周波数帯で、極めて周波数純度が高く、且つ、高エネルギーのテラヘルツ波が得られるので、テラヘルツ波による学術上、産業上の計測対象が広がる。

【0021】

請求項6記載の発明は、テラヘルツ波発生装置に少なくとも一式のタンネットシステムを組み合わせて用いていることを特徴とする。

【0022】

この発明によると、タンネットがパワー及び周波数の安定度が 10^{-5} 以上で、周波数帯域がサブテラヘルツ領域なので、その分、特定周波数の吸収特性を用いて成分濃度などの計測できる領域が広がる。

10

【0023】

請求項7記載の発明は、被測定物の組成割合あるいは化学反応過程などの経時変化を1マイクロ秒より高速のサンプリングを可能にする手段を備えていることを特徴とする。

【0024】

この発明によると、例えば、YAGレーザ励起光を10ナノ秒間クロムフォルステライト結晶に照射し、出てくる二波を、更に、GaP結晶に当て、二波の差周波である 1 THz のテラヘルツ波を出射させて被測定物に照射する場合、10,000サイクルの電磁波が該化学反応に影響を与えることになる。従って、0.1ナノ秒の計測時間は、100サイクルの情報を含んでいるので、位相・振幅などの変調・復調によって高速変化を捉えることが可能になる。

20

【0025】

請求項8記載の発明は、特定周波数等で変調して暗号化されているテラヘルツ波指紋などを発信するテラヘルツ波発信手段と、該テラヘルツ波が照射されるとテラヘルツ波センサが作動して機能するテラヘルツ波暗号解読手段を、少なくとも、一式備えていることを特徴とする。

【0026】

この発明によると、例えば、通常、自然界に存在しない暗号化されたテラヘルツ波指紋が、該テラヘルツ波暗号解読手段で暗号解読されるので、高い確率で秘密が保持される様になる。

【発明の効果】

30

【0027】

本発明によると、テラヘルツ波を照射し、被測定物が有している固有スペクトルを測定するので、非接触、非破壊で高速、且つ、分子レベルで構造の異なる物質の成分濃度が計測できるという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

$0.01 \text{ THz} \sim 7.5 \text{ THz}$ などと広範囲で連続している周波数帯の特定周波数で、極めて周波数純度が高く、且つ、高エネルギーのテラヘルツ波を、被測定物である生体関連分子や高分子材料などの骨格振動や分子構造における格子振動、局所振動の結合エネルギーによるスペクトルなどに合わせて照射して、その吸収特性から、例えば、製造途中にあるプラスチック容器中の生産物品質の良否を成分濃度から知ることが可能となった。

40

【実施例1】

【0029】

図1は、本発明装置の1実施例で、水分量計測装置の概略図であって、 $C \sim C_3$ 、 B_1 、 D_4 、 D_5 、 U は、図2と同様である。

【0030】

この例では、コンベアTに載って運ばれてくる粉体肥料Aに含まれる水分量 a_0 を計測する場合を説明する。YAGレーザ C_1 及びクロムフォルステライトレーザ C_2 の励起光が回折格子 C_3 を経て、GaP結晶 C_4 から発生した高分解能・ハイパワーのテラヘルツ波 B_1 が、反射鏡 D_1 、テレスコープ D_2 、レンズ D_3 で粉体肥料Aの所望の場所に照射

50

されると、水分に吸収特性を有する波長で吸収され減衰したテラヘルツ波 B_2 が、テラヘルツセンサ D_4 で感知される。一方、ハーフミラー D_6 で分けたテラヘルツ波は校正用でテラヘルツセンサ D_5 で検出される。図示していない光学機器・計測装置は、制御装置 E に入っている。また、テラヘルツ波発生装置 C は変化が ± 0.1 以内の恒温室である。包装袋 F は水分量計測に用いる周波数でテラヘルツ波の減衰特性をもっていないものである。

水分でテラヘルツ波が吸収されて減衰しないように、導波管 U は乾燥した不活性ガスで常に満たされている。

【0031】

粉状肥料 A に含まれる水分量 a_0 を計測する場合、水による減衰が少なく粉状肥料の成分 a_1 によって多く減衰する周波数の 3.400 THz を照射して、主に、粉状肥料の材料による吸光度 A' を測定する。この吸光度 A' を用いて、検量線から粉状肥料の密度を計測する。この場合、粉末の密度やサイズ、形状などによる特質も吸光度のかたちで測定される。また、水の吸収による減衰が多い周波数の 3.600 THz を前記 3.400 THz と同時にあるいは別に照射して吸光度を測定すると、前記、粉状肥料の吸光度 A' と、水分による吸光度 A'_w が測定され、図1の下部に表した吸光度 Q と成分濃度 N の関係を示す検量線 N_L から粉状肥料に含まれる水分量 a_0 が計測されることになる。 3.400 THz 照射による吸光度 A' の測定データは、該粉末の密度やサイズ、形状などの特質が含水量に多くの影響を与えることから、実用上、精度の高い検量線の設定を図って採ったものである。一般に用いられている静電容量式水分計や赤外線式水分計の問題点の多くは、この被測定物の密度などの状態パラメータの設定による検量線の設定精度が良くないことに起因しているからである。

【実施例2】

【0032】

図2は、本発明装置の1実施例で、3種類の多機能繊維が混合してトータル密度が同じに編まれている布の中の、1種類の多機能繊維の密度およびその変化を計測する繊維密度計測装置の概略図である。

【0033】

この例では、多機能繊維で織られた布 H が矢印の方向へ高速に移動していて、該1種類の多機能繊維だけが吸収特性を有する固有周波数 f_m のテラヘルツ波 B_1 を照射すると、他2種類の多機能繊維により反射、散乱を繰り返して測定される分と該1種類による吸収反射 & 散乱による分の総和のテラヘルツ波強度がテラヘルツ波センサ D_4 で測定される。

1種類の多機能繊維の密度およびその変化は、高速にサンプリング測定されるデータを用いて、図2の下部に表した固有周波数 f_m のテラヘルツ波 B_3 の強度 I と成分密度 M の関係を示す検量線 M_L から、該1種類の多機能繊維の密度 m およびその変化 m を計測することができる。

【産業上の利用可能性】

【0034】

0.01 THz から 30 THz の間の周波数範囲に被測定物を特定する分子結合エネルギーが存在すれば、符合する周波数で該テラヘルツ波の吸収が生じ、その吸収度から成分濃度が計測されるので、広分野で生産工程や完成品の評価が非接触・非破壊で精密且つ高速にできる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明装置の1実施例で、水分量の計測方法を説明した図である。(実施例1)

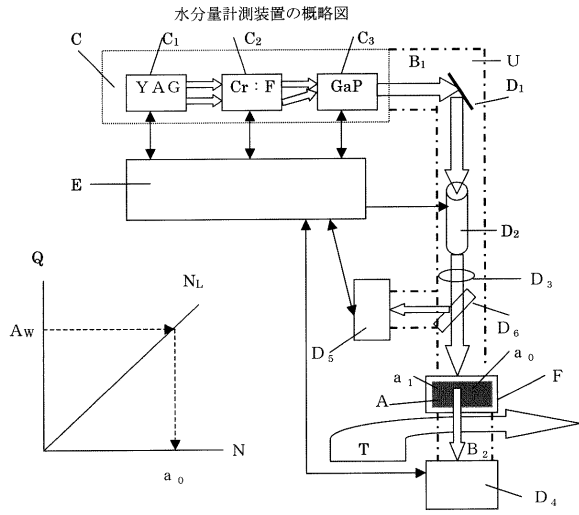
【図2】本発明装置の1実施例で、繊維密度の計測方法を説明した図である。(実施例2)

【符号の説明】

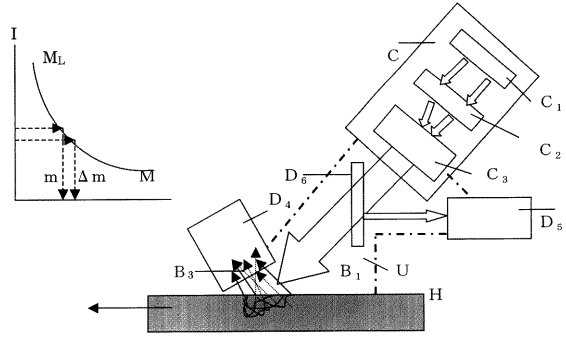
【0036】

A	粉体肥料	
A'	肥料の吸光度	
A' _w	水の吸光度	
a ₀	水分量	
a ₁	成分	
B ₁	テラヘルツ波	
B ₂	テラヘルツ波	
B ₃	テラヘルツ波	
C	テラヘルツ波発生装置	
C ₁	YAGレーザー	10
C ₂	クロムフォルステライトレーザー	
C ₃	回折格子	
C ₄	GaP結晶	
D ₁	反射鏡	
D ₂	テレスコープ	
D ₃	レンズ	
D ₄	テラヘルツセンサ	
D ₅	テラヘルツセンサ	
D ₆	ハーフミラー	
E	制御装置	20
F	包装袋	
f _m	固有周波数	
H	布	
I	テラヘルツ波強度	
N	成分濃度	
N _L	検量線	
M	成分密度	
M ₁	検量線	
m	密度	
m	密度変化	30
Q	吸光度	
T	コンペア	
U	導波管	

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 柴田 治郎

秋田県湯沢市上関字上関15番地

Fターム(参考) 2G059 AA01 BB09 CC09 DD17 EE01 EE05 EE11 GG01 HH01 JJ17
JJ22 KK01 MM12