

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6323060号
(P6323060)

(45) 発行日 平成30年5月16日(2018.5.16)

(24) 登録日 平成30年4月20日(2018.4.20)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 21/359 (2014.01)

F 1

G O 1 N 21/359

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2014-33780 (P2014-33780)
 (22) 出願日 平成26年2月25日 (2014.2.25)
 (65) 公開番号 特開2015-158439 (P2015-158439A)
 (43) 公開日 平成27年9月3日 (2015.9.3)
 審査請求日 平成29年1月26日 (2017.1.26)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 鹿川 祐一
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 審査官 立澤 正樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】成分分析装置、成分分析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定光を被測定対象に照射する光源部と、
 前記被測定対象からの測定対象光を分光する分光素子と、
 前記分光素子により分光された分光光を受光する受光部と、
 前記分光光に基づいて前記被測定対象における分析対象成分の成分含有率を分析する分析部と、
 を含み、

前記測定光の波長域は、第1波長域と、第2波長域と、を含み、

前記分析部は、前記第1波長域の前記分光光の光量、前記第2波長域の前記分光光の光量、及び相関データに基づいて前記成分含有率を分析し、

前記相関データは、前記第1波長域における前記分析対象成分の第1特徴量と、前記第1特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第1データ、及び前記第2波長域における前記分析対象成分の第2特徴量と、前記第2特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第2データと、を含み、

前記第1波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第1領域とし、前記第2波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第2領域としたとき、

前記第1領域の成分含有率及び前記第2領域の成分含有率は、前記第1波長域において算出される前記成分含有率、前記第2波長域において算出される前記成分含有率、

前記第1領域の第1定数、及び前記第2領域の第2定数に基づいて算出されることを特徴

10

20

とする成分分析装置。

【請求項 2】

前記測定光の波長域は、さらに第3波長域を含み、

前記第1波長域は800nmから1100nm、前記第2波長域は1100nmから1800nm、前記第3波長域は1800nmから2500nmであることを特徴とする請求項1に記載の成分分析装置。

【請求項 3】

前記被測定対象の前記成分含有率は、前記第1領域の成分含有率及び前記第2領域の成分含有率に基づくことを特徴とする請求項1または2に記載の成分分析装置。

【請求項 4】

前記受光部は、前記第1波長域の前記分光光を受光する第1受光素子と、前記第2波長域の前記分光光を受光する第2受光素子と、を含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の成分分析装置。

【請求項 5】

前記光源部は、前記第1波長域の前記測定光に対応した第1光源と、前記第2波長域の前記測定光に対応した第2光源と、を含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の成分分析装置。

【請求項 6】

光源部から被測定対象に測定光を照射するステップと、

前記被測定対象からの測定対象光を分光した分光光を受光するステップと、

前記分光光に基づいて、前記被測定対象における分析対象成分の成分含有率を分析するステップと、

を含み、

前記測定光の波長域は、第1波長域と、第2波長域と、を含み、

前記分光光に基づいて、前記被測定対象における分析対象成分の成分含有率を分析するステップは、前記第1波長域の前記分光光の光量、前記第2波長域の前記分光光の光量、及び相関データに基づいて前記成分含有率を分析し、

前記相関データは、前記第1波長域における前記分析対象成分の第1特徴量と、前記第1特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第1データ、及び前記第2波長域における前記分析対象成分の第2特徴量と、前記第2特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第2データと、を含み、

前記第1波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第1領域とし、前記第2波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第2領域としたとき、

前記第1領域の成分含有率及び前記第2領域の成分含有率は、前記第1波長域において算出される前記成分含有率、前記第2波長域において算出される前記成分含有率、前記第1領域の第1定数、及び前記第2領域の第2定数に基づいて算出されることを特徴とする成分分析方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、成分分析装置、及び成分分析方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、食品等の測定対象に赤外光を照射して反射光のスペクトルを分析することで成分分析する装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の装置は、測定対象に1100nm～2000nmの近赤外波長域の光を照射してその吸光度からカロリーを算出している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2009-98015号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、光の波長によって物体内部に到達する深さが変化することが知られている。例えば、人の皮膚に光を照射すると、赤外波長域のうち、遠赤外波長（波長2500nm以上）の光は到達深度が数μmから数十μmであるが、近赤外波長域の1800nm～2500nmの光では到達深度が1～2mmとなり、1100nm～1800nmの光では到達深度が数mm、800nm～1100nmの光では到達深度が数cmとなる。

したがって、上述した特許文献1に記載の装置では、1100nm～2000nmの光を用いているため、食品の表面から2～3mm程度の部分の成分分析しかできない。食品を切断等破壊することで食品全体の成分を解析できるが、前処理が必要であり、食品の見た目も悪くなるという課題がある。

【0005】

本発明は、被測定対象を破壊することなく、精度の高い成分分析を実施可能な成分分析装置、及び成分分析方法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】

【0006】

本発明の一態様の成分分析装置は、測定光を被測定対象に照射する光源部と、前記被測定対象からの測定対象光を分光する分光素子と、前記分光素子により分光された分光光を受光する受光部と、前記分光光に基づいて前記被測定対象における分析対象成分の成分含有率を分析する分析部と、を含み、前記測定光の波長域は、第1波長域と、第2波長域と、を含み、前記分析部は、前記第1波長域の前記分光光の光量、前記第2波長域の前記分光光の光量、及び相関データに基づいて前記成分含有率を分析し、前記相関データは、前記第1波長域における前記分析対象成分の第1特徴量と、前記第1特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第1データ、及び前記第2波長域における前記分析対象成分の第2特徴量と、前記第2特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第2データと、を含み、前記第1波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第1領域とし、前記第2波長域の前記測定光が到達する前記被測定対象の領域を第2領域としたとき、前記第1領域の成分含有率及び前記第2領域の成分含有率は、前記第1波長域において算出される前記成分含有率、前記第2波長域において算出される前記成分含有率、前記第1領域の第1定数、及び前記第2領域の第2定数に基づいて算出されることを特徴とする。

上記の本発明に係る成分分析装置は、測定光を被測定対象に照射する光源部と、前記被測定対象からの測定対象光を分光する分光素子と、前記分光素子により分光された分光光を受光する受光部と、前記分光光に基づいて前記被測定対象における分析対象成分の成分含有率を分析する分析部と、を含み、前記測定光の波長域は、第1波長域と、第2波長域と、を含み、前記分析部は、前記第1波長域の前記分光光の光量、前記第2波長域の前記分光光の光量、及び相関データに基づいて前記成分含有率を分析し、前記相関データは、前記第1波長域における前記分析対象成分の第1特徴量と、前記第1特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第1データ、及び前記第2波長域における前記分析対象成分の第2特徴量と、前記第2特徴量に対する前記成分含有率との関係を表す第2データと、を含むことを特徴とする。

上記の本発明に係る本発明の成分分析装置は、近赤外波長域における複数の波長域を含む光を被測定対象に照射する光源部と、前記被測定対象で反射された光から所定波長の光を分光し、かつ、前記所定波長を変更可能な波長可変型の分光フィルターと、前記分光フィルターから出射された光を受光する受光部と、所定の分析対象成分に対する吸光スペクトルから抽出された特徴量と、当該特徴量に対する成分含有率との関係が、前記複数の波長域毎に記録された相関データを記録する記憶部と、前記受光部で受光された前記波長域毎の光の光量、及び前記相関データに基づいて、前記被測定対象における前記分析対象成分の成分含有率を分析する分析部と、を備えたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0007】

本発明は、光源部から出射される光が近赤外波長域における複数の波長域を有する。ここで、本発明における近赤外波長域とは、近赤外波長域及び可視光域の境界近傍から、近赤外波長域及び赤外波長域の境界近傍までの広い範囲であり、例えば800nm～2500nmの波長範囲となる。そして、これらの波長域は、異なる波長域であるため、被測定対象に対する到達深度も異なってくる。したがって、各波長帯に対する吸光スペクトルと、その波長帯に対する特徴量と成分含有率との関係を示す相関データを用い、複数の波長域毎の成分含有率を算出でき、測定対象の表面から深度に応じた成分含有率を算出することができる。

これにより、表面からの深度に応じて成分含有率が変化する被測定対象に対しても、従来のように表面の成分分析のみを実施する場合に比べて、より深い深度までの範囲に対して成分分析を実施できるので、被測定対象を破壊することなく、高精度な成分分析を実施することができる。10

【0008】

本発明の成分分析装置において、前記複数の波長域は、800nmから1100nmの第一波長域、1100nmから1800nmの第二波長域、及び1800nmから2500nmの第三波長域を含むことが好ましい。

ここで、第一波長域の光は、第二波長域の光や第三波長域の光に比べて、最も深い位置まで光が到達して反射され、第二波長域の光は、次に深い位置まで光が到達して反射され、第三波長域の光は表面に近い位置で反射される。例えば、人の皮膚の場合では、第一波長域の光で1～3cm、第二波長域の光で2～3mm、第三波長域の光で1～2mmとなる。したがって、被測定対象の表面からの深度毎の成分含有率を求めることができる。20

【0009】

本発明の成分分析装置において、前記分析部は、前記波長域毎に算出される前記分析対象成分の成分含有率と、前記波長域に対応した光の到達深度を深さ階層毎に分割した際の各深さ階層に対して設定された定数とに基づいて、前記深さ階層毎の前記分析対象成分の成分含有率を算出することが好ましい。

ここで、各深さ階層に対して設定された定数とは、到達深度の深さに応じた反射光の割合を示す定数である。被測定対象により反射される光は、到達深度に対して指数関数的に減衰し、その減衰率に基づいて前記定数が設定される。30

【0010】

本発明では、上記のように到達深度に対して設定された定数と、各波長域における吸光スペクトルに基づいて算出された被測定対象の表面から所定到達深度までの深度範囲における成分含有率との積を算出し、被測定対象の表面から深さ階層毎の成分含有率を算出する。

例えば、波長域Aの光が被測定対象の表面から a mmの深さまで到達し、波長域Bの光が被測定対象の表面から b mm ($b > a$) の深さまで到達するとする。この場合、被測定対象の表面から b mmの深度を、 $0 \sim a$ mmの第一深さ階層と、 $a \sim b$ mmの第二深さ階層とに分けられる。また、到達深度に設定された定数として、第一深さ階層に対する定数として e 、第二深さ階層に対する定数として f (ただし、 $e + f = 1$) が設定されているものとする。40

ここで、波長域Aの光に基づいて算出された所定成分Mに対する成分含有率が x であり、波長域Bの光に基づいて算出された成分Mに対する成分含有率が y である場合、第一深さ階層における成分Mに対する真の成分含有率C、第二深さ階層における成分Mに対する真の成分含有率Dは、以下のようにして求められる。

波長域Aの光に基づいて求められた成分含有率 x は、 $x = C$ となる。

波長域Bの光に基づいて求められた成分含有率 y は、 $y = e \times C + f \times D$ となる。

したがって、 $C = x$ 、 $D = (y - e \times x) / f$ として算出される。

以上のように、本発明によれば、深さ階層毎の各分析対象成分の成分含有率を精度よく算出することが可能となる。50

【0011】

本発明の成分分析装置において、前記分析部は、前記深さ階層毎の成分含有率に基づいて、前記被測定対象の全体における前記分析対象成分の成分含有率を算出することが好ましい。

【0012】

本発明では、上述のように、算出された各深さ階層の成分含有率に基づいて、被測定対象全体の成分含有率を算出する。算出方法としては、例えば各深さ階層における成分含有率の平均値をとってもよく、各深さ階層の成分含有率に対して所定の比率をかけた値を加算してもよい。上記のように、各深さ階層において高精度な成分含有率を算出できるので、このような成分含有率を用いることで、被測定対象全体に対する成分含有率も精度よく算出することができる。
10

【0013】

本発明の成分分析装置において、前記受光部は、前記複数の波長域のそれぞれに対応した複数の受光素子を有することが好ましい。

本発明では、各波長域に対して最適な受光感度を有する受光素子を備えている。このため、1つの受光素子により、全ての波長域の光を受光する場合に比べて、高精度に各波長域に対する光の光量を取得でき、精度の高い吸光スペクトルに基づいた成分分析処理を実施できる。

【0014】

本発明の成分分析装置において、前記光源部は、前記複数の波長域のそれぞれに対応した光源を備えていることが好ましい。
20

本発明では、光源部には、各波長域に対応した光源が設けられている。このため、1つの波長域に対する吸光スペクトルを取得する際に、その波長域に対応する光源を点灯させ、その他の光源を消灯させることで、他の波長域の光を除外することができ、所望波長域に対する精度の高い吸光スペクトルを取得できる。また、各光源を切り替えて用いることで、光源部の駆動電力を低減できる。

【0015】

本発明の成分分析方法は、近赤外波長域における複数の波長域を含む光を被測定対象に照射する光源部、前記被測定対象で反射された光から所定波長の光を分光し、かつ、前記所定波長を変更可能な波長可変型の分光フィルター、及び前記分光フィルターから出射された光を受光する受光部を有する成分分析装置における成分分析方法であって、前記光源部から前記被測定対象に光を照射する光照射ステップと、前記被測定対象からの反射光を、前記分光フィルターを介して前記受光部で受光させ、かつ前記分光フィルターから出射させる光の波長を変化させて、前記複数の波長域毎の吸光スペクトルを取得するスペクトル取得ステップと、所定の分析対象成分に対する吸光スペクトルから抽出された特徴量及び当該特徴量に対する成分含有率の関係が前記複数の波長域毎に記録された相関データと、前記スペクトル取得ステップにより取得された前記吸光スペクトルから抽出された前記複数の波長域毎の特徴量とに基づいて、前記被測定対象における成分含有率を分析する分析ステップとを実施することを特徴とする。
30

【0016】

本発明では、上述した発明と同様、それぞれ異なる複数の波長域の光を用いることで、各波長域に対応した到達深度（測定対象の表面からの深度）に応じた成分含有率を算出することができる。これにより、表面からの深度に応じて成分含有率が変化する被測定対象に対しても、従来のように表面の成分分析のみを実施する場合に比べて、より深い深度までの範囲に対して成分分析を実施できるので、被測定対象を破壊することなく、高精度に成分分析を実施することができる。
40

【図面の簡単な説明】**【0017】**

【図1】本発明の一実施形態に係る成分分析装置の概略構成を示す斜視図。

【図2】本実施形態の成分分析装置の概略断面図。
50

【図3】本実施形態の波長可変干渉フィルターの概略平面図。

【図4】本実施形態の波長可変干渉フィルターの概略断面図。

【図5】本実施形態の成分分析装置の制御部の概略構成を示すブロック図。

【図6】各栄養素固有の吸収波長を示す図。

【図7】本実施形態における成分分析処理を示すフローチャート。

【図8】本実施形態の成分含有率の算出方法を説明するための概略図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係る一実施形態に係る成分分析装置について、図面に基づいて説明する。
。

10

[成分分析装置の概略構成]

図1は、本実施形態の成分分析装置の正面構成を示す斜視図である。図2は、成分分析装置の断面構成を示す概略図である。

成分分析装置10は、被測定対象である食品の分光画像を撮像し、これらの分光画像に基づいて、各画素における近赤外波長域のスペクトルを分析し、分析したスペクトルから食品の成分を分析する装置である。なお、本実施形態では、被測定対象として食品を対象とし、食品に含まれる分析対象成分（炭水化物、蛋白質、脂質、水分等の各栄養素）や食品のカロリーを算出する成分分析装置10の一例を示すが、その他の対象物を被測定対象としてもよい。

また、本実施形態では、ユーザーにより携帯可能なカメラタイプの成分分析装置を例示するが、例えば被測定対象である食品を収納する収納庫を有するボックスタイプの成分分析装置であってもよい。

20

【0019】

本実施形態の成分分析装置10は、図1及び図2に示すように、筐体11と、撮像モジュール12と、温度センサー13と、ディスプレイ14（図2参照）と、操作部15と、制御部16（図2参照）と、を備えている。

【0020】

[筐体の構成]

筐体11は、撮像モジュール12が配置される撮像窓111、及び温度センサー13が配置されるセンサー窓112を備えている。また、筐体11は、図2に示すように、例えば背面側にディスプレイ14が配置される表示窓を備えている。更に、筐体11の一部には、操作部15（例えばシャッターボタン等）が設けられている。

30

【0021】

[撮像モジュールの構成]

撮像モジュール12は、撮像窓111に臨んで設けられる光入射部121（入射光学系）と、撮像窓111に臨んで設けられる光源部122と、波長可変干渉フィルター5（分光フィルター）と、入射光を受光する撮像部123（受光部）と、制御基板128とを備えている。

【0022】

(光入射部の構成)

光入射部121は、図2に示すように、複数のレンズにより構成されており、本発明の入射光学系を構成する。この光入射部121は、複数のレンズにより、視野角が所定角度以下に制限されており、視野角内の検査対象物の像を、撮像部123に結像する。また、これらの複数のレンズの内の一部は、例えばユーザーにより操作部15が操作されることで、レンズ間隔を調整することが可能となり、これにより、取得する画像の拡大縮小が可能となる。本実施形態では、光入射部121を構成するこれらのレンズとして、テレンントリックレンズを用いることが好ましい。このようなテレンントリックレンズでは、入射光の光軸を主光線に対して平行な方向に揃えることができ、後述する波長可変干渉フィルター5の固定反射膜54や可動反射膜55に対して垂直に入射させることができ。また、光入射部121を構成するレンズとしてテレンントリックレンズを用いる場合、テ

40

50

レセントリックレンズの焦点位置に絞りが設けられる。この絞りは、制御部 16 により絞り径が制御されることで、視野角を制御することが可能となる。なお、レンズ群や絞り等によって制限される入射光の入射角度は、レンズ設計等により異なるが、光学軸から 20 度以下に制限されることが好ましい。

【0023】

(光源部の構成)

光源部 122 は、図 1 及び図 2 に示すように、撮像窓 111 の外周部に沿って、円環状に配列して配置される複数の光源 122A, 122B, 122C を備えている。なお、本実施形態では、光源 122A, 122B, 122C として LED を例示するが、例えばレーザー光源等が用いられていてもよい。

ここで、第一光源 122A は、800 nm ~ 1100 nm の波長域（第一波長域）の光を出射する。第二光源 122B は、1100 nm ~ 1800 nm の波長域（第二波長域）の光を出射する。第三光源 122C は、1800 nm ~ 2500 nm の波長域の光を出射する。したがって、光源部 122 は、光源 122A, 122B, 122C を点灯することで、近赤外波長域から赤外波長域（800 nm ~ 2500 nm）の光を出射させることができる。

【0024】

(波長可変干渉フィルターの構成)

図 3 は、波長可変干渉フィルターの概略構成を示す平面図である。図 4 は、図 3 の IV - I V 線を断面した際の波長可変干渉フィルターの断面図である。

波長可変干渉フィルター 5 は、本発明の波長可変型の分光フィルターを構成するファブリーペロエタロンであり、一対の基板（固定基板 51、可動基板 52）を備えている。これらの基板 51, 52 は、それぞれ例えば、ソーダガラス、結晶性ガラス、石英ガラス、鉛ガラス、カリウムガラス、ホウケイ酸ガラス、無アルカリガラスなどの各種ガラスや、水晶などにより形成されている。なお、本実施形態では、測定対象の赤外域における分光画像を取得するものであるため、基板 51, 52 として、赤外域の光を透過可能なシリコン等により構成されていてもよい。

そして、これらの固定基板 51 及び可動基板 52 は、例えばシリコーンを主成分とするプラズマ重合膜などにより構成された接合膜 53 により接合されることで、一体的に構成されている。

【0025】

そして、固定基板 51 には、固定反射膜 54 が設けられ、可動基板 52 には、可動反射膜 55 が設けられている。これらの固定反射膜 54 および可動反射膜 55 は、反射膜間ギャップ G1 を介して対向配置されている。そして、波長可変干渉フィルター 5 には、この反射膜間ギャップ G1 のギャップ量を調整（変更）するのに用いられる静電アクチュエーター 56 が設けられている。この静電アクチュエーター 56 は、固定基板 51 に設けられた固定電極 561 と、可動基板 52 に設けられた可動電極 562 とにより構成されている。これらの固定電極 561, 可動電極 562 は、電極間ギャップ G2 を介して対向する。ここで、これらの固定電極 561, 可動電極 562 は、それぞれ固定基板 51 及び可動基板 52 の基板表面に直接設けられる構成であってもよく、他の膜部材を介して設けられる構成であってもよい。

また、本実施形態における波長可変干渉フィルター 5 では、固定基板 51（可動基板 52）の基板厚み方向から見た図 3 に示すような平面視（以降、フィルター平面視と称する）において、固定基板 51 及び可動基板 52 の平面中心点 O は、固定反射膜 54 及び可動反射膜 55 の中心点と一致し、かつ後述する可動部 521 の中心点と一致する。

【0026】

(固定基板の構成)

固定基板 51 には、例えばエッティング等により電極配置溝 511 および反射膜設置部 512 が形成されている。また、固定基板 51 の頂点 C1 には、切欠部 514 が形成されており、波長可変干渉フィルター 5 を固定基板 51 側から見た際に、後述する可動電極パッ

10

20

30

40

50

ド 5 6 4 P が露出する。

【 0 0 2 7 】

電極配置溝 5 1 1 は、フィルター平面視で、固定基板 5 1 の平面中心点 O を中心とした環状に形成されている。反射膜設置部 5 1 2 は、前記平面視において、電極配置溝 5 1 1 の中心部から可動基板 5 2 側に突出して形成されている。この電極配置溝 5 1 1 の溝底面は、固定電極 5 6 1 が配置される電極設置面 5 1 1 A となる。また、反射膜設置部 5 1 2 の突出先端面は、反射膜設置面 5 1 2 A となる。

また、固定基板 5 1 には、電極配置溝 5 1 1 から、固定基板 5 1 の外周縁の頂点 C 1 , 頂点 C 2 に向かって延出する電極引出溝 5 1 1 B が設けられている。

【 0 0 2 8 】

電極配置溝 5 1 1 の電極設置面 5 1 1 A には、固定電極 5 6 1 が設けられている。より具体的には、固定電極 5 6 1 は、電極設置面 5 1 1 A のうち、後述する可動部 5 2 1 の可動電極 5 6 2 に対向する領域に設けられている。また、固定電極 5 6 1 上に、固定電極 5 6 1 及び可動電極 5 6 2 の間の絶縁性を確保するための絶縁膜が積層される構成としてもよい。

そして、固定基板 5 1 には、固定電極 5 6 1 の外周縁から、頂点 C 2 方向に延出する固定引出電極 5 6 3 が設けられている。この固定引出電極 5 6 3 の延出先端部（固定基板 5 1 の頂点 C 2 に位置する部分）は、制御基板 1 2 8 に接続される固定電極パッド 5 6 3 P を構成する。

なお、本実施形態では、電極設置面 5 1 1 A に 1 つの固定電極 5 6 1 が設けられる構成を示すが、例えば、平面中心点 O を中心とした同心円となる 2 つの電極が設けられる構成（二重電極構成）などとしてもよい。

【 0 0 2 9 】

反射膜設置部 5 1 2 は、上述したように、電極配置溝 5 1 1 と同軸上で、電極配置溝 5 1 1 よりも小さい径寸法となる略円柱状に形成され、当該反射膜設置部 5 1 2 の可動基板 5 2 に対向する反射膜設置面 5 1 2 A を備えている。

この反射膜設置部 5 1 2 には、図 3 及び図 4 に示すように、固定反射膜 5 4 が設置されている。この固定反射膜 5 4 としては、例えば Ag 等の金属膜や、Ag 合金等の合金膜を用いることができる。また、例えば高屈折層を TiO₂ 、低屈折層を SiO₂ とした誘電体多層膜を用いてもよい。さらに、誘電体多層膜上に金属膜（又は合金膜）を積層した反射膜や、金属膜（又は合金膜）上に誘電体多層膜を積層した反射膜、単層の屈折層（TiO₂ や SiO₂ 等）と金属膜（又は合金膜）とを積層した反射膜などを用いてもよい。

【 0 0 3 0 】

そして、固定基板 5 1 の可動基板 5 2 に対向する面のうち、エッチングにより、電極配置溝 5 1 1 、反射膜設置部 5 1 2 、及び電極引出溝 5 1 1 B が形成されない面は、第一接合部 5 1 3 を構成する。この第一接合部 5 1 3 は、接合膜 5 3 により可動基板 5 2 に接合される。

【 0 0 3 1 】

（可動基板の構成）

可動基板 5 2 は、図 3 に示すようなフィルター平面視において、平面中心点 O を中心とした円形状の可動部 5 2 1 と、可動部 5 2 1 と同軸であり可動部 5 2 1 を保持する保持部 5 2 2 と、保持部 5 2 2 の外側に設けられた基板外周部 5 2 5 と、を備えている。

また、可動基板 5 2 には、図 3 に示すように、頂点 C 2 に対応して、切欠部 5 2 4 が形成されており、波長可変干渉フィルター 5 を可動基板 5 2 側から見た際に、固定電極パッド 5 6 3 P が露出する。

【 0 0 3 2 】

可動部 5 2 1 は、保持部 5 2 2 よりも厚み寸法が大きく形成され、例えば、本実施形態では、可動基板 5 2 の厚み寸法と同一寸法に形成されている。この可動部 5 2 1 は、フィルター平面視において、少なくとも反射膜設置面 5 1 2 A の外周縁の径寸法よりも大きい径寸法に形成されている。そして、この可動部 5 2 1 には、可動電極 5 6 2 及び可動反射

10

20

30

40

50

膜55が設けられている。

【0033】

可動電極562は、電極間ギャップG2を介して固定電極561に対向し、固定電極561と同一形状となる環状に形成されている。また、可動基板52には、可動電極562の外周縁から可動基板52の頂点C1に向かって延出する可動引出電極564を備えている。この可動引出電極564の延出先端部(可動基板52の頂点C1に位置する部分)は、制御基板128に接続される可動電極パッド564Pを構成する。

可動反射膜55は、可動部521の可動面521Aの中心部に、固定反射膜54と反射膜間ギャップG1を介して対向して設けられる。この可動反射膜55としては、上述した固定反射膜54と同一の構成の反射膜が用いられる。

なお、本実施形態では、上述したように、電極間ギャップG2のギャップ量が反射膜間ギャップG1のギャップ量よりも大きい例を示すがこれに限定されない。例えば、測定対象光として赤外線や遠赤外線を用いる場合等、測定対象光の波長域によっては、反射膜間ギャップG1のギャップ量が、電極間ギャップG2のギャップ量よりも大きくなる構成としてもよい。

【0034】

保持部522は、可動部521の周囲を囲うダイアフラムであり、可動部521よりも厚み寸法が小さく形成されている。このような保持部522は、可動部521よりも撓みやすく、僅かな静電引力により、可動部521を固定基板51側に変位させることが可能となる。この際、可動部521が保持部522よりも厚み寸法が大きく、剛性が大きくなるため、保持部522が静電引力により固定基板51側に引っ張られた場合でも、可動部521の形状変化が起こらない。したがって、可動部521に設けられた可動反射膜55の撓みも生じず、固定反射膜54及び可動反射膜55を常に平行状態に維持することが可能となる。

なお、本実施形態では、ダイアフラム状の保持部522を例示するが、これに限定されず、例えば、平面中心点Oを中心として、等角度間隔で配置された梁状の保持部が設けられる構成などとしてもよい。

【0035】

基板外周部525は、上述したように、フィルター平面視において保持部522の外側に設けられている。この基板外周部525の固定基板51に対向する面は、第一接合部513に対向し、接合膜53により固定基板51に接合される。

【0036】

(撮像部の構成)

撮像部123は、第一波長域の光に対して適正な受光感度を有する第一撮像素子123A(受光素子)、第二波長域の光に対して適正な受光感度を有する第二撮像素子123B(受光素子)、及び第三波長域の光に対して適正な受光感度を有する第三撮像素子123C(受光素子)を備えている。

また、撮像部123は、これらの撮像素子123A, 123B, 123Cのいずれかが、波長可変干渉フィルター5の光軸上に位置するように各撮像素子123A, 123B, 123Cの位置を切り替える切替手段(図示略)を備えている。具体的には、切替手段は、制御基板により駆動が制御され、第一波長域の光を受光する際には第一撮像素子123Aを波長可変干渉フィルター5の光軸上に移動させ、第二波長域の光を受光する際には第二撮像素子123Bを波長可変干渉フィルター5の光軸上に移動させ、第三波長域の光を受光する際には第三撮像素子123Cを波長可変干渉フィルター5の光軸上に移動させる。例えば、各撮像素子123A, 123B, 123Cが回転板の周方向に沿って配置され、当該回転板を回転させることで、波長可変干渉フィルター5の光路上に配置される撮像素子123A, 123B, 123C等を採用できる。

【0037】

(制御基板の構成)

制御基板128は、撮像モジュール12の動作を制御する回路基板であり、光入射部1

10

20

30

40

50

21、光源部122、波長可変干渉フィルター5、及び撮像部123等に接続される。そして、制御基板128は、制御部16から入力される制御信号に基づいて、各構成の動作を制御する。例えば、ユーザーによりズーム操作が行われると、制御基板128は、光入射部121の所定のレンズを移動させたり、絞りの絞り径を変化させたりする。また、成分分析のために被測定対象の分光画像の撮像を実施する旨の操作が行われると、制御部16からの制御信号に基づいて、光源部122の各光源122A, 122B, 122Cの点灯及び消灯を制御する。さらに、制御基板128は、撮像部123の切替手段を制御して、各撮像素子123A, 123B, 123Cの配置を切り替える。さらには、制御基板128は、制御部16からの制御信号に基づいた所定電圧を波長可変干渉フィルター5の静電アクチュエーター56に印加し、撮像部123で撮像された分光画像(分光画像信号)を制御部16に出力する。

【0038】

(温度センサーの構成)

温度センサー13は、筐体11のセンサー窓112に臨んで配置されており、検査対象物の温度を検出する。この温度センサー13としては、例えばサーモパイルアレイや、非接触型ボロメーター等を用いることができる。

【0039】

(ディスプレイの構成)

ディスプレイ14は、筐体11の表示窓に面して設けられる。ディスプレイ14としては、画像を表示可能な構成であればいかなるものであってもよく、例えば液晶パネルや有機ELパネルなどを例示できる。

また、本実施形態のディスプレイ14は、タッチパネルを兼ねており、操作部15の一つとしても機能する。

【0040】

(操作部の構成)

操作部15は、上述のように、筐体11に設けられるシャッターボタンや、ディスプレイ14に設けられるタッチパネル等により構成される。ユーザーにより入力操作が行われると、操作部15は、入力操作に応じた操作信号を制御部16に出力する。なお、操作部15としては、上記の構成に限られず、例えば、タッチパネルに代えて、複数の操作ボタン等が設けられる構成などとしてもよい。

【0041】

(制御部の構成)

図5は、成分分析装置10における制御部16の概略構成を示すプロック図である。

制御部16は、例えばCPUやメモリー等が組み合わされることで構成され、成分分析装置10の全体動作を制御する。この制御部16は、図5に示すように、記憶部17及び本発明の分析部を構成する演算部18を備える。

【0042】

記憶部17は、成分分析装置10の全体動作を制御するためのOSや、各種機能を実現するためのプログラムや、各種データが記憶される。また、記憶部17には、取得した分光画像、成分分析結果等を一時記憶する一時記憶領域を備える。

そして、記憶部17には、各種データとしては、波長可変干渉フィルター5の静電アクチュエーター56に印加する駆動電圧に対する、当該波長可変干渉フィルター5を透過する光の波長の関係を示すV-データが記憶される。

また、記憶部17には、温度に対する、各成分の吸光スペクトルの補正值が記憶される。

【0043】

更に、記憶部17には、分析対象の各成分に対する吸光スペクトルから抽出された特徴量(特定波長における吸光度)と、成分含有率との相関を示す相関データ(例えば検量線)が記憶される。

図6は、蛋白質、デンプン、脂質、水、セルロース、及び糖質の吸光波長を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

図6に示すように、各栄養素（蛋白質、デンプン、脂質、水、セルロース、及び糖質）は、第一波長域（800nm～1100nm）、第二波長域（1100nm～1800nm）、及び第三波長域（1800nm～2500nm）に対してそれぞれ吸収波長を有する。

そして、本実施形態における相関データには、これらの吸光波長における吸光度と、当該吸光度に対する成分含有量を示す検量線が記録されている。すなわち、本実施形態の記憶部17には、各吸光波長の吸光度（特徴量）と、その特徴量に対する成分含有率との関係が、複数の波長域毎（第一波長域、第二波長域、及び第三波長域）についてそれぞれ記録された相関データが記憶されている。10

【0044】

演算部18は、記憶部17に記憶されたプログラムを読み込むことで各種処理が実行され、波長域選択手段181、モジュール制御手段182、成分分析手段183、及び表示制御手段184等として機能する。

【0045】

波長域選択手段181は、分析対象となる波長域（第一波長域、第二波長域、及び第三波長域のいずれか）を選択する。

モジュール制御手段182は、撮像モジュール12を制御する。具体的には、モジュール制御手段182は、記憶部17に記憶されたV-データに基づいて、静電アクチュエーター56に印加する電圧を順次切り替え、所定波長の分光画像を順次取得する。また、この際、モジュール制御手段182は、波長域選択手段181により選択された波長域に応じて、撮像部123にて光を受光させる像素子123A, 123B, 123Cを選択する。20

【0046】

成分分析手段183は、モジュール制御手段182の制御により取得された各波長の分光画像に基づいて被測定対象の食品に含まれる成分（各栄養素やその含有量）、及びカロリーを算出する。

具体的には、成分分析手段183は、質量推定手段183A及び解析手段183Bを備えている。

【0047】

質量推定手段183Aは、撮像画像に基づいて、測定対象食品の体積を推算し、推算した体積に基づいて質量を推算する。なお、本実施形態では、質量推定手段183Aにより、質量を推算する例を示すが、例えば、成分分析装置10の一部にデジタル秤等が設けられ、デジタル秤により計測された質量を取得する構成としてもよい。

解析手段183Bは、取得された分光画像の各画素の光量から吸収スペクトルを解析し、各栄養素固有の吸収波長における光量に基づいて吸光度を算出する。そして、記憶部17に記憶された相関データを用いて各栄養素に対する含有率（成分含有率）、含有量、及び食品のカロリーを算出して記憶部17に記憶する。この際、解析手段183Bは、各波長域（第一波長域、第二波長域、第三波長域）に対してそれぞれ解析された吸収スペクトルに基づいて含有率を算出し、これらの各波長域における含有率に基づき、食品の表面からの深度（深さ階層）毎の各栄養素の含有率、及び食品全体の各栄養素の含有率をそれぞれ算出する。40

【0048】

表示制御手段184は、モジュール制御手段182により撮像モジュール12が制御され、撮像画像が取得されると、その取得された撮像画像をディスプレイ14に表示させる。また、成分分析手段183により算出された成分分析結果をディスプレイ14に表示させる。

なお、演算部18による具体的な処理については、後述する。

【0049】

[成分分析装置の動作]

10

20

30

40

50

次に、上述したような成分分析装置 10 による動作（成分分析方法）について、図面に基づいて以下に説明する。

本実施形態の成分分析装置 10 により成分分析を実施する場合、まず、吸光度を算出するための基準受光量を取得する初期処理を実施する。この初期処理では、例えば白色板等の基準校正板に対して撮像が行われることで実施され、各波長における受光量 I_0 （基準受光量）が測定される。

具体的には、演算部 18 は、波長域選択手段 181 により、測定対象の波長域を第一波長域に設定する。この際、モジュール制御手段 182 は、光源部 122 を制御して第一光源 122A から第一波長域の光を出射させる。また、モジュール制御手段 182 は、第一撮像素子 123A により、光を受光可能な状態に撮像部 123 の切替手段を制御する。

【0050】

そして、モジュール制御手段 182 は、静電アクチュエーター 56 に印加する電圧を順次切り替え、第一波長域内において波長可変干渉フィルター 5 から出射させる光の波長を順次切り替える。この際、例えば 10 nm 間隔毎の波長の光を順次出射させるように制御してもよく、例えば図 6 に示すような各栄養素の吸光波長に対する光を順次出射させるように制御してもよい。この場合、例えば温度センサー 13 により検出された温度に基づいて、吸収波長を補正する（詳細は後述する）ことが好ましい。そして、各波長に対する受光量（基準受光量）を撮像部 123 で検出し、記憶部 17 に記憶する。

上記処理を、他の波長域（第二波長域及び第三波長域）に対しても同様に実施する。第二波長域の各波長に対する基準受光量 I_0 の測定では、モジュール制御手段 182 は、第二光源 122B から第二波長域の光を出射させ、第二撮像素子 123B により光が受光可能な状態に切替手段を制御する。第三波長域の各波長に対する基準受光量 I_0 の測定では、モジュール制御手段 182 は、第三光源 122C から第三波長域の光を出射させ、第三撮像素子 123C により光が受光可能な状態に切替手段を制御する。

ここで、演算部 18 は、基準校正板の 1 点のみの受光量を基準受光量としてもよく、各分光画像のうち、基準校正板の画素範囲を特定し、特定した画素範囲内の所定個数の画素又は全画素における受光量の平均値を算出してもよい。

【0051】

次に、実際に成分分析装置 10 を用いて、被測定対象の成分分析を実施する処理について、図 7 に基づいて説明する。図 7 は、成分分析装置 10 による成分分析処理のフローチャートである。

図 7 に示すように、成分分析処理を実施する場合、成分分析装置 10 の被写体として被測定対象（食品）をセットする。そして、制御部 16 は、例えばシャッターが押される等、ユーザーの操作部 15 の操作により、食品の成分分析を実施する旨の操作が実施されると、成分分析処理が開始される。

この成分分析処理では、波長域選択手段 181 は、第 n 波長域を対象波長域として設定する（ステップ S1）。なお、波長域を示す変数 n は、成分分析処理の開始時に初期化（n = 1）されているものとする。

そして、モジュール制御手段 182 は、光源部 122 から、第 n 波長域に対応した光源（第 n 光源）を駆動させ、第 n 波長域の光を出射させる（ステップ S2）。すなわち、第一波長域の場合は第一光源 122A を駆動させ、第二波長域の場合は第二光源 122B を駆動させ、第三波長域の場合は第三光源 122C を駆動させる。

また、モジュール制御手段 182 は、撮像部 123 の切替手段を制御して、第 n 波長域に対応した第 n 撮像素子により光を撮像可能な状態にする（ステップ S3）。すなわち、第一波長域の場合は第一撮像素子 123A を波長可変干渉フィルター 5 の光路上に配置させ、第二波長域の場合は第二撮像素子 123B を光路上に配置させ、第三波長域の場合は第三撮像素子 123C を光路上に配置させる。

【0052】

この後、モジュール制御手段 182 は、記憶部 17 に記憶された V - データを参照して、制御基板 128 に波長可変干渉フィルター 5 を駆動させる旨の制御信号を出力する。

10

20

30

40

50

これにより、波長可変干渉フィルター5の静電アクチュエーター56に印加する駆動電圧が切り替えられ、波長可変干渉フィルター5から駆動電圧に応じた（反射膜54，55間のギャップ寸法に応じた）波長の光が撮像部123にて受光される。つまり、第n波長域における所定の目標波長に対応した分光画像が取得される（ステップS4）。

ここで、ステップS3により、第n波長域に対応した第n撮像素子が波長可変干渉フィルター5の光路上に配置されているので、他の波長域の光に対する受光感度が低く、目標波長の光の光量を精度よく取得することができる。

そして、モジュール制御手段182は、ステップS4において、制御基板128からの分光画像を受信すると、目標波長と分光画像とを関連付けて記憶部17に記憶する。

【0053】

次に、モジュール制御手段182は、他に未取得の分光画像があるか否かを判定する（ステップS5）。ステップS5において、未取得の分光画像がある場合、目標波長を変更して（ステップS6）、ステップS4に戻り分光画像の取得処理を継続する。

ここで、本実施形態では、図6に示すような蛋白質、糖分（デンプン、糖質、セルロース）、水分の含有率及び含有量を検出する。したがって、ステップS6において変更され、ステップS5において取得される分光画像の波長としては、少なくとも蛋白質、糖分（デンプン、糖質、セルロース）、水分に対する特徴量（吸光度）が得られる図6に示したような吸収波長が設定されればよい。よって、ステップS5において、これらの栄養素固有の吸光波長に対する分光画像が取得されたか否かを判定すればよい。

【0054】

なお、測定対象となる栄養素はこれに限定されず、その他の栄養素に対する特徴量が得られる波長の分光画像を取得してもよい。また、所定波長間隔（例えば10nm間隔）の分光画像を順次取得し、これらの分光画像から分光スペクトルを推定してもよい。

分光スペクトルを推定する方法としては、例えば、複数の分光撮像波長に対する光量のそれぞれを行列要素とした計測スペクトル行列を生成し、この計測スペクトル行列に対して、所定の変換行列を作用させることで、測定対象となる光の分光スペクトルを推定する。この場合、分光スペクトルが既知である複数のサンプル光を、予め撮像モジュール12により測定し、測定により得られた光量に基づいて生成される計測スペクトル行列に変換行列を作用させた行列と、既知の分光スペクトルとの偏差が最小となるように、変換行列を設定する。

【0055】

また、ステップS4における目標波長に対する駆動電圧の設定では、温度センサー13により検出される温度を用いて分光撮像波長を補正し、補正した分光撮像波長に対する駆動電圧を取得することが好ましい。この場合、モジュール制御手段182は、測定対象となる食品の温度分布から、各点（撮像画像の各画素）における温度を検出し、検出した温度に基づいて各目標波長を補正する。

例えば、基準温度T₀において、成分Mの含有率によって波長A₀の吸光度が変化する場合、基準温度T₀における成分Mの特徴量は、波長A₀の吸光度となる。しかしながら、温度T₁では、成分Mの含有率によって波長A₁の吸光度が変化する場合があり、この場合、温度T₁における成分Mの特徴量は、波長A₁の吸光度となる。特に、水分は、温度変化による吸光スペクトルの変化が大きいことが知られており、各成分の分析を行う上で、特徴量が検出される波長を補正することが好ましい。

したがって、モジュール制御手段182は、記憶部17に記憶される各成分の各温度に対する補正值を読み出し、波長A₀に補正值をかけ合せて、温度T₁に対して特徴量が検出される波長A₁を算出する。また、検査対象物の部位によって温度が異なる場合、各部位の温度に対応して、それぞれ分光撮像波長を算出する。

【0056】

図7に戻り、ステップS5において、未取得の分光画像がないと判定された場合、波長域選択手段181は、変数nが最大値N（本実施形態では、第一波長域から第三波長域を測定対象波長域とするためN=3）を超えたか否かを判定する（ステップS7）。

10

20

30

40

50

ステップ S 7において「No」と判定された場合は、波長域選択手段 181は、変数 n に「1」を加算し(ステップ S 8)、ステップ S 1に戻る。

【0057】

一方、ステップ S 7において、「Yes」と判定された場合、成分分析手段 183は、取得した第一波長域、第二波長域、第三波長域に含まれる各目標波長に対して取得された分光画像に基づいて、食品の成分分析処理を実施する。

この成分分析処理では、まず、解析手段 183Bは、ステップ S 4により得られた分光画像に基づいて、食品の成分分析を実施し、各成分の成分含有率を算出する(ステップ S 9)。

【0058】

以下、ステップ S 9の含有率算出処理について、詳細に説明する。

解析手段 183Bは、まず、被測定対象の食品が映し出されている画素範囲を特定する。

被測定対象の食品の特定は、上記取得された各分光画像のうちのいずれかを用いる。食品の特定方法としては、従来の画像処理技術を用いることができ、例えば、画像内のエッジ検出等により、食品が映し出されている画素範囲を特定する。なお、食品の特定方法としてはこれに限定されず、例えば、記憶部 17に食品の形状特徴値が記憶されている場合、形状特徴値に基づいて画像を分析して食品を特定してもよい。

【0059】

そして、解析手段 183Bは、各成分に対して、特定された食品の各画素における含有率の平均値を算出する。

この際、解析手段 183Bは、ステップ S 1からステップ S 8の処理により得られた各波長域(第一波長域、第二波長域、第三波長域)に対して、それぞれ個別に含有率を算出する。

含有率の求め方としては、解析手段 183Bは、例えば基準受光量 I_0 と、撮像された波長の分光画像の各画素における受光量 I とに基づいて、以下の式(1)により、各画素における波長の吸光度 Aを算出する。

【0060】

$$A = -\log(I / I_0) \quad \dots (1)$$

【0061】

なお、基準受光量 I_0 は、上述した初期処理により取得される値を用いる。

この後、解析手段 183Bは、算出された吸光度 Aと、記憶部 17に記憶された相関データに基づいて、各成分の含有率を分析する。この成分含有率の分析方法としては、従来用いられているケモメトリックス法により行うことができる。ケモメトリックス法としては、例えば、重回帰分析、主成分回帰分析、部分最小二乗法等の方法を用いることができる。なお、これらのケモメトリックス法を用いた各分析手法は周知技術であるため、ここでの説明は省略する。

【0062】

本実施形態では、解析手段 183Bは、上述のように各波長域に対して、それぞれ個別に、各成分の含有率を算出することになる。つまり、成分 Mに対して、第一波長域の吸光スペクトルに基づいて算出される推算含有率 X(%)、第二波長域の吸光スペクトルに基づいて算出される推算含有率 Y(%)、第三波長域の吸光スペクトルに基づいて算出される推算含有率 Z(%)が算出されることになる。

【0063】

図 8は、ステップ S 9における含有率算出処理を説明するための概略図である。

以下の説明において、図 8(A)に示すように第一波長域(800 nm ~ 1100 nm)の光が到達する到達深度を L_A (μm)、図 8(B)に示すように第二波長域(1100 nm ~ 1800 nm)の光が到達する到達深度(深さ寸法)を L_B (μm)、図 8(C)に示すように第三波長域(1800 nm ~ 2500 nm)の光が到達する到達深度を L_C (μm)とする($L_A > L_B > L_C$)。また、被測定対象である食品の表面から深さ L

10

20

30

40

50

c (μm) の階層を第一深さ階層 K 1、深さ L_c (μm) から深さ L_B (μm) の階層を第二深さ階層 K 2、深さ L_B (μm) から深さ L_A (μm) の階層を第三深さ階層 K 3 とする。

そして、ステップ S 9 の含有率算出処理により求めるべき第一深さ階層における所定成分 M の含有率を A (%)、第二深さ階層における所定成分 M の含有率を B (%)、第三深さ階層における所定成分 M の含有率を C (%) とする。

図 8 に示すように、光の波長によって、当該光が到達する深度が異なる。第三波長域の光は、図 8 (C) に示すように、表面近傍の第一深さ階層 K 1 ($0 \sim L_c$ (μm)) まで到達して反射される。したがって、第三波長域の吸光スペクトルに基づいて推算される成分 M の推算含有率 Z (%) は、第一深さ階層の含有率の真値 (真含有率 A (%)) に近い値となる。
10

【0064】

第二波長域の光は、図 8 (B) に示すように、表面近傍 ($0 \sim L_B$ (μm)) まで到達して反射される。したがって、第二波長域の吸光スペクトルに基づいて推算される成分 M の推算含有率 Y (%) は、第一深さ階層 K 1 と、第二深さ階層 K 2 とに含まれる成分 M の含有率となる。ここで、第一深さ階層の真含有率 A (%)、第二深さ階層の真含有率 B (%)、定数 k_1, k_2 を用いると、 $Y = k_1 \times A + k_2 \times B$ と表すことができる。

この定数 k_1, k_2 は、それぞれ表面からの深度に基づいて設定され、深度に応じて指數関数的に減衰する値となり、 $k_1 + k_2 = 1$ となる。本実施形態では、定数 k_1, k_2 としては、予め設定され、記憶部 17 に記憶されている。
20

【0065】

第一波長域の光は、図 8 (A) に示すように、表面近傍 ($0 \sim L_A$ (μm)) まで到達して反射される。したがって、第一波長域の吸光スペクトルに基づいて推算される成分 M の推算含有率 X (%) は、第一深さ階層 K 1、第二深さ階層 K 2、及び第三深さ階層 K 3 に含まれる成分 M の含有率となる。ここで、第一深さ階層の真含有率 A (%)、第二深さ階層の真含有率 B (%)、第三深さ階層の真含有率 C (%)、定数 k_3, k_4, k_5 (ただし、 $k_3 + k_4 + k_5 = 1$) を用いると、 $X = k_3 \times A + k_4 \times B + k_5 \times C$ (%) と表すことができる。

この定数 k_3, k_4, k_5 は、上記定数 k_1, k_2 と同様、予め設定され、記憶部 17 に記憶されている。
30

【0066】

以上から、解析手段 183B は、まず、第三波長域の吸光スペクトルに基づいた推算含有率 Z を用いて、 $A = Z$ (%) を求める。

また、解析手段 183B は、第二波長域の吸光スペクトルに基づいた推算含有率 Y を用いて、 $B = (Y - k_1 \times A) / k_2 = (Y - k_1 \times Z) / k_2$ (%) を求める。

さらに、解析手段 183B は、第一波長域の吸光スペクトルに基づいた推算含有率 X を用いて、 $C = (X - k_3 \times A - k_4 \times B) / k_5 = \{X - k_3 \times Z - k_4 \times (Y - k_1 \times Z) / k_2\} / k_5$ (%) を求める。

以上により、成分 M に対する各深さ階層 K 1, K 2, K 3 の各真含有率 A, B, C が求められる。
40

【0067】

また、解析手段 183B は、算出されたこれらの真含有率 A, B, C から食品全体の成分 M に対するトータル含有率を算出する。具体的には、解析手段 183B は、トータル含有率 D = (A + B + C) / 3 (%) により算出する。

なお、本実施形態では、各真含有率 A, B, C の平均値をトータル含有率 D (%) として算出したが、これに限定されない。例えば、第一深さ階層の体積、第二深さ階層の体積、及び第三深さ階層の体積の比率に基づいて、トータル含有率 D (%) を算出してもよい。この場合、例えば、第一深さ階層、第二深さ階層、及び第三深さ階層の体積の比率が、1 : 2 : 3 であった場合、 $D = (A + 2B + 3C) / 6$ (%) としてもよい。

【0068】

10

20

30

40

50

次に、質量推定手段 183A は、食品の質量を推算する（ステップ S10）。

このステップ S10 では、質量推定手段 183A は、撮像画像に基づいて食品の体積を推算する。撮像画像としては、取得された分光画像のうちの 1 つであってもよく、カラー画像であってもよい。

本実施形態では、食品とともに、サイズが既知となる基準物が撮像される。質量推定手段 183A は、撮像画像に基づいて、基準物のサイズと検査対象物のサイズとを比較することで、検査対象物の大凡の体積を推算する。

なお、基準物質を用いた体積の推算に限定されず、例えば、画像処理により検査対象物の体積を推算してもよい。例えば、検査対象物を異なる角度から撮像した撮像画像を用い、3 次元分析処理により検査対象物の体積を求める処理を行ってもよい。

10

【0069】

そして、質量推定手段 183A は、ステップ S9 により分析された各成分の含有率と、推算された食品の体積とから、食品の質量を推算する。

なお、成分分析装置 10 に電子秤等の質量計測部が設けられる場合は、当該質量計測部により質量を計測してもよい。

【0070】

この後、解析手段 183B は、ステップ S10 で推算した質量と、ステップ S9 により分析された各成分の含有率とに基づいて、各栄養素の含有量を算出する。また、解析手段 183B は、算出された各成分の含有量（脂質、糖質、蛋白質の含有量）から、式（2）に基づいて、検査対象物のカロリーを算出する（ステップ S11）。

20

【0071】

$$\text{カロリー (kcal)} = \text{脂質量(g)} \times 9 + \text{蛋白質量(g)} \times 4 + \text{糖質量(g)} \times 4 \quad \dots (2)$$

【0072】

この後、解析手段 183B は、算出した栄養素の含有量及びカロリーを、記憶部 17 に記憶する。また、表示制御手段 184 は、ステップ S12 により算出された各成分の含有量やステップ S11 により算出されたカロリーをディスプレイ 14 に表示させる（ステップ S12）。

【0073】

[第一実施形態の作用効果]

本実施形態では、光源部 122 から 800 ~ 2500 nm の近赤外波長域における複数の波長域の光を被測定対象に照射し、各波長域の光の反射光のうち波長可変干渉フィルター 5 を透過させた光を撮像部 123 で撮像する。そして、波長可変干渉フィルター 5 を制御して透過波長を変化させることで、当該各波長域における吸光スペクトルを取得する。そして、解析手段 183B は、これらの各波長域に対して取得された吸光スペクトルにおいて、成分分析対象である各栄養素の吸光波長における吸光度を算出し、記憶部 17 に記憶された相関データを用いて、各波長域に対応した到達深度毎の各栄養素の含有率を算出する。

30

波長域が異なることで各波長域の光が到達する到達深度が変化する。したがって、本実施形態では、解析手段 183B は、各波長域に対応した到達深度毎の成分含有率を算出することができる。したがって、被測定対象の食品を破壊することなく、高精度な成分分析を実施できる。

40

【0074】

本実施形態では、800 nm から 1100 nm の第一波長域、1100 nm から 1800 nm の第二波長域、及び 1800 nm から 2500 nm の第三波長域のそれぞれの光に対応した吸光スペクトルに基づいて各深度における含有率を算出する。

このような各波長域の光を用いた成分分析を実施することで、第一波長域の光で被測定面から 1 ~ 3 cm の範囲まで、第二波長域の光で表面から 2 ~ 3 mm の範囲まで、第三波長域の光で 1 ~ 2 mm の範囲までの成分含有率をそれぞれ算出できる。

【0075】

本発明では、各波長域の光に対して解析された吸光スペクトルに基づいて、各到達深度

50

までの推算含有率を算出し、これらの推算含有率と、各深さ階層K1，K2，K3毎に設定された定数に基づいて、各深さ階層K1，K2，K3における真含有率をそれぞれ算出する。これにより、被測定対象の表面からの所定深さまでの成分含有率だけでなく、深さ階層毎の成分含有率を求めることができ、より精度の高い分析結果を求めることができる。

【0076】

本実施形態では、算出された各深さ階層の真含有率から、被測定対象全体のトータル含有率を算出する。このため、各深さ階層の成分含有率の差を考慮した精度の高いトータル含有率を算出できる。このようなトータル含有率を算出することで、精度の高い成分含有量、カロリー等を算出することができる。

10

【0077】

[その他の実施形態]

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、撮像部123の前段に複数のバンドパスフィルターが切り替え可能に設けられた波長選択部を設ける構成としてもよい。波長選択部としては、例えば第一波長域の光を透過し、第二及び第三波長域の光を遮光する第一フィルター、第二波長域の光を透過し、第一及び第三波長域の光を遮光する第二フィルター、及び第三波長域の光を透過し、第二及び第一波長域の光を遮光する第三フィルターを備える。これらのバンドパスフィルターは、例えば回転板に設けられ、回転板を回転させることで、波長可変干渉フィルター5の光路上に配置されるバンドパスフィルターを切り替える。

20

波長可変干渉フィルター5を透過する光は、所望の目的波長の光以外に、次数が異なる他の波長の光も透過する。上記構成を採用することで、このような次数の異なる他の波長の光をバンドパスフィルターでカットすることができ、測定精度の向上を図れる。

【0078】

上記実施形態では、波長域として、第一波長域、第二波長域、及び第三波長域を含む800nm～2500nmの近赤外光を用いたが、これに限定されない。例えば、可視光域や中赤外波長域、遠赤外波長域等を含むより多数の波長域を設定し、これらの各波長域における吸光スペクトルに基づいて成分分析処理を実施してもよい。

【0079】

さらに、上記実施形態では、近赤外波長域を3つの波長域に分割したが、例えば4つ以上のより細かい波長域に分割し、これらの各波長域に対する吸光スペクトルに基づいた成分分析を実施してもよい。

30

【0080】

上記実施形態において、波長可変干渉フィルター5を筐体内に収納した上で配置した構成などとしてもよい。この場合、筐体内を真空密閉することで、波長可変干渉フィルター5の静電アクチュエーター56に電圧を印加した際の駆動応答性を向上させることができる。

【0081】

上記実施形態では、分光フィルターとして波長可変干渉フィルター5を例示したが、これに限定されない。例えば分光フィルターとしてAOTF(Acousto Optic Tunable Filter)やLCTF(Liquid Crystal Tunable Filter)等を用いてもよい。

40

また、静電アクチュエーター56により反射膜54，55間のギャップ寸法を変動させる構成としたが、これに限定されない。例えば、固定電極561の代わりに、第一誘導コイルを配置し、可動電極562の代わりに第二誘導コイルまたは永久磁石を配置した誘導アクチュエーターを用いる構成としてもよい。

【0082】

上記実施形態では、光源部122として、各波長域に対応した光を射出する第一光源122A、第二光源122B、第三光源122Cを備える構成を例示したが、例えば、800nm～2500nmの近赤外波長域の光を射出可能な光源を用いてもよい。

50

【0083】

撮像部123に、各波長域に対応した撮像素子123A, 123B, 123Cを設ける例を示したが、例えば、800 nm ~ 2500 nmに対して受光感度を有する1つの撮像素子のみにより撮像部123が構成されてもよい。この場合、上述したように、撮像部123の前段に透過波長を切り替え可能な波長選択部を設けることが好ましい。

【0084】

その他、本発明の実施の際の具体的な構造は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等に適宜変更できる。

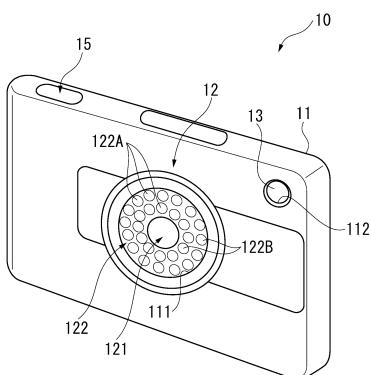
【符号の説明】

【0085】

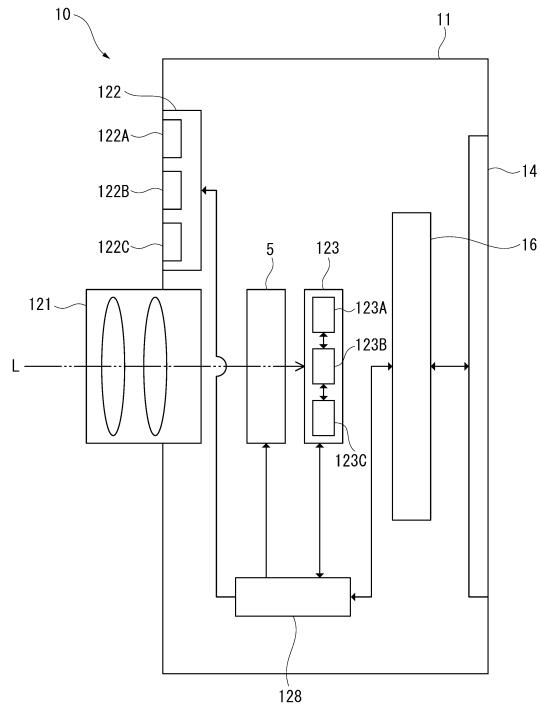
10

5...波長可変干渉フィルター(分光フィルター)、10...成分分析装置、11...筐体、12...撮像モジュール、16...制御部、17...記憶部、18...演算部、54...固定反射膜、55...可動反射膜、56...静電アクチュエーター、122...光源部、122A...第一光源、122B...第二光源、122C...第三光源、123...撮像部、123A...第一撮像素子、123B...第二撮像素子、123C...第三撮像素子、128...制御基板、181...波長域選択手段、182...モジュール制御手段、183...成分分析手段、183A...質量推定手段、183B...解析手段、511...電極配置溝、K1...第一深さ階層、K2...第二深さ階層、K3...第三深さ階層。

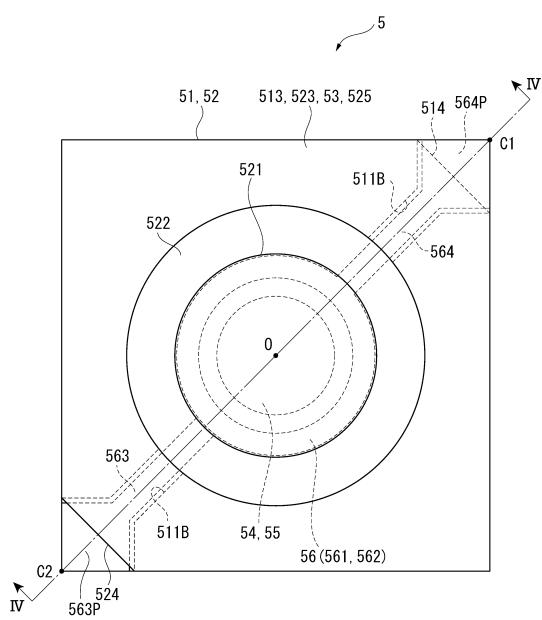
【図1】



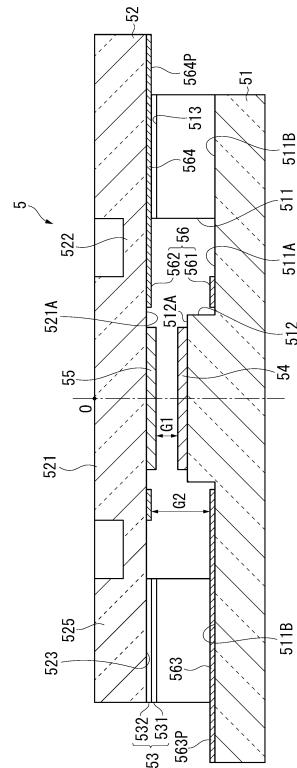
【図2】



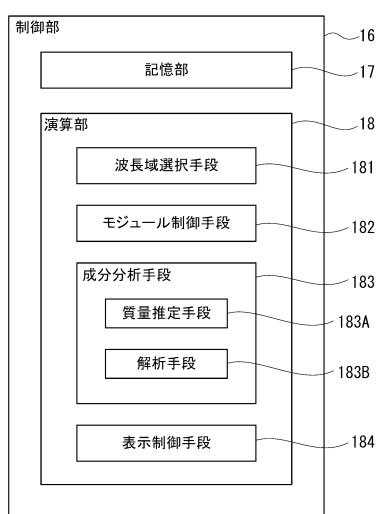
【図3】



【図4】



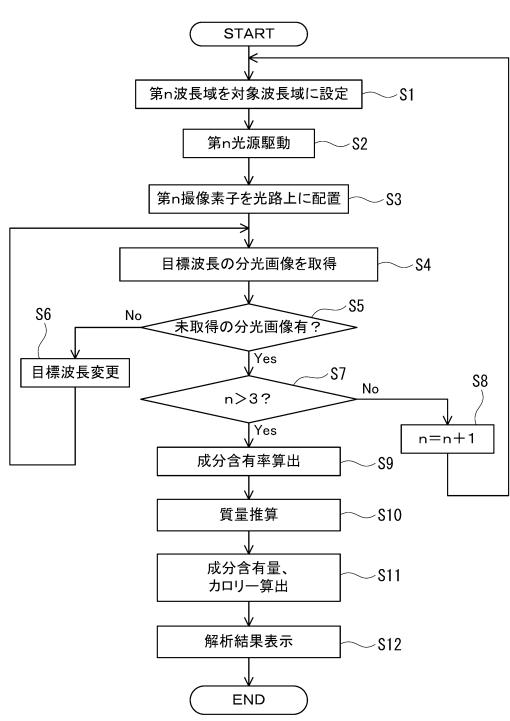
【図5】



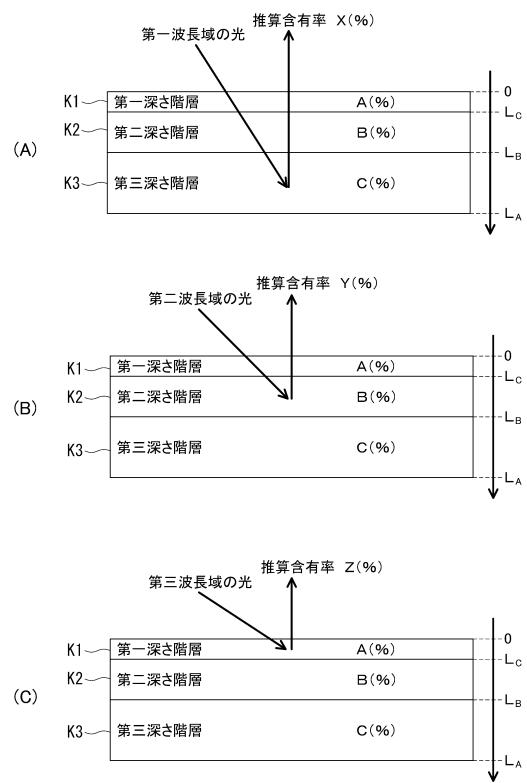
【図6】

	蛋白質	デンプン	脂質	水	セルロース	糖質
第一 波長域	874	878	891	834	860	838
	909	901	913	928	905	888
	979	918	931	958	920	913
	1018	979	965	978	978	978
	1051	1030	979	986	1058	1005
		1053	998	994		
		1068	1018	1010		
		1088	1054	1030		
				1099		
第二 波長域	1143	1160	1161	1153	1160	1380
	1171	1198	1188	1409	1190	1437
	1187	1254	1212	1460	1220	1687
	1240	1360	1360	1780	1275	
	1276	1430	1387		1363	
	1357	1580	1410		1425	
	1365	1700	1433		1460	
	1385	1745	1703		1520	
	1422	1780	1722		1585	
	1458		1760		1702	
第三 波長域	1485					
	1570					
	1690					
	1735					
	1757					
	1928	1825	1820	1910	1825	2080
	1972	1928	1900	2305	2050	2202
	2055	2100	1930	2345	2079	2275
	2140	2180	2005		2103	2320
	2162	2200	2120		2145	
	2182	2282	2142		2172	
	2203	2320	2179		2268	
	2265	2370	2265		2335	
	2300	2445	2306		2355	
	2345	2485	2342		2370	
	2390		2380		2390	
	2420		2460		2410	
	2462		2480		2445	
					2480	

【図7】



【図8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平06-034531(JP,A)
特開平01-301147(JP,A)
特開2013-253845(JP,A)
米国特許第05747806(US,A)
特開平01-131436(JP,A)
米国特許第04883953(US,A)
特開2013-181912(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/01
G01N 21/17 - 21/61