

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3707292号
(P3707292)

(45) 発行日 平成17年10月19日(2005.10.19)

(24) 登録日 平成17年8月12日(2005.8.12)

(51) Int.Cl.⁷

F I

GO 1 N 21/27

GO 1 N 21/27

F

GO 1 N 21/01

GO 1 N 21/01

A

GO 1 N 21/35

GO 1 N 21/35

Z

請求項の数 8 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願平11-108475	(73) 特許権者	000183303
(22) 出願日	平成11年4月15日(1999.4.15)		住友金属鉱山株式会社
(65) 公開番号	特開2000-39397(P2000-39397A)		東京都港区新橋5丁目11番3号
(43) 公開日	平成12年2月8日(2000.2.8)	(74) 代理人	100095223
審査請求日	平成15年10月29日(2003.10.29)		弁理士 上田 章三
(31) 優先権主張番号	特願平10-153561	(72) 発明者	石川 進太郎
(32) 優先日	平成10年5月18日(1998.5.18)		千葉県市川市中国分3丁目18番5号 住
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		友金属鉱山株式会社 中央研究所内
		(72) 発明者	飯田 潤二
			千葉県市川市中国分3丁目18番5号 住
			友金属鉱山株式会社 中央研究所内
		(72) 発明者	寺島 彰
			千葉県市川市中国分3丁目18番5号 住
			友金属鉱山株式会社 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非破壊透過式光測定装置用校正器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定物に対しその光入射部から光を入射させかつ被測定物内を透過してきた光を上記光入射部とは別の部位に設定された光出射部において検出しその光吸収測定により被測定物中に含まれる特定成分を定量的に測定する非破壊透過式光測定装置に適用される校正器において、

光の入射口と出射口を備えその内部には上記特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質が充填されていると共に入射口から出射口までの光路長が上記被測定物内を透過する光の実効的光路長と同一若しくは略同一に設定された密封体によりその主要部が構成されていることを特徴とする非破壊透過式光測定装置用校正器。

10

【請求項2】

内壁面が光反射性を有しかつ内部に上記物質が充填されると共に各開放端側が光透過部材で閉止された一对の直線状筒体から成る上記密封体と、密封体のこれ等筒体一端側を覆うように配設されかつ内壁面が光反射性を有すると共に一方の筒体端部から出射された光を他方の筒体端部へ入射させるカバー体とを備え、かつ、各筒体における他端側の各筒体端部で上記密封体の入射口と出射口が構成されていることを特徴とする請求項1記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【請求項3】

上記密封体内部が仕切材により複数空間に区画され、かつ、これ等空間が上記入射口と出射口を結ぶ連通路を構成すると共に、連通路壁面が光反射性を有していることを特徴とす

20

る請求項 1 記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【請求項 4】

上記仕切材が着脱可能な部材で構成されこの仕切材の着脱により上記連通路の長さが調整されるようになっていないことを特徴とする請求項 3 記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【請求項 5】

上記入射口と出射口に光減衰器が設けられていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【請求項 6】

上記光減衰器による減衰率が、非破壊透過式光測定装置において適用される各測定波長に対して均一若しくは略均一であることを特徴とする請求項 5 記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

10

【請求項 7】

上記光減衰器が、光拡散性を有していることを特徴とする請求項 5 記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【請求項 8】

上記密封体の内部に、上記特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質と共に光散乱性物質が充填されていることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の非破壊透過式光測定装置用校正器。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、桃、柑橘類、葡萄類、トマト、メロン、スイカ等の被測定物中に含まれる糖分等特定成分を被測定物を破壊することなく定量的に測定可能な非破壊光測定装置に適用される校正器に係り、特に、透過式の非破壊光測定装置に適用される校正器の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

この種の非破壊光測定装置としては、近赤外光を用いた非破壊光測定装置が各種提案されている。そして、これら装置を用いて長期に亘り安定して高精度な測定を行うには校正器が欠かせない。これは、非破壊光測定装置を長期に亘り使用していると、測定系のずれ（例えば、適用している測定波長のずれ、装置の光入出射部分にゴミなどが付着したことに伴う入射・検出光量の見掛け上の変動等）に起因した測定精度の低下を招き易いからであった。そこで、これまでに非破壊光測定装置の測定原理、構成毎に各種の校正器、校正方法が研究、提案されている。

30

【0003】

ところで、近赤外光を用いた非破壊光測定装置の殆どは、白色光源と分光器を組み合わせた構成を基本としている。そして、この光測定装置は、白色光源からの光を被測定物に照射し表面近傍で反射したスペクトルを光測定装置内蔵の分光器を用いて分光分析することで被測定物中の内部情報を得ている。

40

【0004】

このようなタイプの非破壊光測定装置の校正には、一般に経時変化の無い無機物の標準サンプル（レファレンス）、例えば、ガラスの拡散板、フッ素系樹脂片等が用いられていた。しかし、このような標準サンプルの光学特性および温度特性は、ほとんどの場合で被測定物とは異なるために高精度な校正を行うことは困難であった。

【0005】

他方、被測定物と同種のサンプルを破壊測定しその結果と非破壊測定の結果を照合するような校正方法も知られている。しかし、青果物など生鮮食品が測定対象の場合、実際の選果前に非破壊光測定装置の校正をしようにも市場にサンプルが無いといったサンプル入手時期の制約や、破壊測定は手作業で行うために時間が掛かる上にサンプル間のばらつきを

50

均するために相当数のサンプルを破壊測定する必要がある等の問題点が多い。

【0006】

このような技術的背景の下、被測定物と同等の光学特性を有しかつ経時変化の影響をほとんど受けない校正器を用い、分光スペクトルを解析する方法として特開平9-15142号公報に記載の手段が提案されている。すなわち、この特開平9-15142号公報で提案されている校正器（疑似果実体）は、二重管構造の校正器本体から成り、この校正器本体における二重管の間隙に被測定物中の目的成分が含まれる水溶液を充填しかつ二重管の内筒に所定の光反射率を備えさせるか、あるいは充填する水溶液中に適当な分散質を添加して構成させたもので、非破壊光測定装置の校正時には、被測定物を測定するのと同様に、校正器表面から光を照射し、校正器表面、充填物および内管表面からの反射光を分光分析して校正に利用している。

10

【0007】

ところで、上記校正器（疑似果実体）は反射方式の測定原理に則した構造を有しており、反射方式の非破壊光測定装置に適用した場合には有効であるが、透過式の非破壊光測定装置に対しては後述するような解決すべき課題が存在する。

【0008】

すなわち、非破壊光測定装置には、上述したように被測定物の表面および表面近傍で反射した戻り光を分光分析することで内部情報を得る反射方式の非破壊光測定装置と、被測定物に対し光入射部から光を入射させかつ被測定物内を透過してきた光を上記光入射部とは別の部位に設定された光出射部において検出し（すなわち反射戻り光を検出せずに透過光のみを検出し）その光吸収測定（例えば吸光度、吸収係数等の測定）により測定物中の内部情報を得る透過式の非破壊光測定装置が知られている。

20

【0009】

そして、反射方式と透過式の非破壊光測定装置間には上記方式の違いに基づき以下のような差異が存在する。すなわち、反射方式の非破壊光測定装置においては、被測定物の深部で反射した光は表面近傍で反射した光に較べてその光量が少ないため、相対的に光量の少ない被測定物深部の情報がうまく評価できないといった問題を有していた。具体的には、被測定物がメロン、スイカなど厚い表皮を有する青果物の場合、反射方式では表皮の情報が主体的で果肉の情報は希薄であった。また、薄皮果実でも、内部の腐敗、熟度など被測定物の深部の情報を十分に得ようとする場合には十分に対応することが困難であった。

30

【0010】

これに対し、透過式の非破壊光測定装置では、上述したように被測定物の内部を透過してきた光（透過光）を光入射部とは異なる部位（光出射部）で検出しその光吸収測定により測定物中の内部情報を得る方式のため、被測定物がメロン、スイカなど厚い表皮を有する青果物の場合でも、あるいは測定対象が薄皮果実の内部の腐敗や熟度等の場合でも上述した問題がない利点を有している。

【0011】

但し、透過式の非破壊光測定装置においては、以下に述べる理由から被測定物内部において透過光が経てきた物理的距離（以下、実効的光路長と称する。尚、一般的定義における光路長とは光が媒質内を通過した物理的距離に上記媒質の屈折率を掛けた値を意味するが、本明細書における光路長とは被測定物内を光が走った物理的距離を意味する。また、本明細書において物理学的光路長とは一般的定義における光路長を意味する。）を知ることが解析上重要になるため、透過式の非破壊光測定装置に適用する校正器の光路長も被測定物の実効的光路長に合わせる必要があった。

40

【0012】

すなわち、透過式の非破壊光測定装置においては、図14に示すようにメロン等被測定物Mに対し波長 λ の光を照射しかつ被測定物M内を透過してきた光を検出器Sで検出し、例えば以下の式（1）で求められる吸収係数 $\beta(\lambda)$ から被測定物Mにおける糖分等特定成分を定量的に測定している。

【0013】

50

$$P_{out}(\lambda) = P_{in}(\lambda) \exp[-\beta(\lambda)L] \quad (1)$$

尚、式(1)中 $P_{in}(\lambda)$ は被測定物Mに入射された入射光量、 $P_{out}(\lambda)$ は検出器Sで検出された検出光量を示す。

【0014】

しかし、メロン等青果物の果肉は光散乱性を有しているため、被測定物Mに入射された波長 λ の光は、図14に示すように被測定物Mの光入射部と光出射部を結ぶ最短距離すなわちLで示される幾何学的光路長を通過してまっすぐ検出器Sの方向へ向かうのではなく、被測定物M内の様々なところで散乱されながら検出器Sにたどりつくこととなる。つまり、被測定物M内に入射された光は、最短である幾何学距離Lよりは長い光路(実効的光路長 L')をすることになる。このため、波長 λ の光は長い距離を走った分だけ被測定物M内の糖分等特定成分に余計に吸収されてしまうこととなる。すなわち、式(1)の幾何学的光路長(幾何学距離L)を使って求まる吸収係数 $\beta(\lambda)$ は真の吸収係数ではなく見掛けの吸収係数で、その値は真の吸収係数の値より大きくなってしまいうため、被測定物M内における特定成分の濃度とは掛け離れた測定値になり易い。この理由から透過式の実効的光路長測定装置においては被測定物内部において透過光が経てきた実効的光路長を知ることが解析上重要となる。

10

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

この様に透過式の実効的光路長測定装置では、被測定物内部において透過光が経てきた物理的距離(実効的光路長 L')を知ることが解析上重要になるため、透過式の実効的光路長測定装置に適用する校正器の光路長も被測定物の実効的光路長に合わせる必要があった。すなわち、上述した測定系のずれは、吸光度、吸収係数のずれとして検出されるが、同一の測定系において生じる校正器と被測定物の上記吸光度、吸収係数のずれ量を同等とするにはその光路長を同じにする必要がある。つまり、校正器と被測定物の実効的光路長を合わせないと測定系のずれに起因して被測定物内における特定成分の測定結果にずれが生じてそのずれ分を校正器で補正することができないからである。

20

【0016】

そして、特開平9-15142号公報で提案されている上記反射方式の校正器ではその構造から実効的光路長を適正值に設定することができないため、透過式用の校正器としてそのままでは適用困難な問題点を有していた。

30

【0017】

本発明はこの様な問題点に着目してなされたもので、その課題とするところは、非破壊透過式光測定装置の校正について、被測定物を破壊することなく高精度に、再現性良く、かつ、簡便・短時間でできる非破壊透過式光測定装置用校正器を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

すなわち、請求項1に係る発明は、

被測定物に対しその光入射部から光を入射させかつ被測定物内を透過してきた光を上記光入射部とは別の部位に設定された光出射部において検出しその光吸収測定により被測定物中に含まれる特定成分を定量的に測定する非破壊透過式光測定装置に適用される校正器を前提とし、

40

光の入射口と出射口を備えその内部には上記特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質が充填されていると共に入射口から出射口までの光路長が上記被測定物内を透過する光の実効的光路長と同一若しくは略同一に設定された密封体によりその主要部が構成されていることを特徴とするものである。

【0019】

そして、この請求項1記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、被測定物中に含まれる特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質が充填された密封体に光の入射口と出射口を備え、かつ、入射口から出射口までの光路長が上記被測定物内を透過する光の実効的光路長と同一若しくは略同一に設定されているため、非破壊

50

透過式光測定装置の校正について被測定物を破壊することなく高精度、再現性良く、簡便・短時間で行うことが可能となる。

【0020】

次に、この種の非破壊透過式光測定装置における光入射部と光出射部（すなわち光検出部）については被測定物の種類により任意に設定されており、例えば被測定物が青果物の場合、青果物の赤道付近から光を入射させこの光入射部とは異なる部位の赤道付近に光出射部を設定したもの、青果物の底部側に上記光入射部と光出射部をそれぞれ設定したもの、あるいは、青果物の赤道付近から光を入射させかつ光出射部を青果物の底部側に設定したもの等が存在する。

【0021】

そして、請求項2に係る発明は、光入射部と光出射部が被測定物の底部側に設定された非破壊透過式光測定装置に好適に利用できる非破壊透過式光測定装置用校正器の構成を特定した発明に関する。

【0022】

すなわち、請求項2に係る発明は、

請求項1記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、

内壁面が光反射性を有しかつ内部に上記物質が充填されると共に各開放端側が光透過部材で閉止された一対の直線状筒体から成る上記密封体と、密封体のこれ等筒体一端側を覆うように配設されかつ内壁面が光反射性を有すると共に一方の筒体端部から出射された光を他方の筒体端部へ入射させるカバー体とを備え、かつ、各筒体における他端側の各筒体端部で上記密封体の入射口と出射口が構成されていることを特徴とするものである。

【0023】

ところで、被測定物がスイカ、メロン等大型青果物の場合、小型の青果物に較べて被測定物内を透過する光の実効的光路長が長くなり、その分、非破壊透過式光測定装置用校正器における密封体の長さ寸法も大きくする必要が生ずる。そして、密封体の長さ寸法が長くなる分、校正器が大型化しかつその重量も大きくなるためその取り扱い性が若干低下することがある。請求項3に係る発明はこの点を改善した発明に関する。

【0024】

すなわち、請求項3に係る発明は、

請求項1記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、

上記密封体内部が仕切材により複数空間に区画され、かつ、これ等空間が上記入射口と出射口を結ぶ連通路を構成すると共に、連通路壁面が光反射性を有していることを特徴とするものである。

【0025】

そして、この請求項3記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、入射口から入射された光が、上記仕切材で区画された複数の空間内において反射を繰り返す折曲がりながら出射口へ導かれる構造のため、密封体の長さ寸法を大きくすることなく密封体内の光路長を延ばすことが可能となる。

【0026】

尚、上記密封体内における連通路の長さは仕切材の数とその配置の仕方により変更させることができる。従って、上記仕切材を着脱可能な構造にすることにより連通路の長さ寸法を任意に設定することができる。請求項4に係る発明はこの様な技術的理由によりなされている。

【0027】

すなわち、請求項4に係る発明は、

請求項3記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、

上記仕切材が着脱可能な部材で構成されこの仕切材の着脱により上記連通路の長さが調整されるようになっていることを特徴とするものである。

【0028】

また、この種の非破壊透過式光測定装置においては、測定対象である特定成分の被測定物

10

20

30

40

50

内における存在状態により、波長の異なる複数種類の光が適用されかつ光吸収測定の際に検出器からの信号を電圧に変換するための増幅器が装置内に組込まれる場合がある。そして、測定結果の変動要因として、上述した測定波長のずれなどの他にこの増幅器のゲイン変動も考えられる。具体的には、被測定物の信号の大きさと、校正器を測定した際の信号の大きさが異なる場合、増幅器の各信号に対するゲインが異なり実際の変動を正確に測定できない可能性が生ずる。請求項 5 と請求項 6 に係る発明はこのような技術的問題を解消した発明に関する。

【 0 0 2 9 】

すなわち、請求項 5 に係る発明は、

請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし 10

、
上記入射口と出射口に光減衰器が設けられていることを特徴とし、

また、請求項 6 に係る発明は、

請求項 5 記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、

上記光減衰器による減衰率が、非破壊透過式光測定装置において適用される各測定波長に対して均一若しくは略均一であることを特徴とするものである。

【 0 0 3 0 】

尚、請求項 2 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器においては、一对の直線状筒体の各開放端側を閉止する上記光透過部材についてこれを請求項 5 と請求項 6 に係る上記光減衰器で構成することも可能である。 20

【 0 0 3 1 】

次に、請求項 7 ～ 8 に係る発明は、上記密封体に充填された物質内に光を入射させる際、被測定物内に光を入射させた場合と類似の光散乱を起こさせて実際の被測定物との近似を図ると共に密封体の小型化を図った校正器に関する。

【 0 0 3 2 】

すなわち、請求項 7 に係る発明は、

請求項 5 記載の発明に係る非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、

上記光減衰器が、光拡散性を有していることを特徴とし、

請求項 8 に係る発明は、

請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の非破壊透過式光測定装置用校正器を前提とし、 30

上記密封体の内部に、上記特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質と共に光散乱性物質が充填されていることを特徴とするものである。

【 0 0 3 3 】

【 発明の実施の形態 】

以下、被測定物として果実（メロン、スイカ等）M を想定し、この果実 M に含まれる糖分濃度（以下、糖度）を計測する非破壊透過式光測定装置用の校正器を例に挙げて本発明の実施の形態について具体的に説明する。

【 0 0 3 4 】

〔 第一実施の形態 〕

まず、この実施の形態に係る校正器 1 が適用される非破壊透過式光測定装置においては、 40

図 1（A）に示すように果実 M に対する光入射部 100 と光出射部 200 が果実の赤道付近に設定されている。

【 0 0 3 5 】

すなわち、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 1 は、図 1（B）に示すように被測定物に含まれる特定成分（糖分）と同等の糖度を有するショ糖液 2 が充填された直線状筒体 11 と、直線状筒体 11 の外周面を覆う黒色の ABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）樹脂から成る校正器本体 12 とで構成され、かつ、上記直線状筒体 11 の両開放端側はそれぞれ光透過部材 13、14 により閉止されていると共に、光透過部材 13 で閉止された開放端側が光の入射口 3 を構成し、また、光透過部材 14 で閉止された開放端側が光の出射口 4 を構成している。 50

【0036】

また、上記入射口3から出射口4までの光路長（すなわちショ糖液2が満たされた直線状筒体11内の光路長）は、図1（A）に示す果実M内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一となるように設定されている。

【0037】

ここで、非破壊透過式光測定装置用校正器1の入射口3から出射口4までの光路長（すなわちショ糖液2が満たされた直線状筒体11内の光路長）を実効的光路長 L' に合わせた理由は、上述したように測定系にずれが生じたことによる糖度変動を正確に補正するためである。測定系のずれとは、例えば測定波長のずれ、非破壊透過式光測定装置の入出射部分にゴミなどが付着したことによる透過光量の見掛け上の変化などである。測定系のずれは、吸光度、吸収係数のずれとして検出されるが、同一の測定系において生じる校正器と被測定物の吸光度、吸収係数のずれ量を同等とするには光路長を同じにする必要がある。つまり、実効的光路長を合わせないと上記測定系のずれによって被測定物の糖度が変化しても校正器でその糖度変化を正確に補正できないからである。

【0038】

尚、被測定物の上記実効的光路長 L' については、例えば図15に示すように1つのパルスレーザ光源fと2つの第一および第二の検出器S1、S2を用いて求めることができる。すなわち、上記パルスレーザ光源fから第一検出器S1までの距離とパルスレーザ光源fから被測定物（果実）Mにおける光入射部までの距離を同一に設定し、かつ、パルスレーザ光源fから出射させたパルスレーザを途中の光路上において分岐させると共に、一方の第一検出器S1にはパルスレーザを直接入射させ、被測定物（果実）Mの光出射部に密着して配置された第二検出器S2へは被測定物（果実）M内を透過させたパルスレーザを入射させる。

【0039】

そして、第一検出器S1と第二検出器S2に到達するパルスの時間差 Δt に光速Cをかける（ $C \times \Delta t$ ）ことにより被測定物（果実）M内の実効的光路長 L' に果実Mにおける果肉の屈折率 n' を掛けた値（ $L' \times n'$ ）を求めることができる。

【0040】

また、図16に示すように1つのパルスレーザ光源fと2つの第一および第二の検出器S1、S2を用いて、校正器1における入射口3から出射口4までの光路長（すなわちショ糖液2が満たされた直線状筒体11内の光路長）を上記被測定物（果実）M内の実効的光路長 L' と略同一に設定するための直線状筒体11の幾何学的長さdを求めることができる。

【0041】

すなわち、光透過部材で閉止された開放端側に後述の拡散型減衰板が装着されその幾何学的長さが d_1 と d_2 でかつショ糖液2がそれぞれ満たされた一対の直線状筒体11'、11''を準備し、かつパルスレーザ光源fから直線状筒体11'の入射口3'までの距離と上記パルスレーザ光源fから直線状筒体11''の入射口3''までの距離を同一に設定すると共に、直線状筒体11'の出射口4'に第一検出器S1をまた直線状筒体11''の出射口4''に第二検出器S2を密着して配置する。そして、上記パルスレーザ光源fから出射させたパルスレーザを途中の光路上において分岐させ、その一方のパルスレーザを直線状筒体11'を透過させて第一検出器S1に入射させると共に、他方のパルスレーザを直線状筒体11''を透過させて第二検出器S2に入射させる。

【0042】

尚、第一検出器S1にパルスが到達した時間を t_1 、第二検出器S2にパルスが到達した時間を t_2 とすると、直線状筒体11'の実測物理学的光路長（すなわちショ糖液2が満たされた直線状筒体11'内の物理学的光路長に2枚の光透過部材の厚さとこれ等に装着された後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた物理学的光路長） α_1 は光速 $C \times t_1$ で求まる値に、また直線状筒体11''の実測物理学的光路長（ショ糖液2が満たされた直線状筒体11''内の物理学的光路長に2枚の光透過部材の厚さとこれ等に

10

20

30

40

50

装着された後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた物理学的光路長) α_2 は光速 $C \times t_2$ で求まる値となる。

【0043】

従って、屈折率 n'' のシヨ糖液2が満たされた直線状筒体内の幾何学的単位長さ当たりの光路長 $\Delta L''$ は、

$$n'' \times \Delta L'' = (\alpha_1 - \alpha_2) / (d_1 - d_2)$$

で求めることができる。すなわち、直線状筒体11'の実測物理学的光路長 α_1 と直線状筒体11''の実測物理学的光路長 α_2 には2枚の光透過部材の厚さとこれ等に装着された拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分が加えられているが、実測物理学的光路長 α_1 から直線状筒体11''の実測物理学的光路長 α_2 を差し引くことにより上記加えられた物理学的光路長はキャンセルされるため、シヨ糖液2が満たされた直線状筒体内の幾何学的単位長さ当たりの光路長 $\Delta L''$ にシヨ糖液の屈折率 n'' を掛けた値を求めることができる。

【0044】

よって、シヨ糖液2が満たされた上記直線状筒体11内の光路長が上記被測定物(果実)M内の実効的光路長 L' と略同一に設定されるための直線状筒体11の幾何学的長さ d は、

$$d = (L' \times n') / (\Delta L'' \times n'') = L' / \Delta L''$$

(但し、果実Mにおける果肉の屈折率 n' とシヨ糖液における屈折率 n'' が略同一であることを前提とする)

で求めることができる。

【0045】

次に、上記校正器1内に入射された測定用光が反射する直線状筒体11の内壁面には、測定波長範囲において反射率の波長依存性がほとんど無かつ耐腐食性にすぐれた金メッキの光反射膜(図示せず)が施されている。

【0046】

また、この非破壊透過式光測定装置には、上述したように測定の際に検出器からの信号を電圧に変換するための増幅器が組込まれている。そして、測定結果の変動要因としてこの増幅器のゲイン変動も考えられる。具体的には、被測定物の信号の大きさと校正器を測定した際の信号の大きさが異なる場合、増幅器の各信号に対するゲインが異なり、実際の変動を正確に測定できない可能性がある。このため、校正器の透過光量を被測定物と同程度に合わせるために減衰器を入れることが好ましい。また、上記減衰器は、測定波長範囲で各測定波長(波長の異なる各測定光)に対する減衰器による減衰率が均一であることが望ましい。各測定波長の範囲で減衰率が大きく変動する場合、測定波長がずれた際に校正器と被測定物とで透過光量の振る舞いが異なり、正確に校正できなくなるからである。上記減衰器としては、アパーチャー型減衰器、表面散乱型減衰器、拡散型減衰器等が例示されこれ等単独あるいは複数組合せて適用することができる。

【0047】

そして、図1(B)に示された実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器1の透過光量は被測定物に較べて大きかった。そこで、直線状筒体11両開放端側の光透過部材13、14には、各測定波長に対する減衰率が均一である既製品の拡散型減衰板とアパーチャー型減衰器を組合せてそれぞれ装着し、かつ上記拡散型減衰板で透過光量を粗調整すると共に、アパーチャーの窓径で微調整した。これら2種類の減衰器によって校正器の透過光量を被測定物と同等にした。

【0048】

このような構成を有する第一実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器1を非破壊透過式光測定装置における所定の測定部に設置すると、光の入射口3から直線状筒体11内に入った光は直線状筒体11内で反射を繰り返しながら充填されたシヨ糖液2中を通り抜け、かつ、出射口4から非破壊透過式光測定装置の検出器(図示せず)に入る。そして、検出器で測定された光量を基に果実糖度と同様に校正器内に充填されたシヨ糖液2の

10

20

30

40

50

糖度を求めることができる。

【 0 0 4 9 】

このようにして校正時に得られた糖度と、ある条件下において予め測定した校正器内ショ糖液 2 の標準糖度との糖度差は、非破壊透過式光測定装置のソフト上で補正することによって調整され校正作業は終了する。

【 0 0 5 0 】

そして、校正後に測定される果実の糖度は、非破壊透過式光測定装置における測定系のずれに起因する糖度変動を取り除いた正確な糖度となる。

【 0 0 5 1 】

ここで、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 1 においてはその直線状筒体（密封体）11 の内部に被測定物に含まれる特定成分（糖分）と同等の糖度を有するショ糖液 2 が充填されているが、このショ糖液 2 に加えてセルロース繊維等の光散乱性物質を充填することにより、直線状筒体 11 内に入射される光の散乱を増大させることが可能となる。そして、上記光散乱性物質が充填されていない場合に較べて直線状筒体 11 内に入射された光はその光散乱の増大によりショ糖液 2 が充填されている直線状筒体 11 内を余分に走ることになるため、その分、直線状筒体（密封体）11 の幾何学的長さ寸法を短く設定でき校正器の小型化が図れる利点を有する。

【 0 0 5 2 】

[第二実施の形態]

次に、図 2 は本発明の第二実施の形態を示すものである。

【 0 0 5 3 】

尚、この実施の形態における校正器は、図 2（A）に示すように果実（メロン）M に対する光入射部 100 と光出射部 200 の位置が果実の底部側付近に設定された非破壊透過式光測定装置に適用されるものである。

【 0 0 5 4 】

すなわち、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 5 は、図 2（B）に示すように被測定物（果実 M）に含まれる特定成分（糖分）と同等の糖度を有するショ糖液 6 が充填されかつ互いに平行に配置されると共に幾何学的長さ d が同一に設定された一対の直線状筒体 51、52 と、これ等一対の直線状筒体 51、52 の外周面を覆う黒色の ABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）樹脂から成る校正器本体 53 と、これ等直線状筒体 51、52 の一端側を覆うように配設されかつ一方の直線状筒体 51 端部から出射された光を他方の直線状筒体 52 端部へ入射させるステンレス製のカバー体 54 とで構成され、かつ、これ等直線状筒体 51、52 の両開放端側はそれぞれ光透過部材 55、56、57、58 により閉止されていると共に、光透過部材 55 で閉止された開放端側が光の入射口 7 を構成し、また、光透過部材 58 で閉止された開放端側が光の出射口 8 を構成している。

【 0 0 5 5 】

また、ショ糖液 6 が満たされた一対の直線状筒体 51、52 内における光路長（光がショ糖液 6 内を走るときの光路長）は、図 2（A）に示す果実 M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一となるように設定されている。

【 0 0 5 6 】

ここで、ショ糖液 6 が満たされた一対の直線状筒体 51、52 内における光路長）を実効的光路長 L' に合わせている理由は、図 1 に示した第一実施の形態に係る校正器 1 と同一の理由による。

【 0 0 5 7 】

尚、被測定物である果実 M の上記実効的光路長 L' については、例えば図 17 に示すように 1 つのパルスレーザ光源 f と 2 つの第一および第二の検出器 S1、S2 を用いて求めることができる。すなわち、上記パルスレーザ光源 f から第一検出器 S1 までの距離とパルスレーザ光源 f から被測定物（果実）M における光入射部までの距離を同一に設定し、かつ、パルスレーザ光源 f から出射させたパルスレーザを途中の光路上において分岐させる

10

20

30

40

50

と共に、一方の第一検出器 S 1 にはパルスレーザを直接入射させ、被測定物（果実）M の光出射部に密着して配置された第二検出器 S 2 へは被測定物（果実）M 内を透過させたパルスレーザを入射させる。そして、第一検出器 S 1 と第二の検出器 S 2 に到達するパルスの時間差 Δt に光速 C をかける（ $C \times \Delta t$ ）ことにより被測定物（果実）M 内の実効的光路長 L' に果実 M における果肉の屈折率 n' を掛けた値（ $L' \times n'$ ）を求めることができる。

【0058】

また、屈折率 n'' のシヨ糖液 6 が満たされた一对の直線状筒体 5 1、5 2 内における光路長（光がシヨ糖液 6 内を走るときの光路長）を上記果実 M 内の実効的光路長 L' と略同一と設定するための各直線状筒体 5 1、5 2 の幾何学的長さ d については、第一実施の形態
10
で述べた方法により求めることができる。すなわち、図 1 6 に示した 1 つのパルスレーザ光源 f と 2 つの第一および第二の検出器 S 1、S 2 を用い、かつ、上記光透過部材で閉止された開放端側に拡散型減衰板が装着されその幾何学的長さが d_1 と d_2 でかつシヨ糖液 2 がそれぞれ満たされた一对の直線状筒体 1 1'、1 1'' を組込んで直線状筒体の幾何学的単位長さ当たりの光路長 $\Delta L''$ を、 $n'' \times \Delta L'' = (\alpha_1 - \alpha_2) / (d_1 - d_2)$ より求め、かつ、この $\Delta L''$ に基づき被測定物（果実）M 内の実効的光路長 L' と略同一となるよう一对の直線状筒体 5 1、5 2 に配分すればよい。

【0059】

すなわち、各直線状筒体 5 1、5 2 の幾何学的長さ d は、
20
 $2d = (L' \times n') / (\Delta L'' \times n'') = L' / \Delta L''$
（但し、果実 M における果肉の屈折率 n' とシヨ糖液における屈折率 n'' が略同一であることを前提とする）
で求めることができる。

【0060】

尚、この実施の形態における非破壊透過式光測定装置用校正器 5 では上記直線状筒体 5 1、5 2 内をシヨ糖液 6 で満たした形態になっているが、直線状筒体 5 1、5 2 内を必ずしもシヨ糖液 6 で満たす必要はない。すなわち、上記直線状筒体 5 1、5 2 内の上方側にシヨ糖液 6 が存在しない空間があってもよい。但し、上記空間が存在する分、直線状筒体 5 1、5 2 内における光路長（光がシヨ糖液 6 内を走るときの光路長）が短くなるため、各直線状筒体 5 1、5 2 の幾何学的長さ d を設定する際には上記空間による縮小分を考慮する
30
必要がある。

【0061】

また、第一実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 1 でも直線状筒体 1 1 内をシヨ糖液 2 で満たした形態となっているが、この非破壊透過式光測定装置用校正器 1 を立てた状態（すなわち、入射口 3 を上側とし出射口 4 を下側にした状態）で使用する場合には、上記直線状筒体 1 1 内の上方側にシヨ糖液 2 を有しない空間が存在してもよい。但し、この場合、直線状筒体 1 1 内の上記シヨ糖液 2 面が非破壊透過式光測定装置用校正器 1 における上記入射口 3 を構成することとなり、かつ、直線状筒体 1 1 の幾何学的長さ d を設定する際には上記空間による光路長の縮小分を考慮する必要がある。

【0062】

次に、校正器 5 内に入射された測定用光が反射する一对の直線状筒体 5 1、5 2 内壁面と上記カバー体 5 4 の内壁面には、測定波長範囲において反射率の波長依存性がほとんど無くかつ耐腐食性にすぐれた金メッキの光反射膜（図示せず）が施されている。

【0063】

また、この校正器 5 においても、入射口 7 を構成する直線状筒体 5 1 の光透過部材 5 5 と出射口 8 を構成する直線状筒体 5 2 の光透過部材 5 8 に、各測定波長に対する減衰率が均一である既製品の拡散型減衰板とアパーチャー型減衰器を組合せてそれぞれ装着されている。そして、上記拡散型減衰板で透過光量を粗調整し、かつ、アパーチャーの窓径で微調整した。これら 2 種類の減衰器によって校正器の透過光量を被測定物と同等にした。

【0064】

10

20

30

40

50

そして、このような構成を有する第二実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 5 を図 2 (A) に示す非破壊透過式光測定装置における所定の測定部に設置すると、光の入射口 7 から直線状筒体 5 1 内に入った光は、直線状筒体 5 1 内で反射を繰返しながら充填したシヨ糖液 6 中を通り抜けカバー体 5 4 内へ出る。カバー体 5 4 の中で散乱、反射した光の一部はもう一方の直線状筒体 5 2 内に入り、かつ、直線状筒体 5 1 と同様に充填したシヨ糖液 6 中を通過し終えた光は、出射口 8 から非破壊透過式光測定装置の検出器 (図示せず) に入る。そして、検出器で測定された光量を基に果実糖度と同様に校正器内に充填されたシヨ糖液 6 の糖度を求めることができる。

【 0 0 6 5 】

このようにして校正時に得られた糖度と、ある条件下において予め測定した校正器内シヨ糖液 6 の標準糖度との糖度差は、非破壊透過式光測定装置のソフト上で補正することによって調整され校正作業は終了する。そして、校正後に測定される果実の糖度は、非破壊透過式光測定装置における測定系のずれに起因する糖度変動を取り除いた正確な糖度となる。

【 0 0 6 6 】

尚、図 3 は、図 2 (B) で示した第二実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 5 についてその一部の構成を変更した非破壊透過式光測定装置用校正器 5 0 の断面図である。

【 0 0 6 7 】

すなわち、この非破壊透過式光測定装置用校正器 5 0 においては、上記 A B S (アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン) 樹脂から成る校正器本体 5 3 に代えて発泡スチロール等断熱材料から成る校正器本体 5 3 ' が適用され、かつ、この校正器本体 5 3 ' 外周面がステンレス製の補強用カバー 5 4 ' で被覆されていると共に、直線状筒体 5 1、5 2 の入射口 7 と出射口 8 側の一部が校正器本体 5 3 ' から外方へ突出している点を除き図 2 (B) で示した第二実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 5 と同一である。

【 0 0 6 8 】

そして、この非破壊透過式光測定装置用校正器 5 0 を使用する場合、この校正器 5 0 をトレイ 5 9 に収容した状態で適用する。すなわち、図 3 に示すように一对の開口 5 9 '、5 9 ' を有するトレイ 5 9 の上記開口 5 9 '、5 9 ' 内に非破壊透過式光測定装置用校正器 5 0 における直線状筒体 5 1、5 2 の入射口 7 と出射口 8 側をそれぞれ嵌合させた状態で収容し利用に供するようになっている。

【 0 0 6 9 】

[第三実施の形態]

図 4 は、本発明の第三実施の形態を示している。

【 0 0 7 0 】

また、この実施の形態における校正器は、図 5 (C) に示すように被測定物である果実 (スイカ) M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 の位置が果実 M の底部側付近に設定された非破壊透過式光測定装置に適用されるものである。

【 0 0 7 1 】

すなわち、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 2 0 は、図 4 (A) ~ (B) に示すように円形状の校正器基盤 2 1 (図 6 参照) およびこの基盤 2 1 に装着されて密封体 3 0 0 を形成するパッキング付き蓋材 2 2 (図 7 A、B 参照) と、上記校正器基盤 2 1 上に取付けられて上記密封体 3 0 0 内を複数の空間に区画するステンレス製の仕切材 2 3 (図 6 参照) と、上記校正器基盤 2 1 の略中央部にそれぞれ設けられた第一開口 2 4 および第二開口 2 5 と、上記校正器基盤 2 1 の裏面側でかつ第一開口 2 4 および第二開口 2 5 にそれぞれ連通して取付けられると共に外周面にオネジが刻まれた第一内側円筒体 2 6 および第二内側円筒体 2 7 (図 7 D 参照) と、一方の開放端側にそれぞれ光透過部材 2 8、2 9 が取付けられかつその内周面にメネジが刻まれていると共に他方の開放端側から上記第一内側円筒体 2 6 および第二内側円筒体 2 7 に螺合されて入射口 3 1 および出射口 3 2 を形成する第一外側円筒体 3 3 および第二外側円筒体 3 4 (図 7 E 参照) と、上記

蓋材 2 2 側に嵌合された第一断熱部材 3 5 および校正器基盤 2 1 側に嵌合された第二断熱部材 3 6 とでその主要部が構成され、かつ、上記密封体 3 0 0 内には図 5 (C) に示す果実 (スイカ) M に含まれる特定成分 (糖分) と同等の糖度を有するシヨ糖液 3 0 が充填されていると共に、上記密封体 3 0 0 内の複数空間が入射口 3 1 と出射口 3 2 を結ぶ連通路 4 0 を形成している (図 5 A 参照) 。

【 0 0 7 2 】

また、上記校正器 2 0 の入射口 3 1 から出射口 3 2 までの光路長 (すなわちシヨ糖液 3 0 が満たされた密封体 3 0 0 内における光路長) は、図 5 (C) に示す果実 (スイカ) M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一となるように設定されている。

【 0 0 7 3 】

ここで、上記校正器 2 0 の入射口 3 1 から出射口 3 2 までの光路長を実効的光路長 L' に合わせている理由は、図 1 に示した第一実施の形態に係る校正器 1 と同一の理由による。

【 0 0 7 4 】

また、上記校正器 2 0 の入射口 3 1 から出射口 3 2 までの光路長を図 5 (C) に示す果実 (スイカ) M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一に設定するには、図 1 8 に示す以下の方法により校正器 2 0 の実測物理学的光路長 (すなわちシヨ糖液 3 0 が満たされた密封体 3 0 0 内における物理学的光路長に、上記光透過部材 2 8、2 9 の各厚さとこれ等光透過部材 2 8、2 9 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分が加えられた物理学的光路長) をまず求め、かつ、図 1 9 に示す以下の方法により実効的光路長 $L' \times n'$ (n' は果実 M における果肉の屈折率) に上記光透過部材 2 8、2 9 の各厚さとこれ等光透過部材 2 8、2 9 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めると共に、上記実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より小さな値になった場合には仕切材 2 3 の数を増やして連通路の長さを必要分延長させ、反対に実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より大きな値になった場合には仕切材 2 3 の数を減らしたり仕切材 2 3 の配置を代えて連通路の長さを必要分縮小させて実測物理学的光路長を参考物理学的光路長と略同一に調整することにより校正器 2 0 の入射口 3 1 から出射口 3 2 までの光路長を実効的光路長 L' と略同一に設定することができる。

【 0 0 7 5 】

すなわち、校正器 2 0 の上記実測物理学的光路長を求めるには、図 1 8 に示すように 1 つのパルスレーザ光源 f と 2 つの第一および第二の検出器 S_1 、 S_2 を用いて求めることができる。まず、上記パルスレーザ光源 f から第一検出器 S_1 までの距離とパルスレーザ光源 f から校正器 2 0 における入射口 3 1 までの距離を同一に設定し、かつ、パルスレーザ光源 f から出射させたパルスレーザを途中の光路上において分岐させると共に、一方の第一検出器 S_1 にはパルスレーザを直接入射させ、校正器 2 0 の出射口 3 2 に密着して配置された第二検出器 S_2 へは校正器 2 0 の密封体 3 0 0 内を透過させたパルスレーザを入射させる。そして、第一検出器 S_1 と第二検出器 S_2 に到達するパルスの時間差 Δt に光速 C をかける ($C \times \Delta t$) ことにより校正器 2 0 の上記実測物理学的光路長を求めることができる。

【 0 0 7 6 】

また、実効的光路長 $L' \times n'$ (n' は果実 M における果肉の屈折率) に光透過部材 2 8、2 9 の各厚さとこれ等光透過部材 2 8、2 9 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めるには、図 1 9 に示すように 1 つのパルスレーザ光源 f と 2 つの第一および第二の検出器 S_1 、 S_2 、並びに、上記光透過部材 2 8、2 9 とこれに装着された図示外の拡散型減衰板を用いて求めることができる。まず、果実 M の光入射部に拡散型減衰板が装着された上記光透過部材 2 8 を密着して配置し、かつ、上記果実 M の光出射部に拡散型減衰板が装着された光透過部材 2 9 を密着して配置すると共に、この光透過部材 2 9 に対し上記第二検出器 S_2 を同じく密着して配置する。また、上記パルスレーザ光源 f から第一検出器 S_1 までの距離とパルスレーザ光源 f から上記光透過部材 2 8 までの距離を同一に設定し、かつ、パルスレーザ光源 f から

10

20

30

40

50

出射させたパルスレーザを途中の光路上において分岐させると共に、一方の第一検出器 S 1 にはパルスレーザを直接入射させ、他方の第二検出器 S 2 には果実 M 内を透過させたパルスレーザを入射させる。そして、第一検出器 S 1 と第二検出器 S 2 に到達するパルスの時間差 Δt に光速 C をかける ($C \times \Delta t$) ことにより、上記実効的光路長 $L' \times n'$ (n' は果実 M における果肉の屈折率) に光透過部材 28、29 の各厚さとこれ等光透過部材 28、29 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めることができる。

【0077】

次に、校正器 20 内に入射された測定用光が反射する密封体 300 内壁面（すなわち校正器基盤 21 表面と蓋材 22 の内壁面）と各仕切材 23 表面には、測定波長範囲において反

10

【0078】

尚、上記光反射膜が鏡面を構成している場合、校正器 20 の入射口 31 から密封体 300 内に入射された光が上記光反射膜により鏡面反射されてその一部が入射口 31 から外部へ漏れ出てしまい、入射された光が上記連通路 40 内をスムーズに走らなくなることがある。このような場合、上記密封体 300 内面を粗面処理しその光反射膜が拡散性反射膜として機能するように調整するとよい。但し、入射口 31 側に後述の拡散板（拡散型減衰板）が配設されている場合には拡散された光が上記密封体 300 内に入射されるようになるため、上記粗面処理を施すことなく入射光の上記漏れを防止することが可能である。

20

【0079】

また、この校正器 20 においても、上記入射口 31 と出射口 32 の光透過部材 28、29 に、各測定波長に対する減衰率が均一である既製品の拡散型減衰板とアパーチャー型減衰器を組合せてそれぞれ装着している。そして、上記拡散型減衰板で透過光量を粗調整し、かつ、アパーチャーの窓径で微調整した。これら 2 種類の減衰器によって校正器の透過光量を被測定物と同等にした。

【0080】

そして、このような構成を有する第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 20 を図 4 (C) に示すトレイ 41 に載置して非破壊透過式光測定装置における所定の測定部に設置すると、図 5 (A) ~ (B) に示すように光の入射口 31 から密封体 300 内

30

に入った光は、上記仕切材 23 で区画された複数の空間内において反射を繰り返し折曲がりながら充填したショ糖液 30 中を通り抜け出射口 32 から非破壊透過式光測定装置の検出器（図示せず）に入る。そして、検出器で測定された光量を基に果実糖度と同様に校正器内に充填されたショ糖液 30 の糖度を求めることができる。尚、図 4 (C) 中の 41' はトレイ用蓋を示している。

【0081】

このようにして校正時に得られた糖度と、ある条件下において予め測定した校正器内ショ糖液 30 の標準糖度との糖度差は、非破壊透過式光測定装置のソフト上で補正することによって調整され校正作業は終了する。そして、校正後に測定される果実の糖度は、非破壊透過式光測定装置における測定系のずれに起因する糖度変動を取り除いた正確な糖度となる。

40

【0082】

尚、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 20 は以下のようにして組み立てられている。

【0083】

まず、図 6 は、第一開口 24 と第二開口 25 を有する上記校正器基盤 21 とこの基盤 21 上に取付けられる仕切材 23 を示している。

【0084】

すなわち、上記校正器基盤 21 表面には格子状ボルト 42 が立設され、この格子状ボルト 42 に仕切材 23 基端側に設けられた取付け孔を嵌め込み、かつ、ナット 43 で固定する

50

ようになっている。また、上記仕切材 2 3 には、校正器基盤 2 1 表面に垂直に取付けられる L 字形仕切材 2 3 1、一部に曲面を有する L 字形仕切材 2 3 2、および、校正器基盤 2 1 表面に対し勾配を有し第一開口 2 4 と第二開口 2 5 の近傍に取付けられて校正器内外との効率的な光のやりとりを可能にさせる直角仕切材 2 3 3 等その形状の異なる種類が用意されている。そして、校正器における所定の光路長を想定して図 7 (C) に示すように上記校正器基盤 2 1 表面にこれ等仕切材 2 3 を適宜取付ける。

【 0 0 8 5 】

そして、仕切材 2 3 が取付けられた校正器基盤 2 1 の表面側から図 7 (A) ~ (B) に示すような帽子形状を有しかつパッキング (図示せず) 付きのステンレス製蓋材 2 2 を装着すると共に、蓋材 2 2 のフランジ部 4 3 と校正器基盤 2 1 の外周縁を図 8 (B) に示すよ

10

【 0 0 8 6 】

次に、校正器基盤 2 1 と蓋材 2 2 とが一体化された校正器本体の裏面側すなわち校正器基盤 2 1 の裏面側に取付けられた第一内側円筒体 2 6 および第二内側円筒体 2 7 の少なくとも一方からシヨ糖液を密封体 3 0 0 内に充填し、かつ、図 7 (D) ~ (E) に示すように上記第一内側円筒体 2 6 および第二内側円筒体 2 7 に対し第一外側円筒体 3 3 および第二外側円筒体 3 4 をそれぞれ螺合させて入射口 3 1 および出射口 3 2 を形成させる。

【 0 0 8 7 】

そして、図 8 (A) ~ (C) に示すように校正器基盤 2 1 と蓋材 2 2 とが一体化された校正器本体に対しその表面側から発泡スチロール等で構成された第一断熱部材 3 5 を嵌合させ、かつ、校正器本体の裏面側から同じく発泡スチロール等で構成された第二断熱部材 3 6 を嵌合させて第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 2 0 は組立てられている。

20

【 0 0 8 8 】

尚、この非破壊透過式光測定装置用校正器 2 0 においては、上記第一断熱部材 3 5 と第二断熱部材 3 6 の外表面をステンレス製の補強カバーで被覆する構造にしてもよい。

【 0 0 8 9 】

[第四実施の形態]

図 9 は、本発明の第四実施の形態を示している。

【 0 0 9 0 】

また、この実施の形態における校正器は、図 9 (C) に示すように被測定物である果実 (スイカ) M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 の位置が果実 M の赤道付近に設定された非破壊透過式光測定装置に適用されるものである。

30

【 0 0 9 1 】

すなわち、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 6 0 は、図 9 (A) ~ (B) に示すように直方体形状を有しかつその上方側に入射口 6 1 と出射口 6 2 が設けられた密封体 6 3 と、上記入射口 6 1 と出射口 6 2 にそれぞれ取付けられた光透過部材 6 4 、 6 5 と、上記密封体 6 3 内に取付けられ密封体 6 3 を複数の空間に区画する仕切材 6 6 とでその主要部が構成され、かつ、上記密封体 6 3 内には図 9 (C) に示す果実 (スイカ) M に含まれる特定成分 (糖分) と同等の糖度を有するシヨ糖液 6 7 が充填されていると共に、上記密封体 6 3 内の複数空間が入射口 6 1 と出射口 6 2 を結ぶ連通路 6 8 を形成している。

40

【 0 0 9 2 】

また、上記校正器 6 0 の入射口 6 1 から出射口 6 2 までの光路長 (すなわちシヨ糖液 6 7 が満たされた密封体 6 3 内における光路長) は、図 9 (C) に示す果実 (スイカ) M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一となるように設定されている。ここで、上記校正器 6 0 の入射口 6 1 から出射口 6 2 までの光路長を実効的光路長 L' に合わせている理由は、図 1 に示した第一実施の形態に係る校正器 1 と同一の理由による。

【 0 0 9 3 】

また、上記校正器 6 0 の入射口 6 1 から出射口 6 2 までの光路長を図 9 (C) に示す果実

50

(スイカ) M内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一に設定するには、図18に示した上述の方法により校正器60の実測物理学的光路長(すなわちショ糖液67が満たされた密封体63内における物理学的光路長に、上記光透過部材64、65の各厚さとこれ等光透過部材64、65に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分が加えられた物理学的光路長)をまず求め、かつ図19に示した上述の方法により実効的光路長 $L' \times n'$ (n' は果実Mにおける果肉の屈折率)に上記光透過部材64、65の各厚さとこれ等光透過部材64、65に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めると共に、上記実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より小さな値になった場合には仕切材66の数を増やして連通路の長さを必要分延長させ、反対に実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より大きな値になった場合には仕切材66の数を減らしたり仕切材66の配置を代えて連通路の長さを必要分縮小させて実測物理学的光路長を参考物理学的光路長と略同一に調整することにより校正器60の入射口61から出射口62までの光路長を上記実効的光路長 L' と略同一に設定することができる。

10

【0094】

次に、校正器60内に入射された測定用光が反射する密封体63内壁面と各仕切材66表面には、測定波長範囲において反射率の波長依存性がほとんど無くかつ耐腐食性にすぐれた金メッキの光反射膜(図示せず)が施されている。更に、この校正器60においても、上記入射口61と出射口62の光透過部材64、65に各測定波長の減衰率が均一である既製品の拡散型減衰板とアパーチャー型減衰器を組合せてそれぞれ装着している。そして、上記拡散型減衰板で透過光量を粗調整し、かつ、アパーチャーの窓径で微調整した。これら2種類の減衰器によって校正器の透過光量を被測定物と同等にした。

20

【0095】

そして、このような構成を有する第四実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器60を非破壊透過式光測定装置における所定の測定部に設置すると、図9(A)~(B)に示すように光の入射口61から密封体63内に入った光は、上記仕切材66で区画された複数の空間内において反射を繰り返し折曲がりながら充填したショ糖液67中を通り抜け出射口62から非破壊透過式光測定装置の検出器(図示せず)に入る。そして、検出器で測定された光量を基に果実糖度と同様に校正器内に充填されたショ糖液67の糖度を求めることができる。

30

【0096】

このようにして校正時に得られた糖度と、ある条件下において予め測定した校正器内ショ糖液67の標準糖度との糖度差は、非破壊透過式光測定装置のソフト上で補正することによって調整され校正作業は終了する。そして、校正後に測定される果実の糖度は、非破壊透過式光測定装置における測定系のずれに起因する糖度変動を取り除いた正確な糖度となる。

【0097】

[第五実施の形態]

図10は、本発明の第五実施の形態を示している。

【0098】

また、この実施の形態における校正器は、図10(C)に示すように被測定物である果実(スイカ)Mに対する光入射部100の位置が赤道付近に設定されると共に光出射部200の位置が果実Mの底部側付近に設定された非破壊透過式光測定装置に適用されるものである。

40

【0099】

すなわち、この実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器70は、図10(A)~(B)に示すように略円柱状を有しその上方側に入射口71が設けられると共にその下方側に出射口72が設けられた密封体73と、上記入射口71と出射口72にそれぞれ取付けられた光透過部材74、75と、上記密封体73内に取付けられ密封体73を複数の空間に区画する仕切材76とでその主要部が構成され、かつ、上記密封体73内には図1

50

0 (C) に示す果実 (スイカ) M に含まれる特定成分 (糖分) と同等の糖度を有するショ糖液 77 が充填されていると共に、上記密封体 73 内の複数空間が入射口 71 と出射口 72 を結ぶ連通路 78 を形成している。

【0100】

また、上記校正器 70 の入射口 71 から出射口 72 までの光路長 (すなわちショ糖液 77 が満たされた密封体 73 内における光路長) は、図 10 (C) に示す果実 (スイカ) M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一となるように設定されている。ここで、上記校正器 70 の入射口 71 から出射口 72 までの光路長を実効的光路長 L' に合わせている理由は、図 1 に示した第一実施の形態に係る校正器 1 と同一の理由による。

【0101】

また、上記校正器 70 の入射口 71 から出射口 72 までの光路長を図 10 (C) に示す果実 (スイカ) M 内を透過する光の実効的光路長 L' と略同一に設定するには、図 18 に示した上述の方法により校正器 70 の実測物理学的光路長 (すなわちショ糖液 77 が満たされた密封体 73 内における物理学的光路長に、上記光透過部材 74、75 の各厚さとこれ等光透過部材 74、75 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分が加えられた物理学的光路長) をまず求め、かつ、図 19 に示した上述の方法により実効的光路長 $L' \times n'$ (n' は果実 M における果肉の屈折率) に上記光透過部材 74、75 の各厚さとこれ等光透過部材 74、75 に装着される後述の拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めると共に、上記実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より小さな値になった場合には仕切材 76 の数を増やして連通路の長さを必要分延長させ、反対に実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より大きな値になった場合には仕切材 76 の数を減らしたり仕切材 76 の配置を代えて連通路の長さを必要分縮小させて実測物理学的光路長を参考物理学的光路長と略同一に調整することにより校正器 70 の入射口 71 から出射口 72 までの光路長を上記実効的光路長 L' と略同一に設定することができる。

【0102】

次に、校正器 70 内に入射された測定用光が反射する密封体 73 内壁面と各仕切材 76 表面には、測定波長範囲において反射率の波長依存性がほとんど無かつ耐腐食性にすぐれた金メッキの光反射膜 (図示せず) が施されている。更に、この校正器 70 においても、上記入射口 71 と出射口 72 の光透過部材 74、75 に、各測定波長に対する減衰率が均一である既製品の拡散型減衰板とアパーチャー型減衰器を組合せてそれぞれ装着している。そして、上記拡散型減衰板で透過光量を粗調整し、かつ、アパーチャーの窓径で微調整した。これら 2 種類の減衰器によって校正器の透過光量を被測定物と同等にした。

【0103】

そして、このような構成を有する第五実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器 70 を非破壊透過式光測定装置における所定の測定部に設置すると、図 10 (A) ~ (B) に示すように光の入射口 71 から密封体 73 内に入った光は、上記仕切材 76 で区画された複数の空間内において反射を繰り返し折曲がりながら充填したショ糖液 77 中を通り抜け出射口 72 から非破壊透過式光測定装置の検出器 (図示せず) に入る。そして、検出器で測定された光量を基に果実糖度と同様に校正器内に充填されたショ糖液 77 の糖度を求めることができる。

【0104】

このようにして校正時に得られた糖度と、ある条件下において予め測定した校正器内ショ糖液 77 の標準糖度との糖度差は、非破壊透過式光測定装置のソフト上で補正することによって調整され校正作業は終了する。そして、校正後に測定される果実の糖度は、非破壊透過式光測定装置における測定系のずれに起因する糖度変動を取り除いた正確な糖度となる。

【0105】

【実施例】

[第一実施例]

10

20

30

40

50

被測定物としてメロンを対象にした場合の図2(B)に示す校正器の具体的な仕様について以下に述べる。校正器内の直線状筒体51、52に充填する水溶液にはメロンの平均的な糖度に相当する糖度13%のショ糖液を用いた。また、直線状筒体51、52内壁面とカバー体54の内壁面には金メッキの光反射膜(図示せず)が施され、また、入射口7を構成する直線状筒体51の光透過部材55と出射口8を構成する直線状筒体52の光透過部材58にはCaFを含有した拡散型の減衰板を直接使用し、上記光透過部材56、57には透明ガラスを使用した。

【0106】

また、上記CaF減衰板に加え、 $\phi 1\text{ cm}$ のアパーチャーをCaF減衰板に取り付けることで校正器の透過光量をメロンとほぼ同等にした。このとき2本の直線状筒体51、52の内径は $\phi 2\text{ cm}$ とした。

10

【0107】

そして、図2(A)に示すように非破壊透過式光測定装置の入出射口100、200は果実(メロン)Mの底部にあり、このような構成におけるメロンの平均実効的光路長に果肉の屈折率 n' が掛けられた値は、前述したパルスレーザーを用いた測定(図17参照)により48(cm)であった。

【0108】

次に、糖度13%のショ糖液が充填された内径 $\phi 2\text{ cm}$ の直線状筒体について筒長1cm当たりの光路長 $\Delta L''$ にショ糖液の屈折率 n'' が掛けられた値を上述した方法(図16参照)に従って実測したところ、1.4(cm)であった。

20

【0109】

よって、メロンの平均実効的光路長に果肉の屈折率 n' が掛けられた上記値48(cm)を2本の直線状筒体51、52に割り振った。

【0110】

すなわち、入射側、出射側の各直線状筒体51、52の幾何学的長さdを、 $48 \div 1.4 \div 2$ すなわち17(cm)にして校正器の実効的光路長をメロンの平均実効的光路長に合わせた。

【0111】

このような校正器を用いて、非破壊光測定において想定される各種非定常状態を故意に作り、校正器糖度に対する実メロンの糖度変動を測定した。校正器と実メロンの温度は、予め同一温度にして行った。非破壊透過式光測定装置の入出射口にゴミを付けて透過光量を故意に減衰させた場合における校正器糖度変化分に対する実メロン糖度変化分を図11に示す。また、非破壊透過式光測定装置の測定光波長を故意にずらした場合における校正器糖度変化分に対する実メロン糖度変化分を図12に示す。

30

【0112】

そして、図11と図12のグラフ図から確認されるように、透過光量の変化、測定光の波長変化が生じても校正器と実メロンの糖度変化はほぼ同等であることが分かった。

【0113】

また、校正器と実メロンが温度変化した場合の糖度変化を図13に示す。図13のグラフ図から、温度変化したことによる糖度変化の割合は校正器とメロンとでほぼ同等であることが分かった。

40

【0114】

[第二実施例]

被測定物としてスイカを対象にした場合の図4(A)~(B)に示す校正器の具体的な仕様について以下に述べる。校正器の密封体300内に充填する水溶液にはスイカの平均的な糖度に相当する糖度10%のショ糖液を用いた。また、密封体300の内壁面と各仕切材23表面には金メッキの光反射膜(図示せず)が施され、また、入射口31と出射口32の光透過部材28、29にはCaFを含有した厚さ1.5mmの拡散型減衰板を直接使用した。また、この拡散型減衰板に加え、 $\phi 1\text{ cm}$ のアパーチャーをCaF減衰板に取り付けることで校正器の透過光量をスイカとほぼ同等にした。

50

【 0 1 1 5 】

そして、糖度 10 % のショ糖液を充填した密封体 300 の光路長がスイカの平均実効的光路長と略同一となるように上記仕切材 23 を適宜配置して図 4 (A) ~ (B) に示す校正器を組立てた。

【 0 1 1 6 】

尚、密封体 300 の光路長をスイカの平均実効的光路長と略同一に設定する方法は図 18 と図 19 に示した上述の方法により行っている。

【 0 1 1 7 】

すなわち、この校正器の実測物理学的光路長を図 18 に示した方法によりまず求め、かつ、図 19 に示した上述の方法により実効的光路長 $L' \times n'$ (n' はスイカにおける果肉の屈折率) に上記拡散型減衰板の厚さで生ずる物理学的光路長分を加えた参考物理学的光路長を求めると共に、上記実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より小さな値になった場合には仕切材の数を増やして連通路の長さを必要分延長させ、反対に実測物理学的光路長が参考物理学的光路長より大きな値になった場合には仕切材の数を減らしたり仕切材の配置を代えて連通路の長さを必要分縮小させて実測物理学的光路長を参考物理学的光路長と略同一に調整し、密封体 300 の光路長を平均実効的光路長と略同一に設定している。

【 0 1 1 8 】

そして、この様な校正器を用いて、非破壊光測定において想定される各種非定常状態を故意に作り、校正器糖度に対する実スイカの糖度変動を測定した。校正器と実スイカの温度は、予め同一温度にして行った。非破壊透過式光測定装置の入出射口にゴミを付けて透過光量を故意に減衰させた場合における校正器糖度変化分に対する実スイカ糖度変化分は実メロン (図 1 参照) と同様の傾向を示し、また、非破壊透過式光測定装置の測定光波長を故意にずらした場合における校正器糖度変化分に対する実スイカ糖度変化分も実メロン (図 1 2 参照) と同様の傾向を示した。このことから、透過光量の変化、測定光の波長変化が生じても校正器と実スイカの糖度変化はほぼ同等であることが確認された。

【 0 1 1 9 】

また、校正器と実スイカが温度変化した場合の糖度変化も実メロン (図 1 3 参照) と同様の傾向を示し、温度変化したことによる糖度変化の割合は校正器とスイカとでほぼ同等であることが確認された。

【 0 1 2 0 】

【 発明の効果 】

請求項 1 ~ 2 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、被測定物中に含まれる特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質が充填された密封体に光の入射口と出射口を備え、かつ、入射口から出射口までの光路長が上記被測定物内を透過する光の実効的光路長と同一若しくは略同一に設定されているため、非破壊透過式光測定装置の校正について被測定物を破壊することなく高精度、再現性良く、簡便・短時間で行える効果を有する。

【 0 1 2 1 】

また、請求項 3 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、入射口から入射された光が仕切材で区画された複数の空間内において反射を繰り返し折曲がりながら出射口へ導かれる構造のため、密封体の長さ寸法を大きくすることなく密封体内の光路長を延ばすことができる。

【 0 1 2 2 】

このため、小型、軽量で、しかも光路長の長い校正器を提供できる効果を有する。

【 0 1 2 3 】

更に、請求項 4 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、仕切材が着脱可能な部材で構成されこの仕切材の着脱により連通路の長さが任意に調整できるようになっているため、実効的光路長が異なる各種被測定物に対し対応可能な校正器を提供できる効果を有する。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 4 】

次に、請求項 5 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、入射口と射出口に光減衰器が設けられているため、被測定物による信号の大きさと校正器による信号の大きさを揃えることが可能となり校正器の精度をより向上できる効果を有する。

【 0 1 2 5 】

また、請求項 6 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、上記光減衰器による減衰率が非破壊透過式光測定装置において適用される各測定波長に対して均一若しくは略均一となっているため、波長の異なる複数種類の光が適用される非破壊透過式光測定装置についてもその校正精度を改善できる効果を有する。

10

【 0 1 2 6 】

また、請求項 7 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、光減衰器が光散乱性を有しており、請求項 8 に係る非破壊透過式光測定装置用校正器によれば、密封体の内部に上記特定成分と同一若しくは類似の光吸収特性を有する物質と共に光散乱性物質が充填されていることから、密封体内を散乱光が走ることになるため、その分、光路が延びて校正器の小型化が図れる効果を有する。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】図 1 (A) は果実 M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 が果実の赤道付近に設定された非破壊透過式光測定装置の概略説明図、および、図 1 (B) はこの装置に適用される第一実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の概略説明図。

20

【 図 2 】図 2 (A) は果実 M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 が果実の底部側付近に設定されている非破壊透過式光測定装置の概略説明図、図 2 (B) はこの装置に適用される第二実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の概略説明図。

【 図 3 】第二実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の変形例を示す概略説明図。

【 図 4 】図 4 (A) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の概略斜視図、図 4 (B) は図 4 (A) の B - B 面断面図、図 4 (C) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の使用方を示す説明図。

30

【 図 5 】図 5 (A) と図 5 (B) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の作用説明図、図 5 (C) は果実 M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 が果実の底部側付近に設定されている非破壊透過式光測定装置の概略説明図。

【 図 6 】第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する校正器基盤と仕切材の概略斜視図。

【 図 7 】図 7 (A) と図 7 (B) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する蓋材の上面斜視図と底面斜視図、図 7 (C) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する組立て途中の校正器基盤の上面斜視図、図 7 (D) はその底面斜視図、図 7 (E) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する第一外側円筒体および第二外側円筒体の概略斜視図。

40

【 図 8 】図 8 (A) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する第一断熱部材の底面斜視図、図 8 (B) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する組立て途中の校正器基盤と蓋材の上面斜視図、図 8 (C) は第三実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の一部を構成する第二断熱部材の上面斜視図。

【 図 9 】図 9 (A) は第四実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の正面断面図、図 9 (B) はその側面断面図、および、図 9 (C) は果実 M に対する光入射部 1 0 0 と光出射部 2 0 0 が果実の赤道付近に設定された非破壊透過式光測定装置の概略説明図。

【 図 1 0 】図 1 0 (A) は第五実施の形態に係る非破壊透過式光測定装置用校正器の正面断面図、図 1 0 (B) はその側面断面図、および、図 1 0 (C) は果実 M に対する光入射

50

部 1 0 0 が果実の赤道付近に設定されかつ光出射部 2 0 0 が果実の底部側付近に設定された非破壊透過式光測定装置の概略説明図。

【図 1 1】透過光変化量に起因する糖度変化を示すグラフ図。

【図 1 2】測定波長変化に起因する糖度変化を示すグラフ図。

【図 1 3】温度変化に起因する糖度変化を示すグラフ図。

【図 1 4】非破壊透過式光測定装置の作用説明図。

【図 1 5】実効的光路長 L' を求めるための計測方法の一例を示す説明図。

【図 1 6】シヨ糖液が満たされた直線状筒体内の幾何学的単位長さ当たりの光路長 $\Delta L''$ を求めるための計測方法の一例を示す説明図。

【図 1 7】実効的光路長 L' を求めるための計測方法の一例を示す説明図。

10

【図 1 8】校正器の実測物理学的光路長を求めるための計測方法の一例を示す説明図。

【図 1 9】被測定物の参考物理学的光路長を求めるための計測方法の一例を示す説明図。

【符号の説明】

M 被測定物(果実)

1 非破壊透過式光測定装置用校正器

2 シヨ糖液(充填された物質)

3 入射口

4 出射口

1 1 直線状筒体

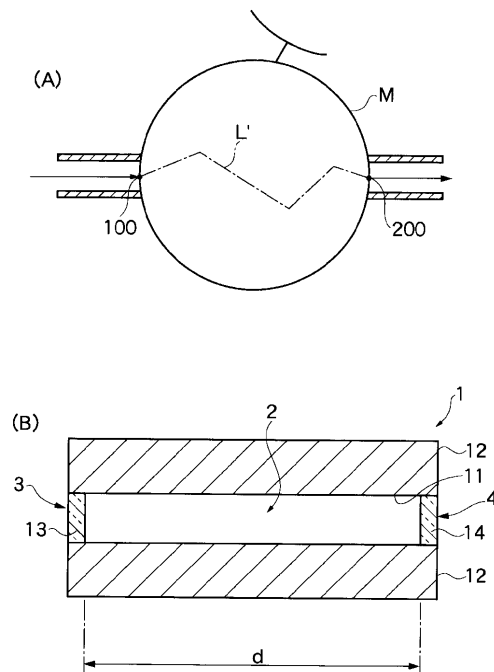
1 2 校正器本体

1 3 光透過部材

1 4 光透過部材

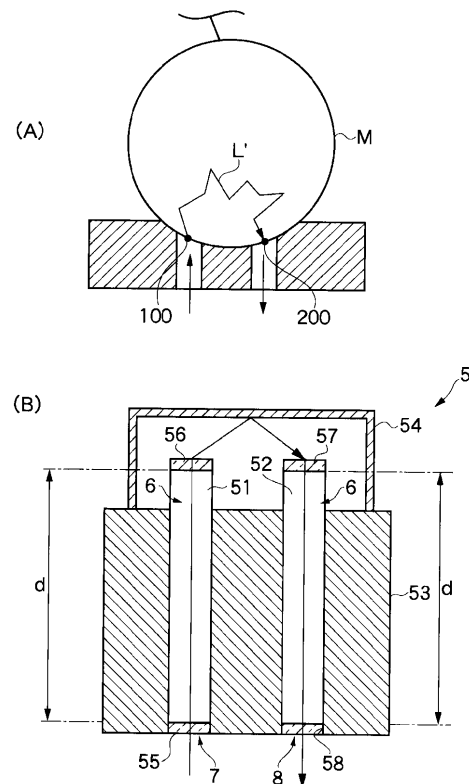
20

【図 1】

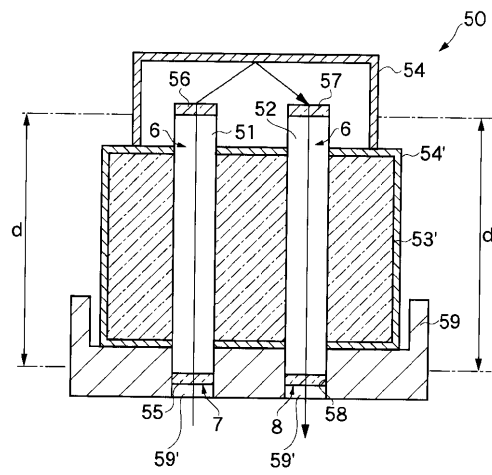


M: 被測定物(果実)
1: 非破壊透過式光測定装置用校正器
2: シヨ糖液(充填された物質)
3: 入射口
4: 出射口
11: 直線状筒体

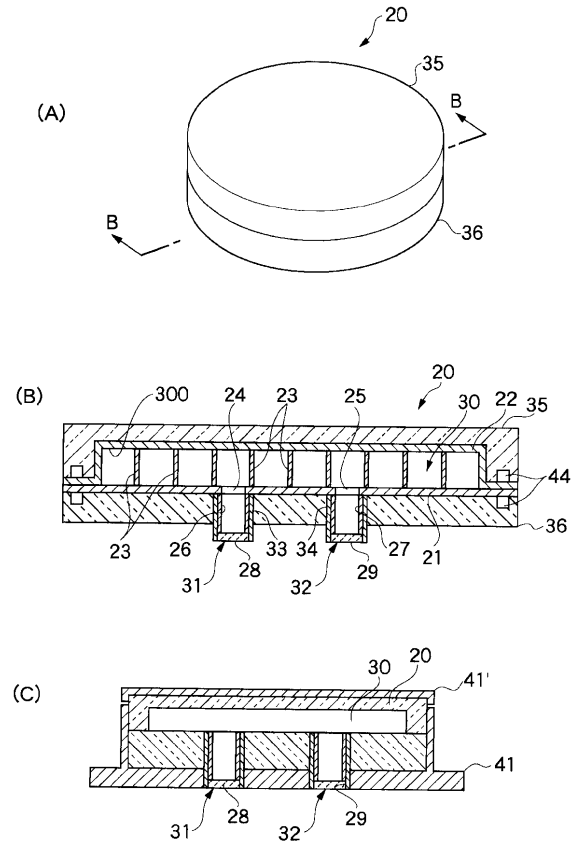
【図 2】



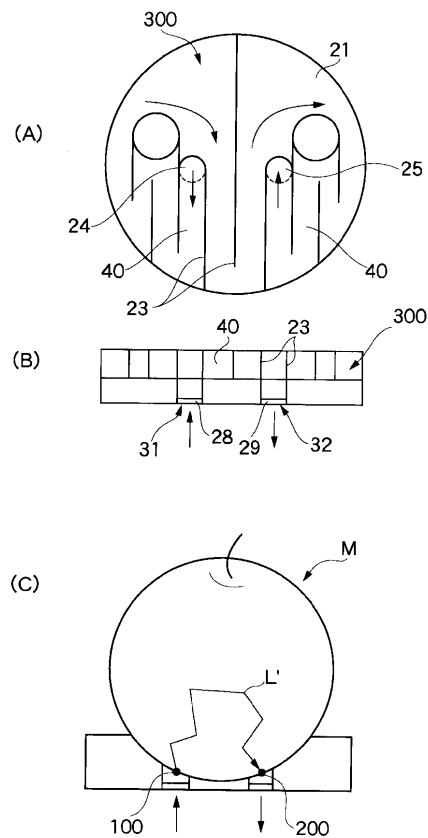
【図 3】



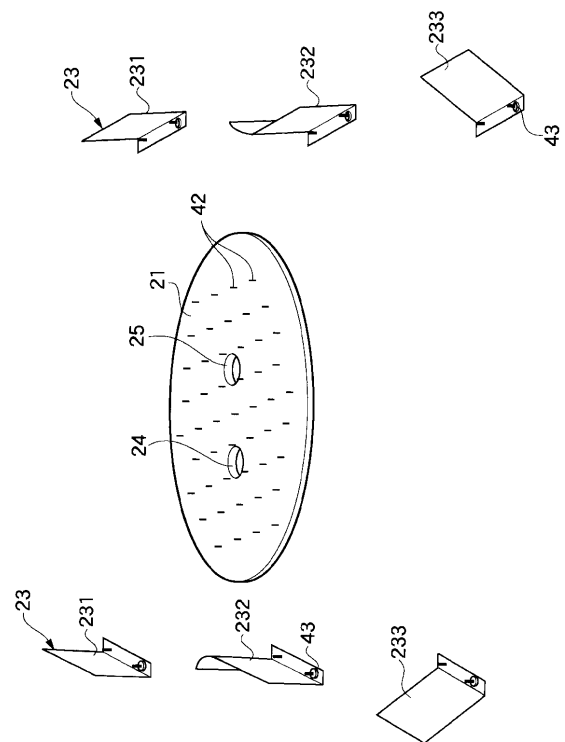
【図 4】



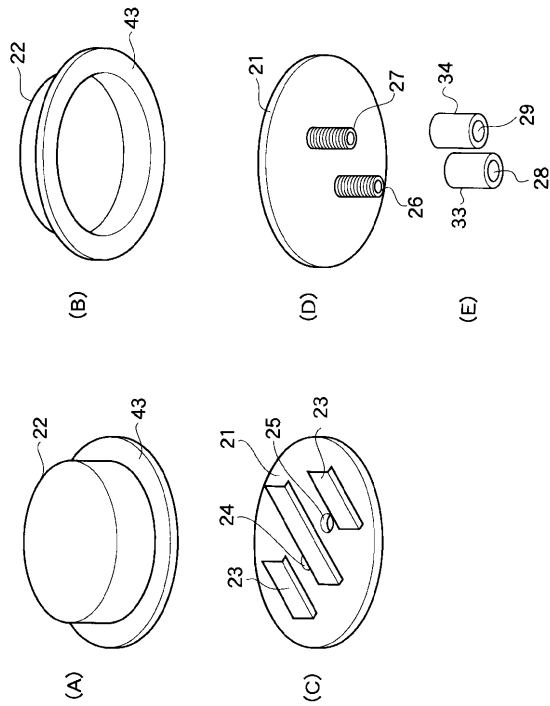
【図 5】



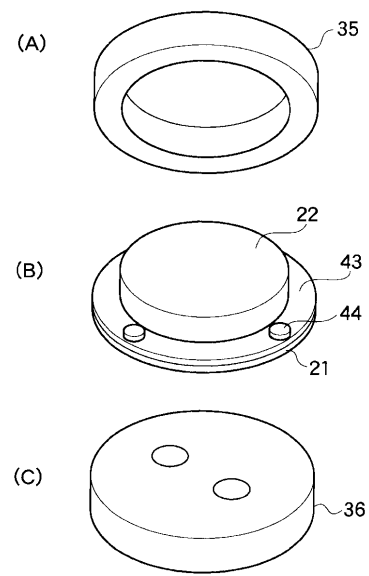
【図 6】



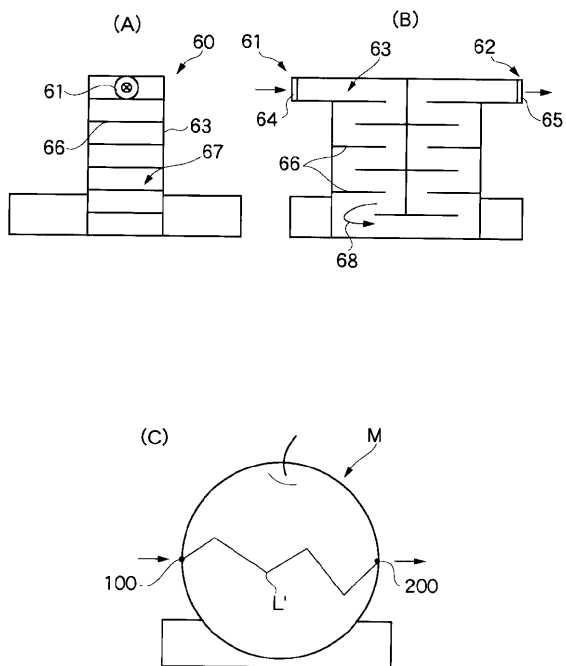
【図 7】



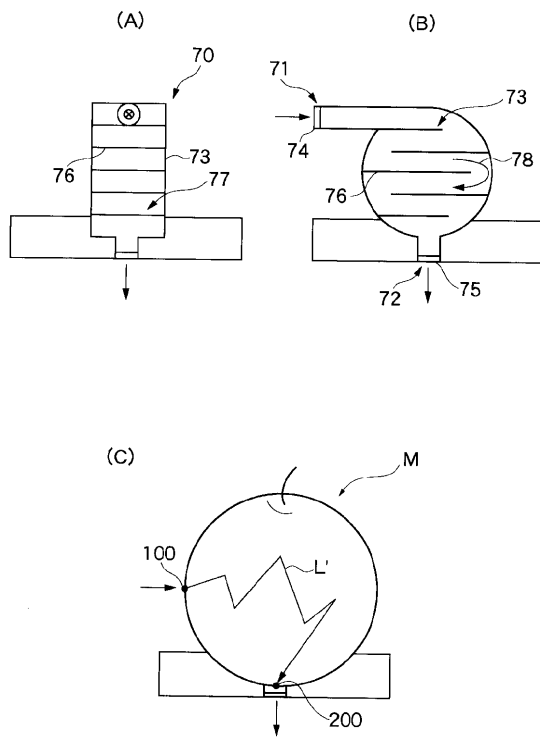
【図 8】



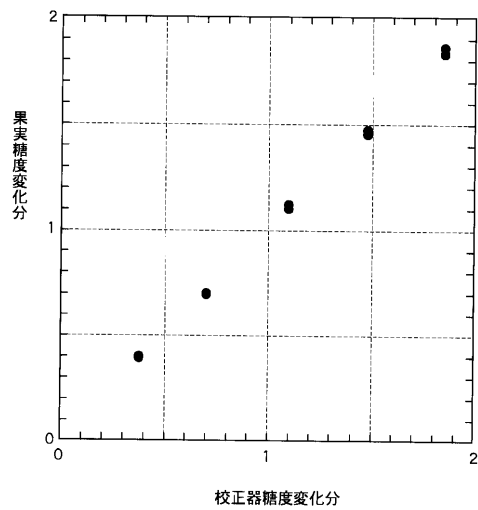
【図 9】



【図 10】

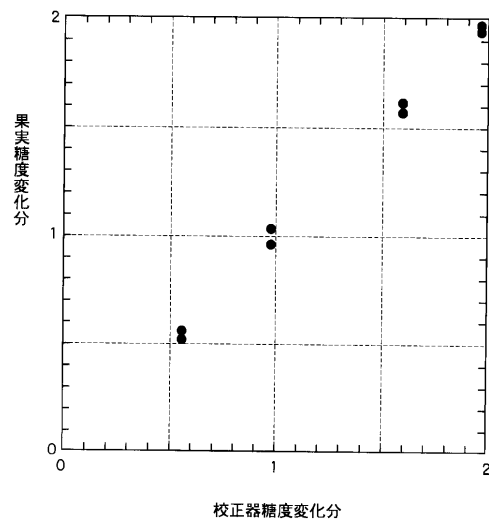


【図 1 1】



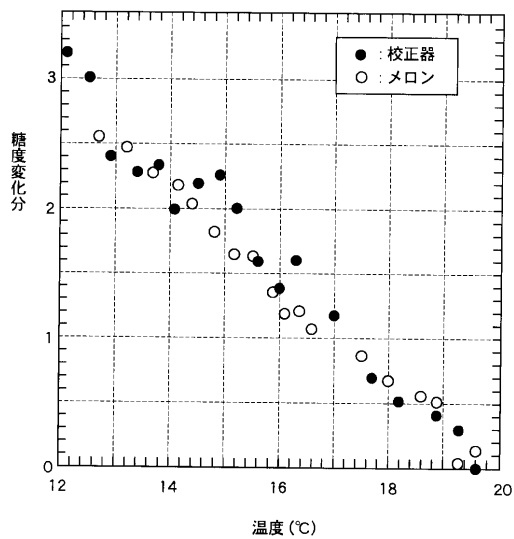
透過光変化量に起因する糖度変化

【図 1 2】



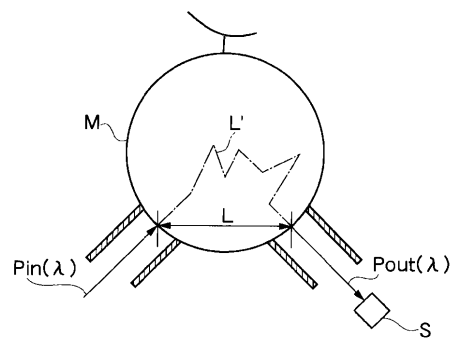
測定波長変化に起因する糖度変化

【図 1 3】

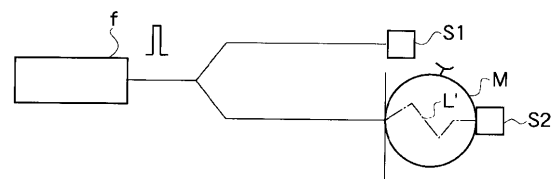


温度変化に起因する糖度変化

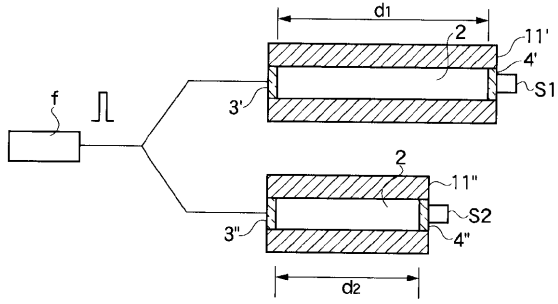
【図 1 4】



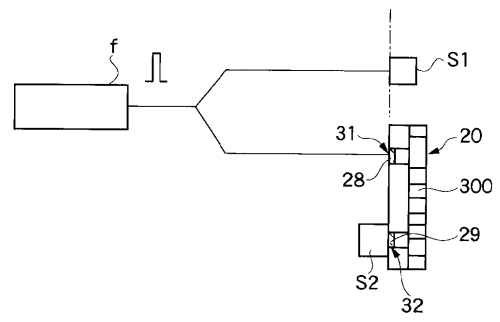
【図 1 5】



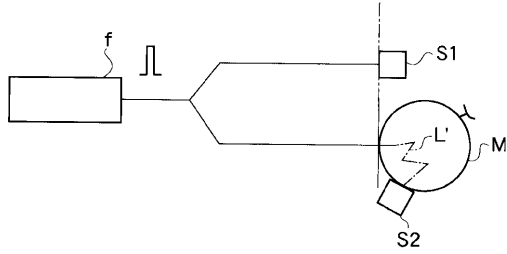
【図 16】



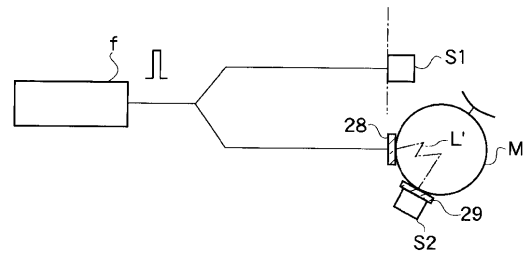
【図 18】



【図 17】



【図 19】



フロントページの続き

審査官 横井 亜矢子

- (56)参考文献 特開平10-030984(JP,A)
特開平10-019772(JP,A)
特開平03-103752(JP,A)
特開平03-035145(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G01N21/00-21/61
JICSTファイル(JOIS)