

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3576773号  
(P3576773)

(45) 発行日 平成16年10月13日(2004.10.13)

(24) 登録日 平成16年7月16日(2004.7.16)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

GO 1 N 21/41

GO 1 N 21/41

Z

GO 1 N 21/35

GO 1 N 21/35

Z

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平9-297437	(73) 特許権者	000006183
(22) 出願日	平成9年10月29日(1997.10.29)		三井金属鉱業株式会社
(65) 公開番号	特開平11-132945		東京都品川区大崎1丁目11番1号
(43) 公開日	平成11年5月21日(1999.5.21)	(74) 代理人	100064447
審査請求日	平成14年2月15日(2002.2.15)		弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100106703
			弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 白井 伸一
		(74) 代理人	100091889
			弁理士 藤野 育男
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射光を利用した非破壊測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検体に光を照射してその反射光により被検体内部の屈折率を非破壊で測定する装置であって、

所定の屈折率を備えたプリズムと、

該被検体に対して該プリズムを介して近赤外光を投射する投射手段と、

該被検体と該プリズム間を充填し、該被検体の特性に合わせて設定された屈折率を有する接触材と、

該被検体内部に侵入した光の内部反射光を該接触材と該プリズムとを介して受光する受光手段とを備え、

該投射手段は該プリズムの表面のうち該接触材又は該被検体に接触する面に対して平行に移動可能であることを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項2】

請求項1記載の屈折型非破壊測定装置であって、

該被検体は青果物であって、屈折率により該青果物の糖度を測定することを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項3】

請求項1記載の非破壊測定装置であって、

該被検体はパイプ内を通る液体であることを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項4】

請求項 1 記載の非破壊測定装置であって、  
該プリズムの屈折率  $N_p$ 、該接触材の屈折率  $N_c$  および該被検体の屈折率  $N_s$  とが、 $N_p > N_c > N_s$  という関係を有することを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の非破壊測定装置であって、  
該接触材は弾力性を有する物質であることを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載の非破壊測定装置であって、  
該接触材は透明でかつ強度を有する袋内にしよ糖の溶液を入れたものであることを特徴とする非破壊測定装置。

10

【請求項 7】

請求項 1 記載の非破壊測定装置であって、  
接触材は複数であり、  
該複数の接触材は、そのいずれか一つを選択的に該被検体と該プリズムの間に挿入可能であることを特徴とする非破壊測定装置。

【請求項 8】

被検体に光を照射してその反射光により被検体内部の屈折率を非破壊で測定する方法であって、  
該被検体と所定の屈折率を備えたプリズムとの間に  
該被検体の特性に合わせて設定された屈折率を有する接触材を充填し、  
該プリズムの表面のうち該接触材又は該被検体に接触する面に対して平行に移動可能である投射手段により該被検体に対して該プリズムを介して近赤外光を投射し、  
該被検体内部に侵入した光の内部反射光を該接触材と該プリズムとを介して受光することを特徴とする非破壊測定方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

りんご、もも等の青果物の糖度を測定する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

30

図 6 に示すように、従来は青果物の果汁を被検体 50 とし、同じ屈折率を有するプリズム 52、54 の間に被検体を挟む形としていた。

この装置においては、光源 56 からプリズム 52、54 を介して被検体 50 に単色可視光が入射され、被検体 50 とプリズム 52、54 の屈折率の違いにより入射光は屈折し、屈折光を受光するラインセンサ 58 は、出射光の照射の有無により明暗の部分に分かれる。出射光の出射方向は、被検体の屈折率により異なるため、ラインセンサ 58 上に到達した屈折光の境界位置により被検体の屈折率を求めることができ、さらに被検体である青果物の糖度が得られる。(ICUMSA (国際砂糖分析法統一委員会) の関係式による) (表 1)

【0003】

40

【表 1】

表1 Brixと屈折率の関係

1974 ICUMSA

%	$n_D^{20}$	%	$n_D^{20}$	%	$n_D^{20}$	%	$n_D^{20}$	%	$n_D^{20}$
0	1.33299	20	1.36384	40	1.39986	60	1.44193	80	1.49071
1	1.33442	21	1.36551	41	1.40181	61	1.44420	81	1.49333
2	1.33586	22	1.36720	42	1.40378	62	1.44650	82	1.49597
3	1.33732	23	1.36889	43	1.40576	63	1.44881	83	1.49862
4	1.33879	24	1.37060	44	1.40776	64	1.45113	84	1.50129
5	1.34026	25	1.37233	45	1.40978	65	1.45348	85	1.50398
6	1.34175	26	1.37406	46	1.41181	66	1.45584	86	1.5067
7	1.34325	27	1.37582	47	1.41385	67	1.45822	87	1.5094
8	1.34477	28	1.37758	48	1.41592	68	1.46061	88	1.5121
9	1.34629	29	1.37936	49	1.41799	69	1.46303	89	1.5149
10	1.34782	30	1.38115	50	1.42009	70	1.46546	90	1.5177
11	1.34937	31	1.38296	51	1.42220	71	1.46790		
12	1.35093	32	1.38478	52	1.42432	72	1.47037		
13	1.35250	33	1.38661	53	1.42647	73	1.47285		
14	1.35408	34	1.38846	54	1.42863	74	1.47535		
15	1.35568	35	1.39032	55	1.43080	75	1.47787		
16	1.35729	36	1.39220	56	1.43299	76	1.48040		
17	1.35891	37	1.39409	57	1.43520	77	1.48295		
18	1.36054	38	1.39600	58	1.43743	78	1.48552		
19	1.36218	39	1.39792	59	1.43967	79	1.48811		

10

20

30

この表において、「%」は糖度を示しており、しよ糖を水に溶解したときの重量%を単位としており、Brix%とも呼ばれる。「 $n_D^{20}$ 」は、20におけるサンプルの屈折率を示す。ここで、サンプル温度が20でない場合や、使用光源の波長が異なる場合はこの換算値は異なる。すなわち、一般に使用光源波長による屈折率変化(分散)は、式(2)(ハルトマンの分散式)で表される。

$$n = h_0 + (c / ( - 0 ))$$

40

ここで、

n : 屈折率

: 波長

$h_0$ 、 $c$  : 物質によって定まる定数である。

【0004】

別の従来例を図7に示す。

この例では、プリズム62を介して青果物の果汁である被検体50に単色可視光が照射される。このときの入射角を適当に選ぶと、入射光はプリズム62に接する被検体50の被検体面64で全反射される。全反射された光を受光するラインセンサ58は、反射光の照射の有無によって明暗の部分に分かれる。全反射の始まる角度は被検体の屈折率により異

50

なるため、ラインセンサ 5 8 の境界位置により被検体である青果物の屈折率および糖度が得られるのは上記の従来例と同様である。

しかし、これらの装置では、青果物を破壊して果汁を採取しなければならなかった。このため、測定のために青果物を破壊・消費しなければならず、また、販売する青果物そのものの糖度を測ることはできなかった。

#### 【 0 0 0 5 】

これらに対して、被検体を破壊せずに測定する方法として図 8 の様な従来例がある。

この例では、図 7 の被検体 5 0 に代えて、破壊していない青果物を被検体 6 6 としている。測定原理は図 7 の例と同様である。

しかし、プリズム 6 2 と被検体の被検体面 6 8 との接触が不十分な場合やその近傍に空気が存在すると、被検体面 6 8 において全反射が生じない。また、被検体面がプリズム 6 2 に対して傾斜角を有する場合、この傾斜角の影響により正確な測定ができない。

さらに、青果物を破壊せずに測定する方法として、近赤外吸光分析を用いた装置が実用化されているが、装置が大型であり、高価であり、電源が必要である。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明においては、所定の屈折率を備えたプリズムと、被検体に対してプリズムを介して近赤外光を投射する投射手段と、被検体とプリズム間を充填し、被検体の特性に合わせて設定された屈折率を有する接触材と、被検体内部に侵入した光の内部反射光を接触材とプリズムとを介して受光する受光手段とを有する。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【実施例】

図 1 は本発明の第 1 実施例を示す図である。

被検体 2 は、接触材 4 を介してプリズム 6 に接触している。光源 8 から投射される光は、プリズム 6 および接触材 4 を通って被検体 2 に照射される。この光による被検体面 1 0 からの反射光は接触材 4 およびプリズム 6 を通って出射し、ラインセンサ 1 2 により検知される。

#### 【 0 0 0 8 】

被検体 4 は、リンゴや桃といった青果物である。光源 8 から被検体 2 へ投射される光は、青果物に対して透過性の良い近赤外光であって、700 ~ 720 nm あるいは 790 ~ 810 nm に中心波長を有する単色光を用いている。このような投射光を使用するため、投射光は被検体表面 1 0 で遮られることがなく、被検体 2 を破壊せずに内部まで投射光を投射することができる。

#### 【 0 0 0 9 】

接触材 4 は、弾力性を有する透明シリコンのゲル体を使用している。このような接触材を使用することによって、被検体面 1 0 が平面でなくても、途中に空気層を介在させずにプリズム 6 と接触させることが可能となる。

また、プリズム 6、接触材 4、被検体 2 それぞれの屈折率  $N_p$ 、 $N_c$ 、 $N_s$  には、次のような関係を持たせている。

$$N_p > N_c > N_s \quad \dots (1)$$

#### 【 0 0 1 0 】

本発明は、光源 8 から被検体 2 に投射する光が被検体面 1 0 で全反射するときの臨界角をラインセンサ 1 2 によって測定し、その臨界角から被検体の屈折率さらには、被検体たる青果物の糖度を測定しようとするものである。すなわち、(1)式が成り立つ場合には、光源 8 から入射角  $\theta_i$  で投射される光は、

$N_p > N_c$  の関係より  $\theta_i$  より小さい角度  $\theta_r$  で屈折する。このとき、

$$N_p \sin \theta_i = N_c \sin \theta_r$$

である(スネルの法則)。この屈折光は、被検体面 1 0 において、 $N_c > N_s$  の関係により、ある臨界角  $\theta_c$  を超える角度で入射すると全反射が起きる。以下の角度では被検体内部への屈折光と反射光が併存する。なお、(1)式より、被検体面 2 で臨界角  $\theta_c$  を超えて

10

20

30

40

50

全反射が起きる以前に、接触材 4 とプリズム 6 の境界面で全反射が起きることはない。被検体 2 から反射された光は、接触材 4 とプリズム 6 との境界で再び屈折してラインセンサ 12 に達する。

【0011】

ラインセンサ 12 においては、被検体 2 からの全反射による反射光によって照射された部分とそうでない部分とで明暗の差が現われる。その明暗の境界値 14、プリズム 6 の屈折率  $N_p$ 、接触材 4 の屈折率  $N_c$  および角度  $\alpha_2$  により、被検体 2 の被検体面 10 における臨界角  $\alpha_c$  を求めることができ、これにより被検体 2 の屈折率を求めることができる。被検体である青果物の糖度は、その屈折率から I C U M S A (国際砂糖分析法統一委員会) の関係式 (表 1) により求めることができる。

10

【0012】

図 2 は、第 2 実施例であって、被検体面がプリズム面 16 に対してわずかに傾斜している場合である。傾斜角度は  $\delta$  である。このような場合には、被検体面 10 において全反射された光によって生じるラインセンサ 12 上の境界値 14 はその傾斜により変動してしまう。本実施例では、被検体、接触材およびプリズムの構成および屈折率の関係は第 1 実施例と同様であるが、被検体と接触材の屈折率は極めて近い値としている。

$$N_p > N_c > N_s$$

このとき、以下の関係が存在する。

$$N_p \sin \alpha_2 = N_c \sin \alpha_2$$

$$N_c \sin \alpha_2 = N_s$$

$$N_c \sin \alpha_3 = N_p \sin \alpha_3$$

$$\alpha_2 = \alpha_2 + \delta$$

$$\alpha_3 = \alpha_2 - \delta$$

さらに  $\delta$  が微小であることより、

$$\cos \delta = 1$$

$$\sin \delta = \delta$$

である。以上の関係から、

【数 1】

$$\sin \alpha_3 = \frac{N_s}{N_p} - \frac{N_c}{N_p} \delta \sqrt{1 - \left( \frac{N_s}{N_c} \right)^2} \dots \dots (2)$$

20

30

となり、

全反射角  $\alpha_3$  は、接触材の屈折率  $N_c$  と傾斜角  $\delta$  に依存する。

【0013】

本実施例では、接触材の屈折率  $N_c$  と被検体の屈折率  $N_s$  を近似としているため、(2) 式より、全反射角  $\alpha_3$  は傾斜角に関係のない値をとることが分かる。このことは図 3 に示されている。図 5 は、(2) 式において、 $N_s = 1.3329 \sim 1.36384$  (0 ~ 20% Brix)、 $N_c = 1.36384$  (20% Brix)、 $N_p = 1.7$  とした場合に、 $N_s$  を 0、5、10、15、20% Brix としたときの傾斜角  $\delta$  に対する全反射角  $\alpha_3$  の変化を表したものである。この図からも分かるように、接触材の屈折率  $N_c$  の値と被検体の屈折率  $N_s$  の値とを  $1.36384$  (20% Brix) の近辺のほぼ同じ値 ( $N_c = N_s$ ) とすると、全反射角  $\alpha_3$  は傾斜角  $\delta$  に関係のない一定の値をとることが分かる。また、 $N_c$  と  $N_s$  が近い値を取るほど全反射角に対する傾斜角の影響は小さくなることも分かる。その他の作用・効果については第 1 実施例と同様である。

40

【0014】

図 4 は、本発明の第 3 実施例を示す図である。

第 3 実施例では、プリズム 6 のプリズム面 16 に平行に移動可能な光源 18 を有する。プ

50

リズム 6、接触材 4、被検体 2 及びラインセンサ 1 2 の構成については、第 1 実施例および第 2 実施例と同様である。プリズム 6、接触材 4、被検体 2 それぞれの屈折率  $N_p$ 、 $N_c$ 、 $N_s$  の関係は第 1 実施例と同様に

$$N_p > N_c > N_s$$

としている。光源 1 8 は、プリズム面 1 6 に平行に移動可能であるため、プリズム面 1 6 における入射角は常に一定である。

#### 【0015】

被検体 2 の被検体面 1 0 にはプリズム面 1 6 に対して傾斜があり、被検体面 1 0 において全反射された光によって生じるラインセンサ上の境界値 1 4 はその傾斜により変動してしまう。しかし、本実施例の構成により、光源 1 8 を移動して光を投射し、光源 1 8 の移動に対応する被検体面 1 0 の数箇所で全反射された光をラインセンサ 1 2 上の複数の境界値 1 4 として検知する。この境界値を平均化することにより、傾斜角の影響を除くことが可能である。

10

なお、第 2 実施例と同様に

$$N_p > N_c > N_s$$

とすればより正確に被検体の屈折率を測定することが可能である。

#### 【0016】

図 5 は、本発明の第 4 実施例を示す図である。

本実施例においては、3 種の接触材 2 0、2 2、2 4 が回転機構 2 6 内に配置されている。回転機構 2 6 の回転により、使用する接触材を選択してプリズム 6 上に配置することが可能である。被検体 2 を接触材上に載置するのは接触材の選択の前であっても後であっても良い。プリズム 6 と選択された接触材との間及び接触材と被検体 2 との間の接触は、被検体 2 の自重と接触材の弾力性により十分であって、プリズム 6 と接触材との間、または接触材と被検体 2 との間に空気が介在することはない。3 種の接触材は、それぞれ異なる屈折率を有する。

20

#### 【0017】

本実施例においては、第 1 ~ 第 3 実施例と同様に、光源 8 から投射された光はプリズム 6 及び選択された接触材を通して被検体 2 に照射され、被検体面 1 0 で反射された光は接触材及びプリズム 6 を通って出射し、ラインセンサ 1 2 により検知される。

被検体 2 がプリズム面 1 6 に対して傾斜している場合には、被検体面 1 0 において全反射された光によって生じるラインセンサ上の境界値 1 4 はその傾斜により変動してしまう。しかし、本実施例の構成では屈折率の異なる接触材を使用可能としているため、被検体の屈折率に最も近い屈折率を有する接触材を選択することにより、図 3 に示すように被検体 2 の傾斜の影響を抑えることが可能である。

30

#### 【0018】

なお、接触材は 2 種以上であればいくつあってもよく、多数あるほどより正確な測定を行うことができる。

なお、第 1 ~ 第 4 実施例において、接触材は透明かつ強度を有する袋にしょ糖等の高屈折率溶液を入れたもの、もしくはしょ糖等の高屈折率溶液そのものであってもよい。

また、被検体は工場のパイプを流れる液体であってもよい。この場合は、パイプの窓とプリズムとの間に接触材を充填して測定を行う。さらに、被検体はガラス等の容器中の液体であってもよい。この場合は、容器表面とプリズムとの間に接触材を充填して測定を行う。

40

#### 【0019】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、青果物の形状に関わらず青果物を破壊せずにその糖度を測定できる。

さらに、電源が不要であり、小型携帯化が可能であり、製造も容易かつ安価にできる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 実施例を示す図である。

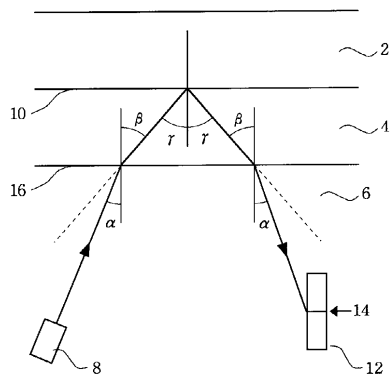
50

- 【図2】第2実施例を示す図である。
- 【図3】傾斜角と全反射角との関係を示す図である。
- 【図4】第3実施例を示す図である。
- 【図5】第4実施例を示す上面図及び断面図である。
- 【図6】従来例を示す図である。
- 【図7】従来例を示す図である。
- 【図8】従来例を示す図である。

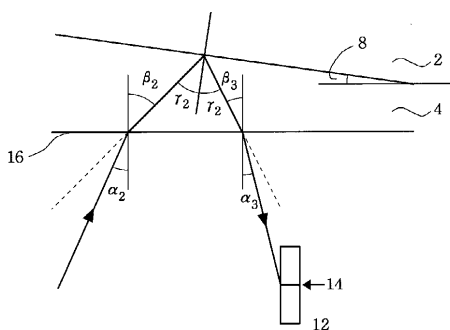
【符号の説明】

- 2 被検体
- 4 接触材
- 6 プリズム
- 8 光源
- 10 被検体面
- 12 ラインセンサ
- 14 境界値
- 入射角
- 出射角
- 臨界面

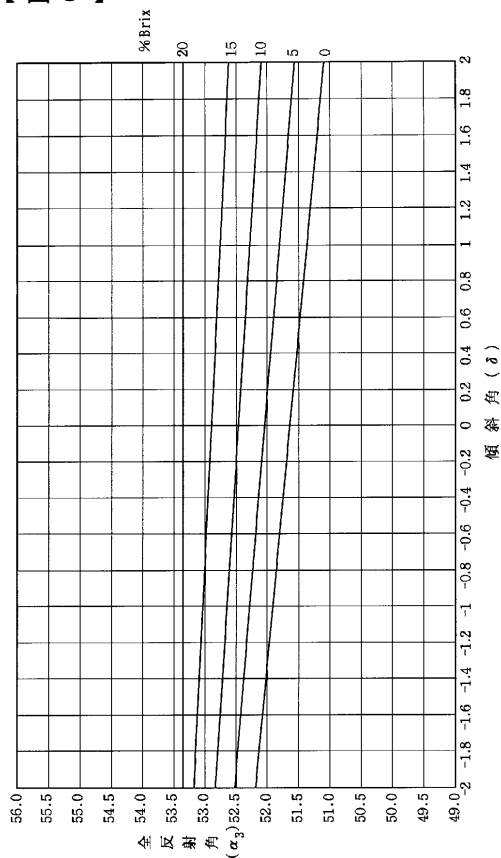
【図1】



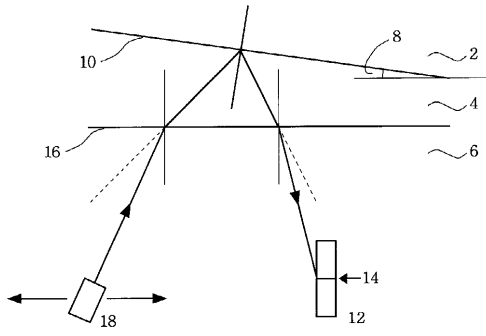
【図2】



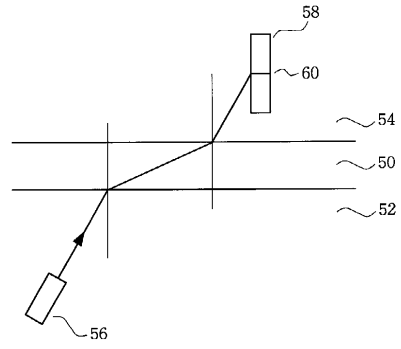
【図3】



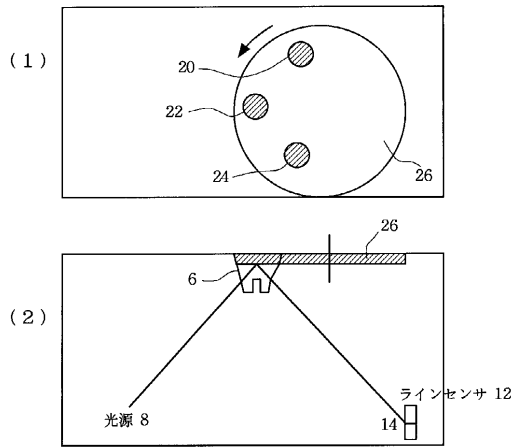
【 図 4 】



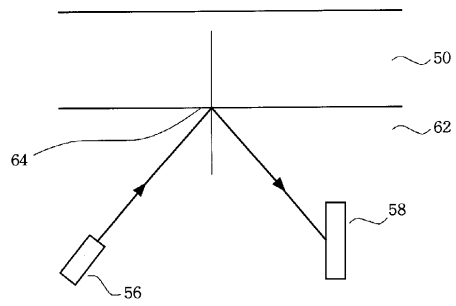
【 図 6 】



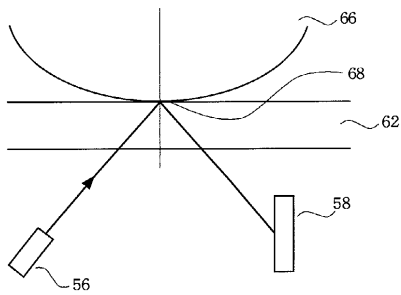
【 図 5 】



【 図 7 】



【 図 8 】





## フロントページの続き

- (74)代理人 100096688  
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808  
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352  
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401  
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183  
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 木村 美紀夫  
埼玉県上尾市大字原市1380-1 三井金属社宅A-301
- (72)発明者 藤田 明彦  
埼玉県上尾市大字原市1380-1 三井金属社宅C-211

審査官 樋口 宗彦

- (56)参考文献 特表平04-504765(JP,A)  
実開昭61-203348(JP,U)  
特開平07-159320(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
G01N21/00-21/61  
PATOLIS