

93-97

Brigard & Castro
Abogados

Apartado 3692

Cra. 7 16-56
Bogotá - Colombia S.A.

Tel. Conm. 3802200
Tel./Fax: (57.1) 2827976
(57.1) 3802700

E.Mail:bricas@brigardycastro.com.co

SUPERINTENDENCIA Y COMERCIO
Radicación : 00001065 39888902 Folios: 2
Fecha (AM): 2003-04-07 16:36:25
Trámite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 536 PETICION
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

AS: 81.695

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
E. S. D.

REF.: Expediente No. 00 001.065 solicitud de Patente a nombre de
OWENS - BROCKWAY GLASS CONTAINER INC.

RAMIRO CASTRO DUQUE, vecino de Bogotá, portador de la tarjeta profesional No. 1003 del Consejo Superior de la Judicatura, obrando como apoderado de la Sociedad OWENS - BROCKWAY GLASS CONTAINER INC., según lo acredita el documento de poder protocolizado en la Secretaría General bajo el No.13516 de acuerdo con el Artículo 44 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad andina, me permito solicitar que se examine si la invención contenida en la solicitud en referencia es patentable.

De acuerdo con lo anterior, me permito anexar el recibo oficial de caja No. 03-13,983 por valor de \$335.000.

Señor Superintendente,



RAMIRO CASTRO DUQUE
C.C. No. 170.322 de Bogotá
Código 340
T.P. No.1003 del C.S.J.
Cra 7 No. 16-56 Piso 9

Abril 07, 2003
CPB/hsr.

NIT : 800176089-2



94-98
2

Industria y Comercio

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 03 - 13,983
FECHA : FEBRERO 25 DE 2003

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00001065 00000003
Fecha (ARB): 2003-01-07 16:26:25
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 538 PETICION
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

ENCIA

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
BRIGARD & CASTRO LTDA	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	2199912	25/02/2003	14,370,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT. HISTORICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	112 PTC CAP-1 EXAMEN DE PATENTIBILIDAD	335,000.00
	TOTAL :	\$ 335,000.00

SOM: TRESCIENTOS TREINTA Y CINCO MIL PESOS

RESPONSABLE :

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5, 7 y 10
Conmutador 382 0840
Fax 350 5220
E-mail: info@sic.gov.co
www.sic.gov.co
Bogotá, D.C., Colombia

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES**

2020
Bogotá D.C.

Doctor:
Ramiro Castro Duque
Apoderado

REFERENCIA:

Radicación	00-1.065
Trámite	002
Evento	001
Actuación	430
Oficio No	05161
Folios	084

Como resultado del examen de fondo, realizado conforme a lo establecido por el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica:

1. Documentos estudiados:

Para el presente estudio se tuvo en cuenta la descripción de los folios 6 a 19, los dibujos 1 a 7C de los folios 39 a 42 y, las reivindicaciones 1 a 24 de los folios 20 a 26, donde los dibujos son los allegados como respuesta a las observaciones del primer examen, que se aceptaron.

El artículo 9 de la Decisión 486 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena establece que, "La primera solicitud de patente de invención... conferirá al solicitante o su causahabiente el derecho de prioridad para solicitar... misma materia. El alcance y los efectos del derecho de prioridad serán los previstos por el Convenio de París... a) doce meses para las patentes de invención y modelos de utilidad...".

La solicitud en estudio fue radicada el 11 de enero de 2000, en ese momento se reclamó prioridad para la solicitud norteamericana 09/228.628 del 12 de enero de 1999; luego del estudio correspondiente se determinó que acorde a lo estipulado por los artículos 9 a 11 de la Decisión 486, la prioridad reivindicada, es válida.

2. Objeto de la Invención

Según la descripción, el objeto de la solicitud consiste en suministrar un método y un aparato para medir el espesor de las paredes de recipientes huecos de vidrio.

De otra parte, el pliego reivindica: un método para medir el espesor entre las superficies de un artículo de vidrio formado en caliente (12) que emite radiación, relacionado en las reivindicaciones 1 a 12; un aparato para medir el espesor de las paredes de artículos de vidrio huecos moldeados (12) que tienen superficies interior y exterior (12b, 12c, 12a, 12d) mientras los artículos están calientes del proceso de moldeo, relacionado en las reivindicaciones 13 a 22; un método para medir el espesor de las paredes de artículos de vidrio huecos moldeados que tienen un espesor de pared promedio predeterminado y mientras los artículos están calientes desde el proceso de moldeo, relacionado en las reivindicaciones 23 a 24.

La solución propuesta consiste en suministrar una técnica para medir el espesor de recipientes moldeados de vidrio tan pronto como sea posible después del proceso de moldeo, reivindicada en la forma de métodos y aparato.

Según la IPC la clasificación del objeto reclamado es G01N 21/90 // G01B 11/06.

3. Claridad de la solicitud:

El artículo 28 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina señala que: "la descripción deberá divulgar la invención de manera suficientemente clara y completa para su comprensión y para que una persona capacitada en la materia técnica correspondiente pueda ejecutarla".

La descripción calificada presenta errores de transcripción, redacción y traducción, que inciden en la claridad de la exposición. Para ilustrar nuestras afirmaciones, a continuación se suministra un par ejemplos de los defectos detectados, pero no se hará una lista detallada porque, la presentación del documento es responsabilidad del solicitante, además, no se pretende que se hagan correcciones, pues ellas no van a incidir en el resultado final.

Errores de transcripción se encuentran en las páginas 1 líneas 1 a 3; 2 línea 3; 3 líneas 3 a 5; 7 línea 16; 8 líneas 8, 27; 10 línea 22; 11 líneas 14, 18; 13 línea 13; reivindicación 1 (b); reivindicación 2 en (d), reivindicación 3 línea 2.

La redacción y traducción del último párrafo de la página 6 y el primer párrafo de la 7 es muy deficiente, allí se afirma, "la figura 1... emitida desde un punto 14 sobre la... hacia un primer sensor... desde el mismo punto sobre el recipiente... sobre la superficie... hacia un procesador... hacia un medio adecuado...".

Lo que ese aparte debería decir es, "la figura 1 ilustra un aparato 10 para medir el espesor de una pared de un contenedor (recipiente) hueco 12, de acuerdo a la realización básica de la invención. La energía radiante emitida del punto 14, en la superficie exterior del contenedor 12, se dirige por la lente 16 a un primer sensor 18 y, por el separador (divisor) de rayos 20 y la lente 22, al segundo sensor 24. El divisor de rayos 20 se puede eliminar, si la lente 22 se dispone (coloca) para enfocar al sensor 24 la energía emitida del mismo punto 14 del contenedor 12, como energía emitida al sensor 18. Es decir, que ambos sensores 18, 24 reciban, sustancialmente, la misma energía radiada del mismo punto 14, en la superficie exterior del contenedor 12; los sensores 18, 24 suministran respectivas señales eléctricas de salida al procesador de información 26, el cual, controla la pantalla 28 que suministra la información del espesor de la pared del contenedor a un operario o usuario, quien puede proveer una señal de rechazo a los medios apropiados de selección de los contenedores 12 en el proceso de manufactura. También, se puede usar el despliegue de información, para controlar el proceso de formación".

Al comparar los apartes objetados con la redacción y traducción realizada por la oficina, de inmediato, se advierten significativas diferencias.

En todo el documento se hace mal uso de las preposiciones desde, hacia, a través de, etc. que muchas veces no corresponden a las relaciones que se quieren establecer. También se detectó un continuo abuso con los gerundios, propios de otros idiomas pero no del castellano.

Por otra parte, el artículo 30 de la citada Decisión indica que: "las reivindicaciones definirán la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción".

Las reivindicaciones, en particular las independientes, no presentan la estructura estándar requerida de preámbulo y caracterización, expresiones tales como: "que comprende los pasos de", "donde", "que comprende el paso adicional de", "que comprende", etc. no son sinónimas de "caracterizado por", además, son indefinidas debido a que no es posible establecer cual es el aporte del solicitante al arte; por las razones anteriores, las reivindicaciones calificadas no son claras.

Al igual que la descripción, el pliego presenta errores de transcripción, redacción y traducción, esta última nos parece muy deficiente.

De otro lado, las reivindicaciones 1, 3 a 6, 11, 12, 23 y 24 relacionan como pasos de un método las operaciones realizadas por una estación de control en un sistema de fabricación de artículos de vidrio.

Las reivindicaciones 2, 10 son iguales entre sí y no tienen un enlace lógico con aquellas a las que hacen referencia, puesto que no aclaran un(os) paso(s) incluido(s) en las reivindicaciones de las que dependen, sino que hacen referencia a la colocación (disposición) de unos medios en una estación de control de artículos de vidrio, es decir, se pretende relacionar una cosa por otra, lo cual, no se permite.

Las reivindicaciones 1, 5 y 6, en la práctica, son iguales pues las diferencias son solo de redacción y no de conceptos que impliquen una realización alternativa; adicionalmente, los "pasos" relacionados en 5 y 6 no parecen tener sustento descriptivo porque, en ese aparte, no se encontró expuesta la secuencia, en el orden reivindicado en 5 y 6.

Asimismo, las reivindicaciones 3, 11 y 12 son iguales entre sí; algo similar sucede con las reivindicaciones 7 y 17, 8 y 18, 9 y 19 que relacionan los rangos de unas longitudes de onda, usados en las mediciones; por tales razones, el pliego carece de concisión.

Se recomienda solucionar las anteriores objeciones en conjunción con las del punto 5 de adelante.

Finalmente, como se informa en el folio 96, no se presentaron oposiciones por parte de terceros.

4. Evaluación de la unidad de invención:

El artículo 25 de la Decisión 486 establece que, "La solicitud de patente sólo podrá comprender una invención o un grupo de invenciones relacionadas entre sí, de manera que conformen un único concepto inventivo".

El pliego estudiado se refiere a un único objeto, en consecuencia, cumple el requisito establecido.

5. No cumplimiento de los requisitos de patentabilidad

Por una parte, el artículo 14 de la Decisión 486 establece que: "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento (...) Industrial", (resaltado fuera de texto).

Para dar cumplimiento a tal requisito, y teniendo en cuenta que ni la Decisión ni el reglamentario establecen, taxativamente, cómo se debe definir cada concepto, la oficina, acude a la *Guía sobre el examen de las solicitudes de patentes*, publicada por la OMPI en 1982 para ayudar a los examinadores de la oficinas nacionales en sus estudios; en el párrafo 57 (de dicha guía) se especifica que existen dos tipos de reivindicaciones: de producto y de procedimiento (método).

Adicionalmente, el citado párrafo indica que las reivindicaciones de producto deben definir, el objeto que se desea proteger, mediante las características estructurales ó de función y, las de procedimiento, mediante las características de una secuencia de etapas a seguir, para lograr un resultado, sin incluir o hacer referencia a los elementos que lleven a cabo dichas etapas.

De allí se concluye que la combinación de características estructurales y de función NO se admite en la redacción de reivindicaciones de producto.

Al estudiar el pliego salta a la vista que incluye mezclas de características no permitidas, como se evidencia de su redacción:

"13. un aparato para medir... un medio... para medir una primera...medio... para una segunda... medio (26) para determinar...".

"14. el aparato... medios para desarrollar... medios para medir... medio para determinar...".

"15. el aparato... para medir las intensidades... sensor... para focalizar...".

De lo anterior es evidente que la parte no subrayada son características estructurales, y la subrayada, características de función.

Por otra parte, las disposiciones del artículo 21 de la Decisión 486 no se cumplen porque como se evidencia tanto de la misma descripción como del estado de la técnica, la estación de control para artículos de vidrio se compone de elementos convencionales, a los que se les puede cargar un programa con los rangos de longitud de onda para que efectúen el procesamiento de las señales sensadas y se logre el resultado reivindicado, por tal razón, consideramos que solo se hace otro (segundo) uso de componentes convencionales de una estación de control.

En este punto, es necesario recordar al interesado que la oficina no puede aceptar como sustento de patentabilidad el uso de componentes convencionales o parte de ellos, ni la redacción del documento con mezclas de características no permitidas, puesto que se distorsiona el aporte real al estado de la técnica y se altera la proporción que debe existir entre lo divulgado y la protección solicitada.

Por las anteriores razones, consideramos que lo reivindicado en el presente caso, no cumple lo dispuesto por el artículo 21.

6. Determinación del estado de la técnica:

La fecha para determinar el estado de la técnica es 12 de enero de 1999.

Consultadas las fuentes de información con que cuenta este despacho se encontraron los siguientes documentos anteriores a la fecha de prioridad invocada 12 de enero de 1999, relacionados con la materia de la solicitud:

No	Documento	Título	Fecha de publicación
1	US 3 356 212	Inspecting method and apparatus	05 12 1967
2	GB 1 098 122	Apparatus for testing the thickness of glass surfaces in hollow glass articles	03 01 1968

3	FR 2 589 578	Procédé et dispositif de contrôle optique par réflexion d'un matériau ou composant semi-transparent	07 05 1987
4	EP 0 248 552	Apparatus for determining the thickness of material	09 12 1987
5	EP 0 584 673	Measurement of transparent container wall thickness	02 03 1994
6	DE 43 02 658	Verfahren zur prüfung der maßhaltigkeit einer behältermündung	25 08 1994

7. Evaluación de los requisitos de patentabilidad:

En cumplimiento del artículo 14 de la Decisión 486, el cual, dispone que: "Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial"; se procedió a evaluar los requisitos de fondo con el objeto de establecer la patentabilidad de las reivindicaciones de la solicitud presentadas para tal efecto.

Evaluación del nivel inventivo

Conforme al artículo 18 de la decisión 486 que establece "Se considerará que una invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica".

La persona del oficio, normalmente versada en la materia técnica correspondiente, que se puede encargar de solucionar el problema planteado en la presente solicitud, es un ingeniero de electrónico con experiencia en opto electrónica, en particular, de las estaciones de control de máquinas de secciones individuales que formen artículos de vidrio, que conozca la composición y los principios básicos de funcionamiento de dichos aparatos o, por lo menos, que cuente con las condiciones necesarias para informarse acerca de esos principios al consultar la literatura técnica respectiva.

El antecedente 1, citado en los antecedentes de este expediente, divulga un método y un aparato para inspeccionar el espesor de artículos huecos calientes de vidrio en un sistema de fabricación de secciones individuales.

El método de la divulgación, entre otros pasos, comprende derivar (medir) una señal de salida o una intensidad radiada por la superficie del artículo e indicar (determinar) la distribución del espesor de dicho contenedor. El aparato, entre otros, incluye medios exteriores para medir la intensidad de la radiación emitida por una botella y medios para indicar (determinar) el espesor de un artículo.

Las diferencias respecto a lo reivindicado en 1, 13 y 23 consisten en que no se mencionan un segundo detector ni la longitud de onda. Sin embargo, se trata de elementos y pasos conocidos comúnmente en la técnica como se puede ilustrar, por ejemplo, con la anterioridad 3.

Dicha anterioridad, revela un procedimiento y un dispositivo de control óptico por reflexión de un material o compuesto semitransparente; el control óptico de materiales se realiza para determinar algunos parámetros físicos de los mismos, tales como el espesor, el estado de la superficie, etc. El procedimiento comprende, iluminar una muestra de material

con rayos de, al menos, tres componentes espectrales con longitudes de onda diferentes, detectar los rayos reflejados por la muestra para determinar las intensidades correspondientes y determinar uno o más parámetros (espesor, estado de la superficie) a partir de las medidas de las intensidades emitidas y reflejadas.

En consecuencia, lo relacionado en las reivindicaciones 1, 13, 23 se considera la aplicación obvia del proceso para determinar propiedades físicas del documento 3 en una estación de control de un sistema de formación de artículos de vidrio de secciones individuales convencional, por ello, dichas reivindicaciones y sus dependientes no tienen nivel inventivo.

Por otra parte, el antecedente 2 divulga un aparato para probar (controlar) el espesor de las superficies en artículos huecos de vidrio, el cual comprende dos lentes 3 que reciben la radiación de la botella 2 y la concentran en los detectores 4 que hacen las mediciones que luego se enseñan en un indicador 7.

Es evidente que los pasos del "método" de operación de la máquina son, como mínimo, similares a los pasos (a) a (c) de 1 y (a) a (b) de 23.

Resulta evidente que un técnico en la materia con solo aplicar el proceso divulgado por 3 habría llegado a la solución propuesta en esta solicitud sin tener que realizar ningún esfuerzo intelectual adicional. Por lo tanto, un técnico en la materia pudo derivar fácilmente lo reivindicado en 1, 13, 23 y dependientes, razón por la cual, no tienen nivel inventivo.

El nivel inventivo también se puede desvirtuar con ayuda del documento 5 combinado con 4 o 2,

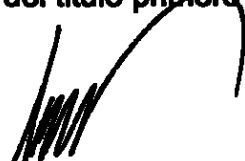
En conclusión los requisitos de patentabilidad de la presente solicitud se encuentran afectados así:

No.	Documento	Reivindicación(es) Afectada(s)	Requisito que afecta
1	US 3 356 212; ver todo el documento.	1 a 24	Nivel inventivo
2	GB 1 098 122; ver líneas 97 a 126 página 2; figuras 1, 2.	1 a 24	Nivel inventivo
3	FR 2 589 578; ver todo el documento.	1 a 24	Nivel inventivo
4	EP 0 248 522; ver todo el documento.	1 a 24	Nivel inventivo
5	EP 0 584 673; ver de línea 31 columna 2 a línea 19 columna 3; de línea 47 columna 3 a línea 36 columna 4; reivindicaciones 1 y 8; figura 1.	1 a 24	Nivel inventivo
6	DE 43 02 688; ver todo el documento.	1 a 24	Estado del arte

10/ #05

En cumplimiento del artículo 45 de la decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le indica que debe dar respuesta dentro del término de sesenta días contados a partir de la fecha de notificación de la presente comunicación. En el caso de no dar respuesta al presente requerimiento, o si a pesar de la respuesta subsisten impedimentos para la concesión, se denegará la patente.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única No 10 de 2001.


ALIX CÉSPEDÉS DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista, de fecha **20 MAYO 2004,**

Concepto Técnico	Examinador Técnico IE	Examinador jurídico
Número: 607	Código: 202004	Código:

1

3,356,212

INSPECTING METHOD AND APPARATUS

Jack T. Landis, Toledo, Ohio, assignor to Owens-Illinois, Inc., a corporation of Ohio
Filed Feb. 24, 1965, Ser. No. 434,776
4 Claims. (Cl. 209-111.5)

This invention relates to a method and apparatus for inspecting hot, hollow glass articles for wall thickness distribution.

More particularly, this invention relates to a method and apparatus for inspecting glass containers for wall thickness distribution in selected horizontal planes while the containers are still hot from the forming operation and while being conveyed to the annealing lehr.

In the manufacture of glass articles, such as glass containers, the forming of the container involves shaping of a gob of glass into a parison, with the subsequent expansion of the parison by blowing within a blow mold.

In the present day glass manufacturing plants, this method is carried out by machines which are capable of producing a large number of bottles or containers. For example, a well-known machine, such as the IS machine, may be composed of two or more sections, each section of which constitutes, for all practical purposes, an independent forming machine. Each of the sections produces a bottle and the production from two or more of the individual sections are normally placed on a single conveyor which extends from the forming machines to the lehr where they are loaded in the lehr in rows for subsequent heat treatment. The formed bottles carried by the conveyor are relatively hot during the time that it takes the bottles to leave the machines and arrive at the lehr loading position. The IS machine sections being normally placed in line provide containers to the conveyor at regular intervals and the containers, as they are conveyed toward the lehr, naturally have different temperatures due to the fact that they are not always produced in precisely the identical shapes and also due to the fact that some of the containers necessarily have a longer transit time from the individual machines to the lehr.

It has been the practice in the past to select various containers as they are taken from the cold end of the lehr and to mechanically or optically check the containers for glass distribution or wall thickness. However, since there is a considerable time lag between the time the container is produced and the time it eventually appears at the cold end of the lehr, the value of the knowledge received by checking the container at the cold end of the lehr is diminished. This is obvious when considering the fact that many subsequent containers have been produced before a check of one of the containers indicates that the wall thickness distribution is poor. Furthermore, considerable expenditure is involved in annealing containers and if they are not good containers, it would be desirable to select them out and discard those which exhibit poor wall thickness distribution characteristics prior to annealing them.

The present invention provides a method for inspecting hot, hollow glass articles for wall thickness distribution wherein the hot articles such as containers are produced at a plurality of machine locations and are scanned by an infra-red detector. Applicant has found that the actual temperature of the containers at the time of inspection is not critical, it only being necessary that the containers be emitting infra-red radiation. This condition will permit for a sufficient length of time after the forming of the bottles so that they may be moved to an inspection position, inspected and carried to a lehr for subsequent annealing treatment. By suitable treatment of the output signal from the infra-red detector, applicant is able to segregate bottles or containers which have poor wall

2

thickness distribution characteristics. An infra-red detector, of the type applicant is using, is sensitive to radiation from the container and the relative intensity of the radiation emitted from any individual container provides an index of the relative thickness of the wall of the container throughout the region being scanned.

With the foregoing in view, it is an object of this invention to provide a method and apparatus for inspecting containers while they are still hot from the forming thereof and prior to their being placed in the annealing lehr.

It is an additional object of this invention to provide a method and apparatus for inspecting containers for wall thickness distribution without regard to the temperature of the containers but while the containers are relatively hot, such as in the neighborhood of 1000-1100° F.

It is a still further object of this invention to provide a method and apparatus for inspecting containers for wall thickness distribution while the containers are still hot from the forming and segregating those containers which have poor wall thickness distribution prior to loading in the lehr.

Other and further objects will become apparent from the following description taken in conjunction with the annexed sheets of drawings, wherein:

FIG. 1 is a schematic top plan view illustrating the inspection system of the invention;

FIG. 2 is a schematic perspective view of the inspection station of the invention on an enlarged scale;

FIG. 3 is a schematic circuit diagram of the indicating system of the invention;

FIG. 4a is a scope trace of the signal appearing at the output of the amplifier in the detector head;

FIG. 4b is a scope trace of the demodulated and filtered signal appearing at the output of the electronic chassis;

FIG. 4c is a scope trace of the signal appearing at the input to the oscilloscope;

FIG. 4d is a scope trace of the signal appearing at the output of the Schmitt trigger of FIG. 3.

With reference to FIG. 1, there is shown schematically a series of forming machine sections 10, 11 and 12, each of which, as explained above, is capable of forming complete containers. The machines 10, 11 and 12 have unloading equipment included therein which will place the formed containers on a conveyor 13. The timing of the machines in their forming cycle is such that the containers are placed on the conveyor 13 without interference with each other and at spaced intervals thereon, it being understood that the conveyor 13 is continuously running in the direction of the arrow thereon.

As the containers C reach the point of travel on the conveyor indicated on FIGS. 1 and 2, a transfer arm 14, swings about the axis 15, engages the container C and moves it onto a pad 16. This arm 14 is then automatically raised and continues its counter-clockwise travel over the top of the container C. In this manner containers are swept from the conveyor at selected intervals and placed on the pad 16. The pad 16 in turn rotates in a counter-clockwise direction by a suitable drive mechanism (not shown).

An infra-red radiation detector, generally designated 17, is mounted so that its field of view intercepts the container C resting on the pad 16. One rotation of the container provides the detector 17 with a view of a circumferential portion of the container. The detector 17 is of the type which has a light chopper contained therein which interrupts the radiation received by the sensitive element of the detector at a predetermined frequency.

The detector head 17 may be of the type such as an Itron model 710P. The sensitive element of the detector head 17 is an indium-antimonide cell which is sensitive to infra-red radiation. By using a detector head having a

3

chopper, the signal, which would normally be a D.C. signal, from the cell is broken up into a plurality of D.C. pulses. This signal is amplified and, for a single rotation of the container which is emitting infra-red radiation, would have a wave form such as that shown in FIG. 4a. Thus the signal has the form of a plurality of square wave signals rising from a reference level to an elevated level corresponding to the amount of radiation sensed by the cell during the interval between the interception of the chopper.

The amplitude of the signal reflects the instantaneous surface temperature of the container or the radiation received by the cell.

It should be pointed out that the hot bottles or containers C, when they arrive at the pad 16, are still radiating and the detector head 17 will sense the radiation emitted from the bottle. The particular head which is used is provided with suitable filtering so that a limited range of wave lengths is passed to the cell. This sensed radiation is actually the "skin" temperature of the bottle and does not reflect the radiation or visual glow which may occur deeper within the bottle, the "skin" temperature being that temperature that the bottle possesses at the surface and at a depth of no more than a tenth of an inch beneath the surface. Any infra-red radiation which occurs deeper than one tenth of an inch will not reach the cell due to the above mentioned filtering.

It should be understood that the "skin" temperature of the hot container after removal from the mold reflects the quantity of heat that the glass possesses in the region of the "skin," thus thicker sections will cause higher "skin" temperatures and thus produce greater intensity of radiation in this portion of the infra-red spectrum. This phenomenon is true from the standpoint that when bottles are blown with in blow molds, the molds invariably are cooler than the glass and a great amount of heat is extracted from the glass by thermal conduction into the metal of the blow mold. However, when the container is removed from the blow mold a finite time, the "skin" or outer surface of the container is subjected to reheat by the hot glass in back of the "skin." This reheat continues until some sort of equilibrium condition is reached.

The square waves derived by the infra-red detector head 17 with its chopper, is amplified so that the signal appearing at the output of the head will have the wave form illustrated in FIG. 4a. This signal, in turn, is connected to an A.C. amplifier and synchronous demodulator and filter 20. The output of the circuit 20 will have the wave form illustrated in FIG. 4b, which is a D.C. signal corresponding to the radiation falling on the cell. This signal is A.C. coupled (FIG. 4c) to the scope 22 where it may be visually observed as a change in temperature which corresponds to the thickness of the container. This output signal (FIG. 4c), for reject purposes, is also fed to a Schmitt trigger 23 which will have an output in the form of a square wave, as shown in FIG. 4d if the reject level is exceeded. The duration of the pulse at the output of the Schmitt trigger is unimportant from the standpoint that once the trigger fires it will, through suitable delay means, operate a reject solenoid 24. The pulse duration will normally correspond to the duration of that portion of the signal which reaches the Schmitt trigger that is above a predetermined level L. Thus, whenever the detector head senses a difference in radiation of a predetermined amount, it will operate the reject solenoid 24 to eject the container from the conveyor 13. In this manner the apparatus segregates those containers which have poor wall distribution

4

characteristics from those which have acceptable wall thickness distribution.

Other and further modifications may be resorted to within the spirit and scope of the appended claims.

I claim:

1. A method of inspecting hot, hollow glass articles for wall thickness distribution in a horizontal plane normal to the axis of the article comprising, conveying said hot articles in succession to an inspection station, positioning the hot article at the inspection station in the field of view of an infra-red detector, rotating the article about its axis, deriving a pulsating D.C. output signal from the detector functionally proportional to the instantaneous surface temperature of the article, amplifying the output signal from the detector, and indicating the A.C. component of the detector output as an indication of the wall thickness distribution of the hot glass article.

2. A method of inspecting hot, hollow glass articles produced by a plurality of forming machines for wall thickness distribution in a horizontal plane normal to the axis of the article comprising, conveying the hot articles in succession into the field of view of an infra-red detector at an inspection station, rotating the articles about their axes, deriving an output signal from the detector functionally proportional to the instantaneous surface temperature of the article, amplifying the output of the detector, and utilizing the A.C. component of the detector output as an indication of the wall thickness distribution of the hot glass articles.

3. The method of inspecting a plurality of hot, hollow glass articles for wall thickness distribution which articles have been just produced, conveying the hot articles in succession into the field of view of an infra-red detector having a chopper, an inspection station, rotating each article about its vertical axis when in the field of the detector, deriving an output signal from the detector proportional to the instantaneous surface temperature of the article, measuring the A.C. component of the detector output as an index of the wall thickness distribution of the hot glass article, and rejecting those articles which give an output signal amplitude greater than a preset maximum.

4. Apparatus for inspecting hot, hollow glass articles for wall thickness distribution in a horizontal plane normal to the axis of the article comprising, an infra-red radiation sensitive detector having a chopper, a conveyor, means for moving the hot article to be inspected from the conveyor into the field of view of the infra-red detector, means for rotating the article about its vertical axis, means connected to said detector for indicating when an article has a surface temperature differential greater than a preset maximum, means for moving the article, after inspection, back to the conveyor, and means connected to said indicating means and positioned adjacent said conveyor for ejecting articles from the conveyor in response to a signal from said indicating means.

References Cited

UNITED STATES PATENTS

2,593,127	4/1952	Federchak	250-224 X
2,915,638	12/1959	Poole	30-83.3
3,188,256	6/1965	Shoemaker	250-83.3

ARCHIE R. BORCHELT, *Primary Examiner*.

RALPH G. NILSON, *Examiner*.

J. D. WALL, *Assistant Examiner*.

104-108

Dec. 5, 1967

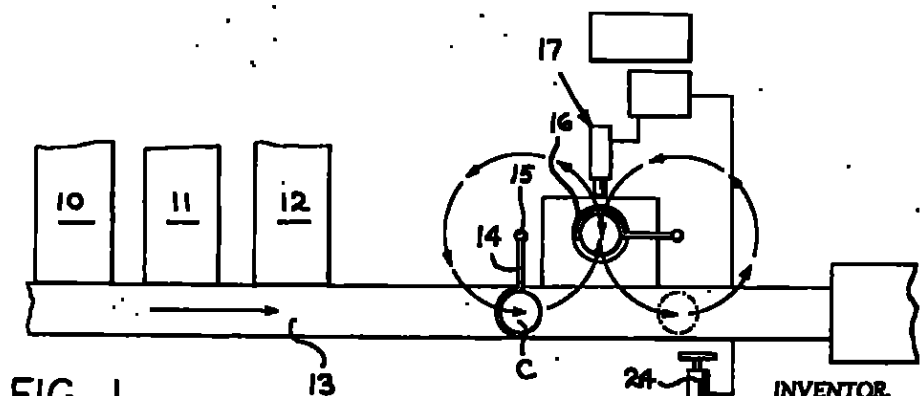
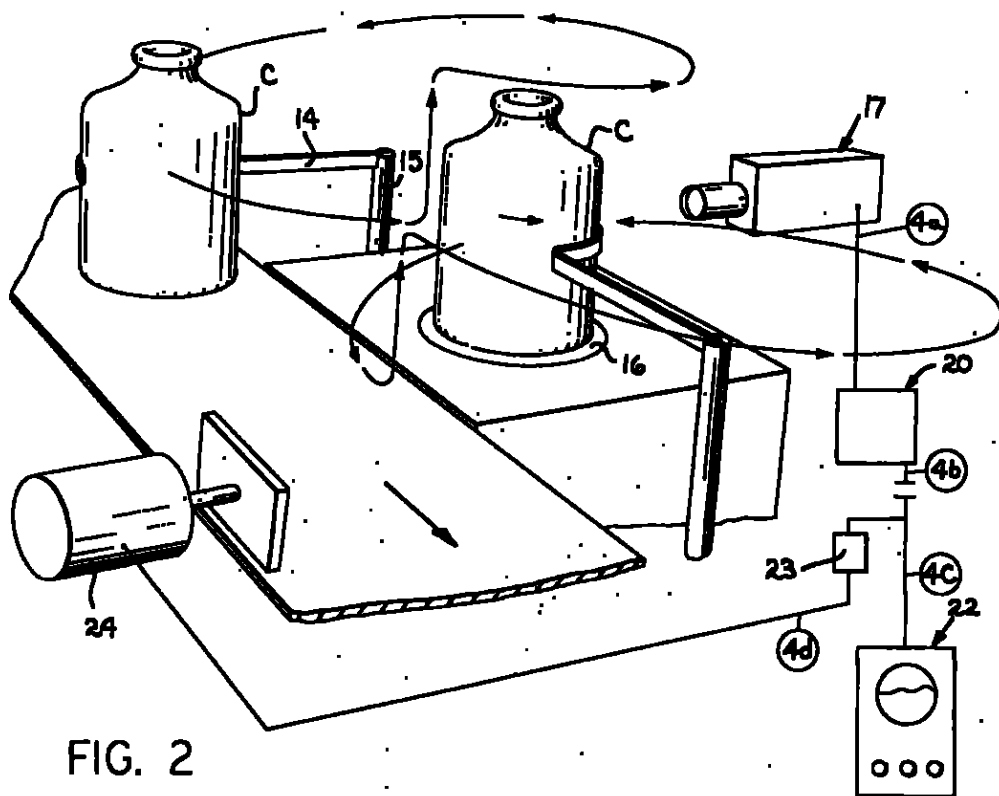
J. T. LANDIN

3,356,212

INSPECTING METHOD AND APPARATUS

Filed Feb. 24, 1965

2 Sheets-Sheet 1



INVENTOR
JACK T. LANDIN
BY *D. F. Smith*
W. A. Schaish
ATTORNEYS

Dec 5, 1967

Filed Feb. 24, 1965

INSPECTING METHOD AND APPARATUS

3,356,212

2 Sheets-Sheet 2

J. T. LANDIN

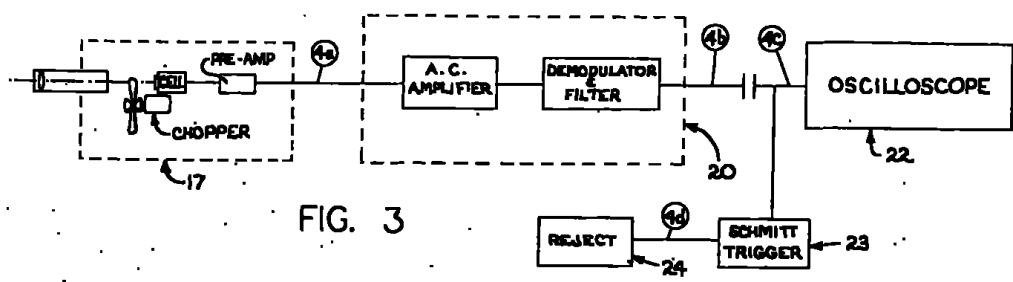
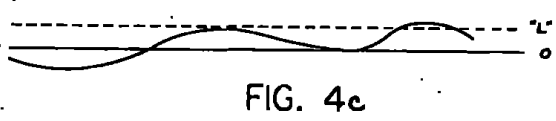


FIG. 3



BY
JACK T. LANDIN
ATTORNEYS

FIG. 4b

FIG. 4d

10640

PATENT SPECIFICATION
DRAWINGS ATTACHED

L098.122

L098.122



Date of Application and filing Complete Specification: Feb. 24, 1965.
No. 7949/65.
Application made in Germany (No. St21737 IXb/42k) on Feb. 24, 1964.
Complete Specification Published: Jan. 3, 1968.
© Crown Copyright 1968.

Index at acceptance:—G1 A(208, 21Y, 211, 24Y, 242, 246, 247, 248, 26Y, 261, 263, 265, 269, 314, 33Y, 332, 333, 336, 338, 35Y, 352, 356, 357, 358, 36Y, 361, 363, 364, 365, 369, 372, 380, 387, 39X, 402, 407, 42Y, 426, 428, 43Y, 432, 433, 436, 438, 44Y, 442, 446, 447, 448, 45Y, 452, 456, 457, 458, 46Y, 460, 462, 463, 466, 478, 480, 488, 49X, 525, 528, 530, 56Y, 561, 562, 563, 564, 565, 58Y, 580, 583, 587, 589, 63Y, 63X, 712, 761)

Int. Cl.:—G 01 b 11/06

COMPLETE SPECIFICATION

Apparatus for Testing the Thickness of Glass Surfaces in Hollow Glass Articles

5 We, STEINKOHLBERGWERKE MATTHIAS STINNES A.G. a German Company, of Zeche Hagenbeck, Essen, Germany, do hereby declare the invention for which we pray that a patent may be granted to us, and the method by which it is to be performed, to be particularly described in and by the following statement:—
10 This invention relates to apparatus for testing the thickness of glass surfaces in hollow glass articles.
The amount of heat radiated from a hot hollow glass article naturally depends mainly on the temperature of the article. The local temperature during heating or cooling of the article at any one part of the surface of the article is governed by the thermal capacity of that particular part; that is to say, the weight per unit area of glass at said part and the local specific heat. Variations in wall thicknesses and/or inclusions in the glass walls result in fluctuations in weight per unit area and specific heat and hence result in variations of the intensity of heat emitted from different parts of a hot hollow glass article during heating or cooling. Also, when heat or other radiant energy is passed through the wall of the article, the amount of heat absorbed is affected by such variations in wall thickness and/or inclusions in the glass walls. This variation in heat absorption in turn results in variations in residual heat transmitted by the different parts of the glass walls. Thus the intensity of heat transmitted through a surface of a hot glass article after absorbing heat from a source of heat inside the article

can be used to test the thickness of said surface.
Methods of measuring radiation intensity have already been disclosed. In these methods the radiation emitted by a specific surface element is determined. Methods of measuring the weight per unit area and specific heat are also known which are based on various physical principles.
The glass industry aims at producing the lightest possible disposable bottle for goods in daily use. Since such a bottle must be made with the minimum amount of material for economic reasons, but must have sufficient stability, a test apparatus is necessary whereby the distribution of the glass in the bottle wall can be rapidly and satisfactorily checked to detect any inclusions in the glass and other flaws and reject such bottles.
It is an object of the present invention to provide apparatus for testing the thickness of glass surfaces in hollow glass articles, which apparatus makes possible the selection, for industrial use, of only those hollow glass articles, such as bottles, which have no flaws in the glass surface such as unevenly distributed glass or inclusions in the glass at parts of the surface.
According to the present invention there is provided apparatus for testing the thickness of glass surfaces of hollow glass articles, said apparatus comprising a concave mirror disposed near the glass article under test so as to receive electromagnetic radiation emitted by or transmitted through a part of the surface under test and reflect the radiation to a focal point, a radiation detector located at

[Price /

said focal point and means for utilizing the intensity of the detected radiation to control an indicating device or sorting device operable in dependence on the magnitude of the intensity of the detected radiation.

The detection means is preferably arranged to detect heat or infra-red radiation but the apparatus can also work with electromagnetic radiations in the ultra-violet or X-ray range of wavelengths.

The detection means may be arranged to detect heat radiated by a hot glass article. The detection means may also be arranged to detect the heat or infra-red radiation transmitted through the surface from a source of heat or infra-red radiation located inside the hollow glass article.

In the preferred embodiment of the invention the detection means includes a concave mirror disposed near the glass article under test so as to receive radiation from said surface and reflect it to a focal point. It also includes a radiation detector located at said focal point for converting detected electromagnetic radiation into electrical pulses and connected to an amplifier for said electrical pulses and a discriminator, the output of which discriminator being arranged to control the indicating device or sorting device in dependence on the magnitude of the output of the discriminator.

To test a succession of articles the apparatus may include a conveyor belt for carrying the succession of glass articles and a concave mirror and radiation detector is disposed on each side of the conveyor belt, each detector being followed by an amplifier and a discriminator. A common amplifier connected to the detectors may be associated with the concave mirrors on each side of the conveyor belt. These concave mirrors may be staggered with respect to one another on each side of the belt.

In another embodiment of the invention a turntable is provided for carrying the glass article. A slideable frame may be situated near the turntable, which frame carries a radiation source for insertion into and withdrawal from a hollow glass article located on the turntable. The radiation source may be carried by a first arm projecting from said frame, the concave mirror and radiation detector being carried by a second arm parallel to said first arm and also projecting from said frame. A filter may be provided outside the range of the glass article but between the concave mirror and radiation source, said filter having an absorptive power for the radiation from said source corresponding to the absorptive power for said radiation exhibited by the thickest permissible wall thickness of the hollow glass articles under test.

The radiation source may comprise a radiant element surrounded by a quartz shield. It is also preferably a source which emits

radiation of such a wavelength range that appreciable absorption of radiation occurs when the radiation passes through the wall of any hollow glass article in which the radiation source is located. The detector means may be provided with timing means so arranged that the apparatus is only intermittently operative. Said timing means preferably comprises an adjustable time network, which allows the amplifier and discriminator to be operated for only two-thirds of the duration of each electrical pulse and renders said amplifier and discriminator inoperative for the rest of said pulse duration.

The embodiment using the turntable enables the distribution of glass thickness to be measured even on cold glass articles since the heat source can be introduced into the glass article. This embodiment works on the principle that thick zones of glass absorb more heat than thin zones.

Examples of embodiment of the invention will be explained in detail with reference to the drawing wherein:

Fig. 1 is a section through a conveyor belt with the glass articles thereon;

Fig. 2 is a plan view of the conveyor belt and measuring system;

Fig. 3 illustrates another embodiment in partial section showing the radiation source introduced into the glass article.

Reference 1 denotes a conveyor belt carrying the glass articles 2 from the pressing machine to the annealing oven. On their way, the still hot glass articles 2 pass between concave mirrors 3 at whose focal points are disposed infra-red detectors 4 which convert infra-red radiation into electrical pulses. The radiation of the hot articles 2 is transmitted via the mirror 3 to the infra-red detector 4, which is followed by an amplifier 5 and discriminator 6. The latter forms the difference between individual measured values, of the electrical pulses generated by the detector 4, the magnitude of the difference being indicated to the machine minder, for example by means of the indicator 7, so that the required operations can immediately be carried out to clear the error. Alternatively, a sorting device which eliminates the faulty glass articles from the conveyor belt can be controlled in dependence on the magnitude of the difference.

The concave mirrors 3 are advantageously constructed as rocking mirrors so that they can scan the glass article vertically and this increases the range of measurement.

To eliminate one of the amplifiers, the two infra-red detectors 4 can be connected to a single amplifier one being inoperative during measurement of the other.

Fig. 3 shows another possible embodiment. In this case the hollow glass article 2 is disposed on a turntable 10 situated near a slideable frame 11. The latter has arms 12 and

FIG. 1

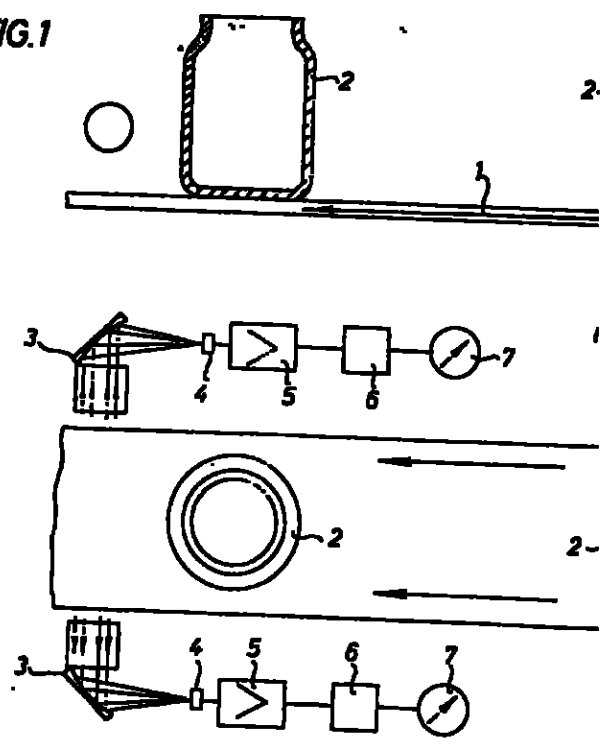


FIG.1

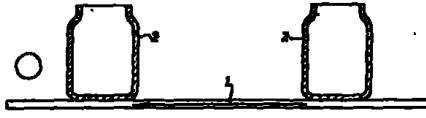


FIG.2

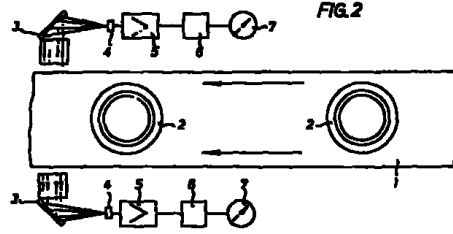
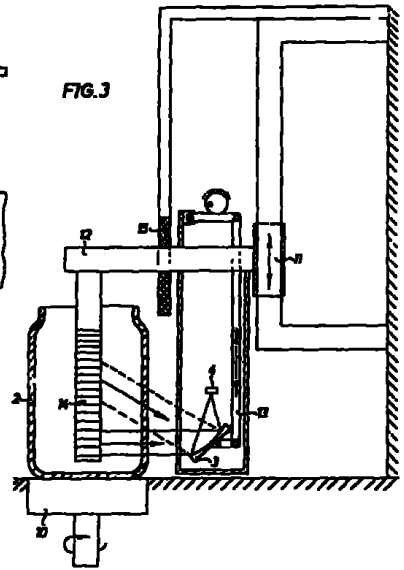


FIG.3



847

110 #19

16 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

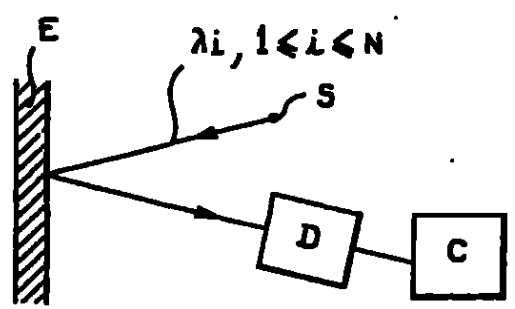
11 N° de publication : 2 589 578
à utiliser que pour les
commandes de reproduction
21 N° d'enregistrement national : 85 16385
51 Int Cl⁸ : G 01 N 21/58; G 01 B 11/06, 11/30.

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 5 novembre 1985. 30 Priorité : 43 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOP « Brevets » n° 18 du 7 mai 1987. 50 Références à d'autres documents nationaux apparentés :	71 Demandeur(s) : UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE — FR. 72 Inventeur(s) : Michel Egue, Christian Jean Eugène Bileux, Jean Louis Beaudoin et Jean Raymond Delmas. 73 Titulaire(s) : 74 Mandataire(s) : Cabinet Reginbeau, Corre, Martin, Schimpf, Warcolin et Ahner.
--	--

54 Procédé et dispositif de contrôle optique par réflexion d'un matériau ou composant semi-transparent.

57 L'invention est relative à un procédé et un dispositif de contrôle optique par réflexion d'un composant ou d'un matériau semi-transparent.
Un échantillon du composant ou matériau E est illuminé sous un rayonnement comportant au moins trois composantes spectrales différentes de longueur centrale λ_i . Les rayonnements réfléchis par le composant E sont détectés pour déterminer les intensités correspondantes des composantes spectrales réfléchies. Les paramètres physiques du composant tels que l'épaisseur, l'état de surface ou la structure physico-chimique sont déterminés par résolution des équations de réflexion de l'échantillon.
Application au contrôle non destructif sur les chaînes de production en continu.



FR 2 589 578 - A1

La présente invention est relative à un procédé et à un dispositif de contrôle optique d'un matériau ou composant semi-transparent par réflexion.

5 Le contrôle optique de matériaux ou composants, en particulier la détermination des paramètres physiques de ceux-ci, tels que leur épaisseur, leur état de surface, et même leur structure physico-chimique liée à leur composition, a déjà fait l'objet
10 de nombreux travaux.

Cependant, ces contrôles non destructifs visant à des applications industrielles dans des unités de production automatisées n'ont le plus souvent, jusqu'à ce jour, pu être mis en oeuvre que
15 par la mesure de la transmissivité optique de ces matériaux ou composants laquelle, dans des conditions déterminées d'expérimentation telles que longueur d'onde d'illumination, température de mise en oeuvre des contrôles, est susceptible de donner une mesure
20 de l'épaisseur du matériau ou, celle-ci étant connue, des paramètres d'absorption de celui-ci et en définitive de ses caractéristiques de structure physico-chimique.

Cependant, le recours à de telles méthodes
25 n'apparaît satisfaisant que dans le cas d'objets de forme simple constitués par exemple en bandes et formant sensiblement des éléments optiques pouvant être assimilés à des lames à faces parallèles et dont les états de surface correspondent à des surfaces planes et lisses.
30

Ces conditions proches de conditions de mesure quasi idéales sont cependant rarement remplies en milieu industriel et l'utilisation de tels procédés

de contrôle par transmission optique peut présenter des difficultés importantes, qui, bien que ne mettant pas en cause le principe même de ces procédés, ont pour conséquence une quasi impossibilité de mise en oeuvre correcte de ceux-ci. Parmi ces difficultés, on peut citer la forme de l'objet ou composant à contrôler, le revêtement sur support opaque, l'adaptation spéciale d'un poste de contrôle sur une chaîne de production en continu afin de permettre l'illumination des objets ou composants et la réception du rayonnement émergent dans des conditions de mesure satisfaisantes.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités par la mise en oeuvre d'un procédé et d'un dispositif dans lesquels le contrôle optique de matériau ou composants semi-transparent est effectué par réflexion.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un procédé et d'un dispositif de contrôle de matériau ou composant semi-transparent, susceptible d'être mis en oeuvre indépendamment de la forme ou de la structure de celui-ci.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un procédé et d'un dispositif de contrôle de matériau ou composant semi-transparent susceptible d'être mis en oeuvre à tout stade de production en continu de ce type de matériau ou composant semi-transparent.

Un autre objet de la présente invention est la mise en oeuvre d'un procédé et d'un dispositif de contrôle de matériau ou composant semi-transparent pour la mise en oeuvre desquels, sur

une chaîne de production industrielle en continu, l'adaptation nécessaire est minimale.

Le procédé optique par réflexion pour la détermination des paramètres physiques d'un composant ou d'un matériau semi-transparent constituant celui-ci tels que épaisseur, état de surface, structure physico-chimique selon l'invention, est remarquable en ce qu'il consiste à illuminer un échantillon du composant ou matériau sous un rayonnement comportant au moins trois composantes spectrales différentes, de longueur d'onde centrale λ_i , $1 \leq i \leq N$, où i représente l'ordre de la composante spectrale considérée et N un entier supérieur ou égal à 3, à détecter les rayonnements réfléchis par le composant ou échantillon pour déterminer les intensités correspondantes desdites composantes spectrales réfléchies, à déterminer l'un et/ou l'autre desdits paramètres à partir d'au moins trois mesures des intensités émises et réfléchies par résolution du système d'équations :

$$R_i = \rho_{11}g_1 + \rho_{21}g_2 (1 - \rho_{11})^2 r_1^2$$

dans lesquelles :

R_i représente la réflectivité de l'échantillon pour la composante spectrale d'ordre i , ρ_{11} et ρ_{21} sont respectivement les coefficients de réflectivité milieu/matériau du dioptre avant et matériau/milieu du dioptre arrière de l'échantillon, g_1 et g_2 sont des facteurs géométriques, compris entre 0 et 1, sensiblement indépendants

2589578

4

de i et caractéristiques de l'état de surface avant respectivement arrière du matériau ou échantillon, τ_i est la transmissivité du matériau constitutif de l'échantillon à la composante spectrale d'ordre i considérée, $\tau_i = e^{-K_i d}$, où K_i est le coefficient d'absorption du matériau à cette composante spectrale d'ordre i et d la longueur du trajet du rayonnement dans le matériau entre dioptrés avant et arrière du composant ou matériau.

Le dispositif de contrôle optique par réflexion d'un matériau ou composant semi-transparent objet de l'invention est remarquable en ce qu'il comprend des moyens d'illumination d'un échantillon dudit composant sous un rayonnement comportant au moins trois composantes spectrales différentes de longueur d'onde centrale λ_i , $1 \leq i \leq N$ où i représente l'ordre de la composante spectrale considérée et N un entier supérieur ou égal à 3, des moyens de détection des rayonnements réfléchis par ledit échantillon du composant et ou matériau, des moyens de mémorisation des valeurs d'intensité précitées et de calcul des paramètres physiques du composant, tels que épaisseur, état de surface, structure physico-chimique du composant ou matériau à partir d'au moins trois mesures des intensités émises et réfléchies par résolution du système d'équations :

$$R_i = \rho_{11} g_1 + \rho_{21} g_2 (1 - \rho_{11})^2 \tau_i^2$$

dans lesquelles les quantités ou paramètres R_i , ρ_{11} , ρ_{21} , g_1 , g_2

et ti sont définis conformément à la définition donnée en relation avec le procédé objet de l'invention.

Le procédé et le dispositif de la présente invention trouvent application dans l'industrie et les techniques du verre et en particulier dans la fabrication d'objets ou composants semi-transparents en continu, de revêtements en matériau semi-transparent et analogues.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description et à l'observation des dessins ci-après dans lesquels :

- la figure 1a et la figure 1b sont relatives à un schéma de principe illustratif du procédé et du dispositif objet de l'invention,

- la figure 2 représente un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention.

Dans les figures précitées, les cotes et dimensions relatives des éléments constitutifs et les angles réels des faisceaux lumineux n'ont pas été respectées afin de ne pas nuire à la clarté de l'ensemble.

Le procédé objet de l'invention sera tout d'abord décrit en relation avec les figures 1a et 1b.

Selon la figure 1a, le procédé optique par réflexion permet la détermination des paramètres physiques d'un composant ou d'un matériau semi-transparent constituant celui-ci, paramètres tels que épaisseur, état de surface et structure physico-chimique. La semi-transparence du matériau ou composant dont on veut, conformément au procédé et au dispositif de l'invention, déterminer les paramètres physiques est définie en fait par la capacité de moyens de détection mis en oeuvre par le procédé et le dispositif de l'invention à mesurer

ou détecter le rayonnement réfléchi, après réflexion, sur le dioptre arrière du matériau ou composant soumis à l'illumination d'un rayonnement incident déterminé ainsi qu'il sera exposé ci-après dans la description.

Conformément au procédé objet de l'invention tel qu'illustré en figure 1a, un échantillon E du composant ou matériau semi-transparent constituant celui-ci est illuminé au moyen d'une source S de rayonnement électromagnétique. Le rayonnement électromagnétique émis peut, par exemple, être émis par la source S dans le domaine du spectre visible et dans le domaine du proche infrarouge, mais il comporte au moins trois composantes spectrales différentes de longueur d'onde centrale notées λ_i , où i représente l'ordre de la composante spectrale considérée. Bien entendu, le rayonnement émis peut comporter un nombre de composantes spectrales différentes supérieur à 3, ce nombre permettant d'améliorer les conditions de mesure des paramètres physiques du matériau ou composant, ainsi qu'il sera décrit plus en détail ultérieurement dans la description, et n'étant en fait limité que par les exigences matérielles de réalisation du dispositif de l'invention.

Sur l'ensemble des figures représentées, on notera que l'échantillon E est représenté symboliquement sous forme d'une lame à faces parallèles. Ce mode de réalisation n'est bien entendu pas limitatif, le matériau ou composant en matériau semi-transparent pouvant au point de mesure, c'est-à-dire

au point d'impact du rayonnement électromagnétique auquel il est soumis, être sensiblement assimilé à une lame à faces parallèles.

5 Les rayonnements réfléchis par le composant ou matériau ou échantillon E sont détectés en D pour déterminer les intensités correspondantes des composantes spectrales d'ordre i réfléchies par l'échantillon.

10 Les paramètres physiques de l'échantillon E ou du composant au point de mesure sont alors déterminés à partir d'au moins trois mesures des intensités émises par la source S et réfléchies par l'échantillon E par résolution du système d'équations :

15 (I)
$$R_i = \rho_{1i} g_i + \rho_{2i} g_i^2 (1 - \rho_{1i})^2 \tau_i^2$$

Ainsi qu'il sera décrit en détail en relation avec la figure 1b, l'ensemble des composantes spectrales d'ordre i vérifie la relation (I) formant pour l'ensemble de ces composantes le système d'équations précité.

20

Pour une composante spectrale d'ordre i de longueur λ_i illuminant l'échantillon E sous une intensité de rayonnement I_i , ce rayonnement donne lieu à un premier rayonnement réfléchi par le dioptre avant, noté A, de la lame à faces parallèles au point d'impact de l'échantillon E. Ce premier rayonnement réfléchi a une intensité notée $S'_i = I_i \rho_{1i} g_i$ où ρ_{1i} est le coefficient de réflectivité milieu/matériau du dioptre avant A au point d'impact à la composante spectrale d'ordre i considérée et g_i un facteur géométrique, compris entre 0 et 1, caractéristique

25

30

de l'état de surface avant du matériau ou échantillon au point d'impact.

Un deuxième rayonnement réfléchi d'intensité $S^{\prime}_i$ est engendré par le rayonnement résiduel transmis par le dioptré avant A vers le dioptré arrière a de l'échantillon E, réfléchi par ce dernier puis transmis par le dioptré avant matériau/milieu A. L'intensité de ce deuxième rayonnement réfléchi est égale à : $S^{\prime}_i = I i \rho_{21} g_2 (1 - \rho_{11})^2 \tau_i^2$, dans laquelle ρ_{21} est le coefficient de réflectivité matériau/milieu du dioptré arrière a au point d'impact à la composante spectrale d'ordre i considéré, compte tenu de l'indice du rayonnement, g_2 un facteur géométrique compris entre 0 et 1, caractéristique de l'état de surface arrière du matériau ou échantillon au point d'impact sur le dioptré arrière, τ_i est la transmissivité du matériau constitutif de l'échantillon à la composante spectrale d'ordre i considérée, $\tau_i = e^{-K_i \cdot d}$, où K_i est le coefficient d'absorption du matériau à cette composante spectrale et d la longueur du trajet du rayonnement dans le matériau entre dioptrés avant A et arrière a de l'échantillon E.

La contribution au rayonnement réfléchi total pour la composante spectrale d'ordre i des rayonnements résiduels provoqués par réflexion d'ordre supérieur à 1 sur le dioptré arrière a matériau/air de l'échantillon et les phénomènes d'interférence pouvant être négligés, l'erreur correspondante étant au maximum une erreur au deuxième ordre, l'intensité de la composante spectrale d'ordre i réfléchie par l'échantillon E est la somme des intensités des premier et deuxième

rayonnements réfléchis d'intensité S'_i et S''_i et la réflectivité R_i globale de l'échantillon E pour la composante spectrale d'ordre i, $R_i = \frac{S'_i + S''_i}{I_i}$ vérifie ainsi la relation (I) pour l'ensemble des composantes spectrales émises puis réfléchies par l'échantillon E.

Dans le système d'équations constitué par l'ensemble des relations (I) relatives à chaque composante spectrale d'ordre i, on notera que les facteurs g_1 et g_2 permettent de tenir compte des réflexions imparfaites sur les dioptrés avant A et arrière B au point d'impact.

Le facteur g_1 correspond à l'état de surface du dioptré avant A au point d'impact et éventuellement à un défaut de mise au point. Le facteur g_2 correspond à l'état de surface du dioptré arrière au point d'impact, mais aussi aux effets dus à la transmission du dioptré avant, à la traversée aller et retour du matériau et aux déperditions qui en découlent.

Conformément au procédé objet de l'invention, les facteurs g_1 et g_2 sont considérés indépendants sensiblement de l'ordre i des composantes spectrales d'illumination, ceci revient en fait à considérer ces coefficients comme indépendants des longueurs d'onde λ_i correspondantes. Cette hypothèse apparaît parfaitement justifiée en ce qui concerne les défocalisations et les irrégularités de surface macrogéométriques. La diffusion par des défauts de dimension de l'ordre de grandeur ou inférieure à la longueur d'onde λ_i ne doit être prise en compte que lorsqu'elle devient importante par la dépendance

2589578

10

de g_1 et g_2 avec cette longueur d'onde. Dans le cas des verres, cette hypothèse pourra être retenue pour l'ensemble des longueurs d'ondes déjà citées pour des défauts dont l'ordre de grandeur reste supérieur à $10\ \mu\text{m}$ et le procédé objet de la présente invention permet de mettre en évidence sur l'un ou l'autre dioptre avant A ou arrière a de l'échantillon, toute variation de courbure ou défaut supérieur à $10\ \mu\text{m}$ avec un degré de précision satisfaisant.

On notera en outre sur la figure 1b un décalage entre premier S'i et deuxième S'i rayonnement réfléchi. Ce décalage est dû en fait à la valeur de l'incidence θ du rayonnement d'illumination sur l'échantillon E, laquelle bien entendu peut être choisie de manière arbitraire de faible valeur ou nulle, une incidence parfaitement normale étant toutefois à rejeter dans le cas de composants creux en raison des réflexions sur la paroi arrière.

La résolution du système d'équations satisfaisant la relation (I) peut être effectuée à partir d'une phase d'étalonnage par exemple permettant, pour chaque composante spectrale d'ordre i de déterminer les coefficients ρ_{11} et ρ_{21} de réflectivité milieu/matériau du dioptre avant et matériau/milieu du dioptre arrière de l'échantillon ou composant.

Dans ce but, l'échantillon pour la détermination du coefficient de réflectivité du dioptre avant A, peut être constitué par une lame à faces parallèles de grande épaisseur, constituée en un matériau constitutif du matériau dont on veut déterminer les paramètres physiques. Par lame à faces parallèles de grande épaisseur, il faut comprendre

une lame à faces parallèles étalon, présentant au moins un dioptré avant de très grande qualité d'état de surface, soit pour lequel $g_{11} = 1$ où g_{11} représente le facteur géométrique de la lame étalon, et dont l'épaisseur est suffisante pour, la lame étant illuminée par la composante spectrale d'ordre i de longueur d'onde λ_i , provoquer une atténuation quasi totale du rayonnement émergent S'_i dû à la réflexion sur le dioptré arrière de la lame. Dans ces conditions, la mesure de l'intensité du rayonnement d'illumination I_i et de l'intensité du rayonnement réfléchi S'_i , dû au seul dioptré avant A , permet la détermination de ρ_{11} , lequel satisfait la relation

$$(II) \quad \rho_{11} = \frac{S'_i}{I_i} .$$

La détermination du coefficient de réflectivité du dioptré arrière a peut être effectuée par illumination d'une lame à faces parallèles étalon d'épaisseur moyenne x rigoureusement connue constituée en un matériau constitutif du composant dont on veut mesurer les paramètres physiques, et dont le coefficient d'absorption K_i à la longueur d'onde λ_i de la composante spectrale d'ordre i n'est pas connue. La lame étalon bien entendu présente sur ses deux faces un excellent état de surface de sorte que $g_{21} = 1$ où g_{21} représente le facteur géométrique du dioptré arrière a de la lame étalon.

Dans ces conditions d'illumination précitées, une lame étalon E_t d'épaisseur x connue satisfait la relation :

$$RiEt = \rho_{11} + \rho_{21} (1 - \rho_{11})^2 RiEt$$

où $RiEt = e^{-K_i \cdot x}$ et $RiEt$ est la réflectivité de la lame étalon.

ρ_{21} satisfait la relation (III)

$$(III) \quad \rho_{21} = \frac{RiEt - \rho_{11}}{(1 - \rho_{11})^2 RiEt} = \frac{RiEt - \rho_{11}}{(1 - \rho_{11})^2 \cdot e^{-2K_i \cdot x}}$$

Dans le cas où le coefficient d'absorption K_i est connu, la mesure de ρ_{21} est donnée par la relation (III) alors que dans le cas contraire, il peut être fait appel aux phases opératoires ci-après :

Deux lames étalon d'épaisseur différente x_1 et x_2 rigoureusement connues et d'état de surface parfait, soit pour lesquelles $g_1 = g_2 = 1$ peuvent être utilisées aux longueurs d'onde ou composantes spectrales λ_i d'ordre 1 :

Pour la première lame étalon, la réflectivité $RiEt_1$ s'écrit :

$$RiEt_1 = \rho_{11} + \rho_{21} (1 - \rho_{11})^2 e^{-2K_i x_1}$$

Pour la deuxième lame étalon, la réflectivité $RiEt_2$ s'écrit :

$$RiEt_2 = \rho_{11} + \rho_{21} (1 - \rho_{11})^2 e^{-2K_i x_2}$$

La combinaison des deux expressions de la réflectivité des deux lames étalon $RiEt_1$ et $RiEt_2$ permet d'écrire la relation IV :

$$RiEt_2 = \rho_{11} + (RiEt_1 - \rho_{11}) e^{-2K_i (x_2 - x_1)}$$

Le coefficient d'absorption K_i à la longueur d'onde ou composante spectrale d'ordre 1 vérifie la relation (V) :

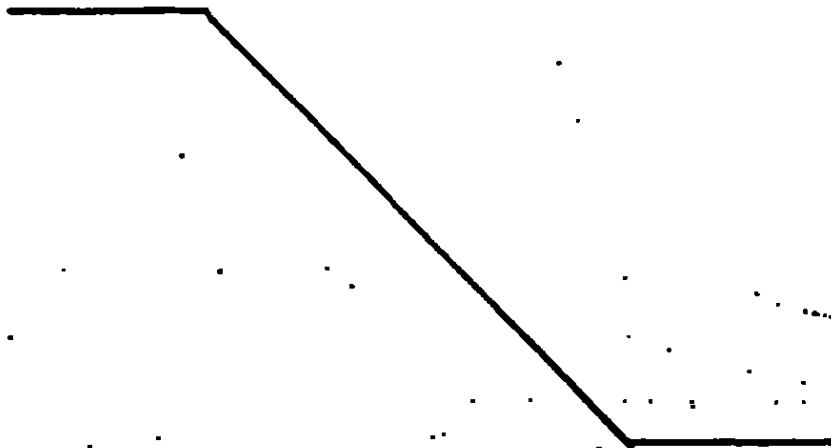
$$(V) \quad K1 = \frac{1}{2(x2-x1)} \log \frac{R1Et_1 - c_{11}}{R1Et_2 - c_{11}}$$

La résolution du système d'équations vérifiant le système d'équations (I) peut alors être effectuée pour déterminer $g1$, $g2$, d au point de mesure sans difficulté.

5 Bien entendu, la résolution peut également être opérée de façon différente sans sortir du cadre de la présente invention, la longueur d'onde λi des composantes spectrales d'ordre i étant a priori quelconque.

10 On remarquera qu'en tout état de cause, le choix du nombre de longueurs d'ondes ou de composantes peut, bien sûr être pris supérieur à 3, un tel nombre étant de nature, en raison de la redondance d'information relative à la mesure des
15 paramètres, à améliorer de manière avantageuse le rapport signal/bruit relatif à ces mesures. Une

Une variante particulièrement avantageuse du procédé selon l'invention sera maintenant décrite, dans laquelle les longueurs d'ondes λi
20 des composantes spectrales d'ordre i ont, pour le matériau constitutif de l'échantillon ou composant, des valeurs remarquables.



Selon cette variante avantageuse, le nombre de longueurs d'ondes est choisi égal à trois et les longueurs d'ondes λ_i sont telles que les composantes spectrales correspondantes correspondent à l'opacité de l'échantillon $\lambda_i = \lambda_s$, à la transparence de l'échantillon $\lambda_i = \lambda_T$, et à la semi-transparence de l'échantillon $\lambda_i = \lambda$, la semi-transparence étant définie telle que précédemment. Les intensités d'illumination correspondantes du composant sont notées I_s , I_T , I et les intensités du rayonnement réfléchi des composantes spectrales correspondantes S_s , S_T , S . Conformément au procédé de l'invention, les intensités des rayonnements d'illumination et des rayonnements réfléchis au point d'impact du composant sont détectées. Pour les trois longueurs d'ondes λ_s , λ_T , λ des composantes spectrales précitées, le composant ou échantillon assimilé à une lame limitée par deux dioptries milieu/matériau, matériau/milieu vérifie les trois relations :

Dans la région spectrale correspondant à l'opacité

$$R_s = \rho_s [q_1 + q_2 (1 - r_s)^2 r_s^2]$$

où seule la surface avant A ou dioptre avant de la lame équivalente contribue à la réflectivité ;
 $r_s = 0$.

25 $R_s = q_1 \rho_s$ soit $q_1 = \frac{R_s}{\rho_s}$ où R_s et ρ_s représentent

respectivement la réflectivité de la lame équivalente du composant et ρ_g le coefficient de réflectivité du dioptre avant à la longueur d'onde λ_g . Dans la région spectrale de bonne transparence, la relation devient :

$$R_T = \rho_T [g_1 + g_2 (1 - \rho_T)^2 r_T^2]$$

cette illumination permettant d'évaluer le facteur g_2 correspondant à l'état de surface du dioptre arrière g_2 , aux effets dus à la transmission du dioptre avant λ , à la traversée aller et retour du matériau constitutif du composant ou échantillon et aux défocalisations :

$$g_2 = \frac{\frac{R_T}{\rho_T} - \frac{R_g}{\rho_g}}{(1 - \rho_T)^2 r_T^2}$$

L'introduction de l'expression des paramètres g_1 et g_2 dans l'expression de la réflectivité R de la lame équivalente à l'échantillon ou composant pour la composante spectrale correspondant à la région de semi-transparence permet d'établir la relation

$$d (K_T - K) + \text{Log} (1 - \rho) - \text{Log} (1 - \rho_T) - \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{R}{\rho} \frac{\rho_g}{K_g} - 1 \right) + \frac{1}{2} \text{Log} \left(\frac{R_T}{\rho_T} \frac{\rho_g}{K_g} - 1 \right) = 0$$

la mesure des intensités d'illumination I_g , I_T , I et des intensités réfléchies R_g , R_T , R et la définition de la réflectivité correspondante du composant aux longueurs d'ondes correspondantes :

$$R_S = \frac{S_S}{I_S}, R_T = \frac{S_T}{I_T}, R = \frac{S}{I}$$

permettent d'écrire :

$$\frac{R}{R_S} \frac{\rho_S}{\rho} = \frac{S}{S_S} \frac{\rho_S}{\rho} \frac{I_S}{I}$$

$$\frac{R_T}{R_S} \frac{\rho}{\rho_T} = \frac{S_T}{S_S} \frac{\rho_S}{\rho_T} \frac{I_S}{I_T}$$

5 Les rapports $\frac{I_S}{I}$ et $\frac{I_S}{I_T}$ ne dépendent que du disposi-

tif expérimental ou de mesure et peuvent faire l'objet d'un étalonnage simplifié, du fait du choix des longueurs d'onde précitées, le processus d'éta-

10 lonnage faisant l'objet d'une description ultérieure.

La mesure des diverses intensités réfléchies et incidentes sur le composant permet de définir les rapports remarquables suivants :

15 $B_M = \frac{I}{I_S}$ où B_M représente le rapport des intensités d'illumination de l'échantillon ou composant aux rayonnements correspondant à la semi-transparence et à l'opacité de celui-ci,

$C_M = \frac{I_T}{I_S}$ où C_M représente le rapport des intensités d'illumination de l'échantillon ou composant aux rayonnements correspondant à la transparence et à l'opacité de celui-ci,

20 $B = \frac{S}{S_S}$ où B représente le rapport des intensités réfléchies par l'échantillon ou composant lors de l'illumination sous rayonnement correspondant à la semi-transparence et à l'opacité de celui-ci,

25

$C = \frac{S_T}{S_S}$ où C représente le rapport des intensités réfléchies par l'échantillon sous rayonnement correspondant à la transparence et à l'opacité de celui-ci.

La relation précédente devient la relation remarquable VI :

(VI)

$$d(K_T - K) + \log(1 - \rho) - \log(1 - \rho_T) - \frac{1}{2} \log\left(\frac{B}{B_M} \frac{\rho_S}{\rho} - 1\right) + \frac{1}{2} \log\left(\frac{C}{C_M} \frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right) = 0$$

dans laquelle K représente le coefficient d'absorption d'un échantillon du matériau constitutif du composant au rayonnement de composantes spectrales correspondant à la semi-transparence de celui-ci,

K_T représente le coefficient d'absorption de l'échantillon du matériau aux rayonnements de composantes spectrales correspondant à la transparence sensiblement de celui-ci,

ρ , ρ_T et ρ_S représentent respectivement le coefficient de réflectivité du dioptre milieu/matériau de l'échantillon, soit du dioptre avant A, au rayonnement correspondant à la semi-transparence, à la transparence et à l'opacité de celui-ci. L'ensemble des paramètres de la relation VI autres que B, C pouvant être effectuée au préalable, la mesure in situ des paramètres relatifs à l'intensité réfléchi par l'échantillon ou composant B et C permet la détermination des paramètres physiques de l'échantillon ou composant.

Ainsi, pour un composant ou échantillon de composition ou structure physico-chimique donnée, connue, $K - K_T$ est connu et d longueur du trajet du rayonnement dans le matériau entre dioptres avant et arrière peut être déterminée.

L'étalonnage du dispositif et système de mesure apparaît simplifié du fait du choix des composantes spectrales précitées : la mesure de ρ_S , ρ et ρ_T peut être effectuée par réflexion sur un échantillon

de matériau suffisamment épais pour ne plus présenter de réflexion provenant de la face arrière.

Cet échantillon épais peut bien entendu être constitué par une lame à faces parallèles constituée en un matériau constitutif du composant dont on veut déterminer les paramètres physiques ou par une partie particulièrement épaisse de ce composant. L'illumination d'un miroir en lieu et place de l'échantillon permet de déterminer I , I_g et I_T et donc B_M et C_M .

L'utilisation d'un échantillon épais précité peut dispenser de l'utilisation d'un miroir. Pour cet échantillon épais, la mesure donne :

$$S_g = \rho_g I_g, \quad S = \rho I \quad \text{et} \quad S_T = \rho_T I_T$$

$$B_O = \frac{\rho}{\rho_g} \frac{I}{I_g} = B_M \frac{\rho}{\rho_g} \quad \text{et} \quad C_O = \frac{\rho_T I_T}{\rho_g I_g} = C_M \frac{\rho_T}{\rho_g}$$

la relation VI se transforme en relation VII :

$$(VII) \quad d(K_T - K) + \log(1 - \rho) - \log(1 - \rho_T) - \frac{1}{2} \log\left(\frac{B}{B_O} - 1\right) + \frac{1}{2} \log\left(\frac{C}{C_O} - 1\right) = 0$$

Le système de mesure selon le procédé de l'invention est alors capable de réaliser un auto-étalonnage sur une partie épaisse du composant dont on veut déterminer les paramètres physiques.

Bien entendu le paramètre $K - K_T$ étant connu pour le matériau considéré, les paramètres K et K_T pouvant être mesurés par les techniques habituelles, il est possible de déterminer d et/ou les facteurs géométriques g_1 , g_2 au point d'impact. Le paramètre d étant connu, il est au contraire possible de déterminer $K - K_T$ et en conséquence la composition ou structure physico-chimique du matériau semi-transparent.

Conformément au procédé objet de l'invention, pour un même point de mesure de l'échantillon ou composant, les illuminations sous rayonnement de composantes spectrales différentes peuvent être réalisées successivement dans un ordre quelconque.

De manière avantageuse cependant, pour un même point de l'échantillon du composant, les illuminations sous rayonnement de composantes spectrales différentes sont réalisées simultanément ainsi que les mesures correspondantes. La mesure simultanée des intensités d'illumination et des intensités réfléchies permet avantageusement de s'affranchir d'éventuelles fluctuations des paramètres d'émission de la source de rayonnement utilisées.

En outre, dans le but de déterminer l'épaisseur d du composant, $d = d \cos \theta$, où θ représente l'angle d'incidence du rayonnement sur l'échantillon, l'illumination du composant ou échantillon est de préférence effectuée sous incidence sensiblement normale. Le procédé selon l'invention permet alors une détermination directe de l'épaisseur.

L'épaisseur et/ou les paramètres g_1 , g_2 étant déterminés, le paramètre K_i ou toute fonction d'absorption caractéristique du matériau aux différentes composantes spectrales utilisées ou $(K - K_T)$ représentatifs de la structure physico-chimique du matériau constitutif de l'échantillon peut alors être déterminé.

Un mode de réalisation d'un dispositif de contrôle optique par réflexion d'un matériau ou composant semi-transparent, permettant la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention, dans ses diverses variantes de réalisation sera maintenant décrit en

liaison avec la figure 2.

Selon la figure précitée, le dispositif objet de l'invention comprend des moyens, notés 1 d'illumination d'un échantillon E du composant ou échantillon de celui-ci sous un rayonnement comportant au moins trois composantes spectrales différentes. Les composantes spectrales ont une longueur d'onde centrale notée λ_i , où i représentant l'ordre de la composante spectrale considérée est supérieur ou égal à 1 et au plus égal à N, N étant un entier supérieur ou égal à 3. Sur la figure 2, les moyens d'illumination 1 sont représentés de façon à comporter une source lumineuse S et un modulateur de lumière 10 permettant la transmission du rayonnement émis par la source S vers l'échantillon E. Le modulateur 10 peut être constitué soit par un système polariseur, analyseur, permettant par exemple de façon connue la modulation de l'intensité lumineuse émise par la source S selon une loi sensiblement sinusoïdale, soit par une cellule de Kerr ou tout dispositif analogue permettant une modulation d'intensité lumineuse émise par la source S. La source S peut être constituée par une source de lumière composite émettant par exemple dans le spectre visible et dans le proche infrarouge. La source S peut également être constituée par une source ou plusieurs sources de lumière cohérente susceptibles d'émettre des impulsions de lumière en synchronisme sur déclenchement extérieur. Dans ce dernier cas, les sources de lumière cohérente peuvent être constituées par des sources laser à impulsions, le modulateur 10 pouvant être supprimé.

Le dispositif tel que représenté en figure 2 comprend en outre des moyens de détection des rayonnements réfléchis par l'échantillon E du composant et/ou matériau et des moyens de mesure
5 des valeurs des intensités des rayonnements de composante spectrale émis, notés Ii et réfléchis par l'échantillon du composant et/ou matériau. Sur la figure 2, les moyens de détection et de mesure des rayonnements précités sont notés 2.
10 De manière avantageuse, ils peuvent comprendre des moyens dispersifs 20 permettant d'assurer la transmission et la séparation du faisceau en ses différentes composantes spectrales. Les moyens dispersifs 20 peuvent être constitués de manière
15 avantageuse par un prisme ou un réseau ou analogue. On comprendra que lors de l'émission d'une impulsion d'intensité lumineuse par la source S en lumière composite notamment, le rayonnement réfléchi sur l'échantillon E est transmis par les moyens de
20 dispersion 20 séparant ce rayonnement réfléchi en ses différentes composantes spectrales. Les moyens de détection et de mesure 2 comportent en outre une pluralité d'éléments 21 sensibles aux différentes composantes spectrales précitées, ces
25 éléments étant capables, pour chacune des composantes spectrales émises, réfléchies, et transmises, de délivrer un signal électrique proportionnel à l'intensité de celles-ci. Bien entendu, les éléments 21 peuvent être choisis de façon à présenter une
30 sensibilité maximale aux longueurs d'ondes émises par les différentes sources cohérentes constituant la source S ou à certaines longueurs d'ondes centrales de composantes spectrales particulières pré-

férentielles de la lumière composite émise par la source S. En conséquence, ces éléments sensibles peuvent être constitués par des photo-multiplificateurs, des cellules photoélectriques, des photo-diodes
5 disposés convenablement par rapport aux moyens dispersifs précités, afin de recueillir le rayonnement réfléchi transmis par les moyens dispersifs correspondants. A titre d'exemple non limitatif, l'ensemble des composantes spectrales transmis par
10 les moyens dispersifs peut être focalisé par une optique non représentée selon une ligne focale sur laquelle les différentes composantes spectrales sont étalées. Dans ces conditions, les éléments
15 sensibles aux différentes composantes spectrales peuvent être organisés sous forme d'une barrette de photodiodes disposée en coïncidence sensiblement avec la ligne focale précitée. Les moyens de
détection et de mesure 2 comportent également des
20 moyens amplificateurs 22 recevant les signaux délivrés par les éléments sensibles et délivrant les signaux amplifiés. Les moyens amplificateurs 22 sont bien entendu constitués par un amplificateur multivoie, une voie étant affectée au signal correspondant à une composante spectrale considérée.
25 En outre, les moyens amplificateurs 22 peuvent être constitués par un amplificateur synchrone multivoie, l'amplificateur synchrone multivoie précité et le modulateur, lorsqu'une source de lumière composite est utilisée ou les
30 électrodes de déclenchement de sources cohérentes à impulsions lorsque celles-ci sont utilisées, recevant un signal de synchronisation noté SY ainsi

qu'il sera décrit ci-après. On comprendra bien
entendu que le signal de synchronisation SY étant
délivré au modulateur 10 ou aux sources cohérentes
à impulsions et à l'amplificateur synchrone 22,
5 les retards nécessaires à la synchronisation par-
faite de l'émission et de la réception sont en
outre apportés.

Le dispositif représenté en figure 2
comporte également des moyens 3 de mémorisation
des valeurs d'intensités précitées et de calcul
des paramètres physiques du composant tels que
10 l'épaisseur, l'état de surface et la structure
physico-chimique du composant ou matériau à partir
d'au moins trois mesures des intensités émises
et réfléchies par résolution du système d'équations
vérifiant la relation I ou VI précédemment décrites
15 dans la description. Selon cette figure, les moyens
de mesure 3 comportent des moyens convertisseurs-
analogiques-numériques notés 30 recevant les signaux
délivrés par les moyens amplificateurs 22. Des
20 moyens de mémorisation auxiliaires notés 300 peuvent
en outre être prévus de façon à permettre la mémo-
risation des signaux numériques délivrés par les
moyens convertisseurs analogiques-numériques 30.

25 Selon le mode de réalisation de la
figure 2, les moyens de mémorisation et de calcul
des paramètres physiques du matériau ou composant
peuvent avantageusement comporter un micro-ordi-
nateur 31 et ses périphériques, le micro-ordinateur
30 31 étant par exemple interconnecté au moyen de
mémorisation auxiliaire 300, par l'intermédiaire

d'une liaison du type BUS par exemple. Le micro-ordinateur reçoit ainsi sur séquence de lecture appropriée, les valeurs numériques représentatives des intensités précitées et/ou des paramètres mesurés préalablement à la détermination de ces intensités. On notera en outre que le système microordinateur 31 permet de manière avantageuse d'engendrer le signal de synchronisation SY délivré à la fois aux moyens amplificateurs synchrones 22 et au modulateur 10. Bien entendu, le microordinateur peut être muni de tout programme ou sous-programme de type "menu" capable, par incitation de l'utilisateur, d'amener celui-ci à déclencher les différentes phases ou étapes du procédé de l'invention.

Ainsi qu'il apparaît en outre en figure 2, le dispositif objet de l'invention peut être muni avantageusement d'un système ou jeu de miroirs mobiles notés 100, 200, 300. La représentation de ce jeu de miroirs mobiles n'est en aucun cas limitative, toute autre configuration pouvant d'ailleurs être utilisée en vue notamment de définir, au cours de la phase d'étalonnage, un chemin optique sensiblement analogue ou identique à celui qui sera utilisé au cours de la mesure. Les miroirs mobiles peuvent, l'échantillon E étant enlevé, être mis en position ainsi que représenté en trait mixte sur la figure 2, afin de permettre la réflexion du rayonnement illuminant l'échantillon vers le dispositif de mesure et ainsi procéder à l'étalonnage par mesure des intensités II précitées. En outre, et de manière non limitative, le dispositif de l'invention peut également être muni d'un

dispositif porte-lames non représenté, capable de permettre l'illumination d'une ou plusieurs lames étalon, afin de permettre si nécessaire l'étalonnage convenable du dispositif pour des longueurs d'ondes d'émission quelconque, c'est-à-dire non préférentielles, pour la détermination directe des coefficients d'absorption du matériau constitutif des composants dont on veut déterminer les autres paramètres physiques par exemple.

On comprendra que le dispositif objet de l'invention est particulièrement bien adapté à la mesure des paramètres physiques d'objets ou composants en matériau semi-transparent dans le cas de la production en continu de ces derniers. En effet, le dispositif tel que précédemment décrit peut être dans ce but pointé de façon à illuminer l'objet considéré disposé sur une chaîne de transfert en continu. La mise au point et la visée de l'objet au point de mesure considérée peuvent être effectuées au moyen de tout dispositif télémètre et collimateur de type classique non représenté au dessin. En particulier, le dispositif et le procédé objet de l'invention apparaissent particulièrement bien adaptés pour la mesure des paramètres physiques de bandes de revêtement de matériau semi-transparent, disposées sur un substrat opaque puisque la mesure des paramètres physiques correspondants est effectuée par la seule réflexion. Ils permettent également la mesure de ces paramètres physiques pour des échantillons constitués par des objets semi-transparents pour lesquels toute mesure par transmission est pratiquement exclue.

136-140

2589578

REVENDICATIONS

1. Procédé optique par réflexion pour la
détermination des paramètres physiques d'un compo-
sant ou d'un matériau semi transparent constituant
celui-ci tels que épaisseur, état de surface et
5 structure physico-chimique, caractérisé en ce qu'il
consiste :

- à illuminer un échantillon du compo-
sant ou matériau sous un rayonnement comportant au
moins trois composantes spectrales différentes de
10 longueur d'onde centrale λ_i , $1 \leq i \leq N$ où i repré-
sente l'ordre de la composante spectrale considérée
et N un entier supérieur ou égal à 3,

- à détecter les rayonnements réfléchis
par le composant ou échantillon pour déterminer les
15 intensités correspondantes desdites composantes
spectrales réfléchies,

- à déterminer l'un et/ou l'autre desdits
paramètres à partir d'au moins trois mesures des
intensités émises et réfléchies par résolution du
20 système d'équations

$$R_i = \rho_{11}g_1 + \rho_{21}g_2 (1 - \rho_{11})^2 \tau_1^2$$

dans lesquelles:

25 R_i représente la réflectivité de l'échantillon pour
la composante spectrale d'ordre i ;

ρ_{11} et ρ_{21} sont respectivement les coefficients de
réflectivité milieu/matériau du dioptre avant et
matériau/milieu du dioptre arrière de l'échantil-
30 lon,

5 g1 et g2 sont des facteurs géométriques, compris entre 0 et 1, sensiblement indépendants de i et caractéristiques de l'état de surface avant respectivement arrière du matériau ou échantillon,

10 r1 est la transmissivité du matériau constitutif de l'échantillon à la composante spectrale d'ordre i considérée, $r1 = e^{-K1d}$ où K1 est le coefficient d'absorption du matériau à cette composante spectrale d'ordre i et d la longueur du trajet du rayonnement dans le matériau entre dioptrés avant et arrière du composant.

15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit échantillon étant illuminé sous un rayonnement comportant trois composantes spectrales correspondant à l'opacité de l'échantillon d'intensité Is déterminée, à la transparence de l'échantillon d'intensité IT déterminée, à la
20 semi-transparence de l'échantillon d'intensité I déterminée, et les rayonnements réfléchis correspondants ayant des intensités respectives S_g, S_T, S déterminées, lesdits paramètres sont déterminés à partir du système d'équations se réduisant à la relation implicite

25
$$d(K_T - K) + \left[\log(1 - \rho) - \log(1 - \rho_T) - \frac{1}{2} \log\left(\frac{B}{B_M} \frac{\rho_S}{\rho} - 1\right) + \frac{1}{2} \log\left(\frac{C}{C_M} \frac{\rho_S}{\rho_T} - 1\right) \right] = 0$$

dans laquelle :

30 K représente le coefficient d'absorption d'un échantillon du matériau constitutif du composant au rayonnement de composantes spectrales correspondant à la semi-transparence de celui-ci,

2589578

28

K_T représente le coefficient d'absorption dudit échantillon du matériau aux rayonnements de composantes spectrales correspondant à la transparence sensiblement de celui-ci,

5 ρ , ρ_T , ρ_S représentent respectivement le coefficient de réflectivité du dioptré milieu/matériau de l'échantillon considéré au rayonnement correspondant à la semi-transparence, à la transparence et à l'opacité de celui-ci,

10 B_M et C_M représentent respectivement le rapport des intensités d'illumination de l'échantillon du composant aux rayonnements correspondant à la semi-transparence et à l'opacité de celui-ci,

15 $B_M = \frac{I}{I_S}$, et aux rayonnements correspondant à la transparence et à l'opacité de celui-ci, $C_M = \frac{I_T}{I_S}$,

B et C représentent respectivement le rapport des intensités réfléchies par l'échantillon du composant lors de l'illumination sous rayonnement correspondant à la semi-transparence et à l'opacité de celui-ci, $B = \frac{S}{S_S}$, et sous rayonnement correspondant à la transparence et à l'opacité de celui-ci, $C = \frac{S_T}{S_S}$, l'échantillon étant constitué par une lame à faces sensiblement parallèles de matériau.

25 3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour un même point de l'échantillon du composant, les illuminations sous rayonnement de composantes spectrales différentes sont réalisées successivement dans un ordre quelconque.

30 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que pour un même point de l'échantillon du composant les illuminations sous rayonnement de composantes spectrales différentes sont réalisées simultanément.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit échantillon de matériau est constitué par une zone à faces sensiblement parallèles du composant.

5 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 précédentes, caractérisé en ce que ledit échantillon de matériau est constitué par une lame à faces parallèles en matériau constitutif dudit composant.

10 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que dans le but de déterminer l'épaisseur d du composant, l'illumination est effectuée sous incidence sensiblement normale.

15 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 et 7, dans lequel l'épaisseur d et/ou les coefficients g_1 , g_2 de l'échantillon sont tout d'abord déterminés.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'épaisseur de l'échantillon d étant obtenue le paramètre K_i ou toute fonction d'absorption du matériau ou $(K-K_m)$ représentatifs de la structure physico-chimique du matériau constitutif de l'échantillon est déterminé.

20 10. Dispositif de contrôle optique par réflexion d'un matériau ou composant semi-transparent constitué par celui-ci, caractérisé en ce qu'il comprend :

25 - des moyens d'illumination d'un échantillon dudit composant sous un rayonnement comportant au moins trois composantes spectrales différentes de longueur d'onde centrale λ_i , $1 \leq i \leq N$ où i représente l'ordre de la composante spectrale considérée et N un entier supérieur ou égal à 3.

30 - des moyens de détection des rayonnements réfléchis par ledit échantillon du composant et/ou matériau,

- des moyens de mesure des valeurs des intensités des rayonnements de composantes spectrales précitées émis I_i et réfléchis S_i par l'échantillon du composant et/ou matériau,

5 - des moyens de mémorisation des valeurs d'intensité précitées et de calcul des paramètres physiques du composant tels que épaisseur, état de surface et structure physico-chimique du composant
10 ou matériau à partir d'au moins trois mesures des intensités émises et réfléchies par résolution du système d'équations

$$R_i = \rho_{11} g_1 + \rho_{21} g_2 (1 - \rho_{11})^2 \tau_i^2$$

15 dans lesquelles :

R_i représente la réflectivité de l'échantillon pour la composante spectrale d'ordre i ,

ρ_{11} et ρ_{21} sont respectivement les coefficients de réflectivité milieu/matériau du dioptre avant et
20 matériau/milieu du dioptre arrière de l'échantillon,

g_1 et g_2 sont des facteurs géométriques, compris entre 0 et 1, sensiblement indépendants de i et caractéristiques de l'état de surface avant respectivement
25 arrière du matériau ou échantillon,

τ_i est la transmissivité du matériau constitutif de l'échantillon à la composante spectrale d'ordre i considérée, $\tau_i = e^{-K_i d}$ où K_i est le coefficient d'absorption du matériau à cette composante spectrale d'ordre i et d la longueur du trajet du rayonnement dans le matériau entre dioptrés avant et arrière du composant.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de détection et de mesure de l'intensité du rayonnement transmis par l'échantillon dudit composant et/ou matériau, lesdits moyens de détection étant susceptibles, sur déclenchement extérieur, de donner une mesure de l'intensité du rayonnement transmis par l'échantillon du composant ou matériau en au moins un point d'illumination de ce dernier.
12. Dispositif selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que les moyens d'illumination comportent une source de lumière composite.
13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite source permet l'illumination d'un échantillon du composant et/ou matériau sous un rayonnement de composantes spectrales correspondant à l'opacité, à la transparence et à la semi-transparence sensiblement sous des intensités correspondantes de valeur déterminée I_g , I_T , I .
14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que lesdits moyens de détection des rayonnements réfléchis par l'échantillon comportent :
- des moyens dispersifs permettant d'assurer la transmission et la séparation du faisceau en ses différentes composantes spectrales,
 - une pluralité d'éléments sensibles aux différentes composantes spectrales capables pour chacune des composantes spectrales émises réfléchies et transmises de délivrer un signal proportionnel à l'intensité de celles-ci
 - des moyens amplificateurs recevant les signaux délivrés par les éléments sensibles et

délivrant des signaux amplifiés.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que le rayonnement émis par la source est transmis par l'intermédiaire d'un modulateur, les moyens amplificateurs étant constitués par un amplificateur synchrone multivoie.

16. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les moyens de mesure des valeurs des intensités des rayonnements de composantes spectrales différentes comportent :

- des moyens convertisseurs analogiques-numériques recevant lesdits signaux délivrés par lesdits moyens amplificateurs,
- des moyens de mémorisation auxiliaires capables de mémoriser les signaux numériques délivrés par les moyens convertisseurs analogiques-numériques précités.

17. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 16, caractérisé en ce que les moyens de mémorisation et de calcul des paramètres physiques du matériau ou composant comportent un microordinateur et ses périphériques, le microordinateur étant interconnecté aux moyens de mémorisation auxiliaires et recevant les valeurs numériques représentatives des intensités précitées.

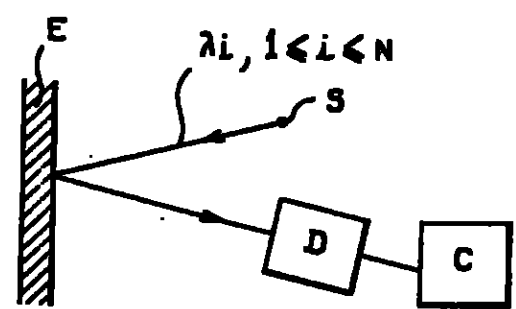


FIG. 1a

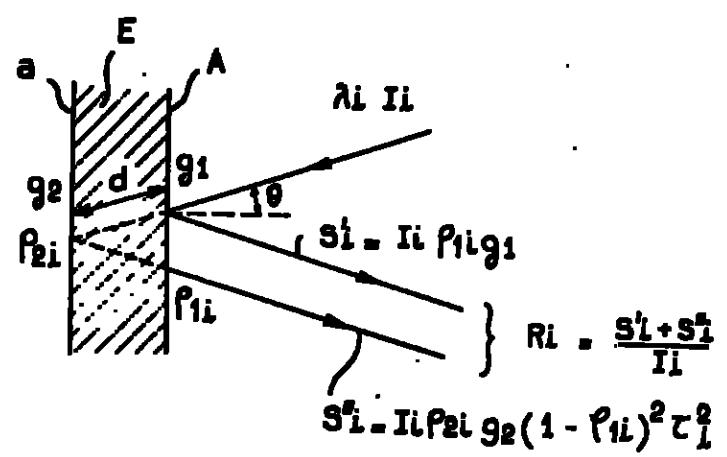
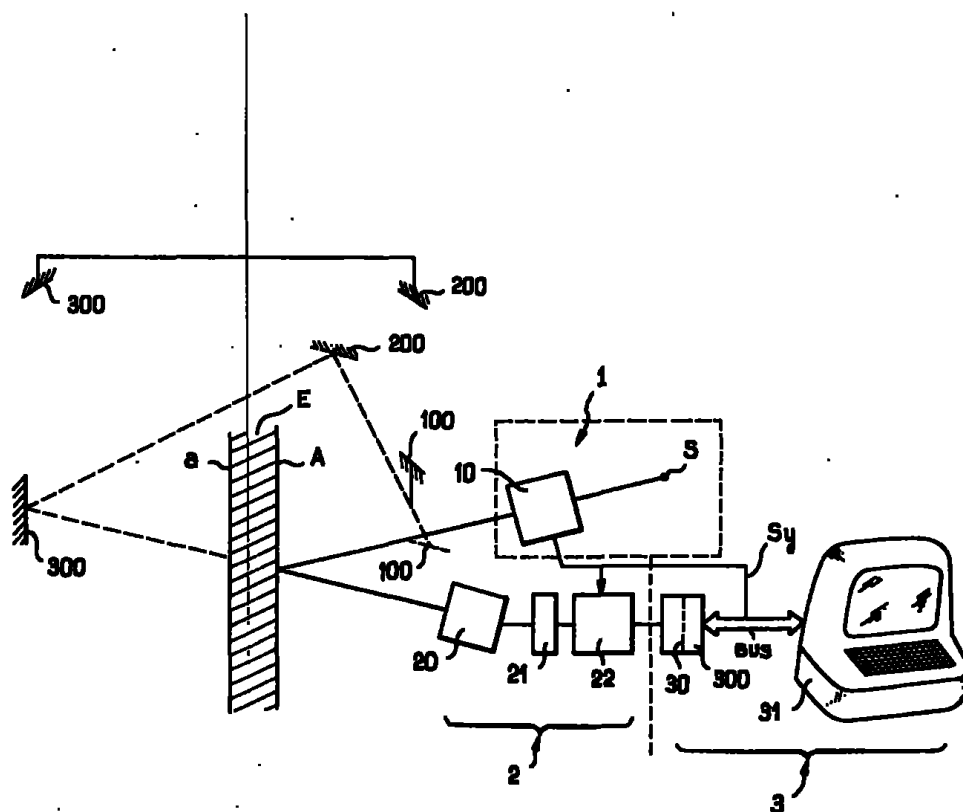


FIG. 1b



⑫ **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

⑬ Application number: **87304236.0**
⑭ Date of filing: **13.05.87**

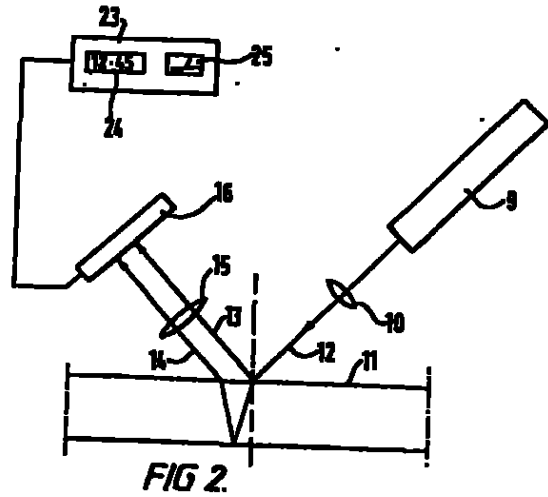
⑮ Int. Cl. 2: **G 01 B 11/06**
G 01 B 11/02

⑯ Priority: **14.05.86 GB 8611725**
⑰ Date of publication of application: **08.12.87 Bulletin 87/50**
⑱ Designated Contracting States:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑲ Applicant: **Tola, Walter Roland**
Greenlands Crowell Hill
Chinner Ocean (GB)
⑲ Applicant: **Betham, Richard**
41 Medway Parade Parkvale
Greenford Middlesex (GB)
⑳ Inventor: **Tola, Walter Roland**
Greenlands Crowell Hill
Chinner Ocean (GB)
⑳ Inventor: **Betham, Richard**
41 Medway Parade Parkvale
Greenford Middlesex (GB)
㉑ Representative: **Allsop, John Rowland**
Rowland Allsop & Co, Black Boy Yard 16 High Street
West Wycombe High Wycombe, Bucks. HP14 3AE (GB)

⑳ **Apparatus for determining the thickness of material.**

㉑ A glass plate thickness measuring instrument wherein a beam of radiation is impinged on the glass to provide a pair of beams reflected from the front and back surfaces of the glass plate respectively. The two beams are made to fall on a radiation responsive device in the form of a charge coupled device, which provides pulsed image outputs of the beams in the form of staircase waveforms of a truncated Gaussian distribution. Electronic circuit means, including microprocessor means, are employed to calculate the centre of gravity of an area under both waveforms above a threshold value, and the distance between the respective centres of gravity calculated to provide a measure of the thickness of the material.



EP 0 248 552 A1

146 +50

Apparatus for Determining the Thickness of Material

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a method and apparatus for the non-contact measurement of the thickness of a material such as glass plate or tube, which is inaccessible during production by virtue of its high temperature (say 6001, 500°C) thus precluding the use of a conventional contact method of measurement.

BACKGROUND OF THE INVENTION

10 In the manufacture of glass, the constituent materials required to form the glass are raised to a high temperature in a furnace. The materials are combined, in a molten state, and the resultant glass product is, in effect, a super cooled liquid.

15 In the molten state, the glass temperature is in the range of 1,000 to 1,500°C and flows fairly freely. It is in this state that it may be formed into bottles, phials, and tubes for use in fluorescent lighting, medical pipettes, surgical instruments, rods or lenses for optical instruments as well as glass sheets or panes for domestic, industrial and automotive applications. Specialist glass may be formed and ground into optical elements for use in telescopes, cameras and other types of photographic equipment.

25 The present invention is particularly directed to the measurement of thickness of glass be it in sheet, tube or rod form, as the thickness becomes critical from

the view point of meeting a particular specification in terms for example of maintaining safety standards with respect to its application.

In a typical glass works, the molten glass is extruded
5 in a vertical or horizontal line either in sheets, tubes or rods. It is at this stage that measurements are required to be performed on the molten product such as thickness, diameter or wall thickness as the case may be. The range of thickness primarily at issue with regard to the present
10 inventive technique would be in the order of a few microns up to 50mm although, the invention disclosed herein is not to be taken to be limited to this narrow field of application.

The idea of measuring the thickness of a transparent
15 material by determining the separation between the images or beams reflected from the front and rear surfaces of the material as the result of the impingement of a single beam of light directed at incidence onto the front face, wherein the separation is a measure of that thickness,
20 is already known.

In particular a thickness measuring apparatus designed for this purpose is disclosed in US Patent 3807870.

This prior system employs the use of an array of closely spaced light sensors which are arranged to intercept
25 the reflected beams, the distance between selective ones of the sensors receiving the beams being taken as a measure of the thickness of the material.

148-152

The light sensors, preferably in the form of photodiodes, are of extremely small dimension and produce electrical signals in accordance with the amount of light they receive from each reflected beam.

5 A scanning detector is employed electronically to scan the array and a trigger voltage is produced each time the signal exceeds a given threshold value. Thus a pair of trigger signals are produced during each scan and the time interval between the signals is used to
10 determine the thickness of the workpiece.

This prior system has not proved entirely successful mainly because of its inability to provide the accuracy of measurement required in many applications in the field.

SUMMARY OF THE INVENTION

15 It is an object of the invention to overcome the disadvantages of the prior art and to provide thickness measuring apparatus which is able to determine the thickness of a transparent workpiece to a high degree of accuracy and more inexpensively, due to its construction, than
20 with the known systems.

According to the invention there is provided apparatus for determining the thickness of a transparent workpiece comprising a source of radiation, means for directing a beam of radiation from said source to impinge on said
25 workpiece to produce a first reflected beam from a front surface of the workpiece and a second reflected beam from the back surface of the workpiece at a spacing there-

between, radiation responsive means in the path of said two beams and providing respective pulse wave outputs representative of the distribution of radiation falling on said radiation responsive means, and means for determining the centre of gravity of an area under each said pulse, the relationship between which centres of gravity provides a measure of the thickness of the material.

In contrast to the prior known system referred to herein, since each reflected beam image is analysed with respect to the mean distribution of radiation in an output pulse a much more accurate determination of workpiece thickness becomes possible.

Other features and advantages of the present invention will become apparent from the following description of preferred embodiments of the invention taken with reference to the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 illustrates how a beam of light directed at incidence onto a glass plate is split to provide a first reflected beam from the front surface and a secondary reflected beam from the back surface of the plate;

Figure 2 is a schematic diagram of one embodiment of thickness measuring instrument according to the invention;

Figure 3 is a representative waveform trace of the output from the instrument of Figure 2;

Figure 4 is a schematic diagram of another embodiment of thickness measuring instrument according to the invention;

150-154

Figure 5 is a schematic diagram of a further embodiment of a thickness measuring instrument according to the invention;

Figure 6 is a schematic diagram of another embodiment of a thickness measuring instrument according to the invention;

Figure 7 is a representative trace of the output from the instrument of Figure 6; and

Figure 8 is a block diagram of an electronic measuring system for use with the measuring instrument of the invention.

BEST MODES OF CARRYING OUT THE INVENTION

Before entering into specific detail concerning preferred ways and means of putting the invention into effect, it would be helpful to consider some basic optical theory with reference to Figure 1.

If a ray of light 2 falls on the face 3 of a glass plate 1 of thickness 'd' at an angle of incidence α to the normal N, then a little of the light will be reflected as ray 4, and a little refracted in the glass as ray 5. The refracted rays will suffer internal reflection 7 from the opposite face 6 of the glass 1 and emerge from face 3 as ray 8 parallel to and spaced a distance 8' from ray 4.

In effect the glass plate 1 acts to split the incoming beam 2 resulting in a double reflected image 4 and 8 of the incoming beam 2.

It can be shown by simple mathematics that the thickness

of the glass plate 'd' is given by:

$$d = \frac{s \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{\sin 2\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

where

- 5 's' is the perpendicular separation between the reflected ray 4 and the second reflected ray 8, and
'n' is the refractive index of the material of the glass.

Measuring apparatus according to one embodiment of the invention utilising this beam splitting effect
10 to determine the thickness of glass plate, is shown in Figure 2. It comprises a laser tube 9 which emits a fine beam of light 12. The beam 12 is conditioned through a lens system 10, and brought to focus on the surface of a glass plate 11 at such an angle of incidence that
15 part of the beam 12 is reflected as beam 13 and part of it will be refracted into the material and subsequently emerge as a secondary reflected beam 14 parallel to beam 13.

The beams 13 and 14 are focussed by lens 15 onto
20 a diode array 16. The diode array 16 consists of closely positioned opto-electronic elements providing electrical outputs proportional to the intensity of light falling on the respective elements in the array.

The elements in the array 16 are closely positioned

152456

to the extent for example of having 2,400 elements in a rectilinear array of 24mm.

5 The output of the linear diode array 16, may be viewed on an oscilloscope wave trace 17 of light intensity against beam position across the array as shown in Figure 3.

It will be observed that the waveform trace has two peaks 18 and 19 and a trough level 20.

10 The waveform trace is representative of the light distribution across the array 16 between and to either side of those diodes receiving the full intensity of the beams 13 and 14 corresponding to their respective central axes.

15 If the distance between the beams 13 and 14 is determined then it becomes possible, accurately, to calculate the thickness 'd' of the material in question.

20 The optimum way accurately to determine the distance between the beams 13 and 14 is to find, by calculation, the centre of gravity of the areas 21 and 22 above a predetermined threshold value, and determine electronically their distance apart which will then provide an accurate measurement of distance 's', and from this the thickness of the material in question.

25 In the Figure 2 embodiment the output from the diode array 16 is fed into an indicator unit 23. The indicator unit 16 is adapted to calculate firstly the centre of gravity of each of the areas 21 and 22 with respect to a threshold value of light intensity, and then compute

153 157

0248552

electronically the thickness of the material 'd' which is displayed directly in mm on a digital readout 24.

By presetting a required thickness 'd', a continuous deviation 25 of the material thickness may be displayed on the same instrument and appropriate corrections made to the line equipment as required.

The method and apparatus described above for measuring thickness of glass plate may equally well be applied to the measurement of wall thickness of glass tubes. This is exemplified in Figure 4. Here a measuring head 27 containing a laser tube, optics and diode array of the type shown in Figure 2, is mounted at some distance from a glass tube 26. A second head 29 equivalent to head 27, is mounted diametrically opposite the tube 26 performing a similar measurement on the other side of the tube. By combining the outputs from heads 27 and 29 in an electronic indicator unit 30, it is possible to determine the wall thickness of glass on two opposite sides on digital displays 31 and 32.

Subsequently by means of electronic calculation within the instrument 30 the overall diameter D_o of tube 26 may be displayed on a digital display 33, as well as the inner diameter D_i of the tube 26.

As a further extension of this invention, see Figure 5, it is possible to install several optical heads 34, 35, 36 and 37 around the periphery of tube 26. The output of these heads is fed into one central indicator or computer

bank 38 and, by scanning, the all round wall thickness of tube 26 may be determined by employing a CRT (cathode ray tube) 39 providing in graphic display, the exact cross-section and dimensions of the glass tube 26.

5 A further embodiment of the invention is shown in Figure 6. In this embodiment a laser beam 40 is projected onto the surface of a glass product in the form of a glass sheet 41 the laser beam being emitted from a laser source 42, through an optical lens system 43 which shapes
10 the beam 40 into the required format.

 Spaced beams 44 and 45 emerge from the plate 41 after reflection and internal refraction and reflection. The beams 44 and 45 are projected through an optical system 46 onto the face 47 of a square transparent prism
15 48 rotating about its central axis. The beams 44 and 45 are subsequently refracted through the material of the prism, and emerge from face 49.

 As the prism 48 rotates the beams 44 and 45 are scanned effectively past a photocell 50 which produces
20 an electrical output 51.

 The output of photocell 50 may be represented graphically on an intensity/time curve 52 as shown in Figure 7, the two peaks 52 and 53 of which represent the output of the photocell 50 during the time the beams 44 and 45
25 are projected past it.

 The intensity of the wave form in the troughs 54 is low or near zero, which represents the period at which

there is no light falling on the photocell.

The output 51 of the photocell 50 is fed into an electronic indicator/controller 57 which is adapted to process the photocell output electronically to determine the centres of gravity 55 and 56, with respect to predetermined threshold values, of Figure 7, of the areas underneath the curve, which is a function of the distance between the beams 44 and 45 from which the thickness of the glass plate may be calculated.

10 In a similar way as described earlier herein with reference to Figure 4, a number of these units operating on this principle may be used to measure the thickness of the glass sheets or tubes.

15 An electronic circuit, depicted in block form for purposes of illustration, for calculating the centre of gravity of the areas under the pulse wave outputs obtained from the measuring instruments above described is shown in Figure 8.

The split beams 58 and 59 emerging from the workpiece 20 60 are focussed by lens 61 onto a charged coupled device (CCD) 62 as shown, forming two corresponding images.

Because of defraction effects, these images are not infinitely narrow lines but have some width. In practise they are about 6 pixels wide and are of staircase 25 forms of a truncated Gaussian distribution.

156460

The CCD 62 has two analogue outputs A and B, channel A for odd numbered pixels, and channel B for the even numbered pixels.

The outputs A and B are connected via analogue circuits
5 63 to two analogue-to-digital convertors 64 and 65 which convert the outputs to 8-bit parallel binary outputs.

The convertors 64 and 65 alternatively drive the inputs of an octal buffer 66. A microprocessor 67 reads the octal buffer.

10 Specially designed control logic 68 detects each read operation of the microprocessor and provides the required control signal to the convertors 64, 65 and to the CCD 62. The value of each analogue electrical signal is important only at certain times when the respective
15 convertors 64 and 65 sample it.

The microprocessor 67 notes the value of the peak of each pulse (brightness or brightest part of the impinging beam) and the value of the background signal of nearby pixels.

20 The microprocessor 67 then calculates a threshold, and the average position of the area under the pulse which is above the threshold, giving each pixel a statistical weighting corresponding to its height above the threshold.

The microprocessor 67 calculates another threshold
25 for the other pulse and repeats the above calculations as for the first pulse.

In this way, the positions of the two pulses representing

157 #61

the split beam images 58 and 59 are determined, and the microprocessor 67 is able to calculate the distance 's' between their positions in arbitrary units.

5 The microprocessor 67 reads the calibration setting on the dual-in-line switches 68 and then calculates the distance 's' in units of 1 micron or 1/10 micron or in whatever units are required which appears at the output 68.

10 It then becomes possible to calculate the thickness of the workpiece under study from the information thus obtained and from the known refractive index of the glass and angle of incidence by using equation (1) previously referred to in this disclosure.

15 Glass manufacturers usually know the refractive index sufficiently accurately. The angle of incidence of the primary beam, be it from a laser source or other, is known because it is part of the design of the instrument and can be chosen so that slight errors in it have a negligible effect on the result.

20 By virtue of the method described above a more accurate determination of glass wall thickness is possible than with prior systems which assume that the two pulses have the same size and shape as each other. This assumption is incorrect.

25 The brightness of the two reflected sheets of light can differ for various reasons:

1. If the glass is a tube, then the two surfaces have

different radii of curvature so they reflect different amounts of light into the gauge.

2. If the glass has much less than 100% transmission.

3. Dirt and scratches affect the brightnesses.

5 4. If one surface is better in focus than the other because of its curvature or position.

The sensitivity of the various pixels in the CCD 62 varies from pixel to pixel. So, if the threshold used is similar to the brightness at a pixel on the leading
10 edge of either pulse, then an error of a whole pixel can result from this variation in sensitivity. This error is much reduced by the applicants method of finding the average position of the various pixels in the pulse. Irregularities in the optical flatness of the window
15 on the CCD, dirt and other defects in the optics and optical interference effects can produce similar greater errors. These errors are also greatly reduced by the averaging method herein disclosed.

CLAIMS

1. Apparatus for determining the thickness of a transparent
workpiece comprising a source of radiation, means
for directing a beam of radiation from said source
5 to impinge on said workpiece to produce a first reflected
beam from a front surface of the workpiece and a
second reflected beam from the back surface of the
workpiece at a spacing therebetween, radiation res-
ponsive means in the path of said two beams and providing
10 respective pulse wave outputs representative of the
distribution of radiation falling on said radiation
responsive means, and means for determining the centre
of gravity of an area under each said pulse, the
relationship between which centres of gravity provides
15 a measure of the thickness of the material.
2. Apparatus as claimed in claim 1 wherein said radiation
responsive means is a charge coupled device.
3. Apparatus as claimed in claim 2 wherein said deter-
mining means includes microprocessor means for computing
20 the average position of the various pixels of said
charge coupled device in the respective pulses whereby
to determine said centre of gravity, the distance
between which is a measure of the thickness of the
workpiece.
- 25 4. Apparatus as claimed in claim 3 wherein said micro-
processor means is adapted to compute a threshold

value, said area under each pulse being above said threshold value, which value is different for each said pulse.

- 5 5. Apparatus as claimed in claim 4 wherein said micro-processor provides an output representative of the distance between said centre of gravity of each pulse, and indicating means adapted to calculate and display workpiece thickness using the output of said micro-processor means.
- 10 6. Apparatus as claimed in claim 1 wherein said radiation source is a laser source.
- 15 7. Apparatus as claimed in claim 1 wherein said source and radiation responsive means are arranged in an optical housing and wherein, to measure the thickness of a workpiece in the form of glass tubing, a said optical housing is provided for disposing at the respective ends of a diameter of the tubing whereby to determine wall thickness of the tubing at opposite sides thereof.

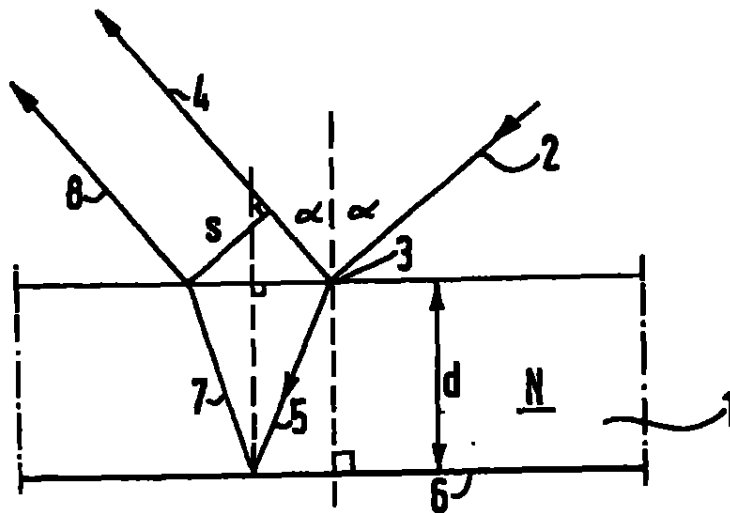


FIG.1.

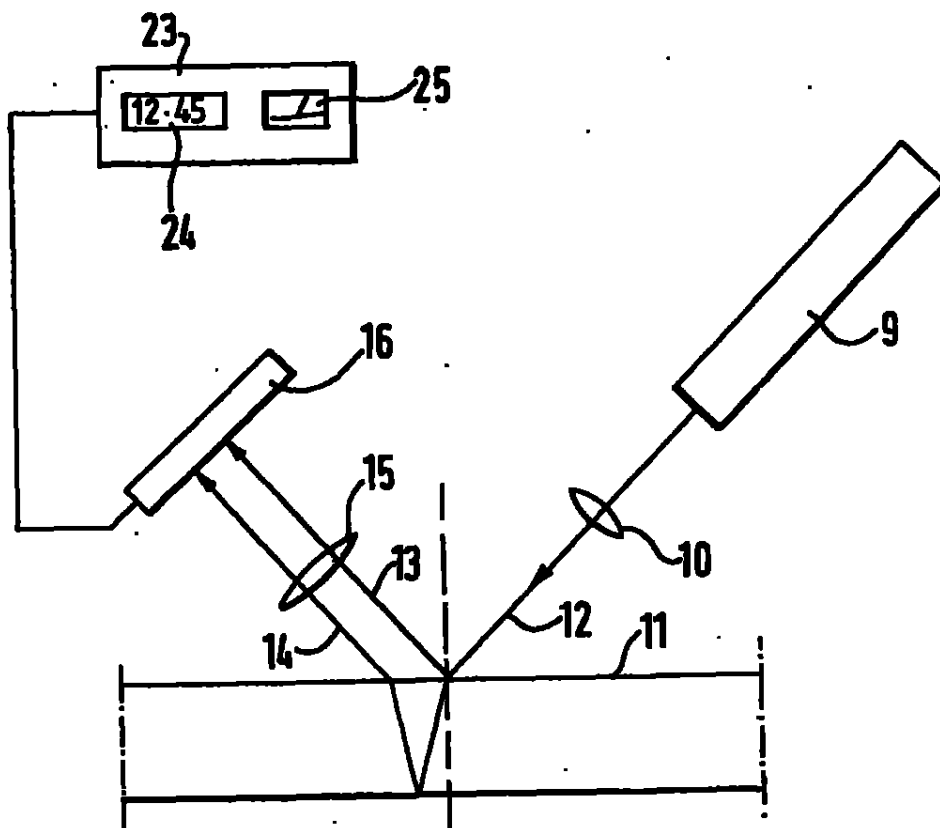


FIG. 2.

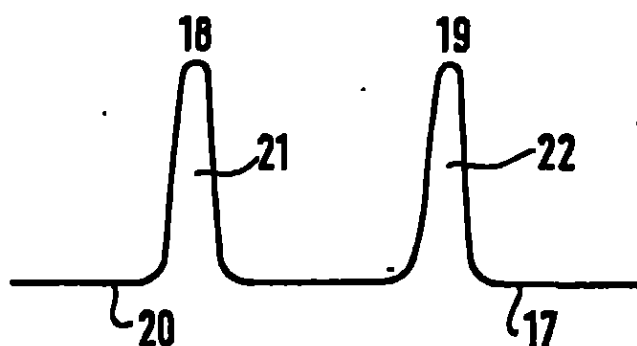


FIG. 3.

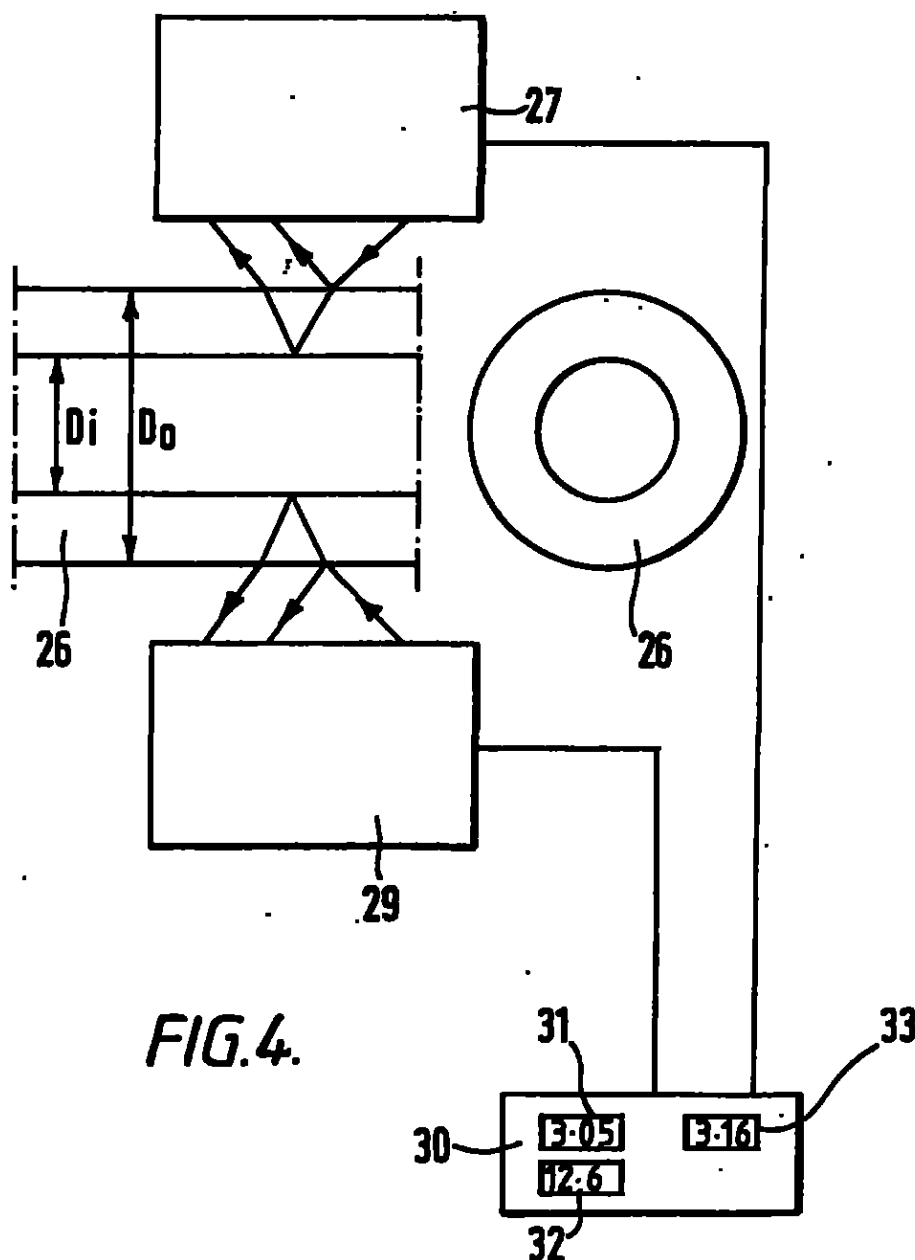


FIG. 4.

163
167

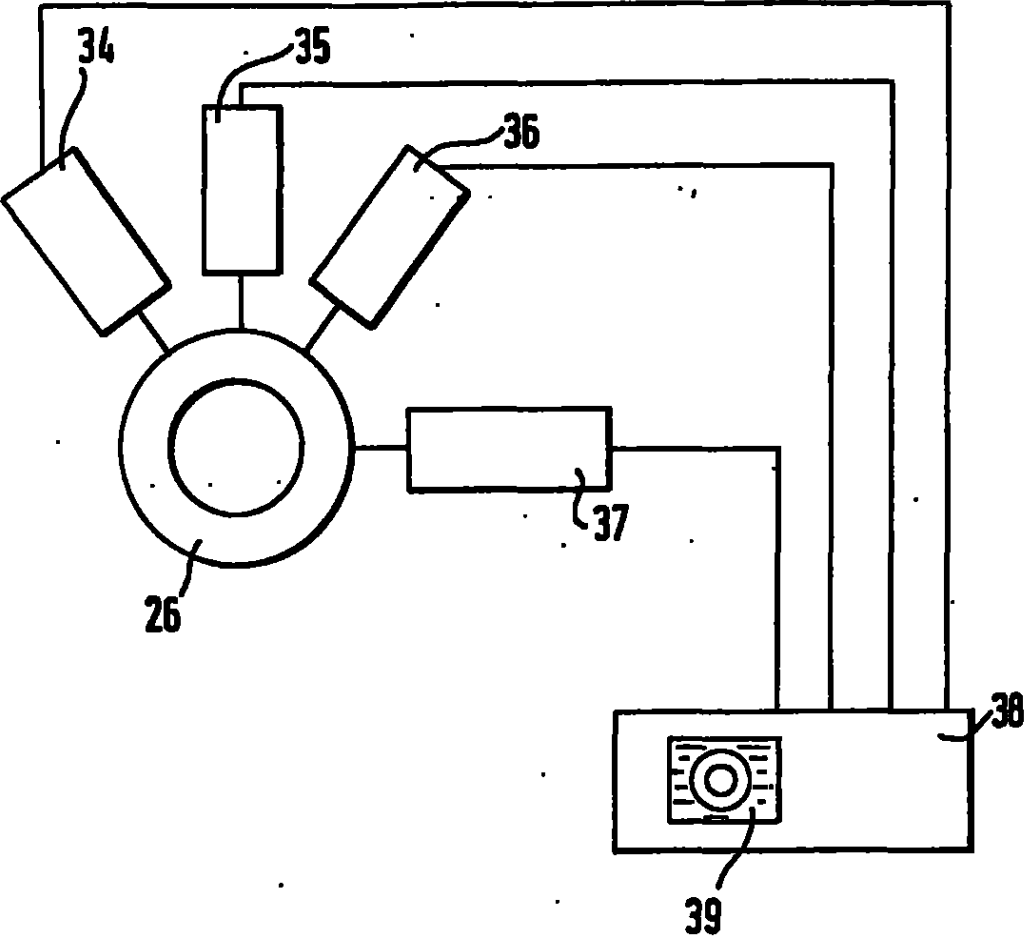
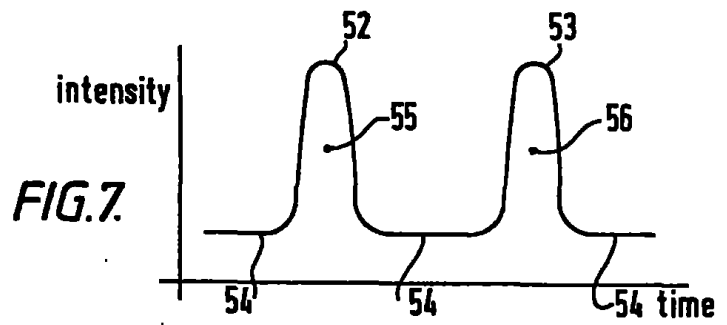
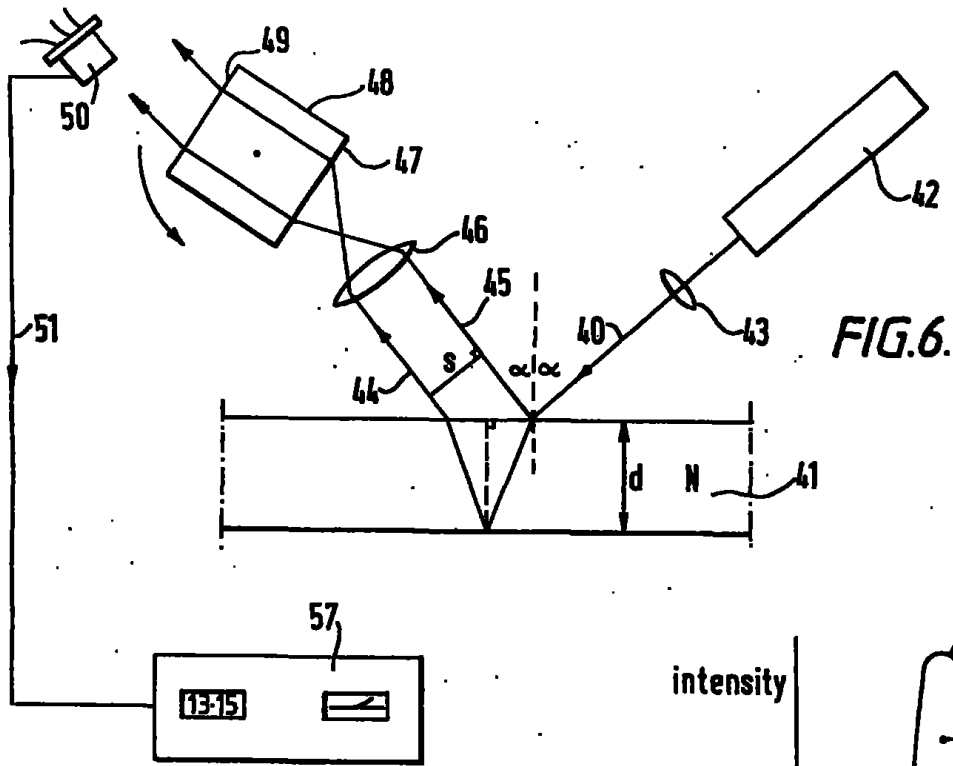
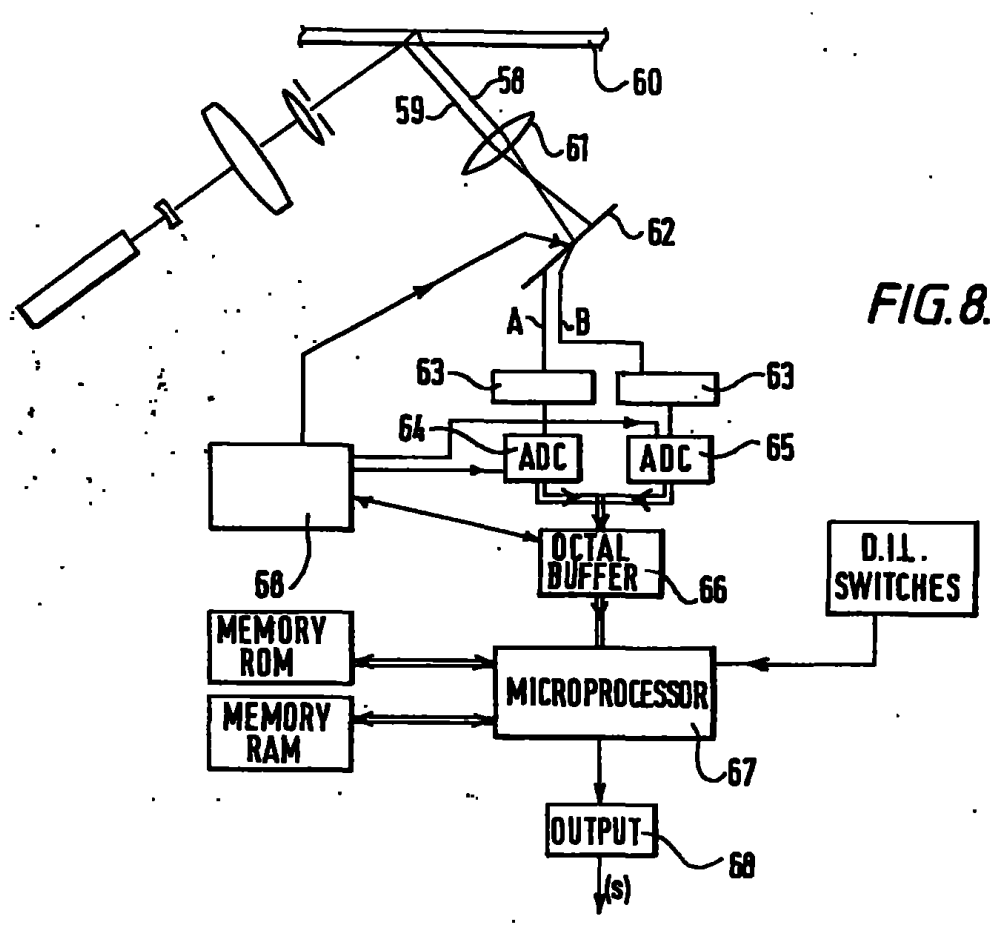


FIG.5.



0248552

0248552



Nou aingareicht / Newly filed
Nouvellement déposé

166-170



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Publication number: **0 584 673 A1**

EUROPEAN PATENT APPLICATION

Application number: 93112996.9 Int. Cl.⁴: G01B 11/06, G01B 11/02
Date of filing: 13.08.93

Priority: 18.08.92 US 932470
Date of publication of application:
02.03.94 Bulletin 94/09
Designated Contracting States:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

Applicant: OWENS-BROCKWAY GLASS
CONTAINER INC.
One Sea Gate,
30-LDP
Toledo, Ohio 43668(US)
Inventor: Juvinali, John W.
8200 Head-O-Lake Road
Ottawa Lake MI 49827(US)
Inventor: Ringlien, James A.
2210 Glenview Drive
Maumee, Ohio 43537(US)
Inventor: Kattler, Steven D.
9855 Wolfinger Road
Berkey, Ohio 43504(US)
Representative: Blumbach Weser Bergen
Kramer Zwimer Hoffmann Patentanwälte
Sonnenberger Strasse 100
D-65193 Wiesbaden (DE)

Measurement of transparent container wall thickness.

Apparatus (10) for measuring sidewall thickness of transparent containers (12) that includes a source (24) for directing a light beam (28) onto the outer surface (28) of the container sidewall (14) at an angle such that a portion (32) of the light beam is reflected from the outer sidewall surface (28), and a portion (32) is refracted into the container sidewall (14), reflected (36) from the inner sidewall surface (34) and then re-emerges (38) from the outer sidewall surface. A lens (40) is disposed between a linear array light sensor (42) and the container sidewall (14) for focusing light energy reflected from the outer and inner sidewall surfaces onto the sensor. The lens has an image plane in which the sensor is disposed and an object plane (OP) co-linear with the light beam (28). Electronics (22) is responsive to light energy incident on the sensor for determining wall thickness of the container between the inner and outer sidewall surfaces (28,34).

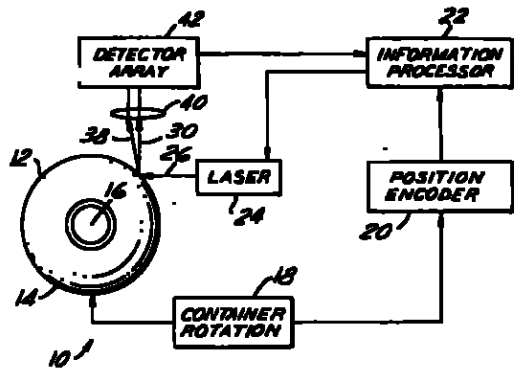


FIG. 1

EP 0 584 673 A1

Kot-771

The present invention is directed to inspection of transparent containers for commercial variations or defects that affect optical properties of the container walls, and more particularly to an apparatus and method or electro-optically measuring thickness of container walls (sidewalls, shoulder, neck, head and/or bottom).

Background and Objects of the Invention

In the manufacture of transparent containers of glass composition, for example, it is heretofore been proposed to measure sidewall thickness of the containers in order to detect thin areas that may affect ability of the containers to withstand pressurization and handling. In one container sidewall thickness gauge commercially employed by applicants' assignee, a radio frequency electrode is placed near the outer surface of the container wall, and the amplitude of the signal received at a coaxial pick-up electrode is related to container wall thickness. This technique is highly sensitive to distance between the pick-up electrode and the container wall surface, and the electrode is mounted on a wheel that rides on the container surface in order to control the electrode/surface separation. Mechanical contact with the container, and vibration at the probe when the container moves into position, cause a high failure rate at the electrode assembly.

European published application No. 0320138A2 discloses an electro-optical non-contact system for measuring sidewall thickness of transparent containers. A laser beam is directed to intersect the container outer wall surface at an angle of 37.5° to the container radius. A portion of the light beam is reflected from the outer surface of the container, and a portion is refracted into the container wall and is incident on the inner surface of the container wall. A portion of the light incident on the inner wall surface is again reflected to the outer wall surface and refracted out of the container sidewall. A Fresnel lens is disposed to direct light reflected from the inner and outer sidewall surfaces onto a linear array optical sensor, at which separation between the rays reflected from the inner and outer sidewall surface reflection points is proportional to sidewall thickness. The lens and sensor are positioned so that the outer surface reflection point and the virtual image of the inner surface reflection point are in the object plane of the lens, while the sensor array is in the image plane of the lens. That is to say that the linear array sensor is optically parallel to a line between the outer surface reflection point and the virtual image of the inner surface reflection point.

Although the technique disclosed in the noted European application reduces measurement sensitivity to deviations of the inner wall surface from

parallelism with the outer wall surface, it is highly sensitive to container position. That is, the disclosed technique is highly sensitive to separation between the measurement optics and the container wall surface, which is difficult to control in high-speed conveyor and inspection systems for mass production of transparent containers. It is therefore a general object of the present invention to provide an electro-optical apparatus and method for non-contact measurement of sidewall thickness in transparent containers that are substantially independent of container position relative to the measurement optics. Another object of the present invention is to provide non-contact sidewall thickness measurement apparatus and method that achieve the foregoing objects while maintaining reduced sensitivity to non-parallelism between the inner and outer sidewall surfaces. A further object of the present invention is to provide a transparent container sidewall thickness measurement apparatus and method of the described character that provide an output that simulates the output of the current radio frequency measurement gauge described above, so that the measurement apparatus may be employed in current container inspection systems without substantial modification to the remainder of the system.

Summary of the Invention

Apparatus for measuring sidewall thickness of transparent containers in accordance with the present invention includes a light source such as a laser for directing a light beam onto the outer surface of the container sidewall at an angle such that a portion of the light beam is reflected from the outer sidewall surface, and a portion is refracted into the container sidewall, reflected from the inner sidewall surface and then re-emerges from the outer sidewall surface. A light sensor preferably comprises a plurality of sensing elements disposed in a plane. A lens is disposed between the sensor and the container sidewall for focusing light energy reflected from the outer and inner sidewall surfaces onto the sensor. The lens has an image plane in which the sensor is disposed and an object plane co-linear with the incident light beam. Electronics is responsive to light energy incident on the sensor for determining wall thickness of the container between the inner and outer wall surfaces.

In the preferred embodiment of the invention, the lens has a limited aperture, preferably substantially equal to approximately 40° acceptance angle, for focusing light energy reflected from the inner container sidewall surface onto the sensor only when the inner surface is substantially parallel to the outer surface. The lens, sensor and detection

electronics thus possess enhanced responsiveness to the thinnest and thickest sections of the container sidewall. The light sensor in the preferred embodiment of the invention comprises a plurality of sensing elements disposed in a linear array parallel to the light beam incident on the container sidewall. Sidewall thickness is proportional to separation at the array between the portions of the light beam reflected from the outer and inner surfaces. The light beams and the linear array sensor are disposed in a plane perpendicular to the container surface at the impact point of the beam, and the container is rotated about its central axis. Preferably, the linear array sensor is scanned at increments of container rotation, and scan data is averaged over a plurality of scanned increments controllable by software, thereby simulating the output from the conventional rf gauge, which measures sidewall thickness over a larger area.

Brief Description of the Drawings

The invention, together with additional objects, features and advantages thereof, will be best understood from the following description, the appended claims and the accompanying drawings in which:

- FIG. 1 is a schematic diagram of a container sidewall thickness measurement apparatus in accordance with a presently preferred embodiment of the invention;
- FIG. 2 is a ray trace schematic diagram that illustrates operation of the embodiment of the invention illustrated in FIG. 1;
- FIG. 3 is a ray trace schematic diagram similar to that of FIG. 2 but illustrating operation in accordance with the prior art;
- FIGS. 4 and 5 are fragmentary ray trace schematic diagrams similar to that of FIG. 2, but on an enlarged scale, illustrating advantages of the present invention over the prior art; and
- FIG. 6 is a schematic diagram that illustrates detector output in accordance with the invention.

Detailed Description of Preferred Embodiment

FIG. 1 is a schematic diagram of an inspection station 10 for measuring sidewall thickness of transparent containers 12 having a substantially cylindrical sidewall 14 and a central axis 16. At station 10, container 12 is engaged by a drive wheel 18 or other suitable device for rotating the container about its central axis 16. Drive 18 is also connected to a position encoder 20 for providing a signal to an information processor 22 indicative of increments of container rotation. A laser or other suitable light source 24 is controlled by information processor 22 to direct a collimated beam 26 of

coherent light energy onto sidewall 14 of container 12 at a nominal angle of 45° to the container radius. As shown in FIG. 2, light beam 26 is incident at point A on the outer surface 28 of container sidewall 14, at which a portion 30 is reflected from outer surface 28 and a portion 32 is refracted into the container sidewall. Light beam portion 32 is incident at point B on the inner surface 34 of sidewall 14, from which a portion 36 is reflected back into the container sidewall to intersect the outer surface 28. Ultimately, a portion 38 of the light energy reflected from inner sidewall surface 34 emerges from outer surface 28.

Returning to FIG. 1, a lens 40 is positioned to intercept beam portions 30,38 reflected from the outer and inner surface reflection points A,B of container sidewall 14, and to focus such beam portions 30,38 onto a light sensor 42. Lens 40 may be a fresnel, holographic, plastic or glass lens; a multi-element glass lens is currently preferred. Preferably, sensor 42 comprises a plurality of light sensing elements or cells disposed in a linear array. Linear detector array 42 is disposed in the image plane of lens 40, which has an object plane OP (FIG. 2) co-linear with the axis of incident beam 26. Preferably, the object plane OP of lens 40 is imaged onto detector 42 at substantially 1:1 ratio. Laser 24, lens 40 and sensor 42 are disposed so that light beams 26,30,38 and the linear array of sensor 42 are all in a plane perpendicular to the surface of container 12 at the point of impact of the incident beam 26. The preferred angle of incidence of beam 26 is 45°. The optical axis of lens 40 bisects the nominal axes of reflected beams 30,38. Such an orientation is less sensitive to container wobble and deviations.

For purposes of comparison, FIG. 3 illustrates the position of the linear detector object plane PA relative to the various incident and reflected beams in accordance with the prior art European application discussed above. Incoming beam 26a is incident at point A at an angle of 37.5°, which is stated in the prior art to provide best results. The object plane PA of the focusing lens is co-linear with a line between the outer surface reflection point A and the virtual image Q of the inner surface reflection point B. It can be shown mathematically that the virtual image Q of the inner surface reflection point B in FIG. 3, and the point W at which the object plane OP intersects the container radius 44 in FIG. 2, are non-identical.

The present invention (FIGS. 1 and 2) provides enhanced ability over the prior art (FIG. 3) to measure sidewall thickness in containers that deviate from ideal or nominal geometry or position. FIG. 4 illustrates operation of the invention versus the prior art in a situation where the container sidewall 14 is displaced to the position 14a toward the

detection optics. At the nominal position of container sidewall 14, the outer surface reflection point A and the virtual image Q of the inner surface reflection point B are located on the object plane PA of the imaging lens in the prior art. However, when the container is displaced to the sidewall position 14a, the incoming beam is now incident at the point A' and the virtual image of the inner surface reflection point B' is displaced to the position Q'. Since the measurement device itself has not moved, the object plane PA of the lens remains at the same position, so that neither point A' nor Q' is in the object plane. There is thus an error at both reflection points because neither point A' or Q' is in the object plane. However, with the object plane OP positioned in accordance with the present invention, the outer surface reflection points A and A' are both disposed in the detector object plane, and the sole source of error is in the change of position of the inner surface reflection point. In the situation illustrated schematically in FIG. 4, the present invention obtains an approximately 85% reduction in measurement error.

FIG. 5 illustrates a container in which the sidewall 14 has a flat spot 14b in the outer sidewall surface. In this situation, it will be noted that neither the outer surface reflection point A nor the virtual image Q of the inner surface reflection point B lie in the detector object plane PA, once again creating two sources of measurement error. However, the outer surface reflection point A remains in the object plane OP in accordance with the present invention.

In sum, the prior art technique disclosed in the above-noted European application contains two sources of error relating to displacement of the outer surface reflection point and the virtual image of the inner surface reflection point from the object plane in various situations. However, in identical situations, the technique of the present invention contains only a single source of error, which has been found to be sufficiently small in practice to yield accurate readings not only on ideal containers, but on production containers within normal tolerances as well. The technique of the present invention thus provides a more accurate measurement of container sidewall thickness despite normal production deviations from ideal container position and sidewall contour.

Returning to FIGS. 1 and 2, lens 40 is positioned so that detector array 42 lies within the image plane of the lens, and the object plane OP of the lens is co-linear with beam 28 as previously described. Preferably, lens 40 (which may comprise a lens system) is of limited aperture so that the lens only accepts beam portions 38 reflected from the inner sidewall surface when the inner sidewall surface 34 is parallel or substantially par-

allel to the outer sidewall surface 28. This occurs at all local minimum and maximum thickness points, thereby creating a thin/thick spot detector in combination with the sensor electronics 22. In the preferred embodiment of the invention, the effective aperture of lens 40 is f1.4, or approximately 40° acceptance angle. With such an acceptance angle, the lens will capture light from a surface that can be tilted about - 10° from nominal. That is, both surfaces can tilt - 10° independently in vertical and/or horizontal directions. If the angle is greater than 10° in the plane of rotation, the system is non-responsive to the minimum and maximum thicknesses.

Detector array 42 is scanned by information processor 22 at increments of container rotation. FIG. 6 illustrates the output of detector array 42, providing a first peak 42a associated with reflected beam 30 from the outer surface and a second peak 42b associated with reflected beam 38 from the inner surface. Information processor identifies the weighted centerline of each peak 42a, 42b, and computes thickness 42c therefrom. Preferably, a variable width electronic filter in the information processor allows averaging of the thickness measurement in the horizontal direction over a selectable number of increments, which can be used to simulate a larger measurement area as in the prior art rf gauge described above.

The system of the invention may be employed in conjunction with any transparent material, and may measure sidewall, shoulder, neck, head or bottom thickness. Light source 24, lens 40 and array 42 may be mounted on a head that is movable with respect to the container. In this connection, it will be recognized that prior art techniques have encountered difficulty measuring wall thickness at radiused locations, such as shoulders and heels.

Claims

1. Apparatus (10) for measuring wall thickness of transparent containers (12) that comprises: means (24) for directing a light beam (28) onto the outer surface (28) of a container wall (14) at an angle such that a portion (30) of the light is reflected from the outer surface, and a portion (32) is refracted into the container wall and reflected from the inner wall surface (34), light sensing means (42) that includes at least one light sensor disposed in a plane, means (40) for focusing light energy reflected from said outer and inner wall surfaces (28, 34) onto said light sensing means (42), and means (22) responsive to light energy incident on said sensing means (42) for determining wall thickness of the container (12) between the inner and

120174

- outer wall surfaces (28,34),
characterized in that said focusing means (40) has an image plane in which said array (42) is disposed and an object plane (OP) co-linear with said light beam (26).
2. The apparatus (10) set forth in claim 1 wherein said sensing means (42) comprises a plurality of light sensors disposed in a linear array, wall thickness of the container being proportional to separation at said array between light energy reflected from said outer and inner wall surfaces (28,34).
3. The apparatus (10) set forth in claim 2 wherein said light beam (26) and said linear array (42) are disposed in a plane perpendicular to the container outer surface (28).
4. The apparatus (10) set forth in claim 3 wherein said means (22) for determining wall thicknesses of the container (12) comprises means for scanning said array at increments of container rotation, and means for averaging scan data over a plurality of said increments.
5. The apparatus (10) set forth in any preceding claim wherein said beam-directing means (24) comprises a laser.
6. The apparatus (10) set forth in any preceding claim wherein said angle is substantially equal to 45°.
7. The apparatus (10) set forth in any preceding claim wherein said focusing means (40) comprises a lens having an acceptance angle of approximately 40°.
8. A method of measuring sidewall thickness of a transparent container (12) having a substantially cylindrical sidewall (14) and a central axis (16) comprising the steps of:
(a) directing a light beam (26) onto the sidewall of a container at an angle such that a portion (30) of the light beam is reflected from the outer surface (28) of the container sidewall, and a portion (32) is refracted into the container sidewall and reflected from the inner sidewall surface (34),
(b) directing the light reflected from the outer and inner sidewall surfaces (28,34) onto a light sensor (42) with a lens (40) that has an image plane in which the sensor (42) is disposed and an object plane (OP) co-linear with the light beam (26) directed onto the container sidewall in said step (a), and

(c) measuring wall thickness as a function of separation at said sensor (42) between said light reflected from said outer and inner sidewall surfaces (28,34).

9. The method set forth in claim 8 comprising the additional step of: (d) rotating the container (12) about its central axis (16).
10. The method set forth in claim 9 wherein said step (c) comprises the steps of: (c1) scanning said sensor (42) at increments of container rotation, (c2) determining a wall thickness measurement at each said increment, and (c3) averaging thickness measurements determined in said step (c2) over a plurality of rotation increments.

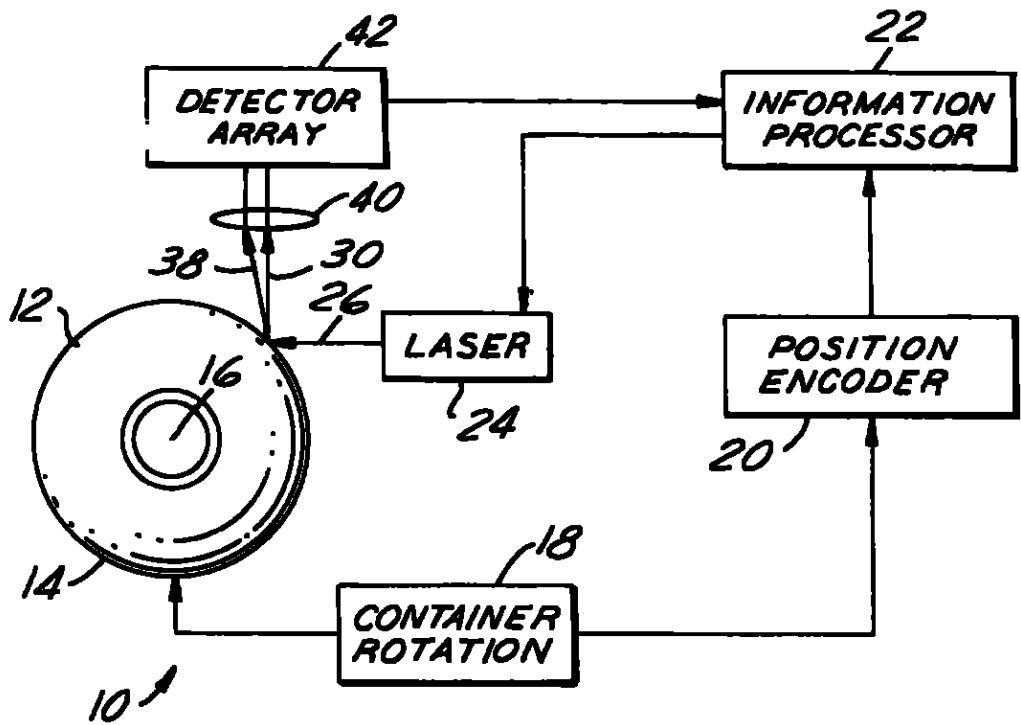


FIG. 1

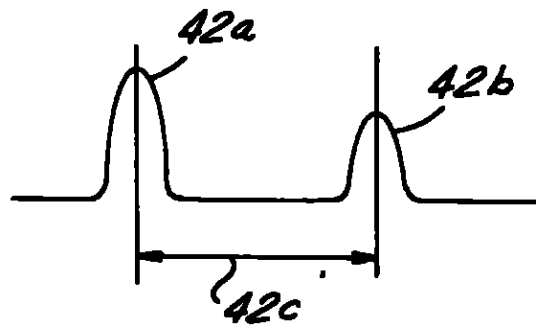


FIG. 6

17276



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Pat nts hrift
⑩ DE 43 02 688 C 1

⑤ Int. Cl.⁸:
G 01 M 11/08
G 01 N 21/90
B 07 C 5/10
B 65 G 49/06
// 885G 47/49

② Aktenzeichen: P 43 02 688.5-51
③ Anmeldetag: 1. 2. 93
④ Offenlegungstag: —
⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 25. 8. 94

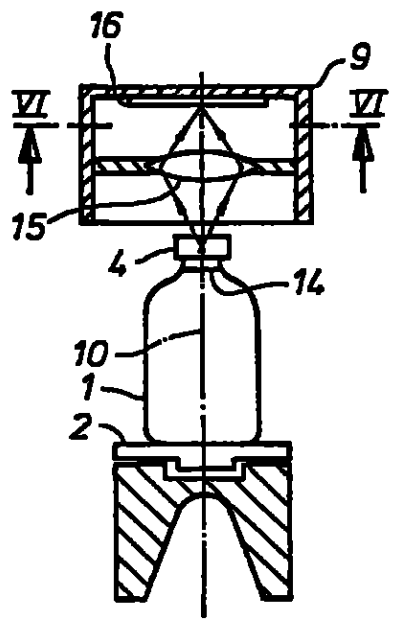
DE 43 02 688 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber: Fa. Hermann Häye, 31683 Obernkirchen, DE ⑧ Vertreter: Röse, H., Dipl.-Ing.; Koesel, P., Dipl.-Ing.; Sobiesch, P., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 37581 Bad Gandersheim	⑨ Erfinder: Fischer, Knut, 3262 Austal, DE ⑩ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften: DE 28 02 107 C2 DE-OS 28 08 491 DE-OS 23 39 314 DE-GM 81 01 835 EP 01 01 248 A2 EP 00 63 282 A1 Photonics Spectra, June 1990, S. 87-88;
--	--

⑭ Verfahren zur Prüfung der Maßhaltigkeit einer Behältermündung

⑮ Behälter (1) mit einer Mündung (4) werden auf einem Transportband (2) in einer Reihe kontinuierlich durch eine Prüfstation (8) hindurch bewegt. Zuvor wurde die Mündung (4) etwa bis zu einer waagerechten Ebene (14) aufgehebt. Die von der aufgehekten Mündung (4) ausgehende Infrarotstrahlung wird durch ein optisches System (15) auf eine Empfangsvorrichtung (16) projiziert. Die aus der Empfangsvorrichtung (16) gewonnenen elektrischen Signale werden ausgewertet und ggf. zum Aussortieren von Behältern (1) mit nicht maßhaltiger Mündung (4) verwendet.



DE 43 02 688 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung der Maßhaltigkeit der Mündung eines Behälters gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und 2.

Ein solches Verfahren ist aus der EP 63262 A1 bekannt. Aus der EP 63 262 A1 ist eine Prüfvorrichtung bekannt, mit der eine fehlerhafte Dichtfläche, aber auch andere Fehler an der Mündung eines Behälters aus Glas erkannt werden sollen. Dazu wird die Mündung von oben her durch eine Beleuchtungsanordnung direkt beleuchtet. Von der Mündung reflektiertes Licht wird durch ein zentrales Objektiv oberhalb der Mündung auf einen Umlenkspiegel und von dort auf eine axial einstellbare Empfangsvorrichtung mit auf einer Mattscheibe auf einem konzentrischen Kreis angeordneten Fotoempfängern projiziert. Dem Bild der Mündung entsprechende elektrische Ausgangssignale werden in eine Auswerteschaltung eingegeben, die einen Auswerfer für fehlerhafte Behälter steuert.

Aus der DE 26 08 491 A1 ist es bekannt, insgesamt heiße Glasbehälter zwischen der Glasformmaschine und dem Kühllofen daraufhin zu prüfen, ob sie auf dem Transportband aufrecht stehen oder schwerwiegende Fehler aufweisen. Dazu sind von einer Seite her vier, zweidimensional einstellbare, infrarotempfindliche Meßfühler auf den Prüfling gerichtet. Zwei der Meßfühler betrachten zum Prüfzeitpunkt jeweils einen Punkt des Prüflings außen am Übergang vom Hals zur Schulter. Bei einem guten Prüfling zieht ein dritter Meßfühler den Prüfling gerade nicht und ein vierter Meßfühler eben noch einen Punkt am Rumpf des Prüflings.

Aus der Zeitschrift "Photonics Spectra", Juni 1990, Seite 87 bis 96, ist es bekannt, mit einer Infrarotkamera Wärmestrahlung aufzunehmen, die ein überwachtes Objekt abgibt, was dort als passive Infrarotaufnahme bezeichnet wird; eine aktive Infrarotaufnahme wird auch erwähnt, bei der das Objekt mit Infrarotstrahlung aus einer gesonderten Quelle bestrahlt wird.

Aus der DE-OS 23 39 314 ist es bekannt, die Mündung einer Flasche von oben durch zwei diametral gegenüber angeordnete Glühlampen, die bekanntlich Infrarotlicht aussenden, in der Basis eines U-förmigen Trägers zu beleuchten. In den seitlichen Schenkeln des U-förmigen Trägers, die zur Prüfung axial über die Mündung gestülpt werden müssen, sind parallel zueinander, diametral gegenüberliegende und gegenseitig geschaltete Fotoelemente untergebracht. Bei einem Fehler an der Mündung ergibt sich eine entsprechende Spannungsdifferenz. U-förmiger Träger und Flasche benötigen eine Relativdrehung, um mehr als einen Durchmesser der Flasche auf Fehler zu prüfen.

Auch bei dem aus der DE 91 01 933 U1 bekannten Prüfkopf für Licht reflektierende Fehler in der Mündung eines Behälters, z. B. einer Flasche, aus Glas, einem glasähnlichen Stoff oder einem Kunststoff sind eine Relativdrehung und eine axiale Relativbewegung von Prüfkopf und Flasche erforderlich. Die Beleuchtung eines Risses erfolgt schräg von oben. Fehlerreflexe werden durch ein Optikelement in einer Schürze des Prüfkopfes auf einen Lichtempfänger in der Basis des Prüfkopfes umgelenkt.

Aus der DE 28 02 107 C2 ist es an sich bekannt, die Mündung eines um seine Längsachse rotierenden Glasbehälters auf Risse zu prüfen. Schräg von oben kann die Mündung durch Strahler mit Infrarotlicht beleuchtet werden, das auch frequenzmoduliert sein kann. Entsprechende Infrarotempfänger nehmen Rißreflexe auf.

Bei einem bekannten Verfahren (EP 101 246 A2) werden Verengungen und Taumelfehler des obersten Querschnitts des freien Innenraums der Mündung (siehe Objektbene des Strahlengangs des Linsensystems eines 5 Objekts einer Videokamera) festgestellt und entsprechende Fehlersignale zum Ausordern defekter Flaschen herangezogen. Lichtquellen strahlen Licht schräg von oben in den Rumpf der Flasche. Ein Teil dieses Lichts dringt bis zum Boden der Flasche vor, von wo wiederum nur ein Teil nach oben hin durch die Mündungsöffnung hindurch reflektiert wird. Das Objektiv der Videokamera nimmt diesen reflektierten Lichtteil, also den vorerwähnten obersten Querschnitt des freien Innenraums der Mündung, auf. Die Videokamera gibt 10 entsprechende elektrische Signale in eine Auswerteschaltung ein. Da auch Taumelfehler festgestellt werden sollen, ist eine Startlichtschranke zur Auslösung des Prüfungsvorgangs am Boden der Flasche eingerichtet. Dabei ist bei der Prüfung auf Verengungen der Mündung in Kauf genommen, daß die Mündung schon bei geringem Taumelfehler nicht mehr in der Prüfposition bezüglich der Videokamera zentriert ist. Das hat zur Folge, daß die Mündung verkleinert nur auf die Mitte des Bildfeldes der Videokamera projiziert werden muß, die Auflösung also verschlechtert wird. Außerdem ist die Licht- 25 ausbeute gering und läßt sich das Bild aufgrund schwieriger Reflexionsverhältnisse im Flascheninneren nur mit intelligenter und entsprechend aufwendiger Elektronik auswerten. Diese Auswertung ist teuer oder vergleichsweise langsam.

Ausgehend von dem Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und 2 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, dieses Verfahren derart weiterzubilden, daß eine sichere und schnelle Prüfung der äußeren Maßhaltigkeit der Mündung kostengünstig ermöglicht wird.

Diese Aufgabe ist durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst. Die Mündung stellt hier bei der Prüfung einen Selbststrahler dar, dessen Infrarotstrahlung durch die Empfangsvorrichtung aufgenommen und nachfolgend ausgewertet wird. Bei dieser Auswertung wird die Außenkontur der Mündung auf Maßhaltigkeit geprüft. Gegenstand der Prüfung ist insbesondere, ob diese Kontur kreisförmig ist und einen Soll-Durchmesser einhält. Die Empfangsvorrichtung kann in jedem Fall unschwer 30 so abgestimmt werden, daß sie optimal empfänglich für diejenige Infrarotstrahlung ist, die von der Mündung bei der Prüfung ausgesandt wird. Vorzugswise stehen die Behälter auf einem Transportband, während sie durch die Prüfung hindurchbewegt werden. Bei diesem Prüfverfahren erscheint die als Selbststrahler wirkende Mündung auf der Empfangsvorrichtung als ein helles Mündungsbild, das sich deutlich von einem dunklen Hintergrund abhebt. Dieser dunkle Hintergrund wird durch Bereiche des Behälters geschaffen, die in axialer Richtung hinter der Mündung liegen. Dabei handelt es sich außen um die sogenannte Schulter des Behälters. Auf diese Weise entsteht außen an dem Mündungsbild eine markante Hell/Dunkelgrenze, die eine sichere Beurteilung der äußeren Maßhaltigkeit der 35 Mündung gestattet.

Die Aufgabe ist, wie zuvor erwähnt, auch durch die Merkmale des Anspruchs 2 gelöst. Hier wird zumindest der sich an die Mündung anschließende seitlich über die Mündung hinaus erstreckende Bereich des Behälters zum Selbststrahler, der auf der Empfangsvorrichtung ein helles Bild erzeugt. Von diesem hellen Bild hebt sich das hier dunkle Bild der Mündung deutlich ab. Es entsteht eine äußere Hell/Dunkelgrenze, die eine sichere

Beurteilung der äußeren Maßhaltigkeit der Mündung gestattet. Im übrigen sind in diesem Fall die prinzipiellen Vorteile die gleichen wie bei der Ausführungsform nach Anspruch 1.

Die Temperaturdifferenz gemäß Anspruch 3 reicht für die meisten praktischen Fälle ohne weiteres für eine sichere Prüfung der äußeren Maßhaltigkeit aus.

Grundsätzlich ist anzustreben, daß der wärmere Teil des Behälters in Umfangsrichtung auf zumindest annähernd gleiche, erhöhte Temperatur eingestellt wird.

Dieses Ziel läßt sich z. B. gemäß Anspruch 4 erreichen. Der Heiztunnel kann mit mehreren Wärmestrahlern ausgestattet sein, die bei Bedarf auf den in Laufrichtung vorderen und hinteren Teil der Mündung besonders gerichtet und fokussiert sein können.

Das Ziel einer in Umfangsrichtung gleichmäßig erhöhten Temperatur läßt sich auch gemäß Anspruch 5 erreichen. Die Temperaturausgleichsdauer oder Rückerhitzungsdauer schafft selbst dann einen in Umfangsrichtung gleichmäßigen Temperaturausgleich an dem wärmeren Teil des Behälters, wenn zuvor örtlich sehr unterschiedlich aufgeheizt wurde. Es ist in diesem Fall das Optimum hinsichtlich der Länge der Temperaturausgleichsdauer und der an sich unerwünschten Dissipation von Wärme aus dem wärmeren Teil des Behälters bis zum Zeitpunkt der Prüfung zu finden.

Die Temperaturdifferenz läßt sich auch gemäß Anspruch 6 schaffen. Dies gilt insbesondere bei der Neuherstellung von Behältern aus schmelzflüssigem Glas. Diese Behälter werden in dem der Glasformmaschine nachgeschalteten Kühllofen z. B. nur verhältnismäßig wenig heruntergekühlt, so daß sie mit einem noch hohen Temperaturniveau der erfindungsgemäßen Prüfung zugeführt werden. Vor dieser Prüfung kann dann durch örtliche Kühlung die für die Prüfung erforderliche Temperaturdifferenz hergestellt werden.

Die Merkmale des Anspruchs 7 bieten den besonderen Vorteil, daß hier gleichzeitig mehrere Außendurchmesser der Mündung regelrecht ausgemessen werden können.

Die Erfindung wird in der Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 die Draufsicht auf eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach der Erfindung,

Fig. 2 die Schnittansicht nach Linie II-II in Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,

Fig. 3 die Schnittansicht nach Linie III-III in Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,

Fig. 4 eine der Fig. 2 entsprechende Schnittansicht durch eine andere Ausführungsform der Vorrichtung,

Fig. 5 eine der Fig. 2 entsprechende Schnittansicht durch eine wiederum andere Ausführungsform der Vorrichtung und

Fig. 6 die Ansicht gemäß Linie VI-VI in Fig. 3 auf die Empfangsvorrichtung in vergrößerter Darstellung.

In Fig. 1 werden Behälter 1 aus Glas auf einem Transportband 2 in einer Transportrichtung 3 in einer Reihe stehend kontinuierlich bewegt. Jeder Behälter 1 weist eine Mündung 4 mit einem Innendurchmesser 5 und einem Außendurchmesser 6 auf, dessen Maßhaltigkeit geprüft werden soll. Es geht dabei insbesondere darum festzustellen, ob die Mündung 4 außen kreisrund ist und ob der Außendurchmesser 6 innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs liegt.

Jeder Behälter 1 durchläuft zunächst einen Heiztunnel 7, in dem die Mündung 4 aufgeheizt wird. Die Aufheizung geschieht in dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch eine Anzahl Wärmestrahler 8, die (vgl. auch

Fig. 2) die Mündung 4 von oben und von der Seite her bestrahlen. Einige der Wärmestrahler 8 können bei Bedarf auch auf die in der Transportrichtung 3 vorderen und hinteren Bereiche der Mündung 4 gerichtet und ggf. fokussiert sein. So läßt sich erreichen, daß die Mündungen 4 am Ende des Heiztunnels 7 schon über den Umfang eine verhältnismäßig gleiche erhöhte Temperatur gegenüber dem Rest des Behälters 1 aufweisen. Bei jedem oder ausgesuchten Wärmestrahler 8 kann in nicht gezeichneter Weise der Wärmequelle eine Sammellinse zur Verbesserung der Wärmeausnutzung und zur Fokussierung der Wärmestrahlung nachgeschaltet sein.

Nach dem Verlassen des Heiztunnels 7 gelangt jeder Behälter 1 auf dem Transportband 2 in eine in Fig. 1 gestrichelt eingetragene Prüfposition in einer Prüfstation 9 mit einer Längsachse 10. Eine Strecke 11 vom Ende des Heiztunnels 7 bis zur Längsachse 10 hat eine Temperaturausgleichsdauer zur Folge. Die Größe der Temperaturausgleichsdauer kann durch Wahl der Größe der Strecke 11 größer oder kleiner gehalten werden. Ziel ist es, den zu prüfenden Behälter 1 gerade dann in der Längsachse 10 eintreffen zu lassen, wenn seine Mündung 4 über den Umfang eine möglichst gleichmäßige Temperatur aufweist. Die Strecke 11 soll andererseits so kurz wie möglich sein, damit die der Mündung 4 in dem Heiztunnel 7 aufgeprägte Wärme sich nicht unnötig wieder verflüchtigt, bevor der Behälter 1 die Längsachse 10 erreicht.

Besonders kurz kann die Strecke 11 dann gehalten werden, wenn alternativ der Mündung 4 ein über den Umfang differenziertes Wärmebild aufgeprägt wird. Z. B. kann eine örtliche Erwärmung der Mündung 4 dergestalt erfolgen, daß das Bild jeder örtlichen Erwärmung später in der Prüfstation 9 auf einer der Linearanordnungen 22 gemäß Fig. 6 liegt.

In der Prüfstation 9 wird in später zu beschreibender Weise festgestellt, ob die Maßhaltigkeit der Mündung 4 gegeben ist oder nicht. Sollte die Mündung 4 nicht maßhaltig sein, wird diese Information elektronisch verarbeitet und schließlich damit eine als Auswerfer ausgebildete Aussortiervorrichtung 12 gesteuert. Die Aussortiervorrichtung 12 ist normalerweise hinter der Prüfstation 9 angeordnet und stößt den Behälter 1 mit nicht maßhaltiger Mündung in an sich bekannter Weise seitlich von dem Transportband 2. Als Aussortiervorrichtung kann z. B. die in Fig. 1 eingezeichnete doppelt wirkende Kolben-Zylinder-Einheit benutzt werden.

Fig. 2 verdeutlicht, wie die Wärmestrahler 8 die Mündung 4 des Behälters 1 oben und seitlich umgeben. Der Heiztunnel 7 weist unten auf jeder Seite eine durchgehende, streifenartige Blende 13 auf, die verhindert, daß Wärmestrahlung auch unterhalb der Mündung 4 auf den Behälter 1 trifft. So wird lediglich die Mündung 4 etwa bis zu einer in Fig. 1 eingetragenen waagerechten Ebene 14 aufgeheizt, während der Rest des Behälters 1 kühler bleibt.

Gemäß Fig. 3 wird die Infrarotstrahlung der Mündung 4 durch ein optisches System 15 aufgefangen und auf eine Empfangsvorrichtung 16 nach oben hin projiziert. Zweckmäßigerweise wird die Empfangsvorrichtung 16 nur in dem Augenblick aktiviert, wenn sich der zu prüfende Behälter 1 in der Prüfposition coaxial mit der Längsachse 10 befindet. Dies kann in an sich bekannter Weise z. B. durch eine Startlichtschranke geschehen, die durch den zu prüfenden Behälter 1 unterbrochen wird.

In allen Zeichnungsfiguren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszahlen versehen.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 wird der unterhalb der waagerechten Ebene befindliche Teil des Behälters 1, also nicht die Mündung 4, durch die Wärmestrahler 8 bestrahlt. Auf jeder Seite verhindert eine durchgehende streifenförmige Blende 17, daß Wärmestrahlung auch den Bereich des Behälters 1 oberhalb der waagerechten Ebene 14 trifft.

Gemäß Fig. 4 kann sowohl ein sich seitlich über die Mündung 4 hinaus erstreckender Bereich 18 des Behälters 1, als auch sein Boden 19 über das Temperaturniveau der Mündung 4 hinaus aufgeheizt werden.

Wenn nur eine Aufheizung des seitlichen Bereichs 18 gewünscht wird, können die in Fig. 4 eingezeichneten drei untersten Wärmestrahler 8 auf jeder Seite des Behälters 1 fortgelassen werden oder ausgeschaltet bleiben.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 hat der gesamte Behälter 1 nach dem Verlassen des Kühlrofens noch eine verhältnismäßig hohe Temperatur, die im Bereich der Mündung 4 oberhalb der waagerechten Ebene 14 abgesenkt wird. Dies geschieht in dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch seitlich angeordnete Kühlköpfe 20, denen jeweils in Pfeilrichtung ein Kühlfluid, insbesondere Kühlluft, zugeführt wird. Das Kühlfluid verläßt die Kühlköpfe 20 in Richtung der eingezeichneten Pfeile und umströmt die Mündung 4. Zweckmäßigerweise sind mehrere Paare von Kühlköpfen 20 in der Transportrichtung 3 (Fig. 1) hintereinander angeordnet, um die Kühlwirkung zu verbessern. Im Endstadium ergibt sich auch gemäß Fig. 5 ein Behälter 1, dessen Bereich unterhalb der Ebene 14 eine um ein vorherbestimmbares Maß höhere Temperatur als die Mündung 4 hat, wie dies auch gemäß Fig. 4 der Fall ist.

Bei der Empfangsvorrichtung 16 gemäß Fig. 6 ist eine Gruppe 21 von Linearanordnungen 22 mit jeweils mehreren Empfangselementen 23 vorgesehen. Jede Linearanordnung 22 erstreckt sich radial bezüglich der Längsachse 10 und ist in einem Abstand von der Längsachse 10 angeordnet. Die Linearanordnungen 22 befinden sich auf einem zu der Längsachse 10 konzentrischen Kreis in Umfangsabstand voneinander. Jeder Linearanordnung 22 sind zwei Reihen von Anschlußpunkten 24 für die einzelnen Empfangselemente 23 zugeordnet. Die Anschlußpunkte 24 sind durch eine Platine 25 der Empfangsvorrichtung 16 auf deren Rückseite durchgeführt und dort über gedruckte Leitungsbahnen mit Anschlüssen 26 verbunden, die wiederum auf die Vorderseite der Platine 25 zurückgeführt sind. Dort bilden die Anschlüsse 26 an sich bekannte Flachkabelverbinder, die jeweils über ein Flachkabel 27 mit einem Rechner 28 einer Auswerteschaltung 29 verbunden sind. Bei Feststellung einer nicht maßhaltigen Mündung steuert die Auswerteschaltung 29 über eine Leitung 30 die Aussortier Vorrichtung 12 (vgl. Fig. 1).

In Fig. 6 ist auch ein Teil des Mündungsbildes 31 eingezeichnet, das praktisch aus einem Ring besteht. Das Mündungsbild 31 wird außen von einer Hell/Dunkelgrenze 32 und innen von einer Hell/Dunkelgrenze 33 begrenzt. Die Anordnung ist so getroffen, daß normalerweise von jeder Linearanordnung 22 noch wenigstens ein Empfangselement 23 außerhalb des Mündungsbildes 31 und wenigstens ein Empfangselement 23 innerhalb des Mündungsbildes 31 liegt, wenn sich der zugehörige Behälter in seiner Prüfposition koaxial mit der Längsachse 10 befindet. Unabhängig davon, ob nach den vorerwähnten Varianten das Mündungsbild 31 nun hell oder dunkel ist, kann der Rechner 28 durch Auszählen der durch das Mündungsbild 31 überdeckten Emp-

fangselemente 23 oder der jenseits des Mündungsbildes 31 liegenden Empfangselemente 23 jeder Linearanordnung 22 feststellen, ob die Mündung maßhaltig ist oder nicht. Dazu ist der Rechner 28 in beliebiger Weise frei programmierbar. Durch solche Vorprogrammierung kann festgelegt werden, wie viele Empfangselemente 23, in der Regel Fotoempfänger, zum Prüfzeitpunkt beleuchtet oder dunkel sein müssen, um noch eine gute Mündung zu ergeben. Von besonderer Bedeutung ist bei dieser Art der Empfangsvorrichtung 16, daß hiermit nicht nur geprüft werden kann, ob die Mündung 4 außen maßhaltig ist, sondern daß außerdem gemessen und quantitativ festgestellt werden kann, wie gut oder wie schlecht die betreffende Mündung ist. Dieses Messen geschieht durch das erwähnte Auszählen der jeweils beleuchteten oder abgedunkelten Empfangselemente 23 durch den Rechner 28. Dank der radialen Orientierung der Linearanordnungen 22 können hier nicht nur außen zu kleine oder zu große Mündungen, sondern auch ovale Mündungen festgestellt werden. In allen Fällen ist die gleichzeitige oder parallele Abfrage sämtlicher Linearanordnungen 22 im Prüf- bzw. Meßzeitpunkt und damit eine besonders schnelle Prüfung bzw. Messung möglich.

Anstelle der in Fig. 6 gezeigten Gruppe 21 der Linearanordnungen 22 könnte die Empfangsvorrichtung 16 auch eine kreisförmige Anordnung von Empfangselementen oder eine an sich bekannte Videokamera aufweisen. Bedingung ist stets, daß die verwendeten Empfangselemente für diejenige Infrarotstrahlung sensibler sind, die von dem wärmeren Teil des Behälters 1 abgestrahlt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Prüfung der Maßhaltigkeit der Mündung (4) eines Behälters (1) aus Glas oder einem anderen Stoff, wobei die Behälter (1) in einer Reihe kontinuierlich durch eine Prüfstation (9) hindurchbewegt werden, wobei in der Prüfstation (9) in einer Prüfposition oberhalb der zu prüfenden Mündung (4) ein optisches System (15) angeordnet ist, durch das ein Bild (31) der Mündung (4) auf Empfangselemente (23) einer Empfangsvorrichtung (16) projiziert wird, wobei dem Bild (31) der Mündung (4) entsprechende elektrische Ausgangssignale der Empfangselemente (23) in eine Auswerteschaltung (29) eingegeben werden, und wobei durch die Auswerteschaltung (29) eine Aussortier Vorrichtung (12) für Behälter (1) mit nicht akzeptabler Mündung (4) gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine differenzierte Temperierung des Behälters (1) dergestalt vorgenommen wird, daß die Mündung (4) bei der Prüfung wärmer als der Rest des Behälters (1) ist, daß die Empfangselemente (23) der Empfangsvorrichtung (16) zum Empfang von Infrarotstrahlung von der Mündung (4) ausgebildet sind, und daß eine Außenkontur der Mündung (4) durch die Empfangselemente (23) gegen den kälteren Rest des Behälters (1) geprüft wird.
2. Verfahren zur Prüfung der Maßhaltigkeit der Mündung (4) eines Behälters (1) aus Glas oder einem anderen Stoff, wobei die Behälter (1) in einer Reihe kontinuierlich durch eine Prüfstation (9) hindurchbewegt werden, wobei in der Prüfstation (9) in einer Prüfposition

oberhalb der zu prüfenden Mündung (4) ein optisches System (15) angeordnet ist, durch das ein Bild (31) der Mündung (4) auf Empfangselemente (23) einer Empfangsvorrichtung (16) projiziert wird, wobei dem Bild (31) der Mündung (4) entsprechende elektrische Ausgangssignale der Empfangselemente (23) in eine Auswerteschaltung (29) eingegeben werden, und wobei durch die Auswerteschaltung (29) eine Aussortiervorrichtung (12) für Behälter (1) mit nicht akzeptabler Mündung (4) gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine differenzierte Temperierung des Behälters (1) dergestalt vorgenommen wird, daß zumindest der an die Mündung (4) anschließende, sich seitlich über die Mündung (4) hinaus erstreckende Bereich (18) des Behälters (1) bei der Prüfung wärmer als die Mündung (4) ist, daß die Empfangselemente (23) der Empfangsvorrichtung (16) zum Empfang von Infrarotstrahlung von dem wärmeren Teil des Behälters (1) ausgebildet sind, und daß eine Außenkontur der Mündung (4) durch die Empfangselemente (23) gegen den wärmeren Bereich (18) des Behälters (1) geprüft wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperierung des Behälters (1) dergestalt vorgenommen wird, daß der wärmere Teil des Behälters (1) bei der Prüfung etwa 50°C über der Temperatur des Restes des Behälters (1) liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der wärmere Teil des Behälters (1) seine erhöhte Temperatur in einem Heiztunnel (7) erhält.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der wärmere Teil des Behälters (1) durch örtliche Aufheizung des Behälters (1) erzeugt wird, und daß zwischen die Aufheizung und die Prüfung eine Temperaturlagezeit eingelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der wärmere Teil des Behälters (1) durch Kühlung des Restes des Behälters (1) geschaffen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangselemente (23) der Empfangsvorrichtung (16) auf einem zu der optischen Achse des optischen Systems (15) konzentrischen Ring als Linearanordnungen (22) mit jeweils mehreren Empfangselementen (23) beabstandet voneinander angeordnet sind, daß jede Linearanordnung (22) zumindest radial bezüglich der optischen Achse angeordnet ist, daß in der Prüfposition außerhalb der äußeren Hell/Dunkelgrenze (32) des Mündungsbildes (31) einer Mündung (4) mit guter Außenkontur jeweils nur eine vorgegebene Anzahl der Empfangselemente (23) jeder Linearanordnung (22) vorgesehen wird, und daß jedes Empfangselement (23) mit einem Rechner (28) der Auswerteschaltung (29) verbunden wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

177/81

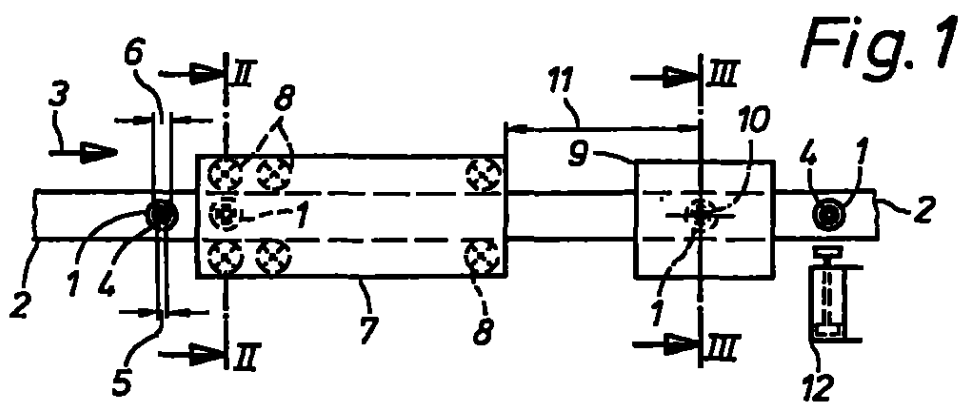


Fig. 1

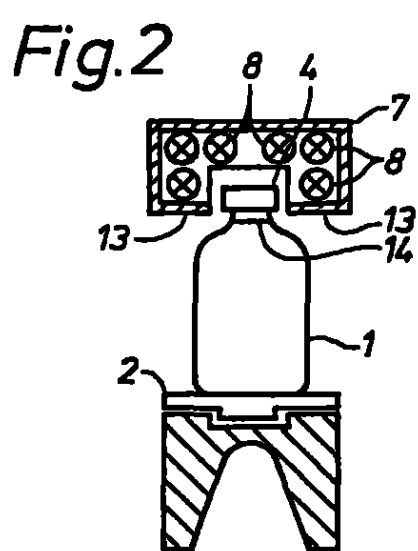


Fig. 2

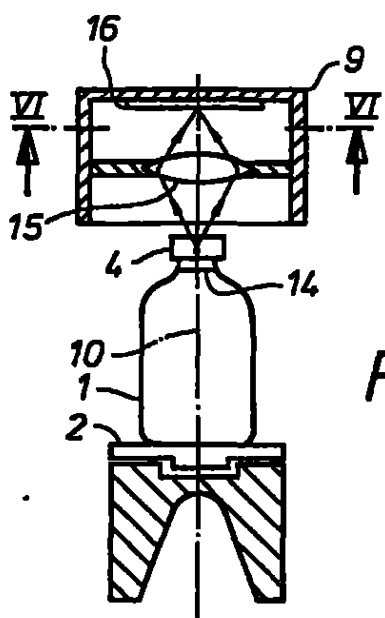


Fig. 3

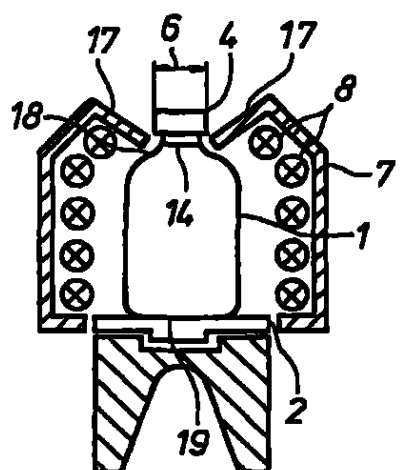


Fig. 4

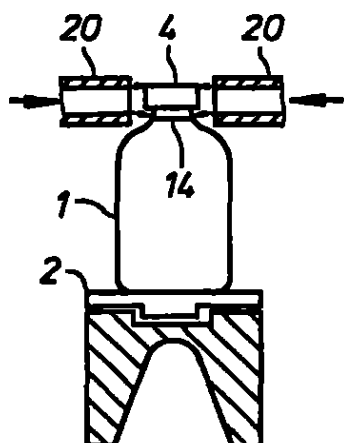


Fig. 5

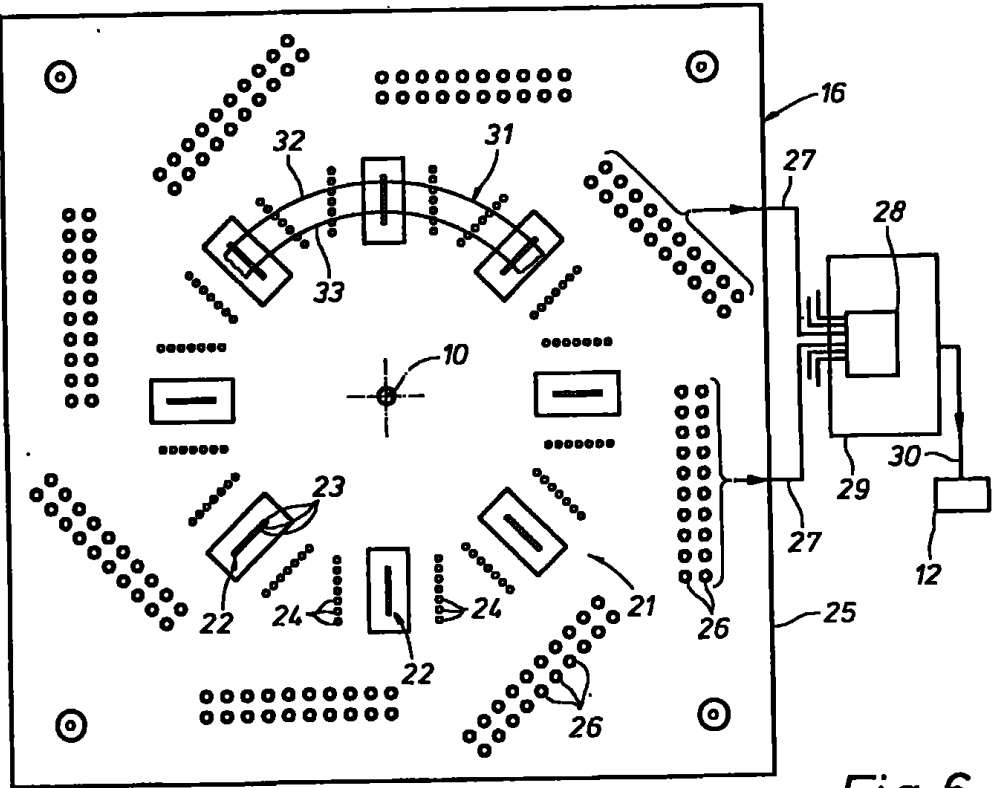


Fig. 6