

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 703**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/90** (2006.01)  
**G01N 21/88** (2006.01)  
**G01N 21/51** (2006.01)  
**G01N 21/21** (2006.01)  
**G01N 15/1433** (2014.01)  
**G01N 15/1434** (2014.01)  
**G01N 15/00** (2014.01)  
**G01N 15/14** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2017** E 17184327 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** EP 3312592

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para detectar burbujas de aire en un recipiente lleno de líquido**

30 Prioridad:

**21.10.2016 DE 102016012585**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**27.11.2024**

73 Titular/es:

**KÖRBER PHARMA INSPECTION GMBH (100.0%)  
Lilienthalstr. 8  
85570 Markt Schwaben, DE**

72 Inventor/es:

**HALBINGER, WERNER;  
ZIEGLER, MARC;  
BÖHME, ANDREAS y  
RIPKE, LENNART**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 989 703 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento para detectar burbujas de aire en un recipiente lleno de líquido

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo para detectar burbujas de aire en un recipiente lleno de líquido y a un procedimiento dirigido a ello. Se utilizan sistemas de inspección totalmente automáticos basados en el procesamiento de imágenes en diversos ámbitos técnicos, como la industria farmacéutica, la industria de las bebidas o la industria de los semiconductores, con el fin de detectar productos defectuosos y extraerlos del proceso de producción posterior, como el envasado, el llenado o la entrega.
- 10 El sistema de procesamiento de imágenes mencionado suele estar compuesto por uno o varios sensores ópticos (por ejemplo, cámaras CCD/CMOS) y está equipado con componentes ópticos adicionales (por ejemplo, lentes), líneas de señales y una unidad de evaluación asistida por ordenador para las señales analógicas o digitales registradas por el sensor.
- 15 Cuando se inspeccionan recipientes transparentes (por ejemplo, jeringuillas, viales, ampollas) con productos líquidos que también son transparentes, burbujas de aire suelen ser la principal causa de falsos descartes (False Reject, FR). El falso descarte se refiere, a este respecto, a la clasificación errónea como defectuoso de un producto en realidad correcto, lo que lleva a retirarlo del proceso de producción. Puede tratarse a este respecto de burbujas de aire ascendentes/en movimiento en el volumen de líquido o burbujas de aire adheridas a la pared interior del recipiente. Las burbujas de aire pueden interpretarse erróneamente como partículas, suciedad, inclusiones, arañazos o grietas (etc.). Las burbujas de aire pueden producirse durante el llenado como resultado de la manipulación mecánica o por procesos internos (químico-físicos). La cantidad de burbujas de aire y su tiempo de permanencia pueden variar mucho en función de las propiedades del producto. La presencia de burbujas de aire durante la inspección significa que, o bien la sensibilidad de la inspección es limitada, o bien aumenta la tasa de falsos descartes. Tanto los falsos descartes resultantes de una interpretación errónea como las posibles "devoluciones", que se producen, por ejemplo, durante una comprobación por parte del cliente, pueden suponer considerables costes adicionales para la empresa fabricante.
- 20
- 25
- 30 Los enfoques hasta la fecha para diferenciar entre burbujas de aire y defectos se basan casi exclusivamente en la medición de los objetos. En este sentido se utilizan propiedades como "redondez", "tamaño" o "expansión". Sin embargo, estas solo funcionan de forma poco fiable y, por tanto, no permiten hacer una distinción clara. Independientemente de esto, se suelen utilizar diversos enfoques para evitar o eliminar las burbujas de aire, pero estos alcanzan rápidamente sus límites o, en ocasiones, aumentan considerablemente los costes de una instalación.
- 35 Por los documentos EP 2 295 100 A2 y DE 10 2012 205 311 A1 se conocen dispositivos ópticos, por medio de los cuales pueden inspeccionarse ópticamente líquidos que se encuentran en recipientes y pueden detectarse faltas de homogeneidad, tales como burbujas de aire. Los recipientes son irradiados, a este respecto, por medio de varias fuentes de luz de diferentes longitudes de onda y se capturan y analizan imágenes de los líquidos, en donde los rayos de luz de las distintas fuentes de luz discurren paralelos entre sí.
- 40 El documento EP 0 429 086 A1 divulga un dispositivo de inspección con una iluminación de campo oscuro, que puede comprender una o más fuentes de luz. También puede estar previsto a este respecto la posibilidad de utilizar un área de la unidad de iluminación no empleada para la iluminación de campo oscuro como fuente de luz adicional para una iluminación de campo claro, que difiere de la iluminación de campo oscuro en cuanto a color o polarización.
- 45 El documento DE 10 2010 012570 A1 divulga un dispositivo para inspeccionar recipientes llenos con un primer dispositivo de radiación que dirige radiación sobre el líquido que se ha de analizar situado en el recipiente, con un equipo de captación de imágenes que capta al menos una parte de la radiación dirigida sobre el líquido desde el primer dispositivo de radiación y reflejada o dispersada por el recipiente, en donde el equipo de captación de imágenes está diseñado para captar una imagen con resolución espacial, en donde el dispositivo presenta al menos otro equipo de radiación u otro equipo de captación de imágenes, en donde los equipos de radiación y el equipo de captación de imágenes están dispuestos de tal manera que el líquido se observa bajo al menos dos trayectorias de captación de imágenes diferentes.
- 50
- 55 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es prever un dispositivo y un procedimiento, respectivamente, que superen las desventajas antes mencionadas del estado de la técnica. Esto se consigue con un dispositivo que presente todas las características de la reivindicación 1 o con un procedimiento según la reivindicación 12.
- 60 El dispositivo de acuerdo con la invención para detectar burbujas de aire en un recipiente lleno de líquido comprende, a este respecto, una unidad de iluminación para irradiar el recipiente con luz y una unidad de grabación para grabar una imagen del recipiente irradiado por la unidad de iluminación, en donde la unidad de iluminación comprende al menos dos fuentes de luz que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización y/o por otra propiedad óptica.

De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende además una unidad de evaluación que está diseñada para inferir la presencia de una burbuja de aire sobre la base de una disposición específica de los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz y distinguibles entre sí cuando se evalúa la imagen de la unidad de grabación.

- 5    Está previsto además de acuerdo con la invención que los rayos de luz de las al menos dos las fuentes de luz en una zona de inspección para un recipiente no discurren paralelos entre sí.

10   Más bien, los haces de rayos pertenecientes a una determinada fuente de luz tienen un ángulo con respecto a cada uno de los demás haces de rayos de las demás fuentes de luz. Preferiblemente, este desfase angular de los haces de rayos de las al menos dos fuentes de luz solo está presente en un plano común.

15   Con ayuda de la unidad de iluminación, cuyas fuentes de luz individuales están codificadas espectralmente o son distinguibles entre sí por su polarización, es posible detectar de forma fiable burbujas de aire en un líquido contenido en un recipiente. La razón de ello es que las burbujas de aire en un volumen de líquido son esféricas o, cuando se adhieren a la pared lateral, semiesféricas. Las burbujas de aire actúan entonces como lentes cóncavas de diferentes tamaños y distancias focales. Por el contrario, las partículas de vidrio, difíciles de distinguir de las burbujas de aire, en particular las esferas de vidrio, actúan como lentes convexas, de modo que los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz de la unidad de iluminación, que son distinguibles entre sí, se desvían en direcciones opuestas dependiendo de si atraviesan una partícula de vidrio o una burbuja de aire. Esto se debe a las relaciones en cada caso diferentes de las densidades ópticas entre sí, es decir, aire ( $n_L=1$ ), agua ( $n_W=1,33$ ) y vidrio ( $n_G=1,5$ ).

20   Este efecto puede aprovecharse a la hora de valorar si una burbuja de aire o una partícula extraña, como un cuerpo de vidrio, está contenida en el líquido, por las al menos dos fuentes de luz, que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización.

25   Según la invención, la unidad de grabación está situada de tal manera que los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz no penetran en el área de grabación de la unidad de grabación, o tienen una intensidad continua o uniforme en el área de grabación, cuando atraviesan el recipiente exento de burbujas de aire u otras partículas extrañas.

30   En otras palabras, los rayos de luz emitidos por las dos fuentes de luz no llegan a la unidad de grabación, por ejemplo, si no son desviados por partículas extrañas en el líquido del recipiente. En este sentido hay excepciones para las zonas de borde del recipiente, ya que la superficie de base de un recipiente o el cierre también pueden desviar los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz hacia la unidad de grabación.

35   Si los rayos que normalmente no llegan a la unidad de grabación inciden sobre una burbuja de aire o una partícula de vidrio, en el caso de la burbuja de aire tendrá lugar una desviación necesariamente en dirección a la unidad de grabación, lo que permitirá reconocer la presencia de una burbuja de aire o de una partícula de vidrio. En una etapa posterior, es posible entonces reconocer la presencia de una burbuja de aire. Como ya se ha explicado anteriormente, para ello se aprovecha la propiedad de una burbuja de aire en un líquido, según la cual esta actúa como una lente cóncava. La presencia de una burbuja de aire puede inferirse entonces con la ayuda de las dos fuentes de luz distinguibles y su ángulo de incidencia específico sobre la zona de inspección en la que se encuentra un recipiente que ha de analizarse.

45   En cuanto a las consideraciones anteriores, no es absolutamente necesario que las trayectorias de los rayos de las al menos dos fuentes de luz no lleguen al campo de grabación de la unidad de grabación cuando se inspecciona un recipiente exento de burbujas de aire o partículas extrañas, ya que cualquier desviación de los rayos de luz causada por burbujas de aire u otras partículas (por ejemplo, partículas de vidrio) se traduce en un aumento detectable de la intensidad de los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz.

50   Como ya se ha explicado anteriormente, una burbuja de aire en un líquido actúa como una lente cóncava y, por tanto, provoca una desviación específica de los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz, lo cual es detectado por la unidad de evaluación.

55   Esto permite inferir la presencia de una burbuja de aire.

Según una modificación opcional de la invención, la unidad de iluminación comprende tres fuentes de luz que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización.

60   Según otro perfeccionamiento de la invención, la unidad de grabación es una cámara a color y/o una cámara con uno o más filtros de polarización. Esto permite captar los rayos de luz de varias fuentes de luz simultánea o consecutivamente y enviar esta información a una unidad de evaluación. También pueden utilizarse para la evaluación imágenes captadas en rápida sucesión, por ejemplo, a través de diferentes filtros polarizadores.

Según la invención, el recipiente puede estar dispuesto entre la unidad de iluminación y la unidad de grabación, y la unidad de iluminación y la unidad de grabación están orientadas la una hacia la otra, preferiblemente con el fin de proporcionar una iluminación al trasluz del recipiente.

5 Con la iluminación al trasluz, es habitual que una parte de la luz emitida por la unidad de iluminación atraviese el recipiente y solo entonces llegue a la unidad de grabación.

Preferiblemente, el dispositivo comprende una lente dispuesta en la trayectoria de los rayos desde la unidad de iluminación hasta la unidad de grabación y diseñada para dirigir los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz de la unidad de iluminación más o menos en paralelo sobre una zona de inspección de un recipiente. Puede estar previsto a este respecto que la lente sea una lente cilíndrica, una lente de Fresnel y/o una lente cilíndrica de Fresnel.

Al prever una lente, es posible prever varias fuentes de luz espacialmente distanciadas entre sí cuyos rayos de luz se dirigen por medio de la lente a una zona de inspección común en la que están presentes todos los rayos de luz de las distintas fuentes de luz conforme a las modificaciones explicadas anteriormente. Por lo tanto, es posible a este respecto que los rayos de luz de las respectivas fuentes de luz en la zona de inspección no discurren paralelos entre sí, sino que formen juntos un ángulo.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, exactamente una de las al menos dos fuentes de luz está dispuesta en el punto focal de la lente, en donde las restantes fuentes de luz de la unidad de iluminación están dispuestas a una distancia de la misma en el mismo lado de la lente que la fuente de luz dispuesta en el punto focal. Preferiblemente, las demás fuentes de luz están distanciadas de la que está en el punto focal.

Según una modificación opcional de la invención, cada una de la pluralidad de fuentes de luz de la unidad de iluminación es una luz lineal, en donde al orientar las luces lineales unas respecto a otras, las direcciones longitudinales de estas pueden ser paralelas, pero no idénticas entre sí.

Una luz lineal se caracteriza por su forma lineal y por la irradiación de luz que emite, en cuyo caso se irradia una luz a lo largo de una dirección longitudinal de la luz lineal. Preferiblemente, la luz lineal de una fuente de luz respectiva está dispuesta en paralelo a un eje cilíndrico de una lente cilíndrica dispuesta en la trayectoria de los rayos desde la unidad de iluminación hasta la unidad de grabación.

Además, las múltiples luces lineales pueden estar dispuestas desplazadas en una dirección perpendicular al eje cilíndrico de la lente cilíndrica.

Según otro perfeccionamiento de la invención, una primera de las fuentes de luz tiene el color rojo, una segunda de las fuentes de luz tiene el color verde y una tercera de las fuentes de luz tiene el color azul.

Con este esquema de colores, es posible que la unidad de grabación sea una cámara a color RGB que tenga un patrón de Bayer en RGB, por ejemplo.

Según una variante preferida de la invención, el recipiente que se va a comprobar es total o parcialmente transparente y puede ser, por ejemplo, una jeringa, un vial o una ampolla. Preferiblemente, el líquido presente en el recipiente que se va a someter a la comprobación es un líquido transparente.

La invención también se refiere a un procedimiento para detectar burbujas de aire en un recipiente lleno de líquido, que se lleva a cabo con un dispositivo según una de las variantes anteriores. En el procedimiento, el recipiente se irradia con una unidad de iluminación, se capta una imagen del recipiente irradiado por la unidad de iluminación mediante una unidad de grabación y la imagen se evalúa mediante una unidad de evaluación. Además, el recipiente es irradiado por al menos dos fuentes de luz de la unidad de iluminación, que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización. De acuerdo con la invención, los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz no discurren paralelos entre sí en una zona de inspección del recipiente y, cuando atraviesan el recipiente exento de burbujas de aire u otras partículas extrañas, no penetran en la zona de grabación de la unidad de grabación o tienen una intensidad continua o uniforme en el área de grabación de la unidad de grabación.

Según la invención, la presencia de una burbuja de aire se infiere al evaluar la imagen sobre la base de una disposición específica de los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz y que son distinguibles entre sí.

Según una modificación opcional de la invención, la presencia de una burbuja de aire se infiere si la imagen representa una disposición específica de los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz y que son distinguibles entre sí, que se corresponde con el posicionamiento de la disposición real de un subconjunto de las fuentes de luz o de todas las fuentes de luz de la unidad de iluminación.

En la siguiente exposición de las figuras se ponen de manifiesto otras características, ventajas y particularidades. A

este respecto, muestran:

- Fig. 1: tres ejemplos de recipientes llenos de líquido, cada uno con una burbuja de aire en el líquido,  
Fig. 2: una estructura esquemática de un ejemplo de realización del presente dispositivo según la invención,  
5 Fig. 3: el curso de los rayos de las múltiples fuentes de luz cuando inciden sobre una burbuja de aire y una representación esquemática de una imagen grabada de una unidad de grabación,  
Fig. 4: el curso esquemático de los rayos de luz de las múltiples fuentes de luz cuando inciden sobre una partícula de vidrio y la ilustración esquemática de la unidad de grabación,  
Fig. 5: una imagen de la unidad de grabación con un recipiente lleno de agua que ha sido agitado,  
10 Fig. 6a-b: vistas de un recipiente para ilustrar claramente la diferencia entre una burbuja de aire y una partícula de vidrio,  
Fig. 7a-b: vistas de un recipiente para ilustrar claramente la diferencia entre una burbuja de aire y una partícula metálica,  
Figuras 8a-b: vistas de un recipiente para ilustrar claramente un arañazo sobre o en el recipiente,  
15 Fig. 9a-b: vistas de un recipiente para ilustrar claramente una grieta en el recipiente,  
Fig. 10: una variante de varias burbujas de aire, para representar las características comunes de las burbujas de aire en las imágenes,  
Fig. 11a-b: la ilustración de recipientes provistos de una escala impresa y que dificultan la lectura del nivel de llenado, y  
20 Fig. 12: la ilustración de un recipiente con una escala con separadores decimales para ilustrar claramente que los separadores decimales no se reconocen como burbujas de aire.

La Fig. 1 muestra tres imágenes de ejemplo de recipientes 3 en cuyo líquido hay una burbuja de aire 1. A este respecto, la burbuja de aire 1 está dispuesta en un círculo añadido al dibujo. Aunque las burbujas de aire 1 parecen esencialmente circulares, esta característica por sí sola no basta para distinguir las de otros defectos. Si nos basáramos únicamente en esta característica, no se detectaría, por ejemplo, la presencia de partículas de vidrio 81 circulares.

La Fig. 2 muestra la estructura básica de un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención. Puede verse la unidad de iluminación 4, que comprende varias fuentes de luz 41, 42, 43.

En esta representación, la fuente de luz 41 es una luz con el color espectral rojo, la fuente de luz 42 es una luz con el color espectral verde y la fuente de luz 43 es una luz con el color espectral azul (los diferentes colores se muestran en las Fig. 2 - 4 mediante líneas diferentes). Los rayos de luz emitidos por cada una de las fuentes de luz 41, 42, 43 se dirigen a una zona de inspección de un recipiente 3 mediante una lente cilíndrica de Fresnel 7. El recipiente 3 está lleno de un líquido 2 en el que están presentes una burbuja de aire 1 y una partícula de vidrio 81. La trayectoria de los rayos de luz individuales de las múltiples fuentes de luz 41, 42, 43 cambia dependiendo de si los rayos inciden sobre la burbuja de aire 1 presente en el agua o la partícula de vidrio 81. También puede verse que la desviación de los rayos de luz es capturada por una unidad de grabación 5, en este caso una cámara.

Para un reconocimiento y una diferenciación más fiables, la iluminación debe optimizarse para la detección de burbujas de aire 1 con el fin de proporcionar al software opciones adicionales. La inspección de defectos 8 (grietas 82 en la pared lateral, partículas 81) no debe verse afectada a este respecto. La inspección y la diferenciación deben realizarse simultáneamente; una mera afirmación acerca de la presencia de burbujas de aire 1 es insuficiente. Más bien, todas las burbujas de aire 1 presentes deben ignorarse y los defectos 8 entre ellas reconocerse como tales.

Esto puede lograrse mediante la codificación por colores de diferentes fuentes de luz 41, 42, 43, sin que el color respectivo desempeñe en principio un papel decisivo (alternativamente también mediante secuencia temporal o polarización). Sin embargo, las imágenes se evalúan con una cámara a color 5, por lo que los colores rojo, verde y azul son adecuados (para cámaras a color con patrones Bayer en RGB, por ejemplo).

Tres luces lineales 41, 42, 43 de diferentes colores (rojo, verde, azul) se colocan detrás de una lente (de Fresnel) 7 de tal manera que se emiten tres rayos más o menos paralelos. El haz de rayos central (en este caso, verde) debe estar, a este respecto, bien paralelizado, es decir, la línea lineal 42 debe estar dispuesta con bastante exactitud en el punto focal de la lente 7. En la imagen, el fondo (verde) aparece relativamente homogéneo, y el paralelismo también da lugar a un contraste muy bueno, tanto para los defectos 8 como para las burbujas de aire 1 y también para otras irregularidades como huellas dactilares o suciedad externa. Aquí es cuando va a realizarse la inspección propiamente dicha.

Las demás luces lineales 41, 43 (roja y azul) están dispuestas ligeramente por encima y por debajo de la luz central 42. Estas no tienen por qué ser completamente paralelas, sino que pueden ensancharse previamente con una superficie difusora. Sin embargo, el paralelismo es útil para garantizar que en toda la zona de inspección (por ejemplo, el volumen de llenado de una jeringa) prevalecen unas condiciones de iluminación similares para la luz incidente oblicuamente.

Suponiendo que las burbujas de aire 1 en el volumen de líquido sean esféricas o semiesféricas (si se adhieren a la pared lateral), actúan como lentes cóncavas de diferentes tamaños y distancias focales. Este supuesto se cumple en la práctica. En cambio, las partículas de vidrio 81 en general, o las perlas de vidrio en particular, actúan como una lente convexa. La razón de ello son las relaciones en cada caso diferentes de las densidades ópticas entre sí, es decir, aire ( $n_L=1$ ), agua ( $n_W=1,33$ ) y vidrio ( $n_G=1,5$ ). Esto significa que las burbujas de aire aparecen de forma fiable como círculos con (en este caso) una mitad superior roja y una mitad inferior azul. En las burbujas de aire más grandes, el centro aparece de color verde. La relación de áreas de las partes roja y verde es similar y está en proporción con el área total de la burbuja de aire. La distancia entre las áreas roja y azul es proporcional al tamaño total de la burbuja de aire. Dependiendo de la posición y la forma, son posibles ciertas variaciones, especialmente en el caso de las burbujas de aire en la parte delantera o trasera de los envases (normalmente cilíndricos).

Las esferas de vidrio (en el peor de los casos) aparecen como círculos con una mitad superior azul y una mitad inferior roja.

Las partículas de vidrio 81 en general (de cualquier forma) tienden a comportarse de forma similar a las esferas de vidrio o de forma aleatoria, dependiendo de su forma.

Los arañazos 83 suelen aparecer tanto en rojo como en azul, pero también pueden mostrar transiciones de color o aparecer negros en algunas partes.

Dependiendo de su forma, las grietas 82 pueden (aleatoriamente) reflejar luz roja, azul o ninguna luz a la cámara 5.

Lo único importante en este sentido es que las burbujas de aire 1 muestren este comportamiento de forma fiable. El hecho de que otras partículas/defectos 8 interactúen con la luz y cómo lo hagan es insignificante siempre que no sea de la misma manera que con las burbujas de aire 1.

La Fig. 3 muestra de nuevo lo anterior de una forma gráficamente atractiva. Los haces de rayos de diferentes colores que inciden oblicuamente son desviados por la burbuja de aire 1 de tal forma que una luz roja que incide desde arriba permanece en la parte superior desde el punto de vista de la unidad de grabación 5. Una luz azul que incide en ángulo desde abajo es desviada por la burbuja de aire 1, de modo que permanece en la parte inferior desde el punto de vista de la unidad de grabación 5. Esto significa que una burbuja de aire 1 según la configuración del dispositivo presentado se caracteriza por una sección roja en el área superior y una sección azul en el área inferior.

La Fig. 4 muestra una representación esquemática de lo que ocurre cuando los rayos de luz de diferentes colores inciden sobre una partícula de vidrio 81 en una zona de inspección; la desviación de la partícula de vidrio 81 hace que los rayos de luz azul que inciden en ángulo desde abajo se encuentren en un área superior y los rayos de luz roja que inciden en ángulo desde arriba se encuentren en un área inferior. De este modo, es muy fácil distinguir si el objeto a través del cual pasan los rayos de luz es una burbuja de aire 1 (luz roja arriba, luz azul abajo) o una partícula de vidrio 81 (luz azul arriba, luz roja abajo).

La Fig. 5 muestra una jeringa llena de agua que se ha agitado enérgicamente. En este caso se ven muchas burbujas de aire 1 de diferentes tamaños. En la medida en que la resolución gráfica del dibujo lo permite, se puede observar que todas las burbujas de aire 1 tienen la característica esperada de una transición rojo-azul. Solo cuando la luz de incidencia oblicua (roja y azul) está oscurecida por el menisco o el tapón, aparecen solo rojas o solo azules.

Las Fig. 6a y 6b muestran un recipiente 3 lleno de líquido 2, que contiene tanto burbujas de aire 1 como una partícula de vidrio 81. Dado que la partícula de vidrio 81 no es una esfera o semiesfera, sino una astilla plana, el efecto mostrado anteriormente, según el cual la constelación de colores es inversa a la de una burbuja de aire 1, no es especialmente pronunciado, pero está presente.

Las Fig. 7a y 7b muestran varias burbujas de aire 1 y una partícula metálica 84 en el líquido 2 contenido en el recipiente 3. La partícula metálica 84 se caracteriza por ser negra en toda su superficie y carecer de coloración roja, verde o azul.

Las Fig. 8a y 8b muestran un arañazo 83 que tiene secciones rojas y azules. Sin la pronunciada transición del rojo al azul, como habría ocurrido con la burbuja de aire 1, se distingue claramente de las burbujas de aire 1, aunque el arañazo 83 sea mucho más pequeño.

Las Fig. 9a y 9b muestran una grieta 82 en el recipiente 3 que tiene muchas ramificaciones. En algunos lugares, la grieta 82 aparece roja o azul, pero sobre todo negra. También puede ocurrir que cumpla las condiciones de una burbuja de aire 1 de forma muy localizada. En este caso, la pequeñísima sección de la grieta 82 más grande, que cumple las características de configuración de una burbuja de aire 1, quedaría enmascarada. Esto no tendría ninguna desventaja para la detección de una grieta 82, ya que no ocurriría que toda la grieta 82 quedara enmascarada. Únicamente quedan enmascaradas las subáreas de la grieta 82 más grande.

La Fig. 10 muestra diversas manifestaciones de burbujas de aire 1. La evaluación de los objetos es de vital importancia. Se cumple que los objetos con una transición rojo-(verde)-azul, cuyas subáreas roja y azul tienen un tamaño similar, deben identificarse con una alta probabilidad como burbujas de aire 1 e ignorarse para el resto de la inspección en busca de defectos 8. El reto consiste a este respecto en tener en cuenta por igual las fluctuaciones en la aparición de las burbujas de aire 1, como se muestra a la derecha, por ejemplo. A este respecto, los fragmentos de imagen están aumentados a escala, la burbuja de aire 1 de la parte inferior derecha es, con diferencia, la más grande. Dentro de un objeto (burbuja de aire 1 o defecto 8), se determinan en cada caso el centro de gravedad y el área para las subáreas azul y roja. A continuación, se comparan entre sí (las áreas deben tener un tamaño similar, el centro de gravedad azul en la parte inferior, el centro de gravedad rojo en la parte superior y ambos a una cierta distancia el uno del otro, en función de su área). El cuadro delimitador, es decir, el marco que encierra un objeto en un rectángulo, puede no ser ideal para cálculos posteriores, ya que depende mucho de la forma de los objetos. Este enfoque basado en objetos causa problemas en particular con objetos contiguos (burbujas de aire 1 entre sí, pero también burbujas de aire 1 en defectos 8 como arañazos 83 o grietas 82). Aunque los objetos contiguos pueden separarse dentro de ciertos límites utilizando herramientas de procesamiento de imágenes, esto también provoca que los defectos se dividan y, por tanto, aumenta el riesgo de que partes de los defectos 8 se interpreten como burbujas de aire 1.

En lugar de comparar áreas completas entre sí, este enfoque adopta un planteamiento columna por columna, ya que el efecto en la disposición dada tiene una pronunciada dependencia direccional. Resulta evidente para el experto en la materia que también es posible una observación línea por línea si el recipiente, las fuentes de luz y/o la unidad de evaluación están dispuestas en consecuencia. La siguiente descripción se basa en la configuración de los ejemplos de realización anteriores, pero no se limita a ello.

Para que un objeto sea declarado burbuja de aire, deben cumplirse determinadas condiciones en cada columna (para recipientes verticales e iluminación desde abajo y desde arriba):

- relación entre el número de píxeles inferiores (por ejemplo, azules) y superiores (por ejemplo, rojos) dentro de un intervalo determinado (análogo a la relación de áreas),
- distancia entre los píxeles inferiores y superiores en una determinada relación con el número (vacío o "gap") (análogo a los centros de gravedad o distancia),
- área de solapamiento máxima entre los píxeles inferiores y superiores (especialmente relevante para las burbujas de aire más pequeñas),
- los objetos deben empezar y terminar con píxeles inferiores (azules) y superiores (rojos) "unívocos" (es decir, no con píxeles superpuestos), y
- puede/debe haber al menos una cierta distancia entre los objetos (es decir, los objetos que han sido reconocidos como objetos positivos) (las burbujas de aire o las transiciones no deben tocarse entre sí).

Como resultado, todos los píxeles que se han declarado como "pertenecientes positivamente al objeto" permanecen codificados con un valor gris (es decir, píxeles izquierdos, derechos, superpuestos y "vacíos"). Como la burbuja de aire propiamente dicha a veces puede ser significativamente mayor que sus áreas que aparecen en color (véanse las imágenes anteriores), también es ventajoso inflar estas zonas que "pertenecen positivamente" al objeto (utilizando herramientas de tratamiento de imágenes) y, por último, sustraerlas de la imagen resultante (enmascaramiento). Alternativamente, también se pueden ignorar todos los objetos que tengan áreas "pertenecientes positivamente al objeto". Sin embargo, existe en este caso el riesgo de que también se ignoren defectos adheridos a las burbujas de aire 1. Se aconsejan a este respecto etapas intermedias especiales para separar los objetos.

Además, la presente invención permite medir el nivel de llenado de forma más fiable, ya que ni siquiera los recipientes 3 impresos con una escala pueden ocultar el menisco. La Fig. 11a muestra una jeringa impresa con un menisco plano. Dado que la medición del nivel de llenado de las jeringas con escala no es trivial, en particular si el menisco es muy plano, como en la ilustración de la Fig. 11a, la iluminación con diferentes colores resulta aún más ventajosa.

La Fig. 11b muestra una jeringa impresa durante una rotación rápida. Como la parte inferior del menisco refleja en este caso la luz azul, se reconoce claramente como tal, aunque la escala dificulte la medición.

La Fig. 12 muestra un recipiente 3 provisto de una escala con separadores decimales. También en este sentido, la presente invención ayuda a que dichos separadores decimales no se perciban incorrectamente como una partícula dentro del líquido.

Por lo tanto, la invención puede contribuir a reducir los falsos descartes debidos a burbujas de aire durante la inspección de líquidos transparentes, acuosos o viscosos. La invención también puede utilizarse para buscar defectos en el recipiente de vidrio (grietas, arañazos, inclusiones) y defectos en forma de partículas en el líquido. La invención permite medir el nivel de llenado tanto de envases impresos como de envases tratados superficialmente. En general, la sensibilidad para los defectos anteriores (gracias a la luz paralela) aumenta.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para detectar burbujas de aire (1) en un recipiente (3) lleno de líquido (2), que comprende:
- 5 una unidad de iluminación (4) para irradiar el recipiente (3) con luz, y  
una unidad de grabación (5) para grabar una imagen del recipiente (3) irradiado por la unidad de iluminación (4),  
en donde la unidad de iluminación (4) comprende al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) que difieren entre sí por  
su color de luz espectral y/o por su polarización,  
en donde el dispositivo comprende además una unidad de evaluación (6) que está diseñada para inferir la  
10 presencia de una burbuja de aire (1) sobre la base de una disposición específica de los rayos de luz emitidos por  
las fuentes de luz (41, 42, 43) y distinguibles entre sí cuando se evalúa la imagen de la unidad de grabación (5),  
en donde el recipiente (3) puede disponerse entre la unidad de iluminación (4) y la unidad de grabación (5), y la  
unidad de iluminación (4) y la unidad de grabación (5) están orientadas la una hacia la otra para proporcionar una  
iluminación al trasluz del recipiente (3), y  
15 en donde la unidad de grabación (5) está situada de tal manera que
- i) los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) no penetran en el área de grabación  
de la unidad de grabación (5) cuando atraviesan el recipiente (3) exento de burbujas de aire u otras partículas  
20 extrañas y se desvían en dirección a la unidad de grabación (5) cuando inciden sobre una burbuja de aire (1)  
o una partícula de vidrio (81), o  
ii) los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) tienen una intensidad continua o  
uniforme en el área de grabación de la unidad de grabación (5) cuando atraviesan el recipiente (3) exento de  
burbujas de aire u otras partículas extrañas y, cuando inciden sobre una burbuja de aire (1) o una partícula de  
vidrio (81), se desvían de tal manera que se produce un aumento de la intensidad de los rayos de luz de las al  
25 menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) que puede ser detectado por la unidad de grabación (5),
- en donde los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) no discurren paralelos entre sí en una  
zona de inspección del recipiente (3).
- 30 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en donde la unidad de iluminación (4) comprende tres fuentes de luz (41, 42,  
43) que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización.
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de grabación (5) es una cámara a color  
y/o una cámara con uno o más filtros de polarización.
- 35 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una lente (7) dispuesta en la  
trayectoria de los rayos desde la unidad de iluminación (4) hasta la unidad de grabación (5) y diseñada para dirigir los  
rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) de la unidad de iluminación (4) en paralelo sobre una zona  
de inspección de un recipiente (3).
- 40 5. Dispositivo según la reivindicación 4, en donde la lente (7) es una lente cilíndrica, una lente de Fresnel y/o una lente  
cilíndrica de Fresnel.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores 5 o 6, en donde exactamente una de las al menos dos  
45 fuentes de luz (41, 42, 43) está dispuesta en el punto focal de la lente (7) y las restantes fuentes de luz (41, 42, 43) de  
la unidad de iluminación (4) están dispuestas a una distancia de la misma en el mismo lado de la lente (7) que la fuente  
de luz dispuesta en el punto focal.
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde cada una de las al menos dos fuentes de luz  
50 (41, 42, 43) de la unidad de iluminación (4) es una luz lineal, en donde, preferiblemente, las direcciones longitudinales  
de las luces lineales son paralelas entre sí, pero no idénticas.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, en donde las luces lineales están dispuestas en paralelo a un eje cilíndrico de  
una lente cilíndrica dispuesta en la trayectoria de los rayos desde la unidad de iluminación (4) hasta la unidad de  
55 grabación (5).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde una primera de las fuentes de luz (41) tiene el  
color rojo, una segunda de las fuentes de luz tiene el color verde (42) y una tercera de las fuentes de luz (43) tiene el  
60 color azul.
10. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el recipiente (3) es total o parcialmente  
transparente y es preferiblemente una jeringa, un vial o una ampolla.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el líquido presente en el recipiente (3) es un

líquido transparente (2).

12. Procedimiento para detectar burbujas de aire (1) en un recipiente (3) lleno de líquido (2) con un dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en donde, en el procedimiento:

5

el recipiente (3) es irradiado con una unidad de iluminación (4), una unidad de grabación (5) graba una imagen del recipiente (3) irradiado por la unidad de iluminación (4), y la imagen es evaluada mediante una unidad de evaluación (6), en donde el recipiente (3) es irradiado por al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) de la unidad de iluminación (4), que difieren entre sí por su color de luz espectral y/o por su polarización, en donde los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) no discurren paralelos entre sí en una zona de inspección del recipiente (3), en donde el recipiente (3) puede disponerse entre la unidad de iluminación (4) y la unidad de grabación (5), y la unidad de iluminación (4) y la unidad de grabación (5) están orientadas la una hacia la otra para proporcionar una iluminación al trasluz del recipiente (3), en donde los rayos de luz emitidos por las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43), cuando atraviesan el recipiente (3) exento de burbujas de aire u otras partículas extrañas:

10

15

20

i) no penetran en el área de grabación de la unidad de grabación (5) y se desvían en dirección a la unidad de grabación (5) cuando inciden sobre una burbuja de aire (1) o una partícula de vidrio (81), o  
ii) tienen una intensidad continua o uniforme en el área de grabación de la unidad de grabación (5) y, cuando inciden sobre una burbuja de aire (1) o una partícula de vidrio (81), se desvían de tal manera que se produce un aumento de la intensidad de los rayos de luz de las al menos dos fuentes de luz (41, 42, 43) que puede ser detectado por la unidad de grabación (5),

25

y en donde, durante la evaluación de la imagen por medio de la unidad de evaluación (6), la presencia de una burbuja de aire (1) se infiere sobre la base de una disposición específica de los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz (41, 42, 43) y que son distinguibles entre sí.

30

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde se infiere la presencia de una burbuja de aire (1) cuando la imagen representa una disposición específica de los rayos de luz emitidos por las fuentes de luz (41, 42, 43) y que son distinguibles entre sí, que se corresponde con el orden de disposición real de un subconjunto de las fuentes de luz (41, 42, 43) o de todas las fuentes de luz (41, 42, 43) en la unidad de iluminación (4).

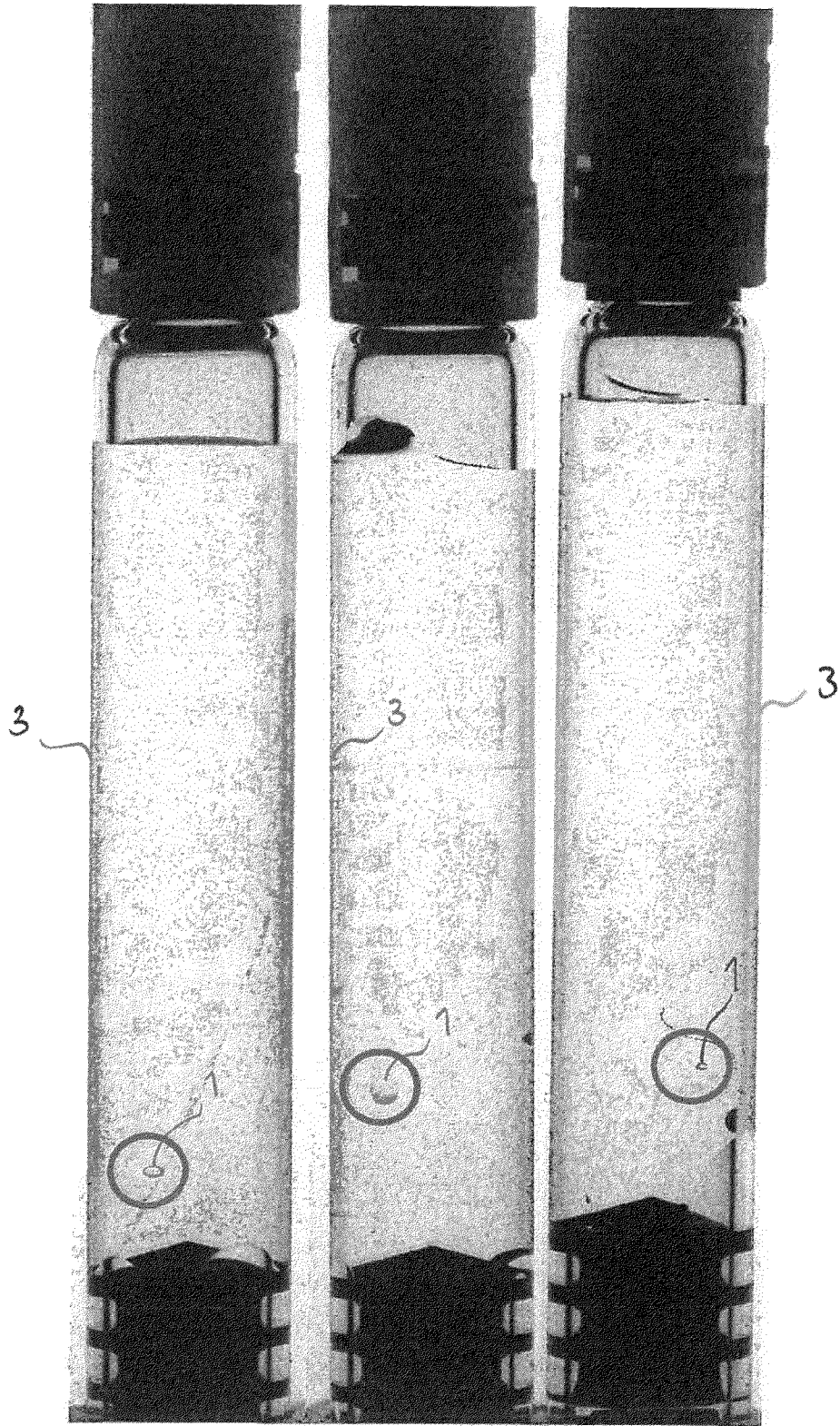


Fig. 1

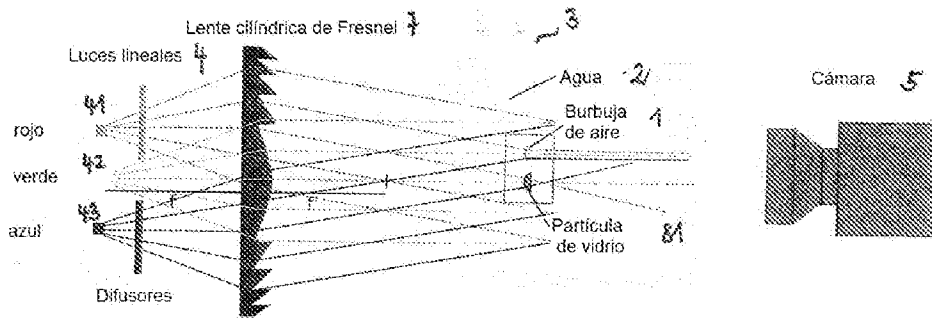


Fig. 2

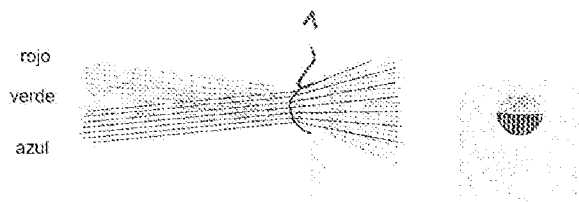


Fig. 3

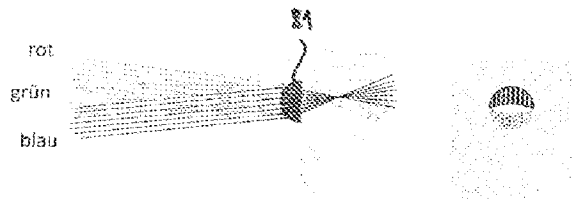


Fig. 4

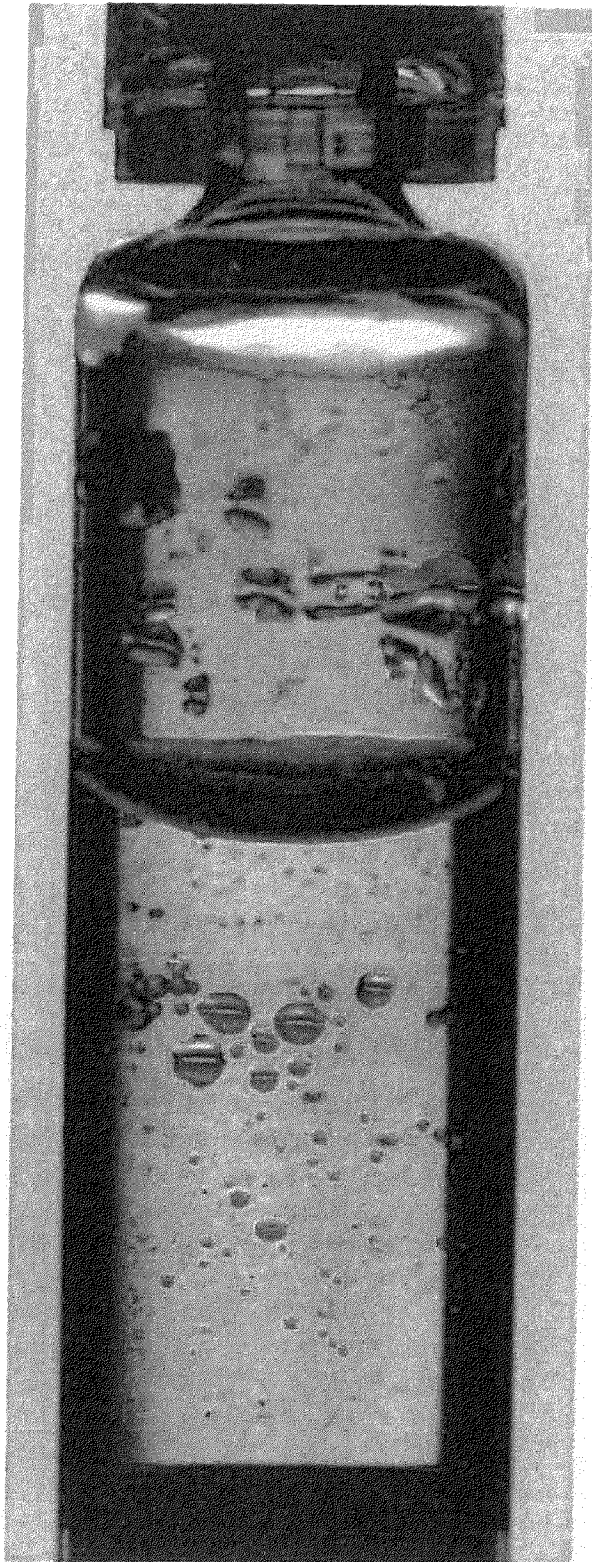


Fig. 5

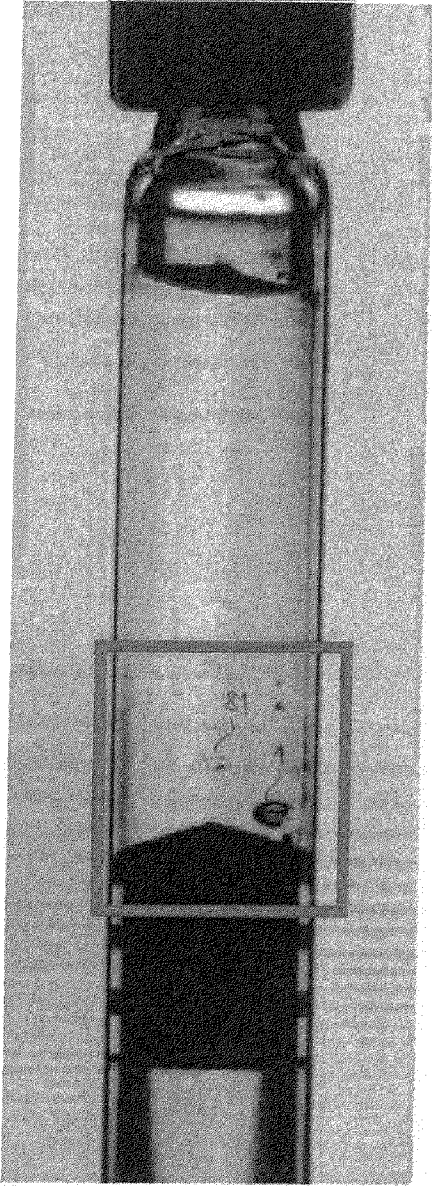


Fig. 6a

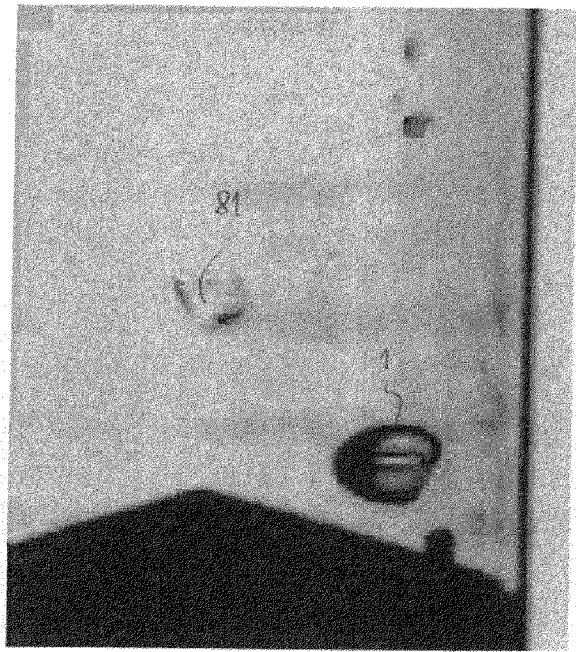


Fig. 6b

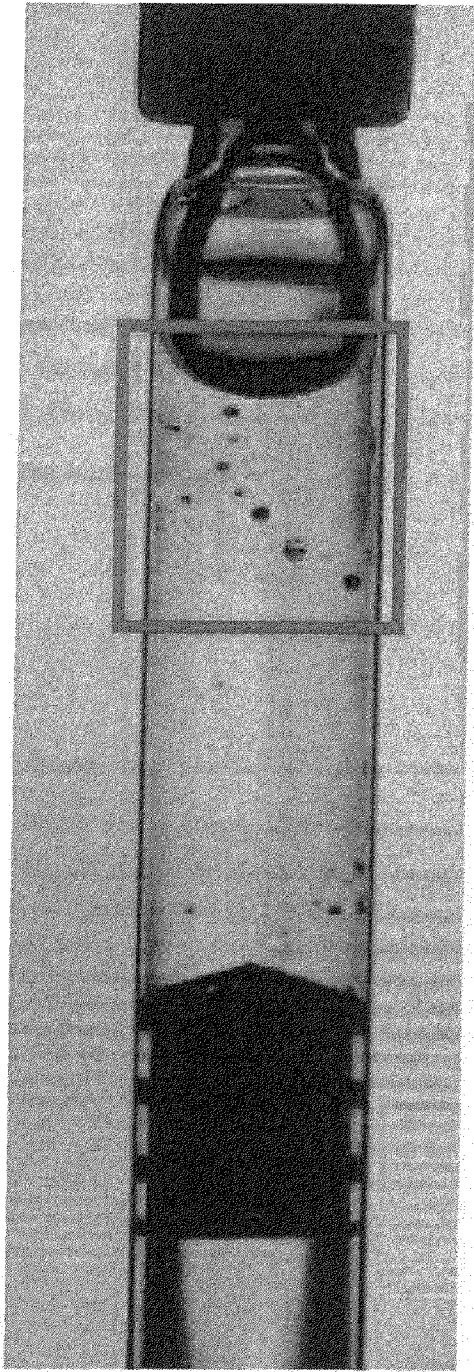


Fig. 7a

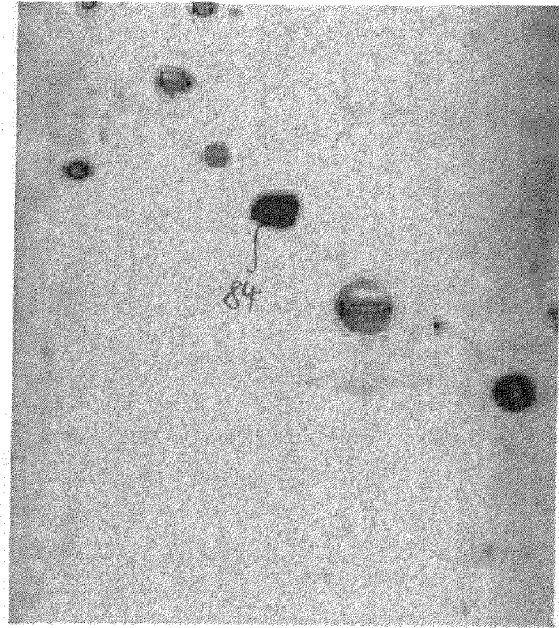


Fig. 7b

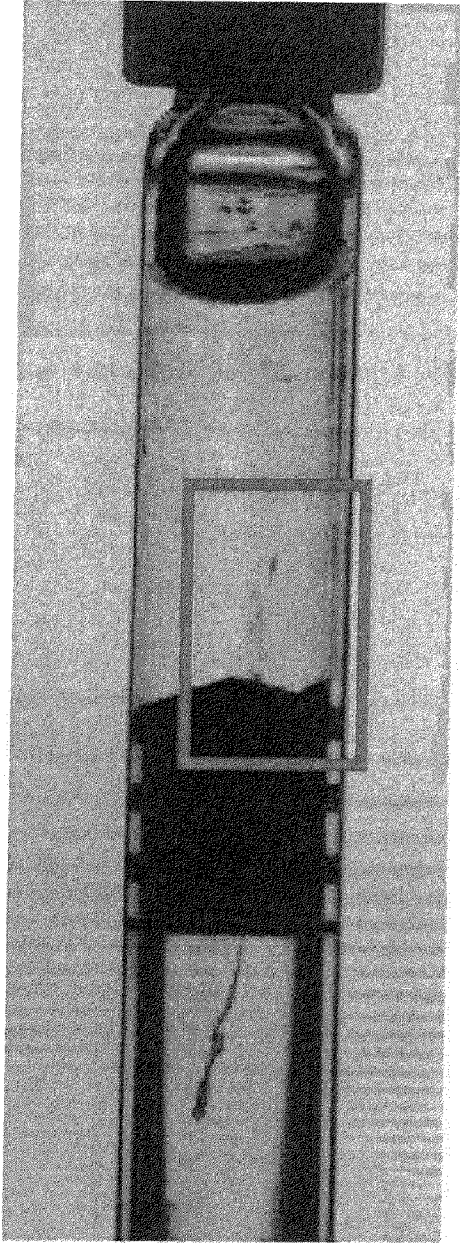


Fig. 8a

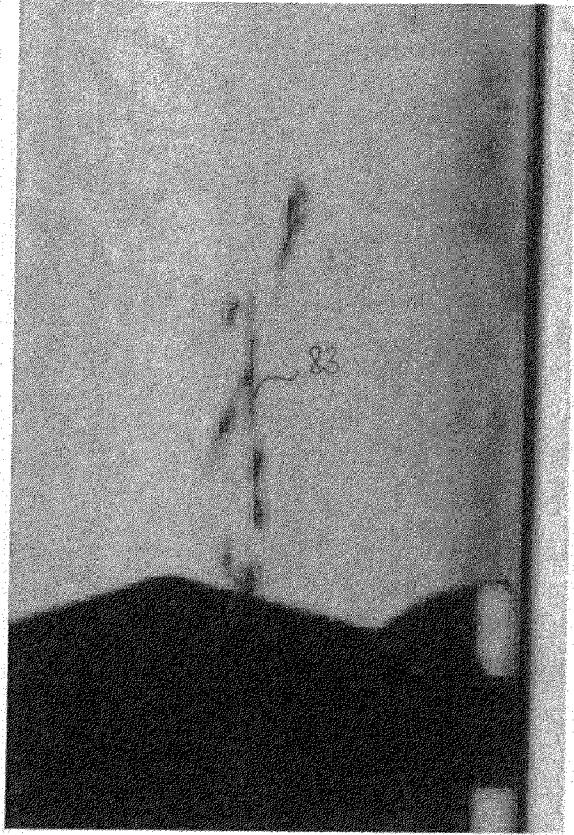


Fig. 8b

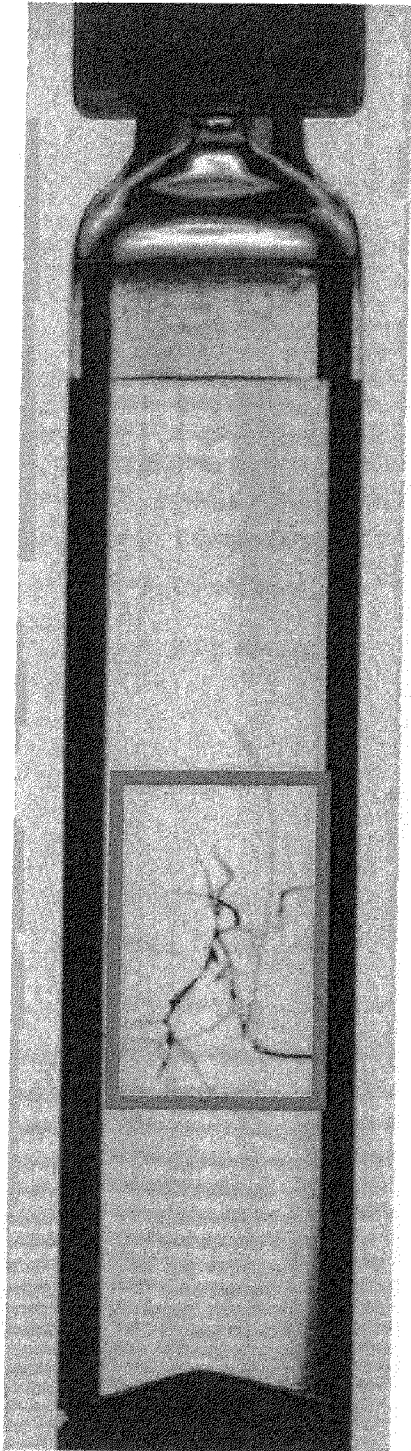


Fig. 9a

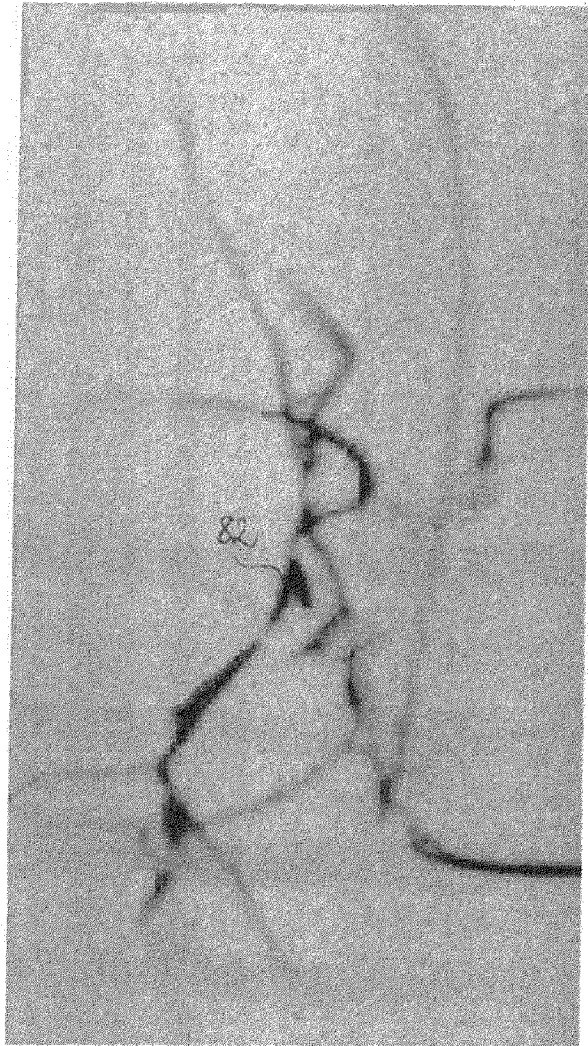


Fig. 9b

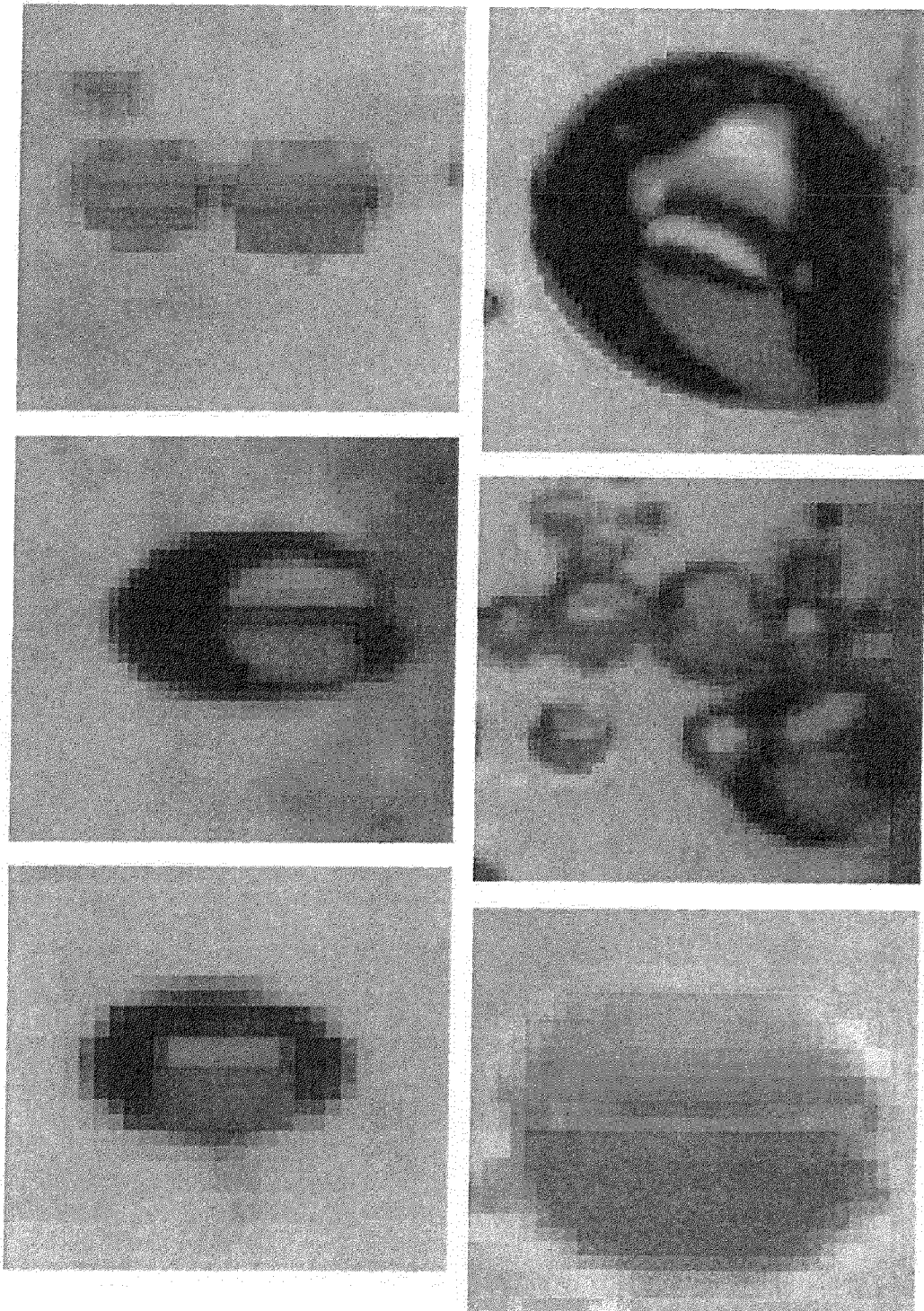


Fig. 10

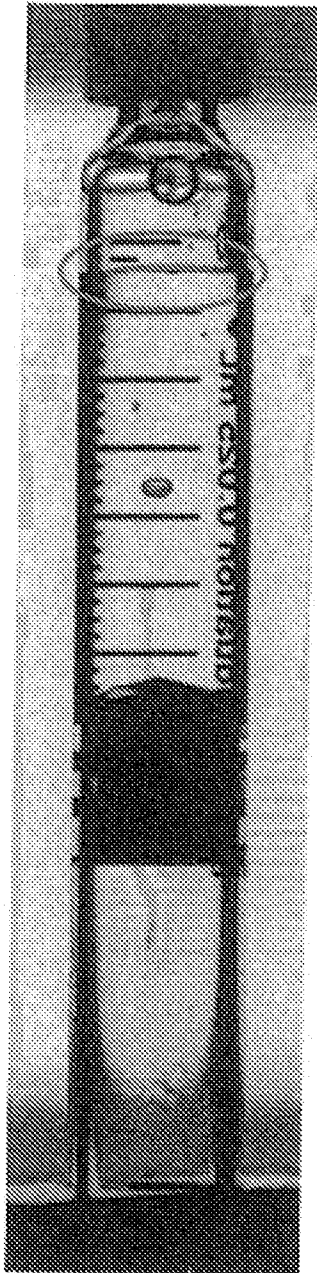


Fig. 11a

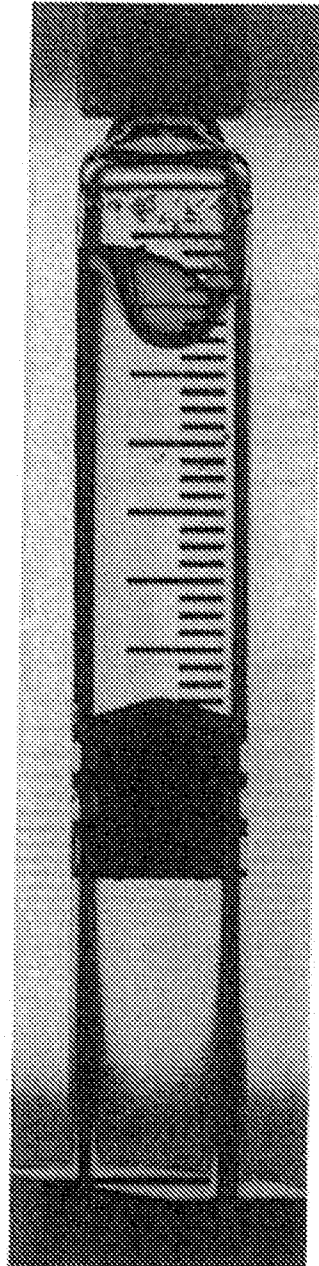


Fig. 11b

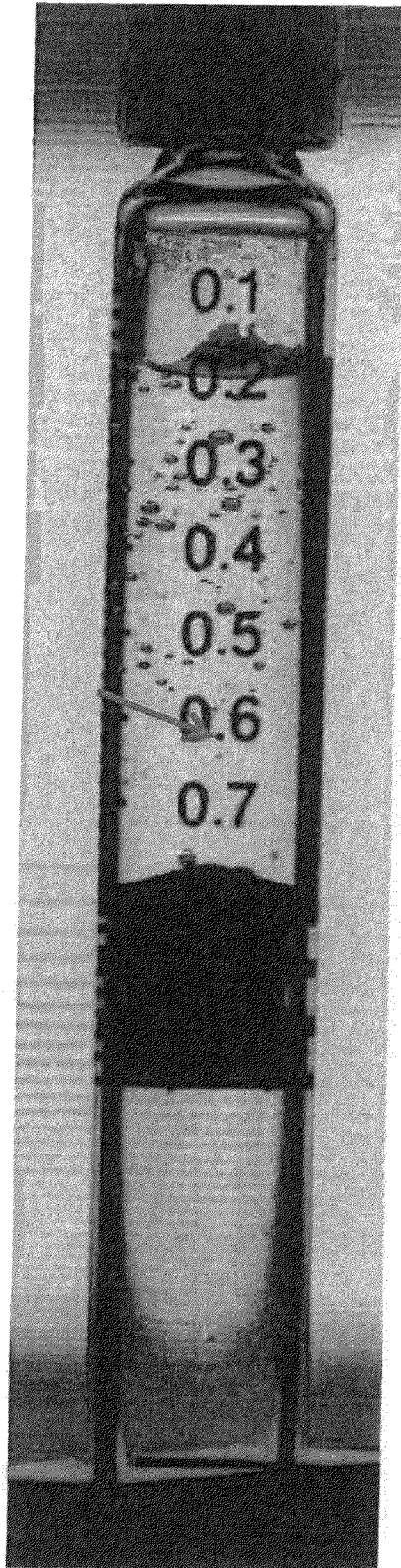


Fig. 12