



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 153**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/896 (2006.01)

G01N 21/95 (2006.01)

G01M 11/00 (2006.01)

B07C 5/12 (2006.01)

B07C 5/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06113598 .4**

96 Fecha de presentación : **05.05.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1722215**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.11.2006**

54

Título: **Procedimiento y dispositivo para la detección de burbujas en un cuerpo de vidrio, así como para la fabricación de cuerpos de vidrio.**

30

Prioridad: **10.05.2005 DE 10 2005 022 271**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.09.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.09.2011

73

Titular/es: **SCHOTT AG.**
Hattenbergstrasse 10
55122 Mainz, DE

72

Inventor/es: **Wiedenmann, Hans y**
Eisner, Armin

74

Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 365 153 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

Procedimiento y dispositivo para la detección de burbujas en un cuerpo de vidrio, así como para la fabricación de cuerpos de vidrio.

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a la fabricación de cuerpos de vidrio, especialmente de cuerpos alargados de vidrio, por ejemplo, cuerpos de vidrio en forma de varilla o tubo, en particular en un procedimiento continuo de fabricación. La presente invención se refiere exactamente a un procedimiento y a un dispositivo para la detección de burbujas y/o inclusiones en un cuerpo de vidrio de este tipo, así como para la fabricación de un cuerpo de vidrio de este tipo con una densidad máxima predeterminada de burbujas y/o inclusiones. Otro punto de vista de la presente invención se refiere al uso de un cuerpo de vidrio de este tipo como material de partida en la fabricación de envases primarios para aplicaciones farmacéuticas mediante el conformado ulterior, por ejemplo, la fabricación de ampollas, jeringuillas, tubos o similares.

15

Antecedentes de la invención

Las burbujas y/o inclusiones reducen de manera no deseada la calidad de los cuerpos de vidrio del tipo mencionado antes y, por tanto, se han de evitar. A tal efecto, se necesitan procedimientos para la detección de burbujas y/o inclusiones. La resolución, posible de obtener, representa un parámetro importante de estos procedimientos y predefine la cantidad mínima detectable de burbujas y/o inclusiones.

20

El documento US5406374 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la detección de burbujas y/o inclusiones en una preforma de fibra de vidrio en forma de varilla. Una luz de inspección se acopla por un lado frontal a la preforma de fibra de vidrio y la luz transmitida se detecta con resolución espacial mediante una cámara de matriz que detecta con resolución espacial la luz irradiada por el lado frontal opuesto de la preforma de fibra de vidrio. Este procedimiento no es adecuado como procedimiento de inspección in-line durante la fabricación continua de cuerpos de vidrio, porque no se puede acceder libremente a los lados frontales para el acoplamiento de la luz. Además, el acoplamiento y el desacoplamiento en los lados frontales presuponen la existencia de geometrías especiales del cuerpo de vidrio que no siempre se cumple.

25

A fin de evitar el acoplamiento de la luz en los lados frontales de un cuerpo de vidrio, en el estado de la técnica se han propuesto procedimientos, en los que un rayo láser se escanea activamente con ayuda de un escáner en el cuerpo de vidrio y se capta una imagen con resolución espacial de una superficie del cuerpo de vidrio. El documento DE19813216A1 da a conocer un procedimiento correspondiente para la detección de defectos en un vidrio plano. El documento US5459330 da a conocer un procedimiento correspondiente para la inspección de pantallas de televisión. En este procedimiento, un rayo láser se ensancha en forma de una "cortina de luz" que incide de manera oblicua sobre la superficie del cuerpo de vidrio. La luz es reflejada o proyectada de manera diferente por el lado delantero y trasero, así como por las inclusiones en el volumen del cuerpo de vidrio, lo que se puede determinar mediante una detección con resolución espacial para determinar la profundidad de una burbuja o una inclusión al analizarse la imagen.

35

40

El documento US6822735B2 da a conocer un dispositivo para la detección de burbujas en un tubo de vidrio. Un rayo láser se acopla lateralmente mediante una superficie circunferencial exterior del tubo de vidrio a la pared del tubo de vidrio y se detecta una imagen de la superficie circunferencial exterior del tubo de vidrio en una disposición de campo oscuro. El tubo de vidrio se ha de girar durante la medición y se ha de desplazar en su dirección longitudinal, lo que resulta costoso.

45

Los procedimientos con iluminación activa de escáner antes mencionados tienen en común que estos dependen en gran medida de la geometría del cuerpo de vidrio, porque el cuerpo de vidrio representa un elemento óptico activo en la trayectoria del rayo. Además, sólo son posibles frecuencias de exploración relativamente pequeñas, condicionado esto por la inercia mecánica de los espejos del escáner. Las frecuencias típicas de exploración se sitúan en el intervalo de 100 Hz aproximadamente. La anchura mínima detectable de las burbujas se sitúa típicamente en el mejor de los casos en 15 µm aproximadamente, condicionado esto por la geometría del rayo de la fuente de luz y el sistema óptico "cuerpo de vidrio".

50

55

El documento DE10221945C1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la determinación de puntos defectuosos en una cinta de movimiento continuo que está fabricada de un material transparente. La luz se acopla a la cinta en una zona mediante un líquido transparente dispuesto entre la fuente de luz y la cinta. La luz se transmite por reflexión total repetida.

5

El documento DE-OS1950847 da a conocer un dispositivo para la indicación de roturas o fisuras en placas de vidrio, en el que un haz de luz se acopla a la placa en una zona extrema y se transmite por reflexión total.

El documento DE2527403A1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la comprobación de tubos transparentes de plástico, guiándose periódicamente la luz de exploración en dirección longitudinal de un tubo de vidrio sobre su superficie exterior.

El documento EP0071202A1 da a conocer otra disposición para la comprobación óptica de una cinta de vidrio en movimiento, escaneándose la luz en la superficie, acoplándose una parte de la luz a la cinta de vidrio y propagándose aquí por reflexión total hacia los lados frontales para ser detectada aquí.

El documento US-A-5355213 da a conocer un procedimiento para la detección de puntos defectuosos sobre la superficie o en el volumen de un cuerpo transparente, en el que un rayo de luz se acopla al cuerpo transparente, éste se propaga en el cuerpo transparente por reflexión total en sus superficies y los puntos defectuosos provocan una dispersión de la luz que es registrada sobre la superficie del cuerpo por un detector de imagen CCD. Sin embargo, el rayo de luz se acopla en este caso mediante los lados frontales del cuerpo transparente, lo que presupone un canto del cuerpo transparente con un mecanizado adecuado.

El documento US2003/218145A1 da a conocer un procedimiento correspondiente, en el que el rayo láser se escanea también sobre el sustrato. Se da a conocer también la clasificación de zonas de sustrato que sobre la base del procedimiento de medición se consideraron defectuosas.

El documento JP08261953A y el resumen de patente al respecto dan a conocer un procedimiento correspondiente de medición.

30

Resumen de la invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento más simple y un dispositivo correspondiente para la inspección óptica de cuerpos alargados de vidrio, móviles en su dirección longitudinal, que se puede usar especialmente en una producción continua. Según otro punto de vista de la presente invención, se debe proporcionar además un procedimiento y un dispositivo mediante el uso de un procedimiento de este tipo o un dispositivo de este tipo con una densidad máxima predeterminada de burbujas y/o inclusiones.

Estos objetivos se consiguen mediante un procedimiento según la reivindicación 1 u 8, así como mediante un dispositivo según la reivindicación 9 ó 15. Otras formas ventajosas de realización son objeto de las reivindicaciones secundarias.

Según la invención, la luz se acopla sobre una pared del cuerpo de vidrio, distinta a los lados frontales, al cuerpo de vidrio mediante una pared de éste de tal modo que la luz se propaga por conducción de la luz, o sea, por reflexión múltiple, en la pared y en una segunda pared, separada de ésta, del cuerpo de vidrio en una dirección predefinida, a saber de la zona de acoplamiento a un volumen de observación, en el que está previsto un medio de captación de imagen, en particular una cámara CCD, para captar una imagen de una superficie del cuerpo de vidrio en el volumen de observación, que se evalúa a continuación para la detección de burbujas y/o inclusiones, especialmente mediante un dispositivo de evaluación de imagen. Las burbujas y/o inclusiones se detectan según la invención en una disposición de campo oscuro, en la que las burbujas y/o inclusiones se destacan nítidamente del fondo oscuro de la imagen como manchas luminosas claras y, por consiguiente, se pueden detectar con facilidad.

Por lo tanto, la luz ya no necesita ser escaneada según la invención en la superficie del cuerpo de vidrio. Más bien, la luz se puede irradiar de forma continua o sincronizada. Esto posibilita altas frecuencias de exploración, limitadas esencialmente sólo por el tipo del medio usado de captación de imagen o la velocidad de procesamiento de un dispositivo de evaluación de imagen conectado a continuación de éste. Asimismo, el procedimiento según la invención está libre absolutamente de desgaste, ya que no se necesitan elementos de movimiento mecánico, por

ejemplo, espejos. Según la invención, la tasa mayor de exploración, que se puede situar en el intervalo de kHz, permite obtener además una densidad de medición esencialmente más alta que en procedimientos convencionales de medición. La tasa mayor de exploración es una premisa fundamental para determinar exactamente la longitud de las burbujas y/o inclusiones y, por consiguiente, para un criterio de clasificación más exacto a fin de clasificar los
5 cuerpos de vidrio con una alta densidad de burbujas y/o inclusiones que resulta inaceptable.

El procedimiento según la invención es también independiente del tipo y de la geometría especiales del cuerpo de vidrio, ya que la luz se puede acoplar fácilmente al cuerpo de vidrio mediante una superficie del cuerpo de vidrio que es distinta a los lados frontales del cuerpo de vidrio, incluso especialmente en cuerpos de vidrio que pasan
10 continuamente por delante del volumen de observación, como ocurre en los procedimientos continuos de fabricación, o en cuerpos de vidrio con dimensiones exteriores comparativamente pequeñas, en particular en tubos de vidrio con dimensiones exteriores comparativamente pequeñas, como los usados, por ejemplo, en la fabricación de envases primarios para aplicaciones farmacéuticas. Según la invención, no es necesario un acoplamiento de la luz a lados frontales comparativamente estrechos del cuerpo de vidrio. Según la invención, basta con ensanchar
15 suficientemente el rayo de luz que se va a acoplar al cuerpo de vidrio, de modo que se disponga de un volumen de observación suficientemente grande, así como con prever en el volumen de observación un medio de captación de imagen diseñado para captar una imagen en todo el volumen de observación.

El procedimiento según la invención se puede aplicar básicamente en cuerpos de vidrios con una forma cualquiera.
20 Se podrían mencionar a modo de ejemplo el vidrio plano, las varillas de vidrio o los tubos de vidrio con una sección transversal circular o incluso no circular en cada caso. Dado que el procedimiento según la invención es adecuado como procedimiento de medición in-line, el cuerpo de vidrio se puede guiar de manera continua o sincronizada por delante del volumen de observación. Sin embargo, el volumen de observación, incluido el medio de captación de imagen y el medio asignado de acoplamiento de luz para el acoplamiento de luz al cuerpo de vidrio a fin de explorar
25 el cuerpo de vidrio, se puede desplazar básicamente de manera relativa respecto a éste.

Como no se dispone de una cantidad significativa de luz para la medición debido a la pérdida por reflexión, se ha de considerar según la invención una pequeña distancia entre la zona respectiva de acoplamiento y el volumen de observación. En dependencia de la geometría del cuerpo de vidrio y de la trayectoria seleccionada del rayo en el
30 cuerpo de vidrio, esta distancia se puede situar en el orden de magnitud de uno o pocos milímetros. A fin de impedir de forma más fiable una reflexión directa de la luz de la superficie o la zona de acoplamiento de luz al medio respectivo de captación de imagen, el volumen de observación está separado según la invención de la respectiva zona de acoplamiento de luz mediante un diafragma que presenta un orificio que está dimensionado precisamente de modo que el diafragma no entra en contacto con el cuerpo de vidrio y a través del que se extiende el cuerpo de
35 vidrio o se guía continuamente por delante del volumen de observación.

Como resultado del efecto luminoso, la intensidad de la luz en el cuerpo de vidrio disminuye fuertemente en la dirección predefinida. Para garantizar relaciones uniformes de iluminación resulta ventajoso según otra forma de
40 realización prever al menos dos zonas de acoplamiento de luz dispuestas simétricamente respecto al volumen de observación.

Según la invención, la luz se acopla uniformemente en una dirección transversal a la dirección predefinida de la propagación de la luz. A tal efecto, puede ser suficiente en caso de un cuerpo plano de vidrio que la luz que se va a acoplar se ensanche o se irradie de forma ensanchada en sentido transversal a la dirección predefinida de la
45 conducción de la luz, por ejemplo, mediante una lente cilíndrica, un array de lentes cilíndricas, un array de conductores de luz o haces de conductores de luz. En un cuerpo de vidrio en forma de varilla o tubo puede ser suficiente disponer una pluralidad de fuentes de luz y zonas asignadas de acoplamiento de luz de manera repartida alrededor de la circunferencia exterior del cuerpo de vidrio y a una distancia predeterminada del volumen de observación, lo que se puede llevar a cabo también sin problemas mediante los elementos ópticos de reproducción
50 mencionados antes.

Para que toda la superficie del cuerpo de vidrio se pueda captar en el volumen de observación, puede ser ventajoso usar o disponer de manera adecuada medios de captación de imagen de modo que la zona de captación de imagen esté prolongada en una dirección transversal a la dirección predefinida de la conducción de la luz. En caso de un
55 vidrio plano, esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, con un medio de captación de imagen en forma de banda que en la dirección transversal a la dirección predefinida se extiende en paralelo a la superficie del cuerpo de vidrio. En caso de un cuerpo de vidrio en forma de varilla o tubo puede estar previsto disponer una pluralidad de medios de

captación de imagen en sentido transversal a la dirección predefinida de manera repartida alrededor de la circunferencia exterior del cuerpo de vidrio.

5 Para la conducción de la luz puede ser suficiente según la invención acoplar la luz al cuerpo de vidrio en un ángulo de modo que la luz en el cuerpo de vidrio se transmita por reflexión en la dirección predefinida en un ángulo menor que el ángulo límite para la reflexión total en la superficie límite vidrio/aire. En cada reflexión en una superficie límite vidrio/aire se puede perder, sin embargo, una cantidad de luz comparativamente alta. No obstante, este acoplamiento de luz se puede llevar a cabo ventajosamente mediante la irradiación de un rayo de luz a la superficie del cuerpo de vidrio. Es ventajoso que este acoplamiento de luz se puede realizar sin contacto, o sea, que la
10 superficie del cuerpo de vidrio no se daña ni ensucia, por ejemplo, con un líquido de inmersión. La evitación de estas impurezas puede ser necesaria forzosamente en aplicaciones que exigen una alta limpieza, en particular la fabricación de tubos de vidrio como material de partida en la fabricación de envases primarios para aplicaciones farmacéuticas.

15 A fin de mantener lo más bajas posible las pérdidas de conducción de luz por reflexión múltiple en la superficie límite vidrio/aire, según otra forma de realización se puede acoplar la luz al cuerpo de vidrio en un ángulo de modo que la luz en el cuerpo de vidrio se transmita por reflexión en la dirección predefinida en un ángulo sólo ligeramente menor, por ejemplo, menor en $0,5^\circ$ aproximadamente hasta 1° aproximadamente que el ángulo límite para la reflexión total en la superficie límite vidrio/aire. En esta forma de realización, el volumen de observación se puede observar o
20 captar también en un ángulo oblicuo de observación respecto a la superficie del cuerpo de vidrio.

A fin de seguir reduciendo las pérdidas en la conducción de la luz en el cuerpo de vidrio puede estar previsto según otra forma de realización acoplar la luz al cuerpo de vidrio de modo que la luz acoplada se propague por reflexión total en las superficies límites vidrio/aire en el cuerpo de vidrio o en una pared del cuerpo de vidrio. Este tipo de
25 acoplamiento se puede llevar a cabo, por ejemplo, al acoplarse la luz mediante un líquido de inmersión o al aproximarse un prisma de vidrio de acoplamiento al cuerpo de vidrio hasta distancias inferiores a $1\ \mu\text{m}$ aproximadamente, lo que resulta, sin embargo, costoso y puede dañar, dado el caso, el cuerpo de vidrio.

Para una iluminación aún más homogénea del cuerpo de vidrio puede estar previsto según otra forma de realización
30 que el rayo de luz que se va a acoplar al cuerpo de vidrio esté ensanchado de manera divergente respecto a un haz de rayos con diferentes ángulos de incidencia.

Con el fin de aumentar el rendimiento luminoso de la detección puede ser ventajoso usar como medio de captación de imagen una matriz de elementos fotosensibles que son comparativamente estrechos en una dirección transversal
35 a la dirección predefinida de la conducción de la luz (para obtener una alta resolución espacial), pero comparativamente largos en la dirección predefinida para poder integrar la luz irradiada en la dirección predefinida, lo que es ventajoso en particular si el cuerpo de vidrio se mueve en la dirección predefinida por delante del volumen de observación.

40 Según otra forma de realización, la luz acoplada al cuerpo de vidrio puede estar pulsada o sincronizada, lo que se puede llevar a cabo sin problemas mediante láser pulsado, mediante obturador de luz o fuentes adecuadas de flash. De forma alternativa o complementaria, la imagen se puede captar naturalmente también de manera sincronizada. Al conocerse la velocidad con la que el cuerpo de vidrio se mueve en la dirección predefinida por delante del volumen de observación, así como al conocerse la tasa de sincronización de la luz de iluminación o de la detección se puede
45 inferir con precisión la longitud de las burbujas y/o inclusiones a partir de la longitud detectada de las burbujas y/o inclusiones, así como a partir del desplazamiento de las burbujas y/o inclusiones entre imágenes o flashes de iluminación consecutivos.

A fin de que una dispersión marginal no deseada en el cuerpo de vidrio, que provoca en la imagen captada manchas comparativamente claras en la imagen, no se detecte por error como burbujas y/o inclusiones, puede estar previsto
50 según otra forma de realización captar en intervalos predefinidos de tiempo, durante los que se no se capta ninguna imagen para la determinación de las burbujas y/o inclusiones (lo que se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante una luz pulsada de acoplamiento) una imagen de la silueta del cuerpo de vidrio, en la que se perfilan los bordes del cuerpo de vidrio, en especial por dispersión de la luz en el borde del cuerpo de vidrio. Según esta forma de
55 realización puede estar previsto usar sólo zonas de la imagen dentro de los bordes determinados de este modo para la evaluación de la imagen, manteniéndose convenientemente una distancia predeterminada respecto a estos bordes, lo que se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante una cantidad predefinida fijamente o mediante una

cantidad predefinida fijamente de píxeles o mediante un número proporcional fácil de determinar.

Según otro punto de vista de la presente invención, el procedimiento mencionado antes se usa para definir un criterio de clasificación. Por consiguiente, en este procedimiento se clasifican cuerpos de vidrio con una densidad alta, no aceptable, de burbujas y/o inclusiones en un dispositivo de clasificación, de modo que según la invención, un cuerpo de vidrio se puede realizar con una densidad máxima predefinible de burbujas y/o inclusiones.

Según otro punto de vista de la presente invención, este procedimiento se puede usar especialmente en la fabricación continua de cuerpos alargados de vidrio, por ejemplo, vidrio plano o cuerpos de vidrio en forma de varilla o tubo. Con este fin, el procedimiento mencionado antes se usa como medición in-line en un cuerpo alargado de vidrio que se guía de manera continua en la dirección predefinida por delante del volumen de observación para determinar la densidad de las burbujas y/o inclusiones, separándose y clasificándose la barra de vidrio en un dispositivo de separación y clasificación, situado a continuación, en cuerpos de vidrio con la densidad máxima deseada de burbujas y/o inclusiones.

Según otro punto de vista de la presente invención, el procedimiento de detección mencionado antes se puede usar especialmente también para influir en parámetros de proceso, en particular para controlarlos o regularlos, durante la fabricación de cuerpos alargados de vidrio, por ejemplo, vidrio plano o cuerpos de vidrio en forma de varilla o tubo, que influyen en la densidad de las burbujas y/o inclusiones. Estos parámetros de proceso pueden ser en particular parámetros de fusión relativos a la masa fundida de vidrio. Sobre la base de la densidad de burbujas y/o inclusiones detectada mediante el procedimiento según la invención se puede influir entonces de manera adecuada sobre un parámetro de proceso a fin de ajustar una densidad deseada, especialmente mínima, de burbujas y/o inclusiones. El parámetro de proceso se puede controlar de forma manual o automatizada o variar de forma regulada.

Por consiguiente, con el procedimiento mencionado antes se puede fabricar un tubo de vidrio con una densidad máxima predefinida de burbujas y/o inclusiones, que se puede usar como semiproducto o material de partida en la fabricación de envases primarios para aplicaciones farmacéuticas mediante el conformado ulterior. Un tubo de vidrio de este tipo se caracteriza en especial por un diámetro exterior comparativamente pequeño que es con preferencia menor que 10 mm aproximadamente y se sitúa con mayor preferencia en el intervalo de 1,5 mm aproximadamente a 10 mm aproximadamente. Un tubo de vidrio de este tipo se caracteriza en especial también por un espesor de pared comparativamente grande que se sitúa con preferencia en el intervalo de 2,0 mm aproximadamente a 4,0 mm aproximadamente.

Los tubos de vidrio de este tipo con una densidad máxima predefinida de burbujas y/o inclusiones se pueden usar especialmente en aplicaciones backlight para la iluminación de fondo de pantallas LCD o similar. Los tubos de vidrio de este tipo se caracterizan especialmente por un diámetro exterior comparativamente pequeño que es con preferencia menor que 10 mm aproximadamente y se sitúa con mayor preferencia en el intervalo de 2 mm aproximadamente a 8 mm aproximadamente y con aún mayor preferencia en el intervalo de 2 mm aproximadamente a 6 mm aproximadamente o en el caso de los llamados carpules para el fin mencionado antes, en el intervalo de 6 mm aproximadamente a 8 mm aproximadamente.

Figuras

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo y sobre la base de los dibujos adjuntos, a partir de lo que se derivan otras características y ventajas, así como objetivos que se han de conseguir. Muestran:

Fig. 1 una vista esquemática en corte de un procedimiento según una primera forma de realización de la presente invención;

Fig. 2 una vista esquemática en corte de un procedimiento según una segunda forma de realización de la presente invención y

Fig. 3 una vista esquemática en planta desde arriba de una matriz de elementos fotosensibles que se usa como medio de captación de imagen según la presente invención.

Los números idénticos de referencia identifican en las figuras a los elementos o grupos de elementos idénticos o esencialmente con la misma función.

Descripción detallada de ejemplos de realización

La figura 1 representa en un corte parcial un cuerpo 1 de vidrio que se extiende longitudinalmente en dirección x, así como presenta un lado superior 2 y un lado inferior 3 y puede estar realizado, por ejemplo, como varilla maciza de vidrio o vidrio plano con una dimensión transversal predefinida en una dirección en perpendicular al plano de la imagen. Según la figura 1, dos diafragmas 5, 6 separados entre sí con un orificio, a través del que se extiende el cuerpo 1 de vidrio, definen un volumen 7 de observación con una longitud en la dirección x X2. En el volumen 7 de observación están previstas dos cámaras CCD 8, 9 que funcionan como medio de captación de imagen y captan una imagen con resolución espacial del lado superior o del lado inferior 2, 3 del cuerpo 1 de vidrio. A las cámaras 8, 9 están asignados objetivos adecuados 10 que posibilitan una resolución espacial y una nitidez de profundidad suficientes.

Según la figura 1, están previstas dos zonas 15, 16 de acoplamiento de luz dispuestas simétricamente respecto al volumen 7 de observación y a distancias X1 o X1' para acoplar los rayos 27 ó 28 de luz al cuerpo 1 de vidrio. El acoplamiento al cuerpo 1 de vidrio se realiza aquí de modo que el rayo 27, 28 de luz acoplado respectivamente se propaga en la dirección x o en dirección contraria por reflexión múltiple en el lado superior 2 y el lado inferior 3. El ángulo respectivo de reflexión está identificado en la figura 1 con θ o θ' , identificándose con el número de referencia 25 ó 26 la perpendicular sobre la superficie 2. El ángulo de reflexión puede ser menor que el ángulo límite de la reflexión total en la superficie límite vidrio/aire, en cuyo caso se producen pérdidas considerables de luz en cada reflexión en una superficie límite. Por esta razón hay que minimizar la distancia X1 o X1' respecto al volumen 7 de observación. Según la figura 1, esta distancia se sitúa en el orden de magnitud del espesor del cuerpo 1 de vidrio en la dirección z y puede descender, por ejemplo, hasta 1 mm aproximadamente. Como resultado de la disposición simétrica de las zonas 17 ó 18 de acoplamiento de luz se produce una iluminación uniforme del cuerpo 1 de vidrio en el volumen 7 de observación. La luz conducida en el cuerpo 1 de vidrio se focaliza o concentra en las burbujas y/o inclusiones en la zona del volumen 7 de observación, lo que se puede percibir en forma de una mancha luminosa clara en la imagen captada. Aunque no está representado en la figura 1, a las cámaras CCD 8, 9 están asignados dispositivos correspondientes de evaluación de imagen, por ejemplo, un ordenador, para seguir evaluando las imágenes captadas. A fin de determinar las burbujas y/o inclusiones puede ser suficiente básicamente una evaluación simple de la intensidad luminosa, lo que se puede obtener en especial mediante un valor umbral adecuado. Naturalmente, se puede realizar también una evaluación más costosa de la imagen, en particular también una detección de los cantos o similar.

La figura 3 muestra en una vista esquemática en planta desde arriba un chip CCD 30 de las cámaras CCD usadas. Según la figura 3, los elementos fotosensibles 31, que están en correspondencia con los píxeles individuales, son comparativamente largos en la dirección predefinida (x) y comparativamente estrechos en la dirección transversal a ésta (y). Esto posibilita una alta resolución espacial en la dirección transversal a la dirección de la conducción de la luz, es decir, en dirección y, mientras que toda la luz reflejada o reproducida en un cono de luz en la dirección predefinida, es decir, la dirección x, se integra mediante los respectivos elementos fotosensibles 31. Esto posibilita una alta sensibilidad a la luz del procedimiento usado. Naturalmente, la presente invención no se limita al uso de elementos fotosensibles rectangulares, sino que se pueden usar también elementos fotosensibles cuadrados.

Por consiguiente, las cámaras CCD 8, 9 se extienden según la figura 1 en perpendicular al plano de la imagen en una longitud predefinida que está en correspondencia preferentemente con la dimensión exterior del cuerpo 1 de vidrio, de modo que en el volumen 7 de observación se puede captar una imagen a todo lo ancho del cuerpo 1 de vidrio. En caso de un cuerpo de vidrio en forma de varilla o tubo se prefiere que una pluralidad de cámaras CCD esté repartida alrededor de la circunferencia exterior del cuerpo de vidrio y que las zonas asignadas de acoplamiento de luz estén repartidas asimismo alrededor de la circunferencia exterior del cuerpo de vidrio. También puede estar previsto especialmente que las respectivas zonas de captación de imagen de los medios de captación de imagen dispuestos de manera repartida se solapen entre sí a lo largo de la circunferencia del cuerpo de vidrio.

La figura 2 muestra una disposición de medición según una segunda forma de realización de la presente invención, con la que se deben detectar las burbujas y/o inclusiones en la pared 4 de un tubo 1 de vidrio que se mueve a una velocidad v, según indica la flecha, por delante del volumen 7 de observación. Según la figura 2, la luz se aproxima mediante conductores 19, 20 de luz al volumen 7 de observación. En los extremos respectivos de los conductores de luz están previstos elementos ópticos correspondientes 21, 22 de acoplamiento que ensanchan de manera divergente los rayos 15, 16 de luz de acoplamiento en la dirección x y los ensanchan en la dirección transversal a

ésta para formar un volumen alargado de rayos, lo que se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante una lente cilíndrica adecuada y el uso de haces correspondientes de conductores de luz.

- Según la figura 2, otra fuente 12 de luz está dispuesta en sentido diametralmente opuesto a la cámara CCD 8. Con esta fuente 12 de luz se proyecta en intervalos de tiempo, durante los que no se acopla ninguna luz a la pared 4 del cuerpo 1 de vidrio, una silueta del tubo 1 de vidrio sobre la cámara CCD 8, que se capta con resolución espacial y se evalúa. En la proyección de la silueta se destacan los bordes exteriores e interiores del tubo 1 de vidrio, de modo que en la imagen captada se pueden determinar zonas de la imagen que están en correspondencia con la zona de una pared 4 de tubo. Según esta forma de realización, para la determinación de las burbujas y/o inclusiones en la pared 4 se usan sólo las zonas de la imagen determinadas de este modo, pero no las zonas de la imagen que están en correspondencia con el espacio interior del tubo o el espacio exterior del tubo. Convenientemente se mantiene una distancia mínima predefinida entre los bordes de la respectiva zona de la imagen que se han determinado de este modo.
- 15 Para la adaptación a tubos de vidrio con dimensiones exteriores diferentes puede estar previsto que los elementos ópticos de acoplamiento de luz y las cámaras CCD estén agrupados en una unidad ajustable, de modo que la distancia respecto a la superficie del cuerpo de vidrio se puede ajustar de forma coordinada y, por consiguiente, son posibles relaciones uniformes de iluminación de cuerpos de vidrio con dimensiones exteriores diferentes.
- 20 Como podrá comprobar sin problemas el técnico al analizar la descripción anterior, el procedimiento según la invención es adecuado para la inspección sin contacto de cuerpos de vidrio con una forma cualquiera, en especial perfiles alargados de varilla o perfiles huecos que se guían continuamente por delante del volumen de observación en la dirección predefinida de la conducción de la luz durante un procedimiento continuo de fabricación. Las formas preferidas de uso de estos tubos de vidrio son especialmente los semiproductos para la fabricación de envases primarios para aplicaciones farmacéuticas, en particular mediante su conformado, y la fabricación de tubos backlight con una sección transversal de tubo comparativamente pequeña con un espesor grande de pared para pantallas LCD.

Ejemplo de realización

- 30 Un tubo de vidrio con un diámetro exterior de 8 mm y un espesor de pared de 3,5 mm se mueven continuamente y pasa a una velocidad de 3 m/s por delante de un array de cámaras CCD que están repartidas de manera uniforme a distancias angulares de 120° alrededor de la circunferencia exterior del tubo de vidrio. La longitud de los elementos fotosensibles de la matriz CCD en dirección de movimiento del tubo es de 0,2 mm y la anchura en una dirección transversal a ésta, de 20 µm. Con una frecuencia de repetición de 1,5 kHz se captan imágenes de la superficie del tubo de vidrio, lo que posibilita una precisión en la determinación de la longitud de burbujas y/o inclusiones en la pared de tubo en el orden de magnitud de pocos mm. En un ejemplo de realización, la precisión en la determinación de la anchura de las burbujas y/o inclusiones es de aproximadamente 8 µm. En la pared del tubo de vidrio se sitúa una banda identificativa en color para caracterizar los tipos de vidrio y otras especificaciones del tubo de vidrio. La banda identificativa no influye en los resultados de la medición, en especial en la resolución espacial obtenida.

Lista de números de referencia

- | | |
|-------|--|
| 1 | Cuerpo de vidrio/tubo de vidrio |
| 45 2 | Lado superior/superficie exterior |
| 3 | Lado inferior/superficie interior |
| 4 | Pared de tubo |
| 5 | Diafragma |
| 6 | Diafragma |
| 50 7 | Volumen de observación |
| 8 | Cámara |
| 9 | Cámara |
| 10 | Objetivo |
| 12 | Fuente de luz para detección de bordes |
| 55 15 | Rayo de luz de iluminación |
| 16 | Rayo de luz de iluminación |
| 17 | Zona de acoplamiento |

18	Zona de acoplamiento
19	Conductor de luz
20	Conductor de luz
21	Elemento óptico de acoplamiento
5 22	Elemento óptico de acoplamiento
25	Perpendicular
26	Perpendicular
27	Rayo de luz
28	Rayo de luz
10 30	Array de fotodetectores
31	Elemento fotosensible

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección de burbujas y/o inclusiones en un cuerpo (1) de vidrio, especialmente en una pared (4) de un tubo de vidrio, que presenta una primera superficie (2) y una segunda superficie (3) separada de ésta que son distintas a los lados frontales del cuerpo (1) de vidrio, acoplándose en este procedimiento un rayo (15, 16) de luz de iluminación en una zona (17, 18) de acoplamiento sobre la primera o la segunda superficie (2, 3) al cuerpo (1) de vidrio de tal modo que la luz (27, 28) se propaga por reflexión múltiple en la primera y la segunda superficie (2, 3) en una dirección predefinida (x) en el cuerpo de vidrio, acoplándose el rayo de luz de iluminación en la zona (17, 18) de acoplamiento en una dirección transversal a la dirección predefinida (x), captándose en un volumen (7) de observación, separado de la zona de acoplamiento en la dirección predefinida (x), una imagen de la primera o la segunda superficie (2, 3) del cuerpo de vidrio que se evalúa para la detección de las burbujas y/o inclusiones, moviéndose el cuerpo (1) de vidrio en la dirección predefinida (x) por delante del volumen (7) de observación y provocando al menos un diafragma (21, 22) con un orificio, a través del que se extiende el cuerpo (1) de vidrio y se mueve el cuerpo (1) de vidrio por delante del volumen (7) de observación, una separación tal entre el volumen (7) de observación y la zona (17, 18) de acoplamiento que la imagen se detecta en una disposición de campo oscuro.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la luz se acopla al cuerpo (1) de vidrio en al menos dos zonas (17, 18) de acoplamiento que están separadas a distancias iguales (X_1, X_1') en la dirección predefinida y previstas simétricamente respecto al volumen de observación.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo (1) de vidrio está configurado en forma de varilla o tubo y se extiende longitudinalmente en la dirección predefinida (x) y en el que la imagen se capta mediante una pluralidad de medios (8, 9) de captación de imagen que están repartidos alrededor de la primera o la segunda superficie que configura una superficie circunferencial exterior del cuerpo de vidrio.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la imagen se capta mediante una matriz (30) de elementos fotosensibles (31) para detectar con resolución espacial las burbujas y/o inclusiones en el cuerpo (1) de vidrio, siendo la matriz (30) una matriz unidimensional de elementos fotosensibles (31) que en la dirección predefinida (x) son más largos que en la dirección transversal a ésta.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la luz se acopla en la respectiva zona (17, 18) de acoplamiento al cuerpo (1) de vidrio de tal modo que la luz se transmite por reflexión en un ángulo, menor que el ángulo límite para la reflexión total en la respectiva superficie (2, 3), en el cuerpo (1) de vidrio en la dirección predefinida (x).
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la respectiva zona de acoplamiento se irradia una luz mediante un conductor (19, 20) de luz o haz de conductores de luz, la luz irradiada se ensancha y se acopla al cuerpo (1) de vidrio.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios (19, 20) de iluminación para la iluminación de la primera y/o la segunda superficie (2, 3) del cuerpo (1) de vidrio y los medios (8, 9) de captación de imagen para la captación de la imagen se ajustan de manera coordinada en sentido transversal a la dirección predefinida (x) para adaptarse a una dimensión exterior del cuerpo de vidrio y una silueta del cuerpo (1) de vidrio se reproduce sobre una matriz de elementos fotosensibles (31) en intervalos de tiempo, durante los que no se capta la imagen, para identificar los bordes del cuerpo (1) de vidrio, captándose la imagen para la detección de burbujas y/o inclusiones de tal modo que quedan suprimidas las contribuciones de señales de los bordes identificados de esta forma.
8. Procedimiento para la fabricación de cuerpos de vidrio con una densidad máxima predeterminada de burbujas y/o inclusiones, en el que
- una barra (1) de vidrio, que presenta una primera superficie (2) y una segunda superficie (3) separada de ésta que son distintas a los lados frontales de la barra (1) de vidrio, se pone a disposición y se mueve en una dirección predefinida (x) por delante de medios (8, 9) de captación de imagen;
 - la densidad de las burbujas y/o inclusiones se determina mediante la realización de los siguientes

pasos:

- 5 b1) un rayo (15, 16) de luz de iluminación se acopla en una zona (17, 18) de acoplamiento sobre la primera o la segunda superficie (2, 3) a la barra (1) de vidrio de tal modo que la luz (27, 28) se propaga por reflexión múltiple en la primera y la segunda superficie (2, 3) en la dirección predefinida (x) en la barra de vidrio, acoplándose el rayo de luz de iluminación en la zona (17, 18) de acoplamiento en una dirección transversal a la dirección predefinida (x);
- 10 b2) en un volumen (7) de observación, separado de la zona de acoplamiento en la dirección predefinida (x), se capta una imagen de la primera o la segunda superficie (2, 3) de la barra de vidrio y
- 15 b3) la imagen se evalúa para la detección de las burbujas y/o inclusiones a fin de determinar la densidad de las burbujas y/o inclusiones, provocando al menos un diafragma (21, 22) con un orificio, a través del que se extiende el cuerpo (1) de vidrio y se mueve el cuerpo (1) de vidrio por delante del volumen (7) de observación, una separación tal entre el volumen (7) de observación y la zona (17, 18) de acoplamiento que la imagen se detecta en una disposición de campo oscuro;
- 20 c) la barra (1) de vidrio se separa en la dirección predefinida (x) en cuerpos de vidrio y
- d) se clasifican aquellos cuerpos de vidrio, para los que se determina una densidad de burbujas y/o inclusiones en la barra de vidrio mayor que la densidad máxima predeterminada.

9. Dispositivo para la detección de burbujas y/o inclusiones en un cuerpo (1) de vidrio, especialmente en una pared (4) de un tubo de vidrio, que presenta una primera superficie (2) y una segunda superficie (3) separada de ésta, con:

30 medios (21, 22) de acoplamiento de luz para acoplar un rayo (15, 16) de luz de iluminación en una zona (17, 18) de acoplamiento al cuerpo de vidrio de tal modo que la luz (27, 28) se propaga por reflexión múltiple en la primera y la segunda superficie (2, 3) en una dirección predefinida (x) en el cuerpo de vidrio, y con al menos un medio (8, 9) de captación de imagen para captar en un volumen (7) de observación, separado de la zona (17, 18) de acoplamiento en la dirección predefinida (x), una imagen de la primera o la segunda superficie (2, 3) del cuerpo (1) de vidrio que se evalúa para la detección de las burbujas y/o inclusiones, **caracterizado porque** está previsto un medio (v) de transporte para mover el cuerpo (1) de vidrio en la dirección predefinida (x) por delante del respectivo medio (8, 9) de captación de imagen y porque los medios (21, 22) de acoplamiento de luz están diseñados para acoplar el rayo (15, 16) de luz de iluminación sobre la primera o la segunda superficie (2, 3) al cuerpo (1) de vidrio de modo que la luz (27, 28) se propaga por reflexión múltiple en la primera y la segunda superficie (2, 3) en la dirección predefinida (x) en el cuerpo de vidrio, acoplándose el rayo de luz de iluminación en la zona (17, 18) de acoplamiento en una dirección transversal a la dirección predefinida (x), estando previsto al menos un diafragma (21, 22) con un orificio, a través del que se extiende el cuerpo (1) de vidrio y se mueve el cuerpo (1) de vidrio por delante del volumen (7) de observación, separando el diafragma el volumen (7) de observación de la zona (17, 18) de acoplamiento de tal modo que la imagen se detecta en una disposición de campo oscuro.

45 10. Dispositivo según la reivindicación 9 con al menos dos medios (21, 22) de acoplamiento de luz para acoplar la luz en al menos dos zonas (17, 18) de acoplamiento al cuerpo (1) de vidrio, estando separados los medios de acoplamiento de luz a distancias iguales (X_1 , X_1') respectivamente en la dirección predefinida (x) y previstos simétricamente respecto al volumen (7) de observación.

50 11. Dispositivo según la reivindicación 9 ó 10, en el que una pluralidad de medios (8, 9) de captación de imagen están repartidos alrededor de la primera o la segunda superficie (2, 3), que configura una superficie circunferencial exterior del cuerpo de vidrio, para captar la imagen de un cuerpo (1) de vidrio configurado en forma de varilla o tubo y extendido longitudinalmente en la dirección predefinida (x).

55 12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el respectivo medio (8, 9) de captación de imagen comprende respectivamente una matriz (30) de elementos fotosensibles (31) para detectar con resolución espacial las burbujas y/o inclusiones en el cuerpo (1) de vidrio, siendo la matriz (30) una matriz unidimensional de elementos fotosensibles (31) que en la dirección predefinida (x) son más largos que en la

dirección transversal a ésta.

13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que los medios (21, 22) de acoplamiento de luz y los medios (8, 9) de captación de imagen se pueden ajustar de manera coordinada en sentido 5 transversal a la dirección predefinida (x) para adaptarse a una dimensión exterior del cuerpo (1) de vidrio.

14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 que comprende asimismo un medio (12) de generación de silueta, captándose de forma sincronizada la imagen de la primera o la segunda superficie del cuerpo de vidrio y reproduciendo el medio de generación de silueta en intervalos de tiempo, durante los que no se 10 capta ninguna imagen para la detección de burbujas y/o inclusiones, una silueta del cuerpo (1) de vidrio sobre el medio (8, 9) de captación de imagen, así como una unidad de evaluación de imagen que está diseñada para identificar los bordes del cuerpo (1) de vidrio a partir de la imagen de la silueta y suprimir las contribuciones de señales de los bordes identificados de esta forma en la imagen para la detección de las burbujas y/o inclusiones de la primera o la segunda superficie del cuerpo (1) de vidrio.

15. Dispositivo para la fabricación de cuerpos de vidrio con una densidad máxima predeterminada de burbujas y/o inclusiones a partir de una barra (1) de vidrio que presenta una primera superficie (2) y una segunda superficie (3) separada de ésta, con:

20 a) un dispositivo para la detección de burbujas y/o inclusiones en la barra de vidrio que comprende:

a1) medios (21, 22) de acoplamiento de luz para acoplar a la barra de vidrio un rayo (15, 16) de luz de iluminación en una zona (17, 18) de acoplamiento sobre la primera o la segunda superficie (2, 3) de la barra de vidrio de tal modo que la luz (27, 28) se propaga por reflexión múltiple en la primera y la segunda superficie (2, 3) en una dirección predefinida (x) en la barra de vidrio, acoplándose el rayo de luz de iluminación en la zona (17, 18) de acoplamiento en una dirección transversal a la dirección predefinida (x), y 25

a2) al menos un medio (8, 9) de captación de imagen para captar en un volumen (7) de observación, separado de la zona (17, 18) de acoplamiento en la dirección predefinida (x), una imagen de la primera o la segunda superficie (2, 3) de la barra (1) de vidrio que se evalúa para la detección de las burbujas y/o inclusiones, estando previsto al menos un diafragma (21, 22) con un orificio, a través del que se extiende el cuerpo (1) de vidrio y se mueve el cuerpo (1) de vidrio por delante del volumen (7) de observación, separando el diafragma el volumen (7) de observación de la zona (17, 18) de acoplamiento de tal modo que la imagen se detecta en una disposición de campo oscuro, 30 35

b) un medio (v) de transporte para mover la barra (1) de vidrio en la dirección predefinida (x) por delante del medio (8, 9) de captación de imagen, 40

estando prevista una unidad de evaluación de imagen para sobre la base de la imagen captada de la primera o la segunda superficie de la barra (1) de vidrio determinar una densidad de burbujas y/o inclusiones en la barra de vidrio y estando previsto un dispositivo de separación y clasificación para separar la barra (1) de vidrio en la dirección predefinida (x) en cuerpos de vidrio y clasificar aquellos cuerpos de vidrio, para los que se determina una densidad 45 de burbujas y/o inclusiones en la barra de vidrio mayor que la densidad máxima predeterminada.

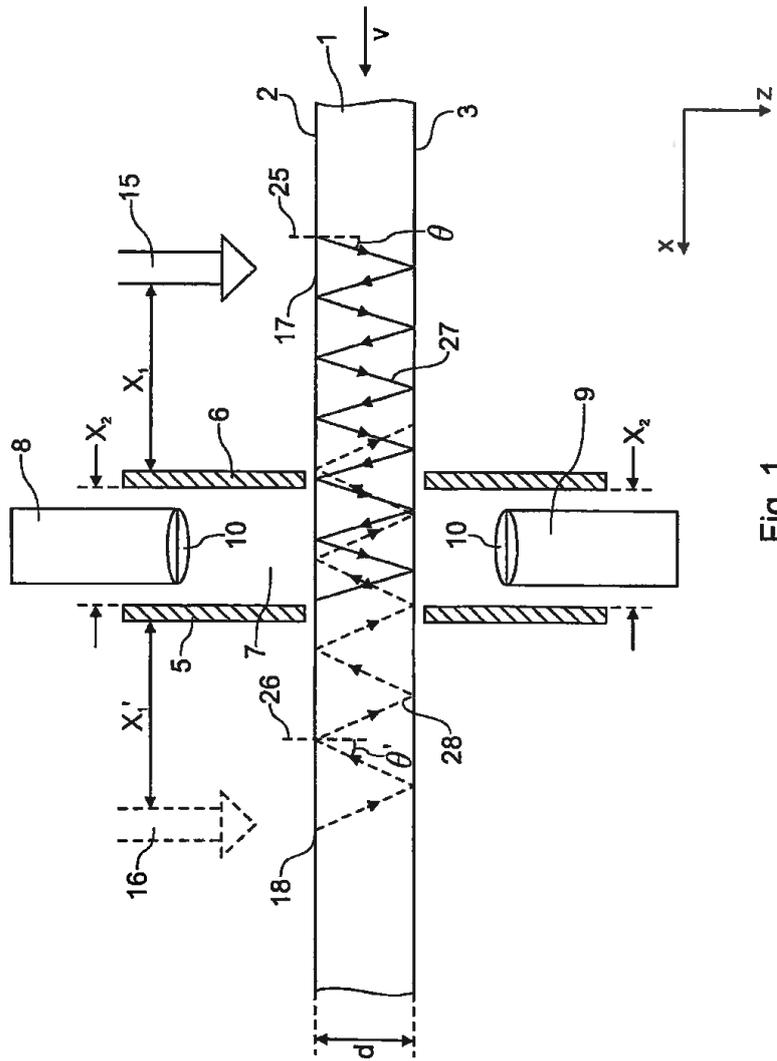


Fig. 1

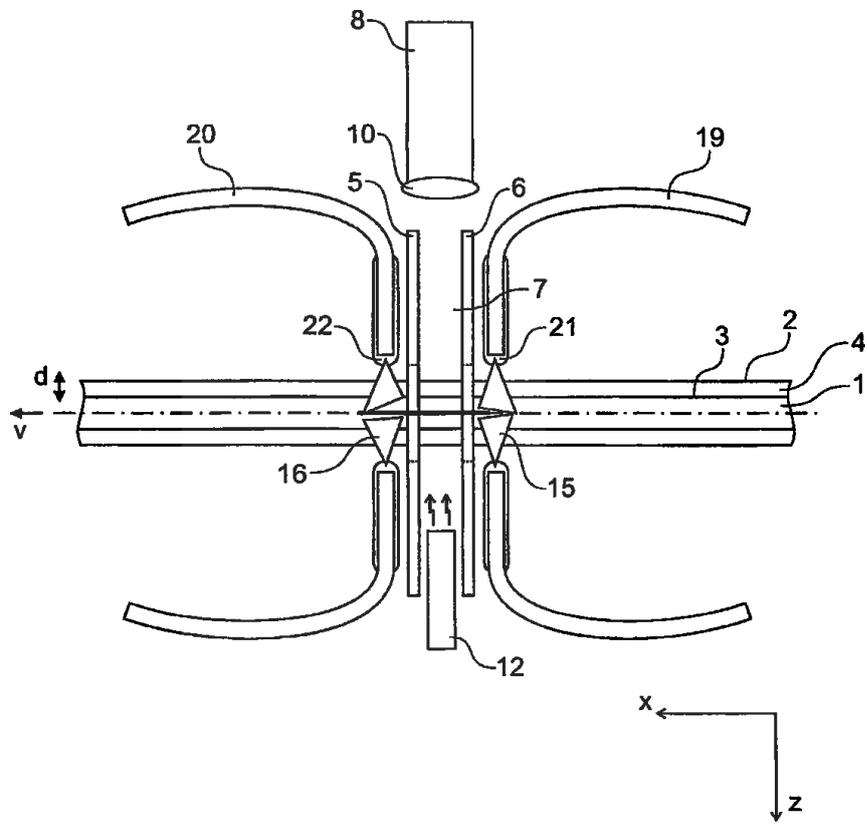


Fig. 2

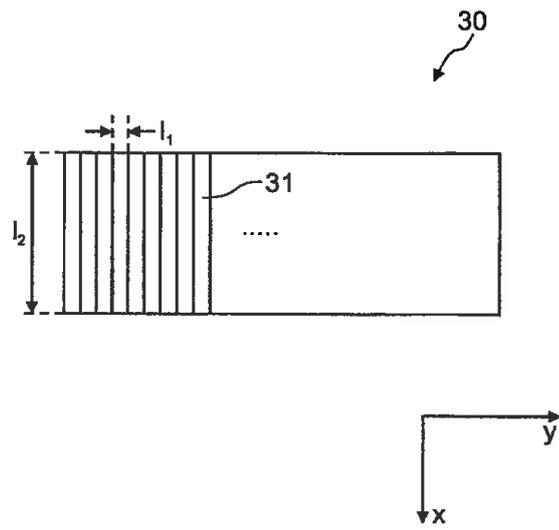


Fig. 3