

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 881 574**

51 Int. Cl.:

G01N 21/03 (2006.01)

G01N 21/05 (2006.01)

G01N 21/31 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2015 PCT/EP2015/000076**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15106969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2015 E 15700529 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021 EP 3094961**

54 Título: **Dispositivo para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido**

30 Prioridad:

17.01.2014 DE 102014000651

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.11.2021

73 Titular/es:

**GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ UNIVERSITÄT
HANNOVER (50.0%)
Welfengarten 1
30167 Hannover, DE y
DR. KÜKE GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RISSING, LUTZ;
HOLZ, STEPHANIE y
HOHEISEL, DOMINIK**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 881 574 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 para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido

5 La invención se refiere a un dispositivo para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido que absorbe luz de una longitud de onda de absorción, presentando el dispositivo al menos una cámara de paso con al menos una abertura de entrada, al menos una abertura de salida y al menos una pared perimetral, al menos un láser para la emisión de luz de la longitud de onda de absorción y al menos un detector para la detección de la luz emitida, estando dispuesto el láser y el detector de tal modo que la luz emitida por el láser se guía a lo largo de al menos dos rutas diferentes a través de la cámara de paso antes de llegar al detector. Además, se describe un procedimiento para fabricar una cámara de paso para tal dispositivo.

15 En muchas áreas de aplicación diferentes es necesario y ventajoso conocer la concentración de una sustancia química disuelta en un líquido. Un ejemplo particularmente importante lo representa a este respecto el tratamiento del agua potable, en el que se deben eliminar los contaminantes de naturaleza orgánica e inorgánica del agua potable. En el pasado se han utilizado diferentes procedimientos para ello.

20 A este respecto, están extendidos procedimientos químicos en los que, por ejemplo, mediante la adición de soluciones acuosas de cloro, por ejemplo, se eliminan contaminantes y gérmenes para que los respectivos componentes no deseados del agua potable reaccionen con los átomos de cloro, de tal modo que se formen nuevos compuestos de cloro. En bajas concentraciones, estos no son nocivos para la salud, pero provocan irritación de la piel y de las mucosas, como, por ejemplo, manchas de cloro u ojos llorosos.

25 Como alternativa al uso de soluciones acuosas de cloro, se introdujo el dióxido de cloro como aditivo germicida. Esto tiene la ventaja de que el dióxido de cloro no forma compuestos de cloro con los componentes no deseados del agua, sino que, en lugar de ello, los componentes no deseados se destruyen por oxidación. Esto también significa que el valor del pH del agua prácticamente no se modifica. Otra ventaja del dióxido de cloro es que es casi inodoro e insípido en las concentraciones habituales de aplicación al agua potable. Sin embargo, es perjudicial para la salud cuando se utiliza en dosis excesivas. Por ello, cuando se utiliza el dióxido de cloro, debe vigilarse la concentración de esta sustancia en el agua, para que en el agua potable solo haya concentraciones inofensivas para el ser humano.

35 Para medir las concentraciones de dióxido de cloro, se proponen, por ejemplo, electrodos o sondas selectivas de iones como es el caso, por ejemplo, en el documento DE 60 2004 011 063 T2. Como alternativa, también se utilizan células de medición amperométricas como las que se describen, por ejemplo, en el documento DE 100 31 560 A1. El documento DE 20 2010 007 065 U1 describe un sistema de medición de cloruro en el que se utiliza una combinación de bifurcaciones de medición y células de medición que se sumergen en una solución acuosa. Otro sensor amperométrico y voltamétrico se describe en el documento DE 103 22 894 A1.

40 Sin embargo, todos estos dispositivos y procedimientos tienen la desventaja de que, por un lado, requieren un alto nivel de equipamiento y deben ser calibrados con un procedimiento colorimétrico independiente como la determinación de DPD. Esto se cumple en particular para sensores amperométricos y voltamétricos. Por tanto, estos procedimientos y sensores solo son adecuados de forma limitada para determinar la concentración de dióxido de cloro en el agua potable, ya que los métodos de medición colorimétrica acarrear numerosos fallos, por ejemplo, a altas temperaturas, debido al aumento de la presión de vapor del dióxido de cloro y, por tanto, a su pérdida antes de la detección, por lo que los procedimientos y sensores descritos no pueden calibrarse de forma fiable. Además, la medición de soluciones concentradas de dióxido de cloro en el informe de gramos/litro tampoco es realizable de forma fiable.

50 El documento WO 2010/096074 A1 describe un sensor de dióxido de cloro con el que se puede detectar el dióxido de cloro en forma de gas. La mezcla de gas que contiene dióxido de cloro es guiada a través de una cámara de paso y en esta cámara se ilumina con un LED que emite una luz ultravioleta. A este respecto, el LED emite luz, por ejemplo, durante 50 ms luz. Entre dos de estos pulsos de luz hay unos 5 segundos en los que no se emite luz alguna.

55 el dióxido de cloro absorbe luz con una longitud de onda de absorción de aproximadamente 360 nm. El LED UV emite luz exactamente en esta longitud de onda, de tal modo que en el extremo opuesto al LED de la cámara de paso un detector puede medir la intensidad de la luz que llega de esta longitud de onda de absorción. Por la pérdida de intensidad, que es una medida del grado de absorción de la luz en el interior de la cámara de paso, se puede determinar la concentración del dióxido de cloro.

60 La pausa muy larga entre dos pulsos sucesivos en un sensor de acuerdo con el documento WO 2010/096074 A1 se debe a la fotorreactividad del dióxido de cloro. Así, se describe como ventajoso que el dispositivo se utilice en una caja opaca para evitar que el dióxido de cloro esté expuesto a una dispersión de luz excesiva. A este respecto, se podrían producir sustancias tóxicas y/o explosivas, lo que lógicamente debe evitarse.

65 El sensor descrito en la mencionada publicación no es adecuado para la detección de dióxido de cloro en el agua, ya que la sección transversal de absorción del dióxido de cloro disminuye mucho en el agua, por lo que en particular pequeñas concentraciones, que son de interés en particular en el examen del agua potable, ya no pueden ser

detectadas.

Otra desventaja del detector descrito en el documento WO 2010/096074 A1 es que debe utilizarse un área de detección relativamente grande para alcanzar una cantidad suficiente de moléculas de dióxido de cloro con la luz UV irradiada para llegar a una reducción medible de la intensidad. Por lo tanto, los detectores descritos en ese documento son muy costosos y ocupan mucho espacio.

Por el estado de la técnica se conocen una serie de dispositivos genéricos. Así, el documento US 5,485,276 describe un procedimiento para vigilar la concentración de una sustancia química disuelta en un fluido. El documento DE 10 2009 025 147 B3, el documento DE 10 2010 050 626 B4 y el documento EP 1 535 047 B1 describen espectrómetros de gases que utilizan todos ellos luz láser y se basan en la medición de la absorción de esta luz. Los documentos WO 2006/132380 A2 y US 2007/0215817 A1 describen en cada caso procedimientos y dispositivos para la detección de moléculas individuales, estando especializado el documento de EEUU, en particular, en moléculas de ADN. Por el documento US 8,253,930 B2, se conoce un dispositivo para determinar la cantidad de humedad en un gas. Sin embargo, ninguno de estos dispositivos es adecuado para realizar mediciones de alta calidad de la concentración de una sustancia química disuelta en un líquido.

El documento US 2005/0200848 A1 describe un procedimiento para detectar ozono en agua ozonizada, que también se basa en mediciones de absorción. Como fuente de luz se utilizan LED. A partir del artículo "Final Report: A compact, low-cost, near-UV sensor for chlorine dioxide" de la Research Project Data Base NCER ORD USEPA de 4 de junio 2007, así como por el documento WO 2013/119320 A1 se conocen procedimientos y dispositivos para encontrar compuestos que se han de detectar en gases. Por otro lado, el documento DE 100 23 000 A1 describe un procedimiento de medición de la absorción para determinar la concentración de una sustancia en el que se guían haces de luz parciales a través de la muestra como medida de referencia.

La invención se basa, por tanto, en el objetivo de proponer un dispositivo para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido que absorbe luz de una longitud de onda de absorción que también pueda detectar de manera segura y fiable pequeñas concentraciones de la sustancia en el líquido y, además, se pueda configurar con pequeñas dimensiones constructivas. La invención se basa, además, en el objetivo de proponer un procedimiento para la fabricación de una cámara de paso para tal dispositivo.

La invención soluciona el objetivo planteado mediante un dispositivo para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido que absorbe luz de una longitud de onda de absorción, de acuerdo con la reivindicación 1.

También el dispositivo de acuerdo con la presente invención aprovecha la circunstancia de que la sustancia química que se ha de detectar absorbe luz de una longitud de onda de absorción. A través de la cámara de paso, durante el funcionamiento del dispositivo, se guía el líquido en el que se encuentra la sustancia química disuelta. A este respecto, el líquido es introducido a través de la al menos una abertura de entrada en la cámara de paso y sale de esta por medio de la al menos una abertura de salida. A través del láser, se introduce luz de la longitud de onda de absorción en la cámara de paso, que la atraviesa a lo largo de al menos dos rutas parciales diferentes. A continuación, la luz llega al detector, que está diseñado para detectar la intensidad de esta luz. A partir de la intensidad de la radiación de entrada conocida y la intensidad medida detectada se puede determinar el grado de absorción de la luz en el interior de la cámara de paso, lo que es una medida directa de la concentración de la sustancia química, por ejemplo, del dióxido de cloro. El dispositivo dispone a este respecto preferentemente, aunque no necesariamente, de un control eléctrico que está diseñado para determinar, a partir de los valores medidos del detector y de la intensidad de luz irradiada conocida, por medio del láser la concentración de la sustancia química en el líquido.

El dispositivo de acuerdo con la invención también es apropiado para detectar, por ejemplo, dióxido de cloro en el agua. Dado que para la detección se utiliza un láser que emite una intensidad claramente mayor en la cámara de paso de lo que sería el caso mediante el UV-LED conocido por el estado de la técnica, se compensa la menor sección transversal de absorción del dióxido de cloro en el agua, de tal modo que se obtiene una señal de medición con resolución suficiente.

Mediante la característica de que la luz atraviesa la cámara de paso a lo largo de al menos dos rutas parciales diferentes, se consigue, además, que la longitud de onda de la luz en la cámara de paso se pueda seleccionar mayor que una extensión espacial de la cámara de paso en una dirección espacial. De esta manera, la luz choca en su trayectoria a través de la cámara de paso con más moléculas de la sustancia química que ha de detectarse, de tal modo que se eleva considerablemente la sensibilidad de la detección del dispositivo. De esta manera, se consigue que, por ejemplo, también se pueda detectar dióxido de cloro en el agua en concentraciones que son nocivas para la salud de las personas. Las concentraciones detectables pueden situarse a este respecto en el área de "partes por mil millones" (ppb). Con los sensores de dióxido de cloro que se conocen por el estado de la técnica hasta ahora no era posible detectar de manera segura y fiable tales pequeñas concentraciones en el agua.

Se sabe cómo determinar con un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 concentraciones de una sustancia química distribuida en un gas. La utilización de tal dispositivo genérico sin la característica de acuerdo

con la invención para determinar una concentración de una sustancia química diluida en un líquido, por ejemplo, agua, ciertamente conduce a un valor de medición, ya que una parte de la radiación láser es absorbida, sin embargo, no es posible hacer una declaración fiable sobre la concentración de la sustancia química contenida en el líquido. La invención se basa en el conocimiento de que una parte de la luz láser emitida de la longitud de onda de absorción es absorbida aunque no se encuentre con la sustancia química que se ha de detectar. A diferencia de un gas que se examina, un líquido contiene impurezas, por ejemplo, en forma de pequeñas burbujas o materia en suspensión que también provocan la absorción o la dispersión de la luz láser irradiada y, por tanto, falsean el resultado de la medición. Estos efectos son prácticamente independientes de la longitud de onda de la luz irradiada. La invención aprovecha esto utilizando un segundo láser que emite luz de una longitud de onda que no es absorbida ventajosamente por la sustancia química disuelta cuya concentración se quiere predeterminar. También la luz del segundo láser se guía a través de la cámara de paso. También esta luz se dispersa en consecuencia en las impurezas, de tal modo que no toda la intensidad de láser irradiada de la segunda luz láser emitida por el segundo láser es detectada en el detector. A este respecto, se garantiza que la disminución de la intensidad de la segunda luz láser emitida por el segundo láser determinada de este modo no sea causada por la sustancia química que se desea detectar. De este modo, la influencia de los mecanismos de dispersión puede determinarse a partir de las disminuciones de intensidad de la luz emitida por los dos láseres en ambas longitudes de onda y calcularse a partir de la disminución de intensidad de la luz de la longitud de onda de absorción. De este modo, se pueden extraer conclusiones fiables sobre la concentración de la sustancia química que se ha de detectar, ya que se garantiza que se han tenido en cuenta los efectos independientes de la longitud de onda, como la dispersión en impurezas.

En un diseño ventajoso del dispositivo, la pared perimetral dispone de al menos una sección reflectante que está dispuesta de tal modo que la luz emitida por el láser se desvía en la sección reflectante desde una primera ruta a una segunda ruta. La sección reflectante puede ser a este respecto, por ejemplo, un espejo fijado a la pared perimetral en el que incida la luz de la longitud de onda de absorción emitida por el láser. Este diseño con una única sección reflectante tiene la ventaja de que láser y detector pueden estar dispuestos en el mismo lado de la pared perimetral de la cámara de paso. Lógicamente, esto también ocurre con cualquier otro número impar de secciones de reflexión. Con este diseño se consigue, además, que la luz solo se introduzca por un punto en la cámara de paso y solo salga por un punto de la cámara de paso y, a pesar de ello, pueda recorrer dos rutas diferentes entre sí en el interior de la cámara de paso. Si la luz emitida por el láser se refleja solo una vez en el interior de la cámara de paso, la ruta antes de la reflexión constituye la primera ruta, mientras que la luz después de la reflexión recorre la segunda ruta.

A este respecto, se ha revelado como ventajoso que la luz del láser sea introducida, por ejemplo, por un punto de la pared perimetral en la cámara de paso y que se expanda en la cámara de paso con un ángulo diferente a 0° y diferente a 90° relativamente a una extensión longitudinal de la cámara de paso. Esta extensión longitudinal discurre ventajosamente en una dirección que también se corresponde con la dirección de flujo en la que fluye el líquido con la sustancia química que se ha de detectar desde la abertura de entrada a la abertura de salida de la cámara de paso.

La propia cámara de paso puede estar configurada a este respecto con forma de cilindro hueco o con forma de paralelepípedo hueco. Lógicamente también es concebible cualquier otro diseño geométrico de la cámara de paso. La luz emitida por el láser se refleja ventajosamente al menos una vez en la pared perimetral, en la sección reflectante prevista para ello, y recorre así la cámara de paso a lo largo de diferentes rutas parciales.

A este respecto, se ha revelado como particularmente ventajoso si la luz enviada por el láser es reflejada repetidamente por una sección reflectante de la pared perimetral antes de llegar al detector. De esta manera se pueden ajustar prácticamente a discreción las trayectorias que recorre la luz dentro de la cámara de paso y ampliarse al valor deseado. Este puede ajustarse en particular en función de la concentración que cabe esperar y se ha de detectar de la sustancia química. Cuanto menor es la concentración esperada y que se ha de detectar de la sustancia química, mayor debería seleccionarse la trayectoria que debe recorrer la luz láser en el interior de la cámara de paso antes de llegar al detector. De esta manera, se garantiza que, también con pequeñas y mínimas concentraciones de la sustancia química, la luz láser alcance suficientes moléculas para producir una disminución medible y detectable de la intensidad de la luz láser irradiada. La sección efectiva de la trayectoria recorrida por la luz láser en el interior de la cámara de paso no está expuesta a este respecto prácticamente a ningún límite. Las rutas parciales pueden situarse en diferentes planos o en los mismos planos y, por ejemplo, cruzarse. Lógicamente también son concebibles rutas que no se crucen.

Mediante el número de reflexiones previstas de la luz emitida por el láser en el interior de la cámara de paso, se puede ajustar en consecuencia la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el interior de la cámara de paso prácticamente a discreción. Esto significa que de esta manera prácticamente ya no hay limitaciones para el tamaño de la cámara de paso. Esta puede estar realizada, por tanto, constructivamente pequeña y, por ejemplo, presentar una longitud de pocos milímetros, por ejemplo, 4 mm. Con una cámara de paso que está diseñada con forma de paralelepípedo y, por ejemplo, presenta dimensiones de 4 mm x 2 mm x 2 mm, con una selección apropiada de la trayectoria que debe recorrer la luz en el interior de la cámara de paso, también se pueden detectar concentraciones pequeñas y mínimas de la sustancia química. Este pequeño diseño de la cámara de paso hace que todo el dispositivo esté configurado con dimensiones constructivamente reducidas y también se pueda fijar en lugares inaccesibles o espacialmente limitados, por ejemplo, en un sistema de tuberías para agua potable.

A este respecto, el dispositivo se fija, por ejemplo, en forma de un bypass a un conducto tubular a través del cual se

conduce el líquido con la sustancia química disuelta en él. De esta manera, una pequeña parte del líquido se guía a través de la cámara de paso y se expone a la radiación electromagnética del láser. Partiendo de que, en el interior del líquido, se encuentra una distribución homogénea de la sustancia química, este procedimiento basta para determinar la concentración en el líquido.

5 Ventajosamente, el dispositivo dispone de al menos un divisor de haz para dividir la luz emitida por el láser en al menos dos haces parciales que se guían a lo largo de al menos dos rutas parciales a través de la cámara de paso. De esta manera, se pueden realizar diferentes rutas parciales que debe recorrer la luz en el interior de la cámara de paso sin que la luz sea reflejada en la pared perimetral de la cámara de paso o en otro elemento reflector. Esto puede ser útil para determinados requerimientos, ya que, de esta manera, por ejemplo, ninguna superficie de reflexión entra en contacto con el líquido ni la sustancia química disuelta en él. Lógicamente, se pueden combinar entre sí los dos principios de tal modo que la luz enviada por el láser sea dividida en varios haces parciales en un dispositivo divisor de haces, de los cuales, a continuación, al menos uno o todos, preferentemente todos menos uno, se reflejen en el interior de la cámara de paso y recorran en cada caso la cámara de paso a lo largo de varias rutas diferentes. Después de que los haces parciales hayan salido de nuevo de la cámara de paso, por ejemplo, se agrupan y son conducidos conjuntamente al detector, que mide la intensidad total de la luz. Naturalmente, los haces parciales individuales también se pueden alimentar por separado a un detector y los resultados de intensidad individuales determinados de esta manera se pueden combinar en un resultado global.

20 Ventajosamente, al menos uno de los haces parciales no se conduce a través la cámara de paso. Este sirve como haz de referencia y es conducido ventajosamente de manera directa o bien a un detector independiente previsto para ello o a un detector ya presente. Esto permite medir la intensidad irradiada de la luz láser como valor de referencia y, al mismo tiempo, vigilarla. De esta manera, es posible impedir funcionamientos erróneos del dispositivo. Si el detector detecta, por ejemplo, una reducción considerable de la intensidad de la luz láser incidente en él, esto puede significar, por un lado, una concentración particularmente alta de la sustancia química diluida en el líquido y, por tanto, una gran absorción de la luz láser en el líquido. Sin embargo, este resultado de detección también puede ser causado, por ejemplo, por una disminución de la intensidad de la luz láser irradiada, por ejemplo, debido a un mal funcionamiento o a un proceso de envejecimiento del láser. Esto se puede determinar mediante un haz parcial independiente que no sea conducido a través de la cámara de paso, de tal modo que se impiden en este caso interpretaciones erróneas de los resultados de la medición.

35 En un diseño particularmente preferente, el dispositivo dispone de al menos dos láseres para emitir luz de la longitud de onda de absorción. También en este diseño, se puede conseguir de una manera particularmente sencilla que la luz de los láseres sea guiada por dos rutas diferentes a través de la cámara de paso, siendo introducida la luz de los dos láseres a través de una ventana de entrada en la cámara de paso y siendo extraída a través de una ventana de salida fuera de la cámara de paso. También esto se puede combinar lógicamente con los principios anteriormente descritos. Así, por ejemplo, la luz emitida por los dos láseres puede ser dividida por un divisor de haz y/o reflejada por medio de un espejo en el interior de la cámara de paso, de tal modo que en este caso la longitud de la trayectoria que recorre la luz láser en el interior de la cámara de paso también se puede ajustar libremente. También de esta manera, se pueden diferenciar, por ejemplo, efectos de envejecimiento o funcionamiento erróneos de uno de los dos láseres de una elevada concentración de la sustancia química que se ha de detectar en el líquido, midiéndose de manera independiente entre sí, por ejemplo, la intensidad de la luz láser que llega al detector de los dos láseres y comparándose entre sí.

45 Se ha revelado como particularmente ventajoso si uno de los haces parciales, que ha sido emitido, por ejemplo, por uno de los dos láseres, se guía a través de la cámara de paso, pero no entra en contacto con el líquido ni con la sustancia química disuelta en él. Esto puede suceder, por ejemplo, mediante un canal o un conductor de ondas. De esta manera, se garantiza que, por ejemplo, efectos de sombra de la ventana de entrada y/o de salida no puedan confundirse con una elevada concentración de la sustancia química que se ha de detectar. Si el detector detecta una gran reducción de la intensidad de la luz láser que llega a él, esto puede deberse, además de a la elevada concentración de la sustancia química que se ha de detectar, también al sombreado o la turbiedad de la ventana de entrada y/o salida a través de la cual se introduce la luz láser en la cámara de paso o sale de la cámara de paso. Esto se puede diferenciar por medio de un haz parcial independiente que es guiado a través de las ventanas de entrada y salida, pero no entra en contacto con el líquido y la sustancia diluida en él.

55 De acuerdo con la invención, los dos láseres emiten luz de diferente longitud de onda. De esta manera es posible elevar el número de sustancias químicas diluidas diferenciables. Para poder identificar de manera segura con el dispositivo descrito en el presente caso la sustancia química disuelta, es necesario que la sustancia química absorba luz de la longitud de onda de absorción y esto no lo haga ninguna otra sustancia química que entre en cuestión. Esta es la única manera de identificar claramente la sustancia química que se ha de detectar. Sin embargo, si hay varias, por ejemplo, tres o cuatro sustancias químicas que absorban la luz de la longitud de onda de absorción, es muy poco probable que algunas de estas sustancias o todas ellas absorban también la luz con una segunda longitud de onda de absorción diferente de la primera longitud de onda de absorción. Si se ajusta el segundo láser a esta longitud de onda, pueden diferenciarse entre sí sustancias químicas que no pueden distinguirse mediante una sola línea de absorción.

Como ya se ha expuesto, de acuerdo con la invención está previsto, que el segundo láser emita luz de una segunda longitud de onda que no sea absorbida por la sustancia química que se ha de detectar. De este modo, puede utilizarse para determinar mecanismos de dispersión y absorción que no dependen de la sustancia química que se ha de detectar. De acuerdo con la invención, la luz de los dos láseres se guía a lo largo de las rutas iguales o a lo largo de rutas de igual longitud a través de la cámara de paso antes de llegar al detector. Esto garantiza que los mecanismos y procesos de dispersión y absorción que se producen debido a las impurezas y otras perturbaciones influyen en la luz de ambos láseres con igual intensidad. Si la luz de los dos láseres se guía a lo largo de las rutas iguales a través de la cámara de paso, las inhomogeneidades en la distribución de los puntos de interferencia, por ejemplo, la distribución de burbujas o de materia en suspensión en el líquido, también pueden tenerse en cuenta y ya no contribuyen a falsear el resultado de la medición. El detector que debe detectar la luz de dos láseres diferentes con diferente longitud de onda también puede estar configurado en la forma de dos elementos de detección independientes que, dado el caso, pueden estar dispuestos en diferentes posiciones. Lógicamente, también se puede utilizar un detector que sea capaz de detectar simultáneamente la luz de diferentes longitudes de onda y determinar las respectivas intensidades. Esto también se cumple en el caso de que se utilicen varios láseres que emitan luz de diferentes longitudes de onda de absorción.

Preferentemente, la cámara de paso dispone de al menos una ventana a través de la cual puede entrar la luz enviada por el láser en la cámara de paso y puede salir de la cámara de paso, estando compuesta la al menos una ventana preferentemente por un vidrio. La ventana puede estar fijada, por ejemplo, mediante un recubrimiento o un adhesivo a la pared perimetral de la cámara de paso. Lógicamente, también pueden estar presentes varias ventanas, en particular, una ventana de entrada y una ventana de salida, de tal modo que la luz enviada por el láser pueda entrar y salir en diferentes posiciones en la cámara de paso.

Un procedimiento de acuerdo con la invención para fabricar una cámara de paso para un dispositivo como el descrito en el presente caso se caracteriza por las siguientes etapas:

- a) fabricación de una depresión en la pieza de trabajo,
- b) posicionamiento de al menos un elemento de pared perimetral en la depresión, siendo el elemento de pared perimetral un sustrato reflejado al menos en una sección reflectante y fabricado en un procedimiento de recubrimiento,
- c) cierre de la depresión con un elemento de cubierta.

Esta es solo una posibilidad para fabricar una cámara de paso para un dispositivo como el descrito en el presente caso. El elemento de pared perimetral se fabrica a este respecto en particular como un sustrato que, fuera de la depresión de la pieza de trabajo, está provisto de un elemento de espejo que, por ejemplo, se aplica en un procedimiento de recubrimiento con una capa fina. A continuación, el elemento de pared perimetral se coloca en la depresión de la pieza de trabajo. Esta depresión puede extraerse de la pieza de trabajo mediante fresado o grabado, por ejemplo, y es ventajosamente algo mayor en extensión espacial que la posterior cámara de paso. El elemento de pared perimetral que se dispone en la depresión constituye al menos una parte de la pared perimetral y dispone de la sección reflectante que es necesaria para la reflexión de la luz láser emitida por el láser.

Con el procedimiento de acuerdo con la invención, se fabrica primero la depresión, pudiendo ser relativamente generosas las tolerancias de fabricación que deben respetarse, ya que los elementos de pared perimetral, que deben alinearse de manera exacta entre sí, se insertan posteriormente. Por ello, la depresión puede fabricarse de manera rápida y económica. Independientemente de esto, el sustrato es reflejado en la zona de la sección reflectante y, a continuación, se introduce en la forma del elemento de pared perimetral en la depresión. A este respecto, puede colocarse en la posición y alineación deseadas. A continuación, se cierra la depresión con un elemento de cubierta que constituye otra parte de la pared perimetral. Con ello, la abertura de paso se cierra en tal medida que solo queda una abertura de entrada y de salida. El elemento de pared perimetral puede presentar, además, una ventana de entrada y/o salida que, por ejemplo, se fije como componente de vidrio independiente al sustrato. Para ello, se pueden utilizar todos los procedimientos habituales conocidos por el estado de la técnica.

Se ha mostrado como particularmente ventajoso si se posicionan dos elementos de pared perimetral en la depresión uno frente a otro. La alineación de estos dos elementos, que ventajosamente presentan en cada caso al menos una sección reflectante, puede realizarse exactamente en la posición deseada y requerida. La fabricación de tal cámara de paso es así posible de manera rápida, sencilla y, por tanto, económica.

Como elemento de pared perimetral y, en particular, como sección reflectante se ofrece, por ejemplo, un elemento reflectante de aluminio pulverizado con dióxido de silicio. Para ello, se puede recubrir un bloque de aluminio con una capa fina de dióxido de silicio, en particular, mediante pulverización para evitar la refracción del haz de luz. A continuación, se pega un elemento de cubierta, por ejemplo, con silicona, en la depresión en la que se encuentra el elemento de pared perimetral.

En una variante particularmente preferente, se puede fabricar una plancha de fondo inferior de la cámara de paso, por ejemplo, a partir de un vidrio sobre el que se peguen los bloques de aluminio pulverizados con dióxido de silicio y las ventanas de entrada y/o salida, dado el caso, presentes. La abertura de entrada y/o la abertura de salida para el líquido

pueden pegarse, por ejemplo, con silicona. A continuación, se coloca la tapa y se sella toda la construcción, por ejemplo, con silicona.

5 Alternativamente, también es concebible un recubrimiento de difluoruro de manganeso. Ambos son, sin embargo, solo ejemplos de posibles diseños que, en función del líquido utilizado y la sustancia química disuelta que se ha de detectar, pueden ser sustituidos por combinaciones más apropiadas.

10 En un procedimiento alternativo para la fabricación de la cámara para un dispositivo como el descrito en el presente caso, se puede extraer de un componente principal o maestro que puede fabricarse, por ejemplo, mecanizando un bloque de material. Este puede encapsularse, por ejemplo, en un material de moldeo como, por ejemplo, silicona, que se retira del componente principal o maestro después del curado y así se forma el molde. Lógicamente, también son concebibles otras posibilidades de fabricación de un correspondiente molde. Tras proporcionarse el molde, se vierte en él un material de cámara. El material de la cámara es a este respecto el material a partir del cual se debe fabricar la cámara de paso que se ha de fabricar. El material de cámara se cura en el molde. Esto puede suceder mediante enfriamiento, de tal forma que, dado el caso, únicamente hay que esperar hasta que el material de cámara, dado el caso, tibio o caliente, se enfríe. Lógicamente también es posible utilizar una refrigeración y refrigerar el material de cámara utilizando un perfil de temperatura predeterminado como función del tiempo y así dar preferencia o garantizar, por ejemplo, determinadas estructuras de vidrio u otras formas de solidificación.

20 Tras el curado del material de cámara, se retira el material así curado del molde. A este respecto, el molde y el material se seleccionan de tal modo que el material de cámara curado y retirado constituye al menos una parte de la cámara de paso. Esta parte contiene en particular al menos una parte de la pared perimetral que presenta al menos una sección reflectante. De esta manera es posible disponer de manera óptima entre sí las secciones reflectantes en un procedimiento fácilmente realizable y controlable y con respecto a una abertura de entrada y salida que se deba fabricar, dado el caso, posteriormente. Lógicamente, abertura de entrada y/o abertura de salida también pueden estar ya previstas mediante una correspondiente forma en el molde, de tal modo que se generen en la operación de moldeo. Las secciones reflectantes pueden generarse de esta manera preferentemente con una rugosidad superficial que sea menor que la longitud de onda de la luz que debe reflejarse en las secciones reflectantes. Al configurarse con la parte principal de la cámara de paso o con toda la cámara de paso de una sola pieza, es posible posicionar sin problema las secciones reflectantes individuales.

Un pegado y alineación de los espejos, que es relativamente caro y propenso a fallos, de esta manera ya no es necesario.

35 Ventajosamente, el dispositivo dispone de un equipo de control de la temperatura con el que se puede elevar y/o reducir la temperatura del líquido que se encuentra en la cámara de paso para garantizar una temperatura constante dentro de la cámara de paso. En un diseño preferente, las secciones reflectantes pueden utilizarse como elementos calefactores. En dirección de flujo, antes de la cámara de paso, se encuentra ventajosamente al menos un sensor de temperatura con el que se determina la temperatura del medio fluido. El valor así determinado se puede utilizar para controlar el equipo de control de la temperatura y elevar o reducir la temperatura del líquido en función de la necesidad.

45 En un diseño ventajoso, además es posible una medición de referencia. La luz que es emitida por los dos láseres se guía a través de una segunda cámara de paso que ventajosamente está configurada de manera idéntica a la cámara de paso del dispositivo. Esta segunda cámara de paso es recorrida, sin embargo, por un líquido en el que se conoce la concentración de la sustancia química que se ha de detectar. De esta manera, se puede realizar una medición de referencia y así se puede mejorar más la calidad de la verdadera medición.

50 Con ayuda de las figuras adjuntas, se explica con más detalle a continuación un ejemplo de realización de la presente invención. Muestran:

- la Figura 1 - la vista superior esquemática de un dispositivo de acuerdo con un primer ejemplo de realización de la presente invención;
- la Figura 2 - la vista esquemática del divisor de haces;
- la Figura 3 - la vista superior esquemática de una cámara de paso de un dispositivo de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención y
- la Figura 4 - la representación esquemática de un dispositivo de acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención.

55 La figura 1 muestra un dispositivo de acuerdo con un primer ejemplo de realización de la presente invención. Dispone de una cámara de paso 2 que presenta una abertura de entrada 4 y una abertura de salida 6, estando configuradas la abertura de entrada 4 y la abertura de salida 6 en el ejemplo de realización mostrado de la figura 1 en forma de un reborde. A través de la cámara de paso 2, fluye en consecuencia un líquido, en el ejemplo de realización mostrado en la figura 1, de izquierda a derecha.

El dispositivo dispone, además, de un láser 8 que emite luz 10 que presenta una longitud de onda que corresponde a la longitud de onda de absorción de la sustancia química diluida. La luz 10 entra a través de una ventana de entrada

12 en la cámara de paso 2 y se refleja en tres secciones reflectantes 14 previstas para ello. A continuación, sale a través de una ventana de salida 16 de la cámara de paso 2 y llega a un detector 18 que mide la intensidad de la luz incidente 10.

5 A partir de la pérdida de intensidad de la luz 10 del láser 8 hasta el detector 18, se puede determinar la concentración de una sustancia química diluida en el líquido. Dado que la luz 10 en el interior de la cámara de paso 2 se refleja en el ejemplo de realización mostrado tres veces en las secciones reflectantes 14, la trayectoria que recorre la luz 10 en el interior de la cámara de paso 2 es claramente mayor que una extensión espacial de la cámara de paso 2. De esta manera es posible configurar la cámara de paso 2 y, por tanto, todo el dispositivo con dimensiones espacialmente reducidas.

15 La cámara de paso 2 dispone de una extensión longitudinal en la dirección longitudinal L que, en el ejemplo de realización mostrado, se corresponde con la dirección de flujo del líquido desde la abertura de entrada 4 hasta la abertura de salida 6. Mediante una selección del ángulo que adopta la luz 10 en el interior de la cámara de paso 2 con esta dirección longitudinal L, se puede ajustar el número de reflexiones en las secciones reflectantes 14. Si el ángulo entre la luz incidente luz 10 y la dirección longitudinal L se amplía, es decir, se aproxima a 90°, se puede reflejar la luz 10 en un mayor número de secciones reflectantes 14 que, sin embargo, deben disponerse para ello, de tal modo que se incrementa la trayectoria que recorre la luz 10 en el interior de la cámara de paso 2. Así, se eleva la sensibilidad del dispositivo 1.

20 Alternativa o adicionalmente al dispositivo mostrado en la figura 1, la luz 10 emitida por el láser 8 puede enviarse a través de un divisor de haz 20, como está representado en la figura 2. La luz 10 entra desde la izquierda en el divisor de haz 20 y se divide en cuatro haces parciales 22. Lógicamente también son concebibles divisores de haces 20 que generen más o menos haces parciales 22 que cuatro. Los haces parciales 22, análogamente al ejemplo de realización mostrado en la figura 1, pueden ser guiados a través de una ventana de entrada 12 a la cámara de paso 2 y reflejarse en ella, por ejemplo, en secciones reflectantes 14 previstas para ello. Entre la ventana de salida 16 y el detector 18 está dispuesto otro divisor de haz 20 que es recorrido, sin embargo, por la luz en dirección contraria, de tal modo que los diferentes haces parciales incidentes 22 se agrupan en un haz de luz y, a continuación, son detectados por el detector 18. Alternativamente, los haces parciales individuales 22, por supuesto, pueden ser detectados por separado en el detector 18, sumándose a continuación el resultado en un resultado global.

35 En particular para el caso de que se introduzcan varios haces parciales 22 en la cámara de paso 2, no suele ser necesario utilizar secciones reflectantes 14 independientes para reflejar los haces parciales 22 en el interior de la cámara de paso 2. Por el contrario, los haces parciales 22, después de que hayan recorrido una vez la cámara de paso 2, pueden salir a través de la ventana de salida 16 de la cámara de paso 2. Cada uno de los haces parciales 22 constituye una de las rutas diferentes. También en este caso se eleva la longitud de la trayectoria que recorre la luz en el interior de la cámara de paso 2. De esta manera, para la luz 10 existe la posibilidad de alcanzar más moléculas de la sustancia química que se ha de detectar en el líquido y, por tanto, de conducir a una señal detectable, es decir, a una reducción medible de la intensidad. Así, se pueden detectar también concentraciones pequeñas y mínimas de la sustancia química.

45 La figura 3 muestra una representación esquemática de otro dispositivo. Se puede observar la cámara de paso 2 con abertura de entrada 4 y abertura de salida 6. La luz 10 que entra en la cámara de paso 2 a través de la ventana de entrada 12, que en el ejemplo de realización mostrado en la figura 3 está integrada en una pared perimetral 24 de la cámara de paso 2, es reflejada por la pared perimetral 24. En el ejemplo de realización mostrado en la figura 3, toda la pared perimetral 24 está reflejada ventajosamente en el lado interior. Mientras que la luz 10 tras las cuatro primeras secciones reflectantes 14 sigue encontrándose en el mismo plano que la luz de entrada 10, en los puntos de desviación 26 es desviada a un segundo plano que se sitúa en el ejemplo de realización mostrado en la figura 3 debajo del primer plano. En esta zona, la luz 10 se representa con una línea discontinua, por medio de lo cual únicamente pretende representarse que la luz 10 discurre ahora desplazada en una dirección en perpendicular al plano del dibujo. Se puede observar que el ángulo de reflexión se reduce en este plano, de tal modo que debe efectuarse un número diferente de cruzamientos de la luz 10.

55 La figura 3 únicamente sirve como ejemplo de la variedad casi ilimitada de posibles longitudes de trayectoria del haz dentro de la cámara de paso 2. Tanto el ángulo de inclinación con respecto a la dirección longitudinal L como el número de planos diferentes u otras orientaciones del haz de luz 10 en el interior de la cámara de paso 2 están determinados en particular por la longitud de trayectoria requerida que recorre la luz 10 en el interior de la cámara de paso 20. Esta debe ser adaptada a la concentración esperada de la sustancia química que se ha de detectar.

60 La figura 4 muestra esquemáticamente una cámara de paso 2 con un conducto de entrada 28. Este es recorrido a lo largo de la flecha 30 por líquido que entra en la cámara de paso 2 a través de una abertura de entrada no mostrada. En el conducto de entrada 28 se encuentra un sensor de temperatura 32 con el que se puede determinar la temperatura del líquido en el conducto de entrada 28. El valor así determinado se alimenta a un control electrónico 34 que está conectado a elementos calefactores y/o refrigerantes no mostrados, es decir, a un equipo de control de temperatura en el interior de la cámara de paso 2. De esta manera, se puede garantizar una temperatura constante en la cámara de paso 2.

Lista de referencias

L	Dirección longitudinal
2	Cámara de paso
4	Abertura de entrada
6	Abertura de salida
8	Láser
10	Luz
12	Ventana de entrada
14	Sección reflectante
16	Ventana de salida
18	Detector
20	Divisor de haz
22	Haz parcial
24	Pared perimetral
26	Punto de desviación
28	Conducto de entrada
30	Flecha
32	Sensor de temperatura
34	Control electrónico

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para determinar una concentración de una sustancia química disuelta en un líquido que absorbe luz (10) de una longitud de onda de absorción, presentando el dispositivo al menos una cámara de paso (2) con al menos una
 10 abertura de entrada (4), al menos una abertura de salida (6) y al menos una pared perimetral (24), al menos un primer láser (8) para la emisión de luz (10) de la longitud de onda de absorción y al menos un detector (18) para la detección de la luz emitida (10),
 estando dispuestos el primer láser (8) y el detector (18) de tal modo que la luz (10) emitida por el primer láser (8) se
 15 guía a lo largo de una ruta a través de la cámara de paso (2), ruta que se compone al menos de dos rutas parciales diferentes, antes de llegar al detector (18), presentando el dispositivo un segundo láser (8) que emite luz de una segunda longitud de onda que es diferente de la longitud de onda de la luz emitida por el primer láser,
 no siendo absorbida luz de la segunda longitud de onda por la sustancia química y siendo guiada la luz (10) del primer
 y del segundo láser (8) a lo largo de la misma ruta o a lo largo de diferentes rutas, pero de igual longitud, a través de
 20 la cámara de paso (2) antes de llegar al detector (18), situándose las al menos dos rutas parciales diferentes en diferentes planos.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la pared perimetral (24) presenta al menos una sección reflectante (14) que está dispuesta de tal modo que la luz (10) emitida por el láser (8) se desvía en la sección reflectante (14) desde una primera ruta a una segunda ruta.
 20
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la luz (10) emitida por el láser (8) es reflejada repetidamente por una sección reflectante (14) de la pared perimetral (24) antes de llegar al detector (18).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** al menos un divisor de haz (20) para
 25 la división de la luz (10) emitida por el láser (8) en al menos dos haces parciales (22), de los cuales al menos uno es guiado a lo largo de las al menos dos rutas a través de la cámara de paso (2).
5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por que** al menos uno de los haces parciales (22) no es guiado a través de la cámara de paso (2).
 30
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la cámara de paso (2) presenta al menos una ventana (12, 16) a través de la cual la luz (10) emitida por el láser (8) puede entrar en la cámara de paso (2) y salir de la cámara de paso (2), estando compuesta la al menos una ventana (12, 16) preferentemente de un
 35 vidrio.

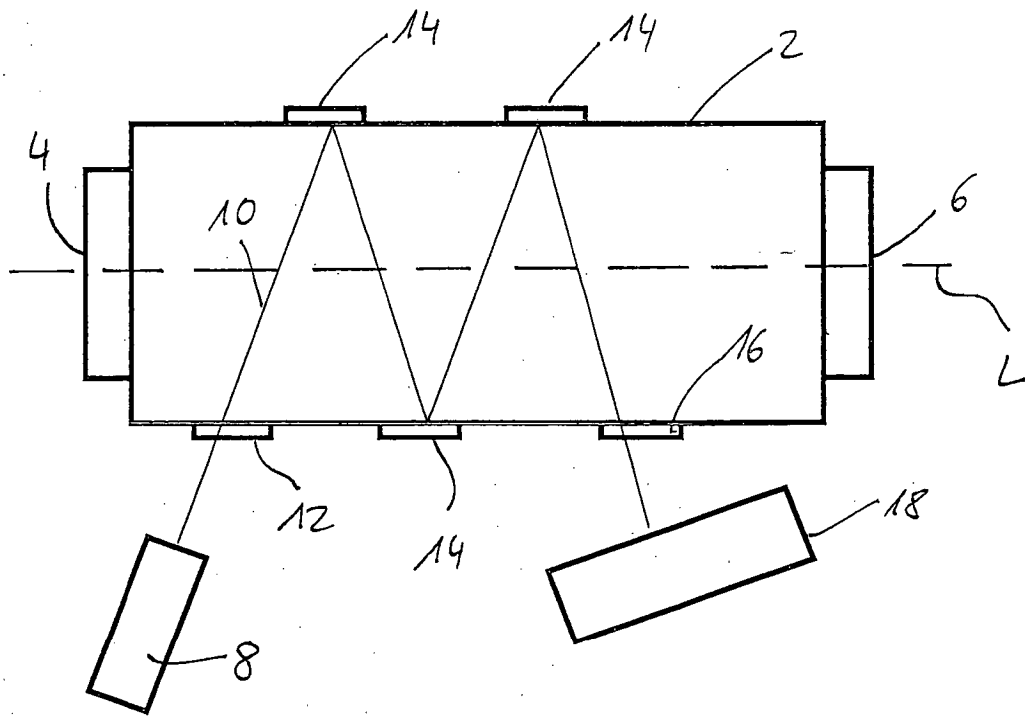


Fig. 1

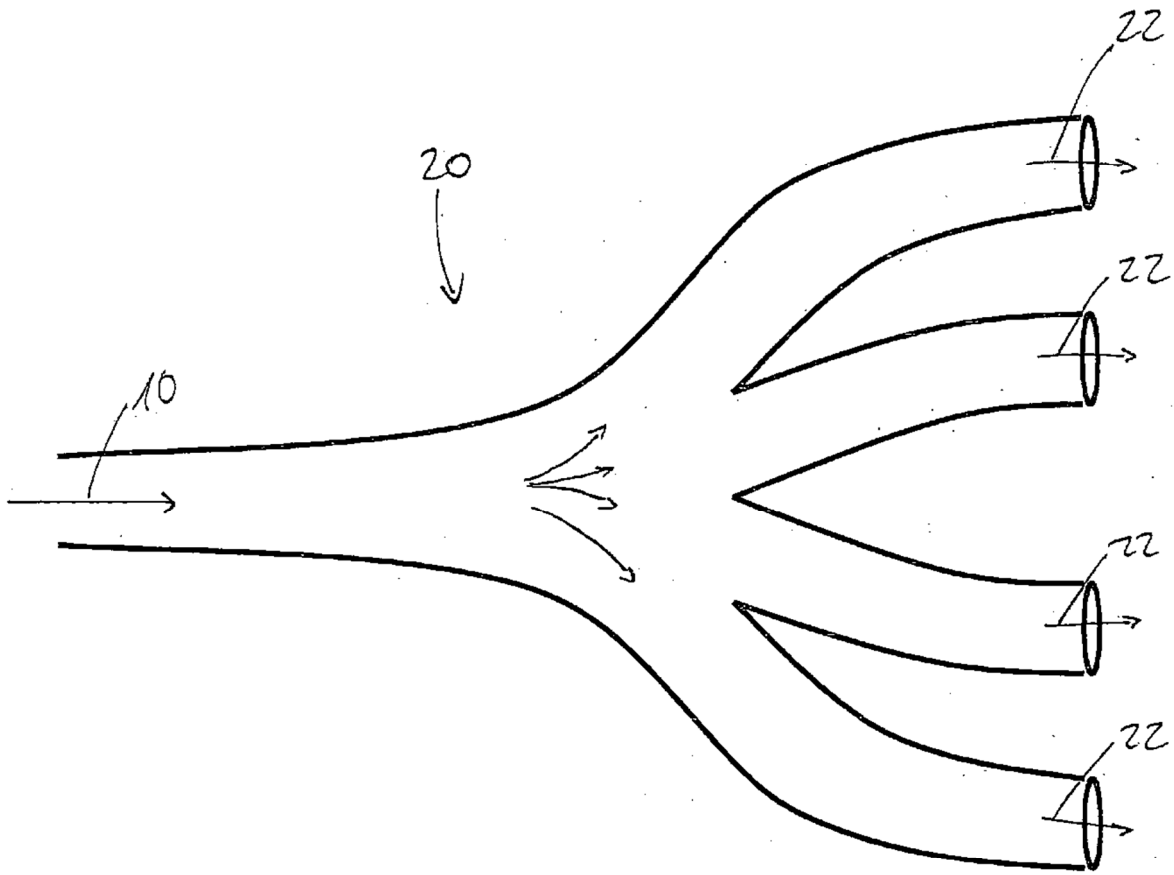
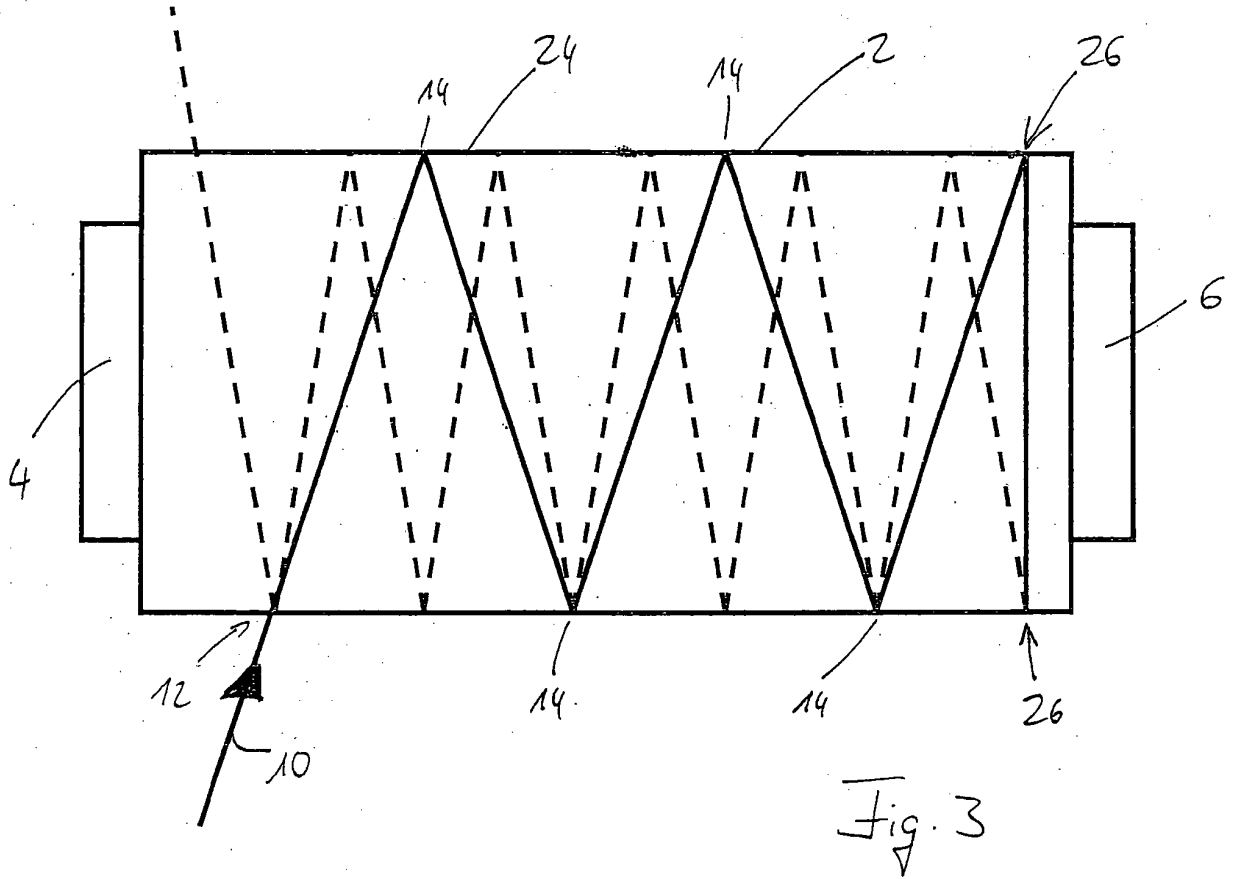


Fig. 2



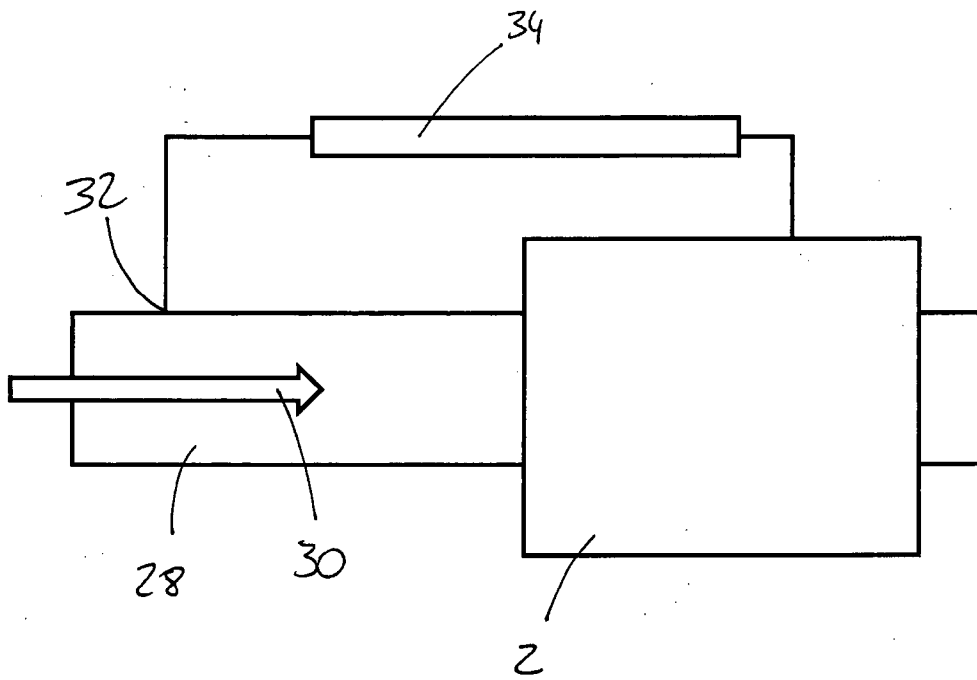


Fig. 4