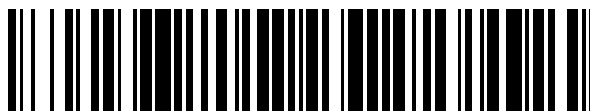


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 455**

51 Int. Cl.:

G01N 21/05 (2006.01)

G01N 21/53 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2009** **E 09816812 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015** **EP 2335079**

54 Título: **Dispositivo de celda de flujo de dispersión de luz**

30 Prioridad:

25.09.2008 US 100044 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2015

73 Titular/es:

AGILENT TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
5301 Stevens Creek Boulevard
Santa Clara, CA 95051, US

72 Inventor/es:

BARTLETT, JONATHAN TODD;
HAVARD, TREVOR JULIAN y
REMSEN, THOMAS LLOYD

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 548 455 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 de celda de flujo de dispersión de luz

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a celdas de flujo utilizadas para manipular muestras de líquido a irradiar por una fuente de luz en el transcurso de la realización de técnicas de dispersión de luz, y a los aparatos, sistemas y métodos que utilizan tales celdas de flujo.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Habitualmente, las técnicas de dispersión de luz utilizan una celda de flujo construida de un material ópticamente transmisor tal como el vidrio. La celda de flujo está configurada para permitir el paso de una muestra de líquido a través de un orificio formado en el material sólido de la celda de flujo. Un haz de láser se dirige a través del material sólido en el orificio en el que irradia la muestra de líquido que se encuentra en el mismo. En respuesta a esta irradiación, los rayos de luz se propagan desde el orificio a través del material sólido en diversos ángulos. Uno o más detectores de luz situados externos a la celda de flujo reciben los rayos de luz y convierten, habitualmente, la señal óptica en una señal eléctrica o digital, que se procesa y se condiciona a partir de entonces por componentes electrónicos, según sea necesario, para derivar información con respecto a los analitos contenidos en la muestra de líquido irradiada.

Dos detectores de luz utilizados habitualmente son un detector de luz estático y un detector de luz dinámico. El detector de luz estático funciona según el principio de medición de intensidad de dispersión de luz (o dispersión estática o dispersión de Rayleigh). La intensidad de luz dispersada por una molécula en una solución que es pequeña en comparación con la longitud de onda del haz de láser incidente es proporcional a la concentración multiplicada por el peso molecular. Así, por ejemplo, si la concentración de las moléculas en una solución se conoce o se mide durante el proceso de análisis, pueden determinarse los promedios y las distribuciones de peso molecular. El detector de luz dinámico funciona según el principio de medición de dispersión de luz dinámica (o dispersión de luz cuasi-elástica, o espectroscopia de correlación de fotones). En la detección de dispersión de luz dinámica, el coeficiente de difusión traslacional de las moléculas que se mueven al azar en la solución se calcula a partir de la función de autocorrelación de la luz dispersada. Estos valores de señal muy pequeños pueden recogerse utilizando un contador de fotones de estado sólido, tal como un fotodiodo de avalancha y la electrónica autocorrelacionada que incorpora procesadores de señales digitales de alta velocidad. A partir de la constante de difusión, puede calcularse el radio hidrodinámico utilizando la ecuación de Stokes-Einstein.

Existe una necesidad continua de mejoras en el diseño de las celdas de flujo utilizadas en los procesos de dispersión de luz. Tales mejoras incluyen, por ejemplo, la miniaturización, de manera que la celda de flujo pueda utilizarse con éxito en una amplia gama de sistemas analíticos, tales como diversos tipos de sistemas de cromatografía, así como un rendimiento mejorado (por ejemplo, relación señal a ruido, resolución de datos, sensibilidad del instrumento, etc.). Además, la celda de flujo y sus componentes correspondientes deben diseñarse con el fin de que sean flexibles y versátiles para satisfacer las necesidades de una amplia diversidad de procesos de dispersión de luz.

El documento EP 0 182 618 A2 se refiere a una celda de muestra para mediciones de dispersión de luz que tienen una amplia utilidad en diversos campos de las determinaciones de dispersión de luz.

El documento US 5 734 468 A se refiere a un método y un dispositivo para determinar la presencia de hemólisis, icteris y lipemia en una muestra de suero. Estos son especialmente útiles para el establecimiento de un índice hemolítico, un índice icterico y un índice lipémico para una muestra de suero, antes de transferir la muestra de suero a un analizador clínico.

El documento EP 1 225 439 A2 se refiere, en general, a celdas de flujo y más especialmente a celdas de flujo de energía radiante para su uso en diversas aplicaciones de química analítica, tales como la espectrofotometría. El documento también se refiere a métodos para la fabricación de tales celdas de flujo.

El documento WO 2004/106916 A1 se refiere a la caracterización absoluta de partículas microscópicas en una solución, más especialmente a la caracterización absoluta de partículas microscópicas, tales como polímeros y coloides, usando la dispersión de luz estática (SLS) y la dispersión de luz estática dependiente del tiempo (TDSLS).

El documento EP 1 515 131 A1 se refiere a un método y un dispositivo para realizar la dispersión de luz, en particular, para realizar la dispersión de luz estática (SLS) y la dispersión de luz estática dependiente del tiempo (TDSLS), pero también para realizar otros tipos de dispersión de luz, como la dispersión de luz de intensidad total (TILS).

El documento EP 1 884 762 A2 se refiere a un detector de dispersión de luz usado para un detector de partículas microscópicas para medir el peso y el tamaño molecular, por ejemplo, girando el radio, de las partículas microscópicas dispersadas en una muestra de líquido.

El documento US 2003/086087 A1 se refiere a un sistema para identificar microorganismos y otras partículas microscópicas en un fluido. El sistema incluye un láser que dirige un haz de láser a través de una zona de detección y una pluralidad de fotodetectores que detectan la luz dispersada en diferentes direcciones a partir de una partícula en la zona de detección, e incluye un portador que limita el fluido a un movimiento a lo largo de una trayectoria estrecha. El portador incluye una esfera de vidrio con un paso para transportar el fluido. La superficie esférica permite que la luz dispersada en un ángulo grande con respecto a la dirección del haz de láser, pase a través de la esfera de vidrio a su exterior para detectarla allí.

El documento DE 38 13 718 A1 se refiere a un dispositivo de dispersión de luz multiángulo que tiene una celda de medición para recibir la sustancia a medir, que se irradia por una haz primario. Los haces secundarios dispersados se detectan a través de detectores y se evalúan en una unidad de evaluación. Para reducir la relación de señal/ruido, las trayectorias de haces secundarios se forman, al menos en parte, por guías de onda óptica. Este dispositivo permite una medición de dispersión de luz muy exacta con una muy buena relación de señal/ruido, de manera que pueden reducirse considerablemente los tiempos de medición necesarios.

El documento WO 98/52013 A1 se refiere a métodos y aparatos para la caracterización molecular y, más especialmente, a métodos y aparatos mejorados para medir los radios hidrodinámicos de las moléculas.

SUMARIO DE LA INVENCION

Para hacer frente a los problemas anteriores, se proporciona un dispositivo de celda de flujo de acuerdo con la reivindicación 1 y un método para realizar una medición de dispersión de luz de una muestra de líquido de acuerdo con la reivindicación 10. En las reivindicaciones dependientes se exponen otras realizaciones ventajosas.

De acuerdo con una implementación, un dispositivo de celda de flujo incluye un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido, una estructura de entrada de líquido y una estructura de salida de líquido. El cuerpo de celda de flujo incluye una superficie externa y tiene un orificio hueco. El orificio hueco incluye una abertura de extremo de entrada de líquido en la superficie externa, y una abertura de extremo de salida de líquido en la superficie externa en una localización axialmente opuesta al extremo de entrada de líquido. La estructura de entrada de líquido incluye una primera sección saliente en contacto con el extremo de entrada de líquido y que se extiende hacia el orificio hueco. La estructura de entrada de líquido tiene un puerto de entrada de líquido formado en la primera sección saliente y que se comunica de manera fluida con el orificio hueco. La estructura de salida de líquido incluye una segunda sección saliente en contacto con el extremo de salida de líquido y que se extiende en el orificio hueco. La estructura de salida de líquido tiene un puerto de salida de líquido formado en la segunda sección saliente y que se comunica de manera fluida con el orificio hueco.

De acuerdo con otra implementación, un dispositivo de celda de flujo incluye un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido, una fuente de láser, y un detector de luz. El cuerpo de celda de flujo tiene un eje central. El cuerpo de celda de flujo incluye una superficie de entrada de líquido plana ortogonal al eje central y que tiene un perímetro circular, una superficie de salida de líquido plana paralela a la superficie de entrada de líquido y que tiene un perímetro circular, y una pared lateral que se extiende axialmente desde el perímetro de la superficie de entrada de líquido hasta el perímetro de la superficie de salida de líquido. La pared lateral tiene un perfil externo esférico. El cuerpo de celda de flujo tiene además un orificio hueco formado a través del cuerpo de celda de flujo a lo largo del eje central. La fuente de láser se orienta en relación con el cuerpo de celda de flujo con el fin de dirigir un haz de láser a lo largo de un plano central del cuerpo de celda de flujo y a través del orificio hueco, siendo el plano central ortogonal a un eje central. El detector de luz se orienta en relación con el cuerpo de celda de flujo con el fin de recibir un rayo de luz que se propaga desde el orificio hueco y a lo largo del plano central. El orificio hueco establece una trayectoria de flujo de líquido a lo largo del eje central desde el puerto de entrada de líquido al puerto de salida de líquido, y los uno o más rayos recibidos por los uno o más detectores de luz se propagan ortogonalmente en relación con la trayectoria de flujo de líquido.

De acuerdo con otra implementación, un dispositivo de celda de flujo incluye un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido, un elemento de montaje, y uno o más detectores de luz. El cuerpo de celda de flujo incluye una superficie externa esférica. El cuerpo de celda de flujo tiene un eje central, un orificio hueco formado a través del cuerpo de celda de flujo a lo largo del eje central, y un plano central ortogonal al eje central. El elemento de montaje incluye una superficie curva orientada hacia el cuerpo de celda de flujo y paralela a la superficie externa esférica. El elemento de montaje tiene una pluralidad de orificios de montaje radiales que se abren en la superficie curva. Los orificios de montaje radiales tienen unos ejes de orificio de montaje respectivos colineales con los radios respectivos que se extienden desde el orificio hueco a lo largo del plano central en ángulos diferentes en relación con el eje central. Los uno o más detectores de luz pueden orientarse en ángulos que van de 20 a 150 grados en relación con el haz de laser. Un soporte de muestra de líquido puede insertarse de manera desmontable en el orificio hueco. Puede proporcionarse adicionalmente una fuente de láser orientada en relación con el cuerpo de celda de flujo con

el fin de dirigir un haz de láser a lo largo del plano central y a través del orificio hueco. En una implementación, los uno o más detectores de luz pueden incluir un detector de luz estático y un detector de luz dinámico.

De acuerdo con otra implementación, se proporciona un método para realizar una medida de dispersión de luz de una muestra de líquido. La muestra de líquido se introduce en un orificio hueco de un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido, orientándose el orificio hueco a lo largo de un eje central. Un haz electromagnético se dirige a través del cuerpo de celda de flujo y en el orificio hueco a lo largo de un plano central del cuerpo de celda de flujo ortogonal al eje central, para irradiar la muestra de líquido y producir un rayo de luz. El rayo de luz se dirige a lo largo del plano central lejos del orificio hueco. El rayo de luz se recibe en un detector de luz colocado externo al cuerpo de celda de flujo.

De acuerdo con otro método, se monta un cuerpo de celda de flujo entre una estructura de entrada de líquido y una estructura de salida de líquido, poniendo en contacto una primera sección saliente de la estructura de entrada de líquido con un extremo de entrada de líquido del orificio hueco y poniendo en contacto una segunda sección saliente de la estructura de salida de líquido con un extremo de salida de líquido del orificio hueco.

De acuerdo con otro método, se monta una pluralidad de detectores de luz en una pluralidad de orificios de montaje radiales de un elemento de montaje. El elemento de montaje incluye una superficie curva orientada hacia el cuerpo de celda de flujo y paralela a una parte de superficie externa esférica del cuerpo de celda de flujo. Los orificios de montaje radiales se abren en la superficie curva y tienen unos ejes de orificio de montaje respectivos colineales con respecto a los radios que se extienden desde el orificio hueco a lo largo del plano central en diferentes ángulos en relación con el eje central.

Otros dispositivos, aparatos, sistemas, métodos, características y ventajas de la invención serán o se harán evidentes para los expertos en la materia tras el examen de las figuras y la descripción detallada siguientes. Se pretende que todos estos sistemas, métodos, características y ventajas adicionales se incluyan dentro de la presente descripción, estén dentro del alcance de la invención, y estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención puede entenderse mejor por referencia a las siguientes figuras. Los componentes de la figuras no están necesariamente a escala, poniéndose el énfasis, en cambio, en ilustrar los principios de la invención. En las figuras, los mismos números de referencia indican las partes correspondientes a lo largo de las diferentes vistas.

La figura 1 es una vista de una esfera de vidrio pulido sólida, que se proporciona para ilustrar un ejemplo de cómo puede fabricarse la celda de flujo de la presente invención.

La figura 2 es una vista de un ejemplo de una celda de flujo de acuerdo con una implementación de la presente invención.

La figura 3 es una vista desde arriba de la celda de flujo ilustrada en la figura 2.

La figura 4 es una vista de un ejemplo de una celda de flujo similar a la figura 2 pero en la que se inserta un soporte de muestra de líquido.

La figura 5 es una vista en alzado de un ejemplo de un soporte de celda de flujo de acuerdo con una implementación de la presente invención.

La figura 6A es una vista en planta desde arriba de una parte inferior del soporte de celda de flujo ilustrado en la figura 5.

La figura 6B es una vista en primer plano correspondiente al detalle A de la figura 6A.

La figura 6C es una vista lateral en sección transversal de la parte inferior ilustrada en la figura 6A.

La figura 6D es una vista en primer plano correspondiente al detalle K en la figura 6C.

La figura 7A es una vista en planta desde abajo de una parte superior del soporte de celda de flujo ilustrado en la figura 5.

La figura 7B es una vista en perspectiva de la parte superior ilustrada en la figura 7A.

La figura 7C es una vista lateral en sección transversal de la parte superior ilustrada en la figura 7A.

La figura 7D es una vista en primer plano en sección transversal correspondiente al detalle B de la figura 7C.

La figura 8 es una vista en alzado en sección transversal de una celda de flujo instalada entre la parte superior y la parte inferior del soporte de celda de flujo ilustrado en la figura 5.

La figura 9 es una vista en perspectiva despiezada de un ejemplo de un conjunto de dispersión y de detección de luz de acuerdo con una implementación de la presente invención.

La figura 10 ilustra un ejemplo de un elemento de montaje de detector de acuerdo con una implementación de la presente invención, en el que se montan cinco detectores estáticos.

La figura 11 ilustra el mismo elemento de montaje de detector que en la figura 10, pero con un único detector dinámico montado en uno de los orificios de montaje provisto del elemento de montaje de detector.

La figura 12 ilustra otro ejemplo de un elemento de montaje de detector adaptado para recibir al menos un detector dinámico y hasta seis detectores estáticos.

La figura 13 ilustra otro ejemplo de un elemento de montaje de detector adaptado para recibir hasta quince detectores estáticos.

La figura 14 es una vista en perspectiva despiezada de otro ejemplo de un detector estático.

La figura 15 ilustra esquemáticamente los ópticos de recogida implicados en la adquisición de datos de un rayo de luz dispersado de acuerdo con una implementación de la presente invención.

La figura 16 es una vista en perspectiva despiezada de un ejemplo de un detector dinámico.

La figura 17 es una vista en perspectiva despiezada de otro ejemplo de un conjunto de dispersión y de detección de luz de acuerdo con una implementación de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La figura 1 es una vista de una esfera sólida 100, que se proporciona para ilustrar un ejemplo de cómo puede fabricarse la celda de flujo de la presente invención. La esfera 100 puede construirse de cualquier material ópticamente transmisor adecuado tal como, por ejemplo, diversos vidrios (por ejemplo, sílice fundida). La superficie externa de la esfera 100 puede pulirse u optimizarse de otro modo para la transmisión óptica. En el presente ejemplo, la esfera 100 tiene un diámetro de aproximadamente 35 mm, aunque en otros ejemplos el diámetro puede ser mayor o menor de 35 mm. Una sección central 102 de la esfera 100, que tiene un espesor deseado sobre un plano dado que pasa a través del centro de la esfera 100 (un plano horizontal en el presente ejemplo), se mecaniza fuera de la esfera 100, como se indica por dos líneas de trazos paralelas en la figura 1.

Como resultado se forma una celda de flujo 200, como se ilustra en la figura 2. La celda de flujo 200 se conforma, en general, como un disco plano definido por una superficie superior plana 202 de área circular, una superficie inferior plana 206 de área circular paralela a la superficie superior 202, y una pared lateral circular 210 entre la superficie superior 202 y la superficie inferior 206. La pared lateral 210 retiene el perfil externo esférico de la esfera 100 del que está formada la celda de flujo 200. En el presente ejemplo, el espesor de la celda de flujo 200 (en el presente ejemplo, en la dirección vertical desde la superficie superior 202 a la superficie inferior 206) es de aproximadamente 5 mm, aunque en otros ejemplos puede ser mayor o menor de 5 mm. Como también se ilustra en la figura 2, el centro de la celda de flujo 200 se perfora, a continuación, para formar un orificio central hueco cilíndrico 214 de dimensiones precisas. En el presente ejemplo, el orificio central 214 tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, aunque en otros ejemplos el diámetro puede ser mayor o menor de 3 mm. El orificio central 214 tiene unos extremos axiales opuestos que se abren en la superficie superior 202 y la superficie inferior 206 respectivas. Un extremo sirve como una entrada de líquido en el orificio central 214 y el otro extremo sirve como una salida de líquido del orificio central 214.

Durante el uso, una muestra de líquido que contiene analitos de interés se hace fluir a través del orificio central 214 de la celda de flujo 200 como se indica por una flecha 218. Con la celda de flujo 200 orientada como se ilustra en la figura 2, la dirección del flujo de líquido 218 es vertical y hacia arriba, aunque la dirección del flujo de líquido 218 puede ser diferente cuando la celda de flujo 200 se orienta de manera diferente. Mientras que la muestra de líquido se encuentra en el orificio central 214, un haz de láser se dirige a lo largo de una dirección ortogonal al eje del orificio central 214, que en el presente ejemplo es una dirección horizontal, como se indica por una flecha 222. Como se ilustra en la figura 3, que es una vista desde arriba de la celda de flujo 200, la irradiación de la muestra de líquido por el haz de láser 222 da como resultado la dispersión de la luz en diversas direcciones como se indica por las flechas 326. Los rayos de luz 326 pueden detectarse por unos detectores de luz apropiados colocados externamente a la celda de flujo 200. Las teorías y los mecanismos relativos a la dispersión de la luz y la detección de los fotones representados por los rayos de luz resultantes 326 se entienden, en general, por los expertos en la materia y, por lo tanto, no necesitan detallarse en el presente documento. Sin embargo, cabe señalar que en la presente invención las propagaciones de los rayos de luz dispersados 326 a detectar se centran sobre el mismo plano que el plano a lo largo del que se propaga el haz de láser 222 y, de manera similar al haz de láser 222, los rayos de luz dispersados 326 son, por lo tanto, ortogonales a la dirección del flujo de líquido. Puede observarse que la celda de flujo 200 está configurada para permitir que la luz dispersada se detecte en un amplio intervalo de ángulos. En un ejemplo, puede proporcionarse una pluralidad de detectores externos (por ejemplo, diecinueve, más o menos) para cubrir un intervalo angular de detección de 20 a 150 grados en relación con el haz de láser 222. Se entenderá que, en otros ejemplos, el intervalo de detección puede extenderse a valores menores de 20 grados y/o mayores de 150 grados en relación con el haz de láser 222.

Las superficies externas de la celda de flujo 200 pueden recubrirse con un recubrimiento anti-reflexión para minimizar la reflexión interna del haz de láser 222 y los rayos de luz dispersados 326 de vuelta en el cuerpo de la celda de flujo 200. Además, la curvatura de la pared lateral 210 de la celda de flujo 200 ayuda a enfocar el haz de láser entrante 222 y los rayos de luz dispersados salientes 326. La fuente de láser puede incluir ópticos para permitir, además, un enfoque controlado del haz de láser 222, y los detectores externos podrían incluir, de manera similar, ópticos para enfocar los rayos de luz dispersados 326 de una manera deseada.

La figura 4 es una vista de la celda de flujo 200 similar a la figura 2, pero difiere en que un tubo de ensayo, una cubeta o un soporte de muestra de líquido similar 414 se ha insertado en el orificio central 214 de la celda de flujo 200. Por lo tanto, como una alternativa para funcionar como un dispositivo de flujo pasante, la celda de flujo 200 puede adaptarse para realizar mediciones por lotes de muestras de líquido. Un líquido de ajuste de índice de refracción puede localizarse de manera anular entre la superficie externa del soporte de muestra de líquido 414 y la superficie interna del orificio central 214 para reducir los efectos de la dispersión y la refracción no deseadas en la superficie de contacto. Como una alternativa adicional, las mediciones por lotes pueden realizarse sin el uso de la

cubeta 414 haciendo fluir una dosis de la muestra de líquido a través del orificio central 214 y, a continuación, detener el flujo, tras lo cual se activa el haz de láser 222 y se adquieren las señales ópticas de los rayos de luz dispersados resultantes 326. Las mediciones por lotes son especialmente útiles en casos en los que los analitos de interés son valiosos y es imprescindible su recuperación (sin dilución) después del análisis.

La figura 5 es una vista en alzado de un ejemplo de un soporte de celda de flujo 500 que puede utilizarse para soportar la celda de flujo 200 en una alineación óptica precisa con un haz de láser y los detectores, por ejemplo, con el haz de láser que pasa exactamente a través de, y ortogonal a, el eje central del orificio central de la celda de flujo, y con los detectores de luz colocados para recibir los rayos de luz dispersados a lo largo del mismo plano que el haz de láser. En el presente documento, el término "ortogonal" incluye "sustancialmente ortogonal". Esto se aplica en particular al haz de láser. Para reducir los efectos de la luz reflejada que pasa de nuevo en el láser y que altera el fotodiodo monitor, a menudo es deseable dirigir el láser en un ángulo muy pequeño a la normal, de modo que las reflexiones de vuelta se propaguen lejos del eje de propagación del haz láser.

El soporte de celda de flujo 500 incluye, en general, una base o parte inferior 502 y una parte superior 506 separadas por uno o más espaciadores 510. La celda de flujo (no mostrada) se instala de manera segura entre la parte superior 506 y la parte inferior 502 en una disposición intercalada o apilada. El número de espaciadores 510 y sus dimensiones se minimizan con el fin de maximizar la cantidad de la pared lateral 210 de la celda de flujo 200 accesible para los detectores de luz externos, permitiendo de este modo que la luz dispersada se detecte en un amplio intervalo de ángulos. En el ejemplo ilustrado, los dos espaciadores opuestos 510 pueden servir como dispositivos de sujeción para el montaje de una fuente de láser y un descargador de láser (no mostrado). La parte inferior 502 puede servir como una estructura de entrada de líquido al proporcionar una trayectoria de entrada de líquido al orificio central 214 de la celda de flujo 200, y la parte superior 506 puede servir como una estructura de salida de líquido al proporcionar una trayectoria de salida de líquido desde el orificio central 214 de la celda de flujo 200, o viceversa.

La figura 6A es una vista en planta desde arriba de la parte inferior 502 del soporte de celda de flujo 500, la figura 6B es una vista en primer plano correspondiente al detalle A de la figura 6A, la figura 6C es una vista lateral en sección transversal de la parte inferior 502, y la figura 6D es una vista en primer plano correspondiente al detalle K de la figura 6C. La parte inferior 502 puede tener una superficie superior 602 que se orienta hacia la superficie inferior 206 de la celda de flujo 200. Uno o más puertos de entrada de líquido 606 se forman en la superficie superior 602 y pueden desviarse del eje central de la parte inferior 502. El puerto de entrada 606 puede comunicarse de manera fluida con un conducto de líquido en el lado opuesto de la superficie superior 602. La muestra de líquido entrante puede hacerse fluir al conducto de líquido a través de los conectores, tubos (por ejemplo, tubos HPLC), o similares, adecuados. El puerto de entrada 606 puede formarse en o cerca de una sección saliente 610 que sobresale hacia arriba desde la superficie superior 602. La sección saliente 610 puede tener una cavidad 612 orientada hacia el orificio hueco 214 de la celda de flujo 200. La cavidad 612 puede tener una forma cónica, abovedada, u otra forma inclinada o curva. Una pluralidad de ranuras radiales 614 puede formarse en la sección saliente 610. En el ejemplo ilustrado, hay tres ranuras radiales 614 anguladas 120 grados entre sí, dividiendo de manera eficaz la sección saliente 610 en tres secciones. Cada ranura 614 puede comunicarse de manera fluida con el puerto de entrada 606 (o un puerto de entrada correspondiente 606 si se proporciona más de uno). La muestra de líquido entrante fluye desde el o los puertos de entrada 606, a través de las ranuras 614 y en el orificio hueco 214 de la celda de flujo 200. La configuración estructural de la entrada de líquido, incluyendo la división del flujo de entrada en tres corrientes inicialmente separadas, produce una trayectoria de flujo de líquido laminar en el orificio central 214 de la celda de flujo 200. El flujo laminar es óptimo para las mediciones basadas en ópticos de la muestra de líquido. El puerto de entrada 606 y la sección saliente 610 pueden rodearse por una ranura circular 618 que coloca una junta de estanqueidad elastomérica (por ejemplo, una junta de PTFE, no mostrada). Cuando se monta, la junta de estanqueidad se asienta en el orificio central 214 y sella la superficie de contacto entre la parte inferior 502 y la celda de flujo 200 para proporcionar una junta estanca a líquidos. Un canal circular 622 también puede formarse en la parte inferior 502 y comunicarse con los puertos de drenaje de líquido 626 en caso de que se produzca una fuga.

La figura 7A es una vista en planta desde abajo de la parte superior 506 del soporte de celda de flujo 500, la figura 7B es una vista en perspectiva de la parte superior 506, la figura 7C es una vista lateral en sección transversal de la parte superior 506, y la figura 7D es una vista en primer plano en sección transversal correspondiente al detalle B de la figura 7C. La parte superior 506 puede tener una superficie inferior 702 que se orienta hacia la superficie superior 202 de la celda de flujo 200. Un puerto de salida de líquido 706 se forma en la superficie inferior 702. El puerto de salida 706 puede comunicarse de manera fluida con un conducto de líquido en el lado opuesto de la superficie inferior 702. La muestra de líquido saliente puede hacerse fluir al conducto de líquido a través de los conectores, tubos (por ejemplo, tubos HPLC), o similares, adecuados. El puerto de salida 706 puede formarse en una sección saliente 710 (por ejemplo, una boquilla) que sobresale hacia abajo desde la superficie inferior 702. La sección saliente 710 puede tener una cavidad 712 orientada hacia el orificio hueco 214 de la celda de flujo 200. La cavidad 712 puede tener una forma cónica, abovedada, u otra forma inclinada o curva. Una junta de estanqueidad circular (no mostrada) puede colocarse alrededor de la sección saliente 710. Cuando se monta, la junta de estanqueidad se asienta en el orificio central 214 de la celda de flujo 200 y sella la superficie de contacto entre la parte superior 506 y la celda de flujo 200 para proporcionar una junta estanca a líquidos. Cabe señalar que la parte superior 506 y/o la parte inferior 502 del soporte de celda de flujo 500 pueden adaptarse, según sea necesario, para dar cabida al uso

de un soporte de muestra de líquido 414 para operaciones por lotes como las descritas anteriormente en relación con la figura 4.

La figura 8 es una vista en alzado en sección transversal de la celda de flujo 200 instalada entre la parte superior 506 y la parte inferior 502 del soporte de celda de flujo 500. Las secciones salientes respectivas 710 y 610 de la parte superior 506 y la parte inferior 502 sobresalen en el orificio central 214 de la celda de flujo 200. Las secciones salientes 710 y 610 ofrecen al menos tres funciones ventajosas. En primer lugar, las secciones salientes 710 y 610 ayudan a garantizar que el orificio central 214 de la celda de flujo 200, después de que la celda de flujo 200 se sujete entre la parte superior 506 y la parte inferior 502, se centrará en relación con la parte superior 506 y la parte inferior 502 de una manera repetible. Por lo tanto, el volumen de la muestra de líquido que se encuentra en el orificio central 214, de una ejecución de prueba a otra ejecución de prueba, se centrará de manera similar y en una alineación óptica adecuada con, y a distancia de, la fuente de láser y los detectores de luz. En segundo lugar, las secciones salientes 710 y 610 reducen el volumen del orificio central 214, minimizando de este modo el volumen de la muestra de líquido a irradiar. En consecuencia, se minimiza la mezcla dentro del volumen del orificio central 214, lo que a su vez produce picos más estrechos y una mayor resolución en los datos adquiridos, como se aprecia por los expertos en la materia. En tercer lugar, cada sección saliente 710 y 610 tiene una cavidad respectiva 712 y 612 definida por paredes inclinadas o curvas. Por lo tanto, en la entrada de líquido, la cavidad 612 de la sección saliente 610 permite que el líquido entrante desacelere gradualmente, y en la salida de líquido, la cavidad 712 de la sección saliente 710 permite que el líquido que sale acelere gradualmente. Esta configuración reduce las turbulencias y, en consecuencia, el ensanchamiento de banda, que es una ventaja significativa para los instrumentos de alta resolución.

La figura 9 es una vista en perspectiva despiezada de un ejemplo de un conjunto de dispersión y de detección de luz 900 que puede incluir la celda de flujo 200 y el soporte de celda de flujo 500. La celda de flujo 200 se sujeta entre la parte superior 506 y la parte inferior 502 en una manera de auto-alineación, como se ha descrito anteriormente, con los anillos de sellado 906 y 902 que proporcionan superficies de contacto selladas entre la celda de flujo 200 y la parte superior 506 y la parte inferior 502 respectivas. La disposición apilada de la parte superior 506, la celda de flujo 200 y la parte inferior 502 puede fijarse de cualquier manera adecuada, siendo un ejemplo el patrón ilustrado de los elementos roscados 910. Las tuberías de entrada de líquido 914 y las tuberías de salida de líquido 918 (conectores, conductos, etc.) adecuadas pueden acoplarse a la parte inferior 502 y la parte superior 506, según sea necesario. Una fuente de láser 922 y un descargador de láser opuesto 926 pueden montarse en los espaciadores 510 en una alineación ortogonal (o sustancialmente ortogonal) adecuada con el eje central del orificio central 214 (figura 2) de la celda de flujo 200.

Uno o más elementos de montaje de detector 930 y 932 pueden montarse en el espacio circunferencial de manera radial entre la fuente de láser 922 y el descargador de láser 926. En el ejemplo ilustrado, dos elementos de montaje de detector de forma semicircular o de medio anillo 930 y 932 se fijan al soporte de celda de flujo 500 por los medios de sujeción adecuados, tales como los elementos roscados 936. Cada elemento de montaje de detector 930 y 932 tiene una pluralidad de orificios de montaje 940 orientados radialmente en relación con el eje central de la celda de flujo 200, y en los ángulos deseados en relación con el haz de láser emitido por la fuente de láser 922. Los orificios de montaje 940 pueden abrirse en una superficie curva del elemento de montaje 930 o 932 que se orienta hacia y está en paralelo con la pared lateral esférica 210 (figura 2) de la celda de flujo 200. Los orificios de montaje 940 están configurados para recibir de manera intercambiable al menos dos tipos de detectores de luz, los detectores estáticos 944 y los detectores dinámicos 948. Por intercambiables se entiende que cualquier orificio de montaje 940 puede recibir o bien un detector estático 944 o un detector dinámico 948 según se desee. En el ejemplo ilustrado, se montan cinco detectores estáticos 944 en un elemento de montaje de detector 930 (un detector estático 944 colocado a noventa grados de distancia del eje de láser, dos detectores estáticos 944 colocados a menos de noventa grados, y dos detectores estáticos 944 colocados a más de noventa grados) y se monta un detector dinámico 948 en el otro elemento de montaje de detector 932 a noventa grados de distancia del eje de láser. El número de detectores estáticos 944 y de detectores dinámicos 948, así como sus posiciones angulares a lo largo del plano central de la celda de flujo 200, puede modificarse. En consecuencia, son posibles una serie de diferentes configuraciones de detección. Cada elemento de montaje de detector 930 y 932 está configurado con el fin de ofrecer una serie de configuraciones diferentes. Se hacen posibles otras configuraciones reemplazando uno o los dos elementos de montaje de detector ilustrados 930 y 932 con otros elementos de montaje de detector que tengan más o menos orificios de montaje 940 localizados en ángulos diferentes de los ilustrados en la figura 9. En todas estas configuraciones, las entradas ópticas respectivas de los detectores montados 944 y/o 948 se alinean ópticamente con los radios dirigidos desde el centro de la celda de flujo 200 y se extienden en el mismo plano central (horizontal en el presente ejemplo) en el que se propaga el haz de láser. Por lo tanto, los detectores montados 944 y/o 948 se colocan para recibir los rayos de luz dispersados 326 (figura 3) que se propagan a lo largo de los radios correspondientes ortogonales al eje central del orificio central 214 de la celda de flujo 200 y, en el caso de una operación de flujo pasante, ortogonales al vector de velocidad de la muestra de líquido que fluye. Por esta configuración, la detección óptica es independiente del vector de velocidad de fluido.

En consecuencia, en las figuras 10-13, se ilustran ejemplos adicionales de elementos de montaje de detector. La figura 10 ilustra un elemento de montaje de detector 1030 en el que se montan cinco detectores estáticos 944. Cada detector estático 944 puede incluir una carcasa 952 que contiene ópticos y el elemento detector (por ejemplo, un

fotodiodo), y una placa de cubierta 956 que incluye un conector deseado, tal como un conector SMA. La figura 11 ilustra el mismo elemento de montaje de detector 1030 que en la figura 10, pero con un único detector dinámico 948 montado en uno de los orificios de montaje 940. El detector dinámico 948 puede incluir una carcasa 1152 que contiene ópticos y el elemento detector (por ejemplo, un fotodiodo), y otra carcasa 1156 que contiene una lente colimadora. En el ejemplo de la figura 11, no se utilizan los otros orificios de montaje radiales 940 y, por lo tanto, pueden cubrirse con cubiertas desmontables 1160. La figura 12 ilustra otro elemento de montaje de detector 1230 adaptado para recibir al menos un detector dinámico 948 y hasta seis detectores estáticos 944. La figura 13 ilustra otro elemento de montaje de detector 1330 adaptado para recibir hasta quince detectores estáticos 944.

La figura 14 es una vista en perspectiva despiezada de otro ejemplo de un detector estático 1444. El detector estático 1444 incluye dos o más partes de carcasa 1452, 1456 y 1458. Una lente colimadora 1462 se coloca con el fin de orientarse hacia la pared lateral curva de la celda de flujo y recibir un rayo de luz dispersado desde la misma. Una lente de enfoque 1466 se coloca a una distancia de la lente colimadora 1462 a lo largo del eje óptico, y puede seguirse por una abertura 1470 que puede ajustarse, según sea necesario, para enfocar el detector estático 1444 en el centro de la celda de flujo. Un fotodiodo 1474 sirve como el elemento de detección que recoge las señales ópticas que se propagan desde la celda de flujo a lo largo del eje óptico de este detector estático 1444.

La figura 15 ilustra esquemáticamente los ópticos de recogida implicados en la adquisición de datos de un rayo de luz dispersado 326. Incluidos en la figura 15, están una mitad de la celda de flujo 200 y la lente colimadora 1462 y la lente de enfoque 1466 del detector estático. A medida que el rayo de luz 326 se propaga radialmente hacia fuera desde el orificio central 214 de la celda de flujo 200, se dispersa un poco en un ángulo sólido cónico. Debido a que la pared lateral 210 (es decir, la superficie de contacto sólido-aire) de la celda de flujo 200 es esférica, el rayo de luz 326 emanará en una dirección normal hacia esta superficie curva 210, es decir, el rayo de luz 326 no se doblará ni se verá afectado negativamente de otro modo por la pared lateral 210. A continuación, el rayo de luz 326 se colima por la lente colimadora 1462 y, posteriormente, se enfoca por la lente de enfoque 1466 sobre el fotodiodo u otro elemento de detección del detector. De nuevo, puede observarse que la señal óptica 326 producida por el efecto de dispersión de la celda de flujo 200 se propaga a lo largo del mismo plano que el haz de láser y, al igual que el haz de láser, es ortogonal al eje del orificio central. Además, el rayo de luz 326, incluso cuando se extiende en un ángulo sólido permanece centrado sobre el mismo plano a lo largo del que se alinean todos los ópticos de detector, garantizando de este modo una fuerte señal de detección. En el caso de una operación de flujo pasante, el haz de láser es ortogonal a la dirección de la velocidad del flujo de la muestra de líquido. Por esta configuración, la adquisición de datos ópticos es independiente de la velocidad de flujo, lo que minimiza los artefactos en los datos, especialmente en el caso de los detectores dinámicos. Además, la polarización del haz de láser es perpendicular al plano de detección, garantizando de este modo una fuerte señal de detección.

La figura 16 es una vista en perspectiva despiezada de un ejemplo de un detector dinámico 1648. El detector dinámico 1648 incluye un conjunto de espejo inferior 1680 que recibe los rayos de luz dispersados entrantes a través del orificio de montaje del elemento de montaje de detector. El conjunto de espejo inferior 1680 incluye un espejo 1682. Un conjunto de espejo superior 1684 se acopla al conjunto de espejo inferior 1680. Un conjunto de soporte de fibra óptica 1686 se monta en el conjunto de espejo superior 1684 en alineación con un hendidura 1688. Una cubierta superior 1690 se sujeta al conjunto de espejo superior 1684 y tiene un orificio a través del que puede sobresalir el conector del conjunto de soporte de fibra óptica 1686. El montaje y la colocación del conjunto de soporte de fibra óptica 1686 pueden empujarse por un resorte de disco 1692.

La figura 17 es una vista en perspectiva despiezada de otro ejemplo de un conjunto de dispersión y de detección de luz 1700, que incluye un conjunto de láser 1722 adaptado para operaciones de alta temperatura. El conjunto de láser 1722 incluye un tubo de extensión 1772 que en la práctica se extiende a través de la pared aislada de un horno. El tubo de extensión 1772 puede construirse a partir de un material que tiene un bajo coeficiente de expansión térmica tal como, por ejemplo, una aleación Invar, que es una aleación de hierro-níquel que contiene un 40-50 % de níquel. El conjunto de láser 1722 puede soportarse por uno o más soportes 1774 y 1776. En consecuencia, en este ejemplo, la celda de flujo 200 (figura 9) se coloca dentro del horno mientras que los componentes delicados del conjunto de láser 1722 se localizan fuera del horno. Los componentes sensibles de los detectores 944 también pueden localizarse fuera del horno y pueden recibir las señales ópticas de la celda de flujo 200 a través de fibras ópticas. Esta configuración es útil para estudiar las moléculas que requieren una temperatura elevada tal como, por ejemplo, 140 °C. Por ejemplo, muchos polímeros, tales como el polietileno y el polipropileno, son solubles solo a temperaturas elevadas y, por lo tanto, es necesario calentar los polímeros para separarlos mediante cromatografía en columna. Además, la viscosidad de algunos disolventes es demasiado alta para permitir que se utilicen técnicas cromatográficas a menos que se reduzca la viscosidad elevando la temperatura del disolvente. Detalles adicionales con respecto al conjunto de láser de alta temperatura 1722, tal como se emplea en otro contexto de dispersión de luz, se desvelan en la patente de Estados Unidos N° 5.701.176, cuyo contenido se incorpora en el presente documento en su totalidad.

En general, las expresiones como “comunicar” y “en comunicación con...” (por ejemplo, un primer componente “se comunica con” o “está en comunicación con” un segundo componente) se usan en el presente documento para indicar una relación estructural, funcional, mecánica, eléctrica, de señales, óptica, magnética, electromagnética, iónica o fluidica entre dos o más componentes o elementos. Como tal, el hecho de que se diga que uno de los

componentes se comunica con un segundo componente no pretende excluir la posibilidad de que otros componentes puedan estar presentes entre, y/o asociarse o acoplarse operativamente con, los componentes primero y segundo.

- 5 Se entenderá que pueden cambiarse diversos aspectos o detalles de la invención sin alejarse del alcance de la invención. Además, la descripción anterior solo tiene fines ilustrativos, y no el fin de limitar la invención que se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de celda de flujo, que comprende:

5 un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido (200) que comprende una superficie externa (202, 206, 210) y que rodea un orificio hueco (214), comprendiendo el orificio hueco una abertura de extremo de entrada de líquido en la superficie externa, y una abertura de extremo de salida de líquido en la superficie externa en una localización axialmente opuesta a la abertura de extremo de entrada de líquido;

10 una estructura de entrada de líquido que comprende una primera sección saliente (610) en contacto con la abertura de extremo de entrada de líquido y que se extiende en el orificio hueco, teniendo la estructura de entrada de líquido un puerto de entrada de líquido (606) formado en la primera sección saliente y que se comunica de manera fluida con el orificio hueco; y

15 una estructura de salida de líquido que comprende una segunda sección saliente (710) en contacto con la abertura de extremo de salida de líquido y que se extiende en el orificio hueco, teniendo la estructura de salida de líquido un puerto de salida de líquido (706) formado en la segunda sección saliente y que se comunica de manera fluida con el orificio hueco,

20 caracterizado por que la estructura de entrada de líquido tiene una pluralidad de ranuras radiales (614) formadas en la primera sección saliente, extendiéndose la pluralidad de ranuras radiales de manera radial en relación con un eje central que pasa a través del orificio hueco y que se comunica de manera fluida con el orificio hueco, y el puerto de entrada de líquido se coloca en comunicación de fluido con las ranuras radiales.

2. El dispositivo de celda de flujo de la reivindicación 1, en el que la primera sección saliente tiene una primera cavidad (612) orientada hacia el orificio hueco, de tal manera que un área transversal de la primera cavidad aumenta en la dirección del orificio hueco, y la segunda sección saliente tiene una segunda cavidad (712) orientada hacia el orificio hueco, de tal manera que un área transversal de la segunda cavidad disminuye en la dirección que se aleja del orificio hueco.

3. El dispositivo de celda de flujo de la reivindicación 1 o 2, en el que el cuerpo de celda de flujo tiene un eje central a lo largo del que se orienta el orificio hueco, y la superficie externa comprende una superficie de entrada de líquido plana (206) ortogonal al eje central y que tiene un perímetro circular, una superficie de salida de líquido plana (202) paralela a la superficie de entrada de líquido y que tiene un perímetro circular, y una pared lateral (210) que se extiende axialmente desde el perímetro de la superficie de entrada de líquido hasta el perímetro de la superficie de salida de líquido, teniendo la pared lateral un perfil externo esférico.

4. El dispositivo de celda de flujo de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además una fuente de láser (922) orientada en relación con el cuerpo de celda de flujo con el fin de dirigir un haz de láser a lo largo de un plano central del cuerpo de celda de flujo y a través del orificio hueco, siendo el plano central ortogonal a un eje central a lo largo del que se orienta el orificio hueco.

5. El dispositivo de celda de flujo de la reivindicación 4, en el que el orificio hueco establece una trayectoria de flujo de líquido a lo largo del eje central desde el puerto de entrada de líquido al puerto de salida de líquido, y la fuente de láser está configurada para dirigir el haz de láser ortogonalmente en relación con la trayectoria de flujo de líquido.

6. El dispositivo de celda de flujo de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además uno o más detectores de luz (944, 948) orientados en relación con el cuerpo de celda de flujo con el fin de recibir uno o más rayos de luz que se propagan desde el orificio hueco y a lo largo de un plano central del cuerpo de celda de flujo y a través del orificio hueco, siendo el plano central ortogonal a un eje central a lo largo del que se orienta el orificio hueco.

7. El dispositivo de celda de flujo de la reivindicación 1, en el que al menos una parte de la superficie externa es esférica, el cuerpo de celda de flujo tiene un eje central a lo largo del que se orienta el orificio hueco, y que comprende además un elemento de montaje (930, 932), comprendiendo el elemento de montaje una superficie curva orientada hacia el cuerpo de celda de flujo y paralela a la parte de superficie externa esférica, y una pluralidad de orificios de montaje radiales (940) que se abren en la superficie curva, teniendo los orificios de montaje radiales unos ejes de orificio de montaje respectivos colineales con los radios respectivos que se extienden desde el orificio hueco a lo largo del plano central en ángulos diferentes en relación con el eje central.

8. El dispositivo de celda de flujo de la reivindicación 7, que comprende además uno o más detectores de luz (944, 948) montados en uno o más de los orificios de montaje radiales (940), incluyendo cada detector de luz una entrada óptica alineada con un radio correspondiente que se extiende a lo largo del plano central.

9. El dispositivo de celda de flujo de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la estructura de entrada de líquido está fijada a la estructura de salida de líquido por un elemento de sujeción y el cuerpo de celda de flujo se sujeta entre la estructura de entrada de líquido y la estructura de salida de líquido.

10. Un método para realizar una medición de dispersión de luz de una muestra de líquido, comprendiendo el método:

- 5 introducir la muestra de líquido en un orificio hueco (214) de un cuerpo de celda de flujo ópticamente transmisor sólido (200), orientándose el orificio hueco a lo largo de un eje central;
dirigir un haz electromagnético a través del cuerpo de celda de flujo y en el orificio hueco a lo largo de un plano central del cuerpo de celda de flujo ortogonal al eje central, para irradiar la muestra de líquido y producir un rayo de luz;
dirigir el rayo de luz a lo largo del plano central lejos del orificio hueco; y
- 10 recibir el rayo de luz en un detector de luz (944, 948) colocado externo al cuerpo de celda de flujo, en el que la introducción de la muestra de líquido comprende hacer fluir la muestra de líquido a lo largo de una trayectoria de flujo de líquido desde un puerto de entrada de líquido (606) de una estructura de entrada de líquido,
caracterizado por que la muestra de líquido fluye a través de una pluralidad de ranuras radiales (614) formadas en una primera sección saliente (610) de la estructura de entrada de líquido, en el orificio hueco (214) y hacia un
- 15 puerto de salida de líquido (706), en el que la pluralidad de ranuras radiales se extiende radialmente en relación con el eje central y divide la muestra de líquido en una pluralidad de corrientes inicialmente separadas, y en el que el haz electromagnético y el rayo de luz se propagan ortogonales a la trayectoria de flujo de líquido.
- 20 11. El método de la reivindicación 10, en el que una superficie externa del cuerpo de celda de flujo comprende una superficie de entrada de líquido (206), una superficie de salida de líquido (202) y una pared lateral (210) entre la superficie de entrada de líquido y la superficie de salida de líquido, la pared lateral es esférica, y dirigir el rayo de luz incluye hacer pasar el rayo de luz a través de la pared lateral esférica.
- 25 12. El método de la reivindicación 10 u 11, que comprende además montar el cuerpo de celda de flujo entre una estructura de entrada de líquido y una estructura de salida de líquido, poniendo en contacto una primera sección saliente (610) de la estructura de entrada de líquido con un extremo de entrada de líquido del orificio hueco y poniendo en contacto una segunda sección saliente (706) de la estructura de salida de líquido con un extremo de salida de líquido del orificio hueco.
- 30 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10-12, que comprende además montar una pluralidad de detectores de luz (944, 948) en una pluralidad de orificios de montaje radiales (940) de un elemento de montaje (930, 932), comprendiendo el elemento de montaje una superficie curva orientada hacia el cuerpo de celda de flujo y paralela a una parte de superficie externa esférica del cuerpo de celda de flujo, en el que los orificios de montaje radiales se abren en la superficie curva y tienen unos ejes de orificio de montaje respectivos colineales con los
- 35 radios respectivos que se extienden desde el orificio hueco a lo largo del plano central en diferentes ángulos en relación con el eje central.

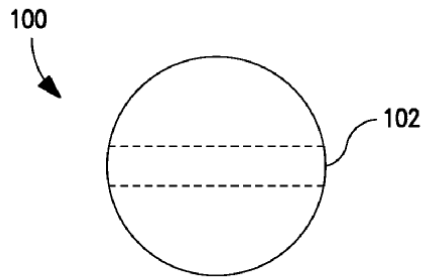


FIG. 1

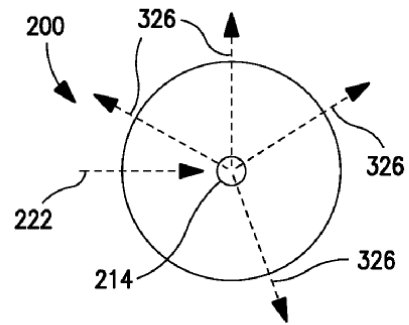


FIG. 3

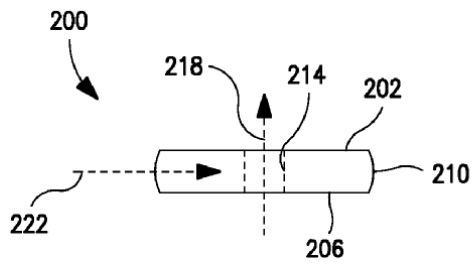


FIG. 2

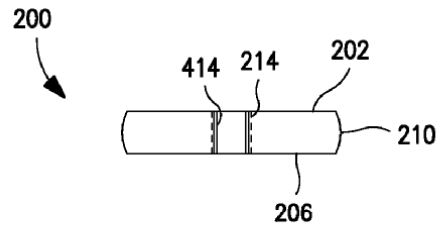


FIG. 4

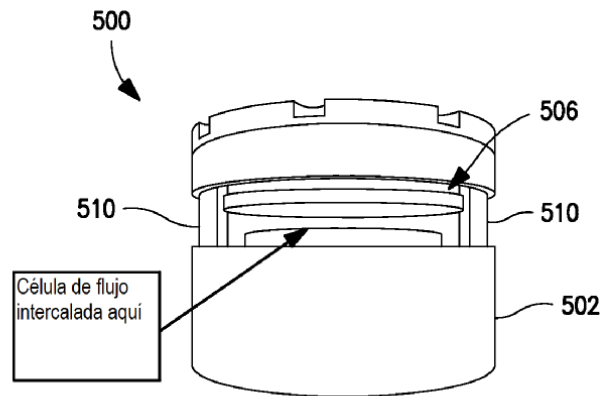


FIG. 5

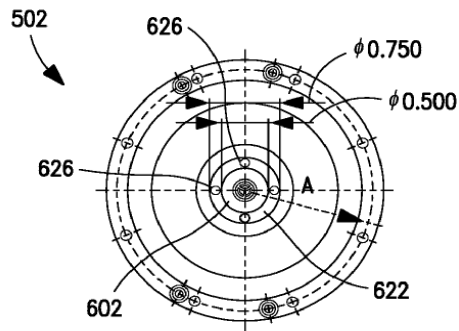


FIG. 6A

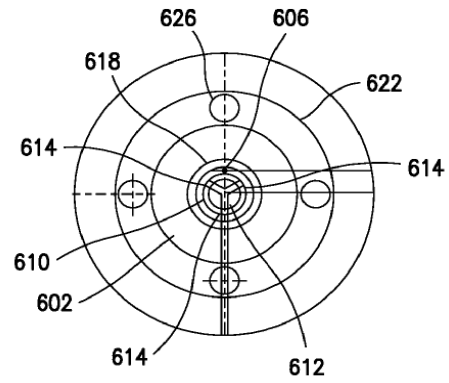


FIG. 6B

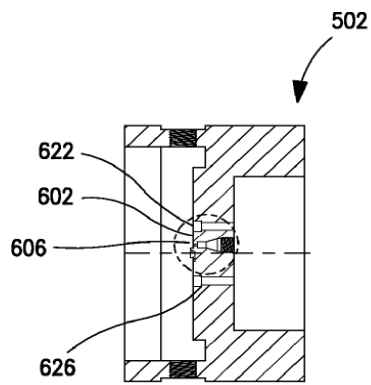


FIG. 6C

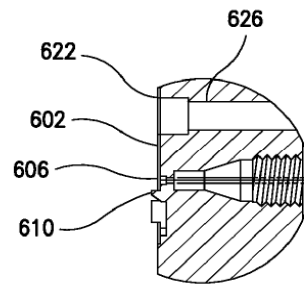


FIG. 6D

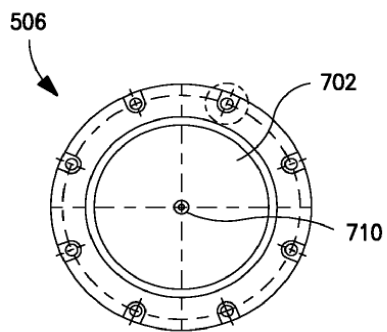


FIG. 7A

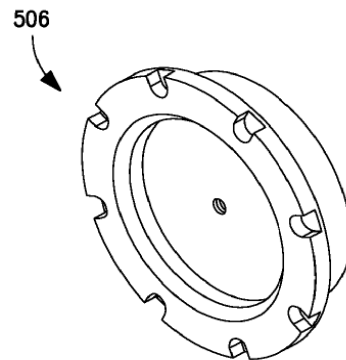


FIG. 7B

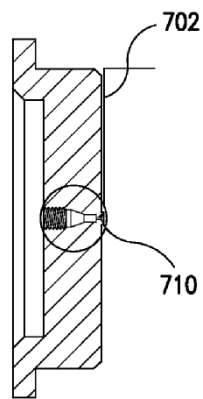


FIG. 7C

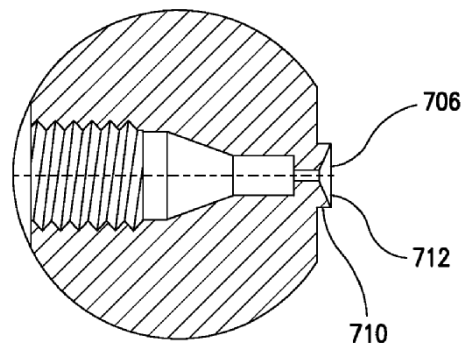


FIG. 7D

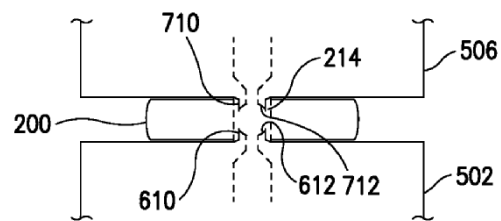


FIG. 8

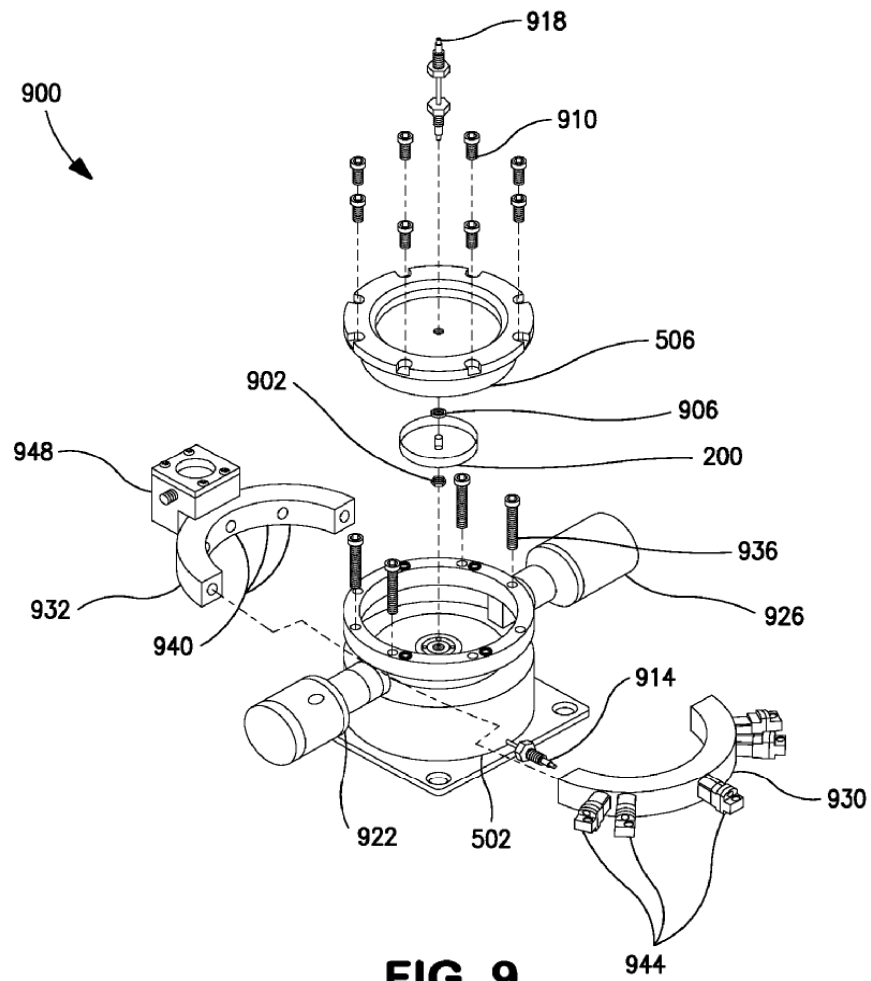


FIG. 9

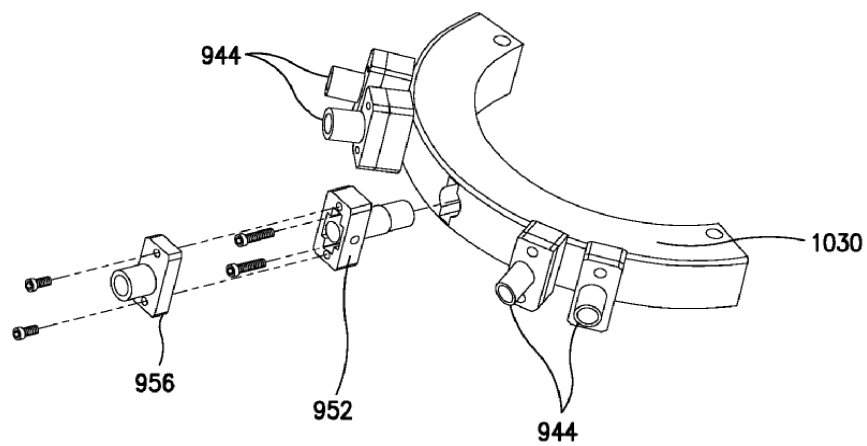


FIG. 10

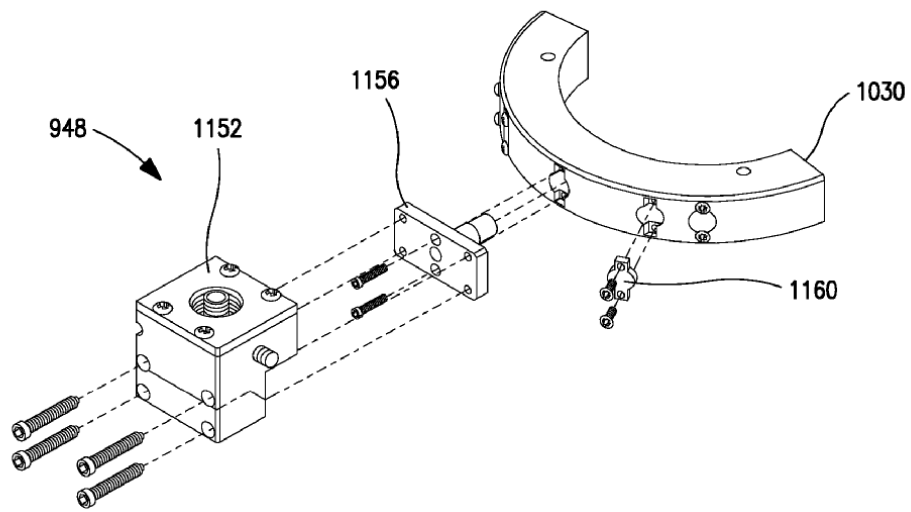


FIG. 11

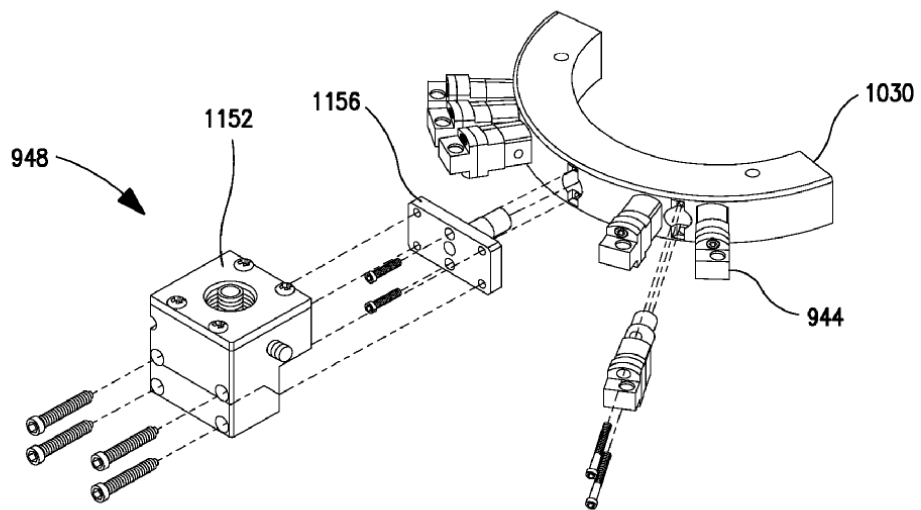


FIG. 12

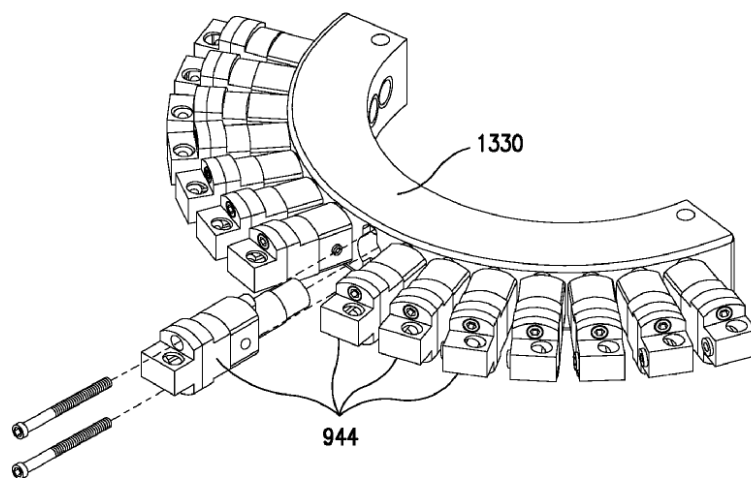


FIG. 13

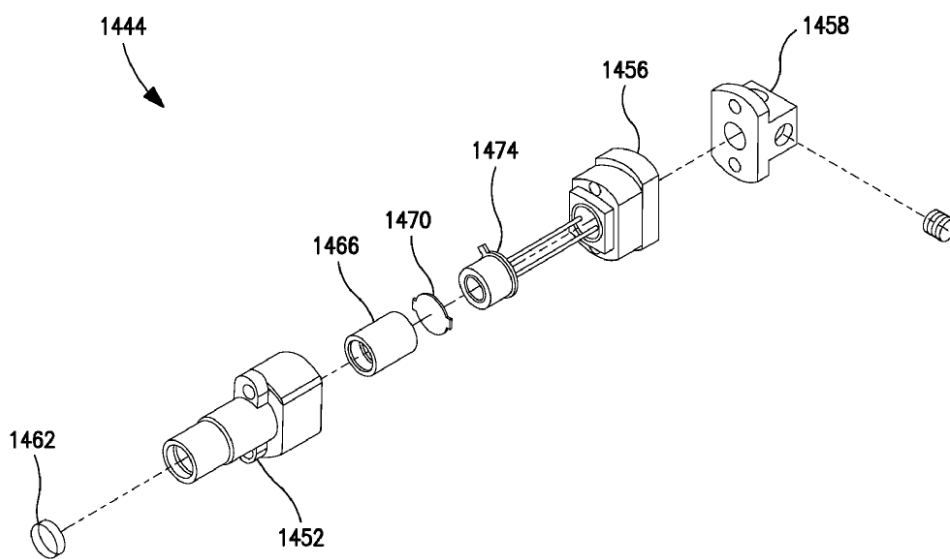


FIG. 14

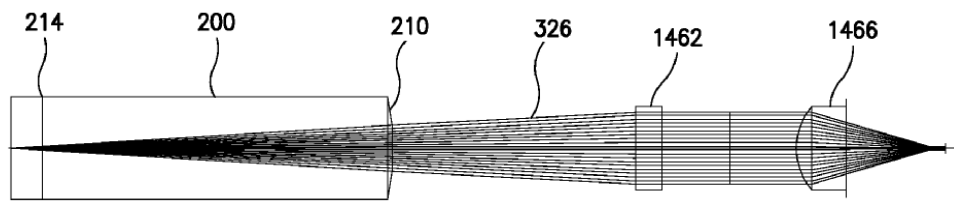


FIG. 15

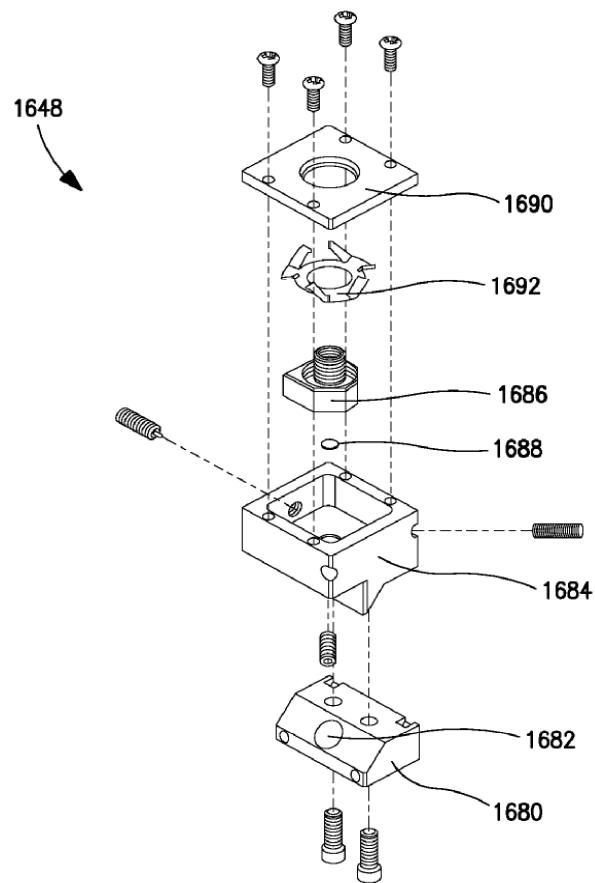


FIG. 16

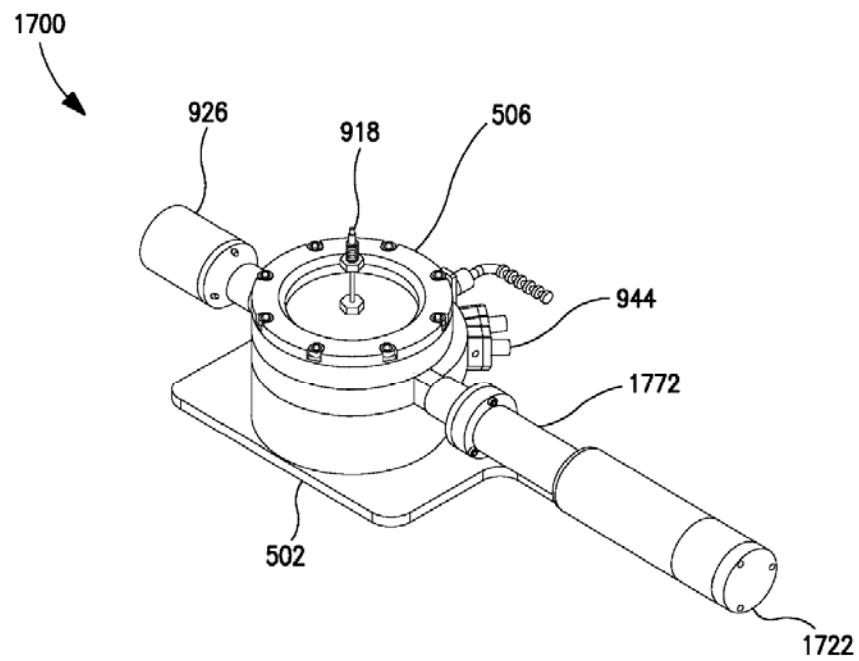


FIG. 17