

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 830**

51 Int. Cl.:

G01N 21/64	(2006.01)	G01N 15/00	(2006.01)
G01N 15/14	(2006.01)		
G01N 21/25	(2006.01)		
G01N 21/51	(2006.01)		
G01N 21/53	(2006.01)		
G01N 21/59	(2006.01)		
G01N 21/85	(2006.01)		
G01N 21/17	(2006.01)		
G01N 21/84	(2006.01)		
G01N 15/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2014 PCT/US2014/021197**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2014 WO14164204**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2014 E 14778587 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2972235**

54 Título: **Fluorómetro con múltiples canales de detección**

30 Prioridad:

12.03.2013 US 201313796594

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

27.12.2018

73 Titular/es:

**ECOLAB USA INC (100.0%)
1 Ecolab Place
St. Paul, MN 55102, US**

72 Inventor/es:

**TOKHTUEV, EUGENE;
OWEN, CHRISTOPHER J.;
SKIRDA, ANATOLY;
SLOBODYAN, VIKTOR;
SCHILLING, PAUL SIMON y
CHRISTENSEN, WILLIAM M.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 694 830 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

Fluorómetro con múltiples canales de detección

Campo técnico

5 Esta divulgación está relacionada con dispositivos de medición óptica y, más particularmente, con fluorómetros para monitorizar la concentración de una o más sustancias en una muestra.

Antecedentes

10 En operaciones de limpieza y antimicrobianas, usuarios comerciales (p. ej., restaurantes, hoteles, plantas de alimentos y bebidas, tiendas de comestibles, etc.) dependen de la concentración de un producto de limpieza o antimicrobiano para hacer que el producto trabaje eficazmente. Si un producto de limpieza o antimicrobiano no funciona eficazmente (por ejemplo debido a cuestiones de concentración) puede provocar que un usuario comercial perciba el producto como de calidad inferior. Los consumidores finales también pueden percibir que el proveedor comercial de tales productos proporciona servicios inferiores. Además, los usuarios comerciales pueden ser investigados y/o sancionados por agencias gubernamentales sanitarias y reguladoras. En consecuencia, existe la necesidad de un sistema que pueda monitorizar las características de soluciones fluidas, p. ej., para determinar si la concentración de un producto está dentro de un intervalo de concentración especificado. Lo mismo puede ser verdadero para otras aplicaciones, tales como cuidado del agua, control de plagas, operaciones con bebida y embotellado, refinería de aceite y gas y operaciones de procesado, y semejantes.

20 Un método para monitorizar la concentración de un producto depende de monitorizar la fluorescencia del producto que ocurre cuando la muestra (y el producto dentro de la muestra) se expone a una longitud de onda predeterminada de la luz. Por ejemplo, compuestos dentro del producto o un trazador fluorescente añadido al producto pueden fluorescer cuando se exponen a ciertas longitudes de onda de la luz. La concentración del producto se puede determinar entonces usando un fluorómetro que mide la fluorescencia de los compuestos y calcula la concentración de la sustancia química sobre la base de la fluorescencia medida.

25 El espectroscopia fluorométrica concierne a la detección de luz fluorescente emitida por una muestra de interés. Implica usar un haz de luz, usualmente luz ultravioleta (UV), que excita los electrones de moléculas de ciertos compuestos en la muestra y provoca que emitan luz (es decir, que "fluorescescan"). Hay varios tipos de fluorómetros para medir la fluorescencia emitida. Los fluorómetros generalmente tienen una fuente de energía radiante de excitación y un detector con un procesador de señal y un dispositivo de lectura.

30 El documento US 2009/122311 A1 describe un aparato y un método para medición de partículas secadas fluorescentemente tales como células biológicas en un citómetro de flujo. El aparato incluye fuentes ópticas primera, segunda y tercera que dirigen luz sobre celdas dentro de una celda de flujo y detectores para detectar un haz de luz dispersado hacia delante, un haz de luz dispersado a los lados y un haz de luz fluorescente. El aparato comprende un filtro para transmitir selectivamente un haz láser azul y filtros correspondientes delante de los detectores para los haces de luz dispersados hacia delante y dispersados a los lados. La luz es incidente en los detectores, tales como tubos de fotomultiplicador, tras pasar a través de medio-espejos apropiados y los filtros paso banda.

Compendio

40 En general, esta divulgación se dirige a dispositivos, sistemas y técnicas fluorométricas para monitorizar muestras de fluidos. Un fluorómetro según la divulgación puede incluir un emisor óptico y múltiples detectores ópticos para monitorizar diferentes características de la muestra de fluido. Por ejemplo, el fluorómetro puede incluir un emisor óptico que detecta luz que pasa desde el emisor óptico y a través de la muestra de fluido para determinar la concentración de una especie no fluorescente en el fluido. El fluorómetro puede incluir además otro detector óptico que detecta emisiones fluorescentes desde la muestra de fluido para determinar la concentración de una especie fluorescente en el fluido. Al configurar el fluorómetro con múltiples detectores ópticos, el fluorómetro puede monitorizar diferentes características de un fluido en análisis. Por ejemplo, cuando se usa para monitorizar muestras de agua de una operación industrial de limpieza e higienización, el fluorómetro puede determinar si el agua de enjuague está limpia (p. ej., suficientemente desprovista de un producto con el que se ha enjuagado) y contiene una cantidad suficiente de higienizador.

50 Aunque el diseño del fluorómetro puede variar, en algunas aplicaciones, el fluorómetro incluye un emisor óptico que está desplazado respecto a un área de análisis óptico a través de la que fluye fluido. El emisor óptico puede estar desplazado de modo que luz emitida desde el emisor óptico es dirigida adyacente a una pared del área de análisis óptico en lugar de en un centro del área de análisis óptico. Este tipo de disposición puede ayudar a minimizar la cantidad de luz emitida por el emisor óptico que es reflejada, por ejemplo, debido a turbidez de fluido o superficies de pared en el área de análisis óptico. A su vez, esta configuración puede aumentar la intensidad de la señal proporcionada por un detector óptico que detecta luz del área de análisis óptico.

55 En un ejemplo, se describe un sensor óptico que incluye un emisor óptico, un primer detector óptico, un segundo detector óptico y un tercer detector óptico. El emisor óptico se configura para dirigir luz a una muestra de fluido. El

primer detector óptico se configura para detectar luz emitida por el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido. El segundo detector óptico se configura para detectar luz emitida por el emisor óptico y dispersada por la muestra de fluido. El tercer detector óptico se configura para detectar emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido en respuesta a la luz emitida por el emisor óptico. Según el ejemplo, el sensor óptico también incluye un filtro de emisión óptica posicionado entre el emisor óptico y la muestra de fluido, un primer filtro de detección óptica posicionado entre el primer detector óptico y la muestra de fluido, un segundo filtro de detección óptica posicionado entre el segundo detector óptico y la muestra de fluido, y un tercer filtro de detección óptica posicionado entre el tercer detector óptico y la muestra de fluido. El ejemplo especifica además que el filtro de emisión óptica, el primer filtro de detección óptica y el segundo filtro de detección óptica se configuran cada uno para filtrar las mismas longitudes de onda de la luz de modo que sustancialmente cualquier luz detectada por el primer detector óptico y el segundo detector óptico es luz emitida desde el emisor óptico y que pasa a través de la muestra de fluido.

En otro ejemplo, se describe un método que incluye emitir luz a una muestra de fluido por medio de un emisor óptico. El ejemplo de método también incluye detectar luz emitida desde el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido por medio de un primer detector óptico, detectar luz emitida desde el emisor óptico y dispersada por la muestra de fluido por medio de un segundo detector óptico, y detectar emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido en respuesta a luz emitida por el emisor óptico por medio de un tercer detector óptico. El ejemplo de método especifica que detectar luz por medio del primer detector óptico y detectar luz por medio del segundo detector óptico incluye además filtrar la luz de modo que sustancialmente cualquier luz detectada por el primer detector óptico y el segundo detector óptico es luz emitida desde el emisor óptico y que pasa a la muestra de fluido.

En otro ejemplo, se describe un sistema de sensor óptico que incluye un alojamiento que define un área de análisis óptico a través del que se traslada una muestra de fluido para análisis óptico. El alojamiento incluye un conjunto de emisor óptico que lleva un emisor óptico configurado para dirigir luz a la muestra de fluido, un primer conjunto de emisor óptico que lleva un primer detector óptico configurado para detectar luz emitida por el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido, un segundo conjunto de emisor óptico que lleva un segundo detector óptico configurado para detectar luz emitida por el emisor óptico y dispersada por la muestra de fluido, y un tercer conjunto de emisor óptico que lleva un tercer detector óptico configurado para detectar emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido en respuesta a la luz emitida por el emisor óptico. El alojamiento también incluye una ventana de emisor óptico posicionada entre el emisor óptico y el área de análisis óptico, una primera ventana de detector óptico posicionada entre el primer detector óptico y el área de análisis óptico, una segunda ventana de detector óptico posicionada entre el segundo detector óptico y el área de análisis óptico, y una tercera ventana de detector óptico posicionada entre el tercer detector óptico y el área de análisis óptico. Según el ejemplo, la primera ventana de detector óptico se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico desde la ventana de emisor óptico, la segunda ventana de detector óptico se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto a la ventana de emisor óptico, y la tercera ventana de detector óptico se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico desde la segunda ventana de detector óptico.

Los detalles de uno o más ejemplos se presentan en los dibujos adjuntos y la siguiente descripción. Otros rasgos, objetos y ventajas se harán evidentes a partir de la descripción y dibujos, y de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de sistema de fluido que incluye un sensor óptico según ejemplos de la divulgación.

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de sensor óptico que se puede usar en el ejemplo de sistema de fluido de la figura 1.

La figura 3 es un dibujo esquemático de un ejemplo de configuración física de un sensor óptico que puede ser usado por los sensores ópticos en las figuras 1 y 2.

Las figuras 4 y 5 son dibujos en sección transversal del sensor óptico de la figura 3.

La figura 6 es un dibujo en sección transversal de un ejemplo de configuración alternativa del sensor óptico de la figura 3.

La figura 7 es un dibujo en sección transversal de un ejemplo de configuración alternativa del sensor óptico de la figura 6.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de naturaleza ejemplar y no pretende limitar el alcance, aplicabilidad o configuración de la invención de ninguna manera. En cambio, la siguiente descripción proporciona algunas ilustraciones prácticas para implementar ejemplos de la presente invención. Se proporcionan ejemplos de construcciones, materiales, dimensiones y procesos de fabricación para elementos seleccionados, y todos los otros elementos emplean lo que conocen los expertos en el campo de la invención. Los expertos en la técnica identificarán que muchos de los ejemplos indicados tienen una variedad de alternativas adecuadas.

Los sensores ópticos se usan en una variedad de aplicaciones, incluidos procesos industriales de monitorización. Un

sensor óptico se puede implementar como dispositivo portátil, de mano, que se utiliza para analizar periódicamente las características ópticas de un fluido en un proceso industrial. Como alternativa, se puede instalar un sensor óptico en línea para analizar continuamente las características ópticas de un fluido en un proceso industrial. En cualquier caso, el sensor óptico puede analizar ópticamente la muestra de fluido y determinar diferentes características del fluido, tales como la concentración de una o más especies químicas en el fluido.

Como ejemplo, a menudo se usan sensores ópticos en aplicaciones industriales de limpieza e higienización. Durante un proceso industrial de limpieza e higienización, típicamente se bombea agua a través de un sistema industrial de tuberías para enjuagar el sistema de tuberías de producto que reside en tuberías y cualquier acúmulo de contaminación dentro de las tuberías. El agua también puede contener un agente de higienización que funciona para higienizar y desinfectar el sistema de tuberías. El proceso de limpieza e higienización puede preparar el sistema de tuberías para recibir nuevo producto y/o un producto diferente que fue procesado previamente en el sistema.

Se puede usar un sensor óptico para monitorizar las características de enjuague y/o agua de higienización que fluye a través de un sistema de tuberías durante un proceso industrial de limpieza e higienización. Ya sea continua o intermitentemente, se extraen muestras de agua del sistema de tuberías y se entregan al sensor óptico. Dentro del sensor óptico, se emite luz a la muestra de agua y se usa para evaluar las características de la muestra de agua. El sensor óptico puede determinar si el producto residual en el sistema de tuberías ha sido enjuagado suficientemente de las tuberías, por ejemplo, determinando que hay poco o nada de producto residual en la muestra de agua. El sensor óptico también puede determinar la concentración de higienizador en la muestra de agua, por ejemplo, midiendo una señal fluorescente emitida por el higienizador en respuesta a la luz emitida a la muestra de agua. Si se determina que hay insuficiente cantidad de higienizador en la muestra de agua para higienizar apropiadamente el sistema de tuberías, la cantidad de higienizador se aumenta para asegurar higienización apropiada del sistema.

Esta divulgación describe un sensor óptico que, en algunos ejemplos, incluye múltiples detectores ópticos que proporcionan múltiples canales de detección óptica. Cada detector óptico se posiciona en una ubicación diferente dentro del sensor óptico respecto a un emisor óptico. Por ejemplo, un detector óptico se puede posicionar en un lado opuesto de un canal de fluido desde el emisor óptico para detectar luz emitida por el emisor óptico y transmitida a través de fluido dentro del canal de fluido. Otro detector óptico se puede posicionar en un ángulo de 90 grados respecto al emisor óptico para detectar luz emitida por el emisor óptico y dispersada por fluido dentro del canal de fluido. Incluso otro detector óptico se puede posicionar en un ángulo de 90 grados diferente respecto al emisor óptico para detectar emisiones fluorescentes de luz emitida por fluido dentro del canal de fluido en respuesta a luz desde el emisor óptico.

Al configurar el sensor óptico con múltiples canales de detección óptica, el sensor óptico puede monitorizar exhaustivamente muestras de fluidos de un proceso industrial. Por ejemplo, cuando se implementa como parte de un sistema en línea de limpieza e higienización, el sensor óptico puede recibir muestras de fluidos, tales como muestras de agua de enjuague que contienen un agente de higienización, y emiten luz a las muestras de fluidos. La luz detectada por los diferentes detectores ópticos del sensor óptico en respuesta a la luz emitida puede entonces variar dependiendo de las características de la muestra de fluido. Por ejemplo, una muestra de fluido obtenida en el inicio del proceso de limpieza puede contener una cantidad significativa de material ópticamente opaco (p. ej., producto residual en un sistema de tuberías) de modo que ni el detector de transmisión ni el detector de dispersión reciben luz. Como las muestras de fluidos extraídas del sistema están progresivamente más limpias, el detector de transmisión puede detectar cantidades crecientes de luz que pasa a través de la muestra de fluido hasta que el detector de transmisión se satura con luz. Alrededor de este punto en el proceso de limpieza, sin embargo, el detector de dispersión puede comenzar a detectar dispersión de luz dentro de la muestra de fluido para permitir monitorización continua de la muestra de fluido a través del proceso de limpieza. Cuando el sensor óptico incluye además un detector que detecta emisiones fluorescentes, el sensor óptico puede monitorizar la concentración de agente de higienización en las muestras de agua. De esta manera, el sensor óptico puede usar los diferentes detectores ópticos para monitorizar el progreso de una operación de limpieza e higienización y la concentración de un agente de higienización usado en la operación de limpieza e higienización. Por supuesto, esto es meramente un ejemplo de implementación del sensor óptico, y son posibles y se contemplan otras implementaciones.

Si bien el sensor óptico puede tener una variedad de configuraciones diferentes, en algunos ejemplos, el sensor óptico se diseña para tener un emisor óptico que está desplazado de un centro de un canal de flujo a través del que se traslada una muestra de fluido. Por ejemplo, el emisor óptico se puede disponer para dirigir luz adyacente a una pared del canal de flujo en lugar de a un centro del canal de flujo. Cuando se configura así, es menos probable que la luz emitida al canal de flujo se refleje de superficies internas del canal de flujo que cuando la luz es dirigida a un centro del canal de flujo. A su vez, esto puede aumentar la intensidad de la señal detectada por los detectores ópticos, proporcionando señales más fuertes para monitorizar las características del fluido en análisis. En aplicaciones donde se acumulan incrustaciones en un detector óptico durante el servicio, la capacidad para generar señales más fuertes puede prolongar el tiempo que el sensor óptico puede permanecer en servicio entre limpieza y mantenimiento.

Ejemplos de configuraciones de sensor óptico se describirán con mayor detalle a continuación con respecto a las figuras 2-6. Sin embargo, primero se describirá un ejemplo de sistema de fluido que incluye un ejemplo de sistema de sensor óptico con respecto a la figura 1.

La figura 1 es un diagrama conceptual que ilustra un ejemplo del sistema de fluido 100, que se puede usar para

producir una solución química que tiene propiedades fluorescentes, tales como una solución de higienizador que exhibe propiedades fluorescentes. El sistema de fluido 100 incluye un sensor óptico 102, un depósito 104, un controlador 106 y una bomba 108. El depósito 104 puede almacenar un agente químico concentrado que se puede combinar con un diluyente, tal como agua, para generar la solución química. El sensor óptico 102 se conecta ópticamente a la trayectoria de fluido 110 y se configura para determinar una o más características de la solución que se traslada a través de la trayectoria de fluido. En funcionamiento, el sensor óptico 102 puede comunicarse con el controlador 106, y el controlador 106 puede controlar el sistema de fluido 100 basado en la información de característica de fluido generada por el sensor óptico.

El controlador 106 se conecta comunicativamente con el sensor óptico 102 y la bomba 108. El controlador 106 incluye procesador 112 y memoria 114. El controlador 106 se comunica con la bomba 108 por medio de una conexión 116. Señales generadas por el sensor óptico 102 se comunican al controlador 106 por medio de una conexión cableada o inalámbrica, que en el ejemplo de la figura 1 se ilustra como conexión cableada 118. La memoria 109 almacena software para que funcione el controlador 106 y también puede almacenar datos generados o recibidos por el procesador 112, p. ej., del sensor óptico 102. El procesador 112 ejecuta software almacenado en la memoria 114 para gestionar el funcionamiento del sistema de fluido 100.

Como se describe en mayor detalle más adelante, el sensor óptico 102 se configura para analizar ópticamente una muestra de fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110. En un ejemplo, el sensor óptico 102 incluye un emisor óptico que emite luz a la muestra de fluido y múltiples detectores ópticos (p. ej., dos, tres, o más detectores ópticos) que miden luz de la muestra de fluido. Por ejemplo, el sensor óptico 102 puede incluir un detector óptico que se posiciona para medir luz emitida por el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido. El sensor óptico 102 puede incluir además un detector óptico que se posiciona para medir luz emitida por el emisor óptico y dispersada en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección de emisión. El sensor óptico 102 todavía puede incluir además un detector óptico que se posiciona y configura para medir emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido. En funcionamiento, los detectores ópticos que miden transmitancia y dispersión de luz se pueden usar para medir la transparencia óptica de la muestra de fluido, que puede indicar la limpieza del sistema del que se ha extraído la muestra de fluido. El detector óptico que mide fluorescencia se puede usar para medir la concentración de una especie química (p. ej., higienizador, corrosión control agente) en la muestra de fluido. Al proporcionar múltiples detectores ópticos, el sensor óptico 102 puede medir diferentes características ópticas de la muestra de fluido, tales como la cantidad de material ópticamente opaco en la muestra de fluido (por ejemplo, contaminación que se limpia de un sistema) y una concentración de una especie química en la muestra de fluido. Adicionalmente, el sensor óptico 102 puede medir la transparencia óptica de la muestra de fluido en una gran variedad de concentraciones del material ópticamente opaco.

Independiente del número de detectores ópticos en el sensor óptico 102, en algunos ejemplos adicionales descritos en mayor detalle más adelante, ese sensor óptico tiene un emisor óptico que se posiciona para dirigir luz adyacente a una pared de un área de análisis óptico en lugar de en un centro del área de análisis óptico. Al mover el emisor óptico de forma que se desplaza de un centro del área de análisis óptico, es menos probable que luz emitida por el emisor óptico se refleje de superficies internas en el área de análisis óptico. A su vez, esto puede aumentar la cantidad de luz recibida por un detector óptico en el sensor óptico 102, aumentando la intensidad de la señal producida por el detector óptico.

En el ejemplo de la figura 1, el sistema de fluido 100 se configura para generar una solución química que tiene propiedades fluorescentes. El sistema de fluido 100 puede combinar uno o más agentes químicos concentrados almacenados dentro del depósito 104 con agua u otro fluido diluyente para producir las soluciones químicas. Ejemplos de soluciones químicas que pueden ser producidas por el sistema de fluido 100 incluyen, pero no se limitan a ellos, agentes de limpieza, agentes de higienización, agua de enfriamiento para torres de enfriamiento industrial, biocidas tales como pesticidas, agentes anticorrosión, agentes antidescascaración, agentes antiincrustantes, detergentes de lavandería, limpiadores in situ, recubrimientos de suelo, composiciones de cuidado de vehículos, composiciones de cuidado de agua, composiciones de lavado de botellas y semejantes.

Las soluciones químicas generadas por el sistema de fluido 100 pueden emitir radiación fluorescente en respuesta a energía óptica dirigida a las soluciones por el sensor óptico 102. El sensor óptico 102 puede detectar entonces la radiación fluorescente emitida y determinar diversas características de la solución, tales como una concentración de uno o más compuestos químicos en la solución, sobre la base de la magnitud de la radiación fluorescente emitida. A fin de permitir que el sensor óptico 102 detecte emisiones fluorescentes, el fluido generado por el sistema de fluido 100 y recibido por el sensor óptico 102 puede incluir una molécula que exhibe características fluorescentes. En algunos ejemplos, el fluido incluye un compuesto policíclico y/o una molécula de benceno que tiene uno o más grupos donantes de electrón sustituyente tales como, p. ej., -OH, -NH₂, y -OCH₃, que pueden exhibir características fluorescentes. Dependiendo de la aplicación, estos compuestos pueden estar presentes de manera natural en las soluciones químicas generadas por el sistema de fluido 100 debido a las propiedades funcionales (p. ej., limpieza e higienización propiedades) impartidas a las soluciones por los compuestos.

Además o en lugar de un compuesto fluorescente de manera natural, el fluido generado por el sistema de fluido 100 y recibido por el sensor óptico 102 puede incluir un trazador fluorescente (al que también se le puede hacer referencia como marcador fluorescente). El trazador fluorescente se puede incorporar en el fluido específicamente para impartir

propiedades fluorescentes al fluido. Ejemplos de compuestos trazadores fluorescentes incluyen, pero no se limitan a ellos, disulfonato de naftaleno (NDSA), ácido 2-naftalenesulfónico, Amarillo Ácido 7, sal sódica de ácido 1,3,6,8-pirenetetrasulfónico, y fluoresceína.

5 Independientemente de la composición específica del fluido generado por el sistema de fluido 100, el sistema puede generar fluido de cualquier manera adecuada. Bajo el control del controlador 106, la bomba 108 puede bombear mecánicamente una cantidad definida del agente químico concentrado del depósito 104 y combinar el agente químico con agua para generar una solución líquida adecuada para la aplicación pretendida. La trayectoria de fluido 110 puede entonces transportar la solución líquida a una ubicación de descarga pretendida. En algunos ejemplos, el sistema de fluido 100 puede generar un flujo de solución líquida continuamente durante un periodo de tiempo tal como, p. ej., un periodo de más de 5 minutos, un periodo de más de 30 minutos, o incluso un periodo de más de 24 horas. El sistema de fluido 100 puede generar solución continuamente porque el flujo de solución que pasa a través de la trayectoria de fluido 110 puede ser ininterrumpida sustancial o enteramente en el periodo de tiempo.

15 En algunos ejemplos, la monitorización de las características del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110 puede ayudar a asegurar que el fluido se formula apropiadamente para una aplicación pretendida aguas abajo. La monitorización de las características del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110 también puede proporcionar retroinformación, p. ej., para ajustar parámetros usados para generar nueva solución fluida. Por estas y otras razones, el sistema de fluido 100 puede incluir un sensor para determinar diversas características del fluido generado por el sistema.

20 En el ejemplo de la figura 1, el sistema de fluido 100 incluye un sensor óptico 102. El sensor óptico 102 se configura para determinar una o más características del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110. Ejemplos de características incluyen, pero no se limitan a ellas, la concentración de uno o más compuestos químicos dentro del fluido (p. ej., la concentración de uno o más agentes activos añadidos desde el depósito 104 y/o la concentración de uno o más materiales que se enjuagan del sistema de tuberías en el sistema de fluido 100), la temperatura del fluido, la conductividad del fluido, el pH del fluido, el caudal con el que se mueve el fluido a través del sensor óptico, y/u otras características del fluido que pueden ayudar a asegurar que el sistema del que se está analizando la muestra de fluido está funcionando apropiadamente. El sensor óptico 102 comunica información de característica detectada al controlador 106 por medio de la conexión 118.

25 En respuesta a recibir la característica detectada, el procesador 112 del controlador 106 puede comparar la información de característica determinada con uno o más umbrales almacenados en la memoria 114 tales como uno o más umbrales de concentración. Sobre la base de la comparación, el controlador 106 puede ajustar el sistema de fluido 100, p. ej., de modo que la característica detectada coincida con un valor objetivo para la característica. En algunos ejemplos, el controlador 106 arranca y/o detiene la bomba 108 o aumenta y/o disminuye la tasa de la bomba 108 para ajustar la concentración de un compuesto químico que fluye a través de la trayectoria de fluido 110. Arrancar la bomba 108 o aumentar la tasa de funcionamiento de la bomba 108 puede aumentar la concentración del compuesto químico en el fluido. Detener la bomba 108 o disminuir la tasa de funcionamiento de la bomba 108 puede disminuir la concentración de compuesto químico en el fluido. En algunos ejemplos adicionales, el controlador 106 puede controlar el flujo de agua que se mezcla con un compuesto químico en el depósito 104 sobre la base de información de característica determinada, por ejemplo, arrancando o deteniendo una bomba que controla el flujo de agua o aumentando o disminuyendo la tasa con la que funciona la bomba. Aunque no se ilustra en el ejemplo del sistema de fluido 100 de la figura 1, el controlador 106 también puede acoplarse comunicativamente a un intercambiador de calor, calentador y/o enfriador para ajustar la temperatura de fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110 sobre la base de información de característica recibida del sensor óptico 102.

30 El sensor óptico 102 se puede implementar de varias maneras diferentes en el sistema de fluido 100. En el ejemplo mostrado en la figura 1, el sensor óptico 102 se posiciona en línea con la trayectoria de fluido 110 para determinar una característica del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido. En otros ejemplos, se puede conectar una tubería, tubo u otro conducto entre la trayectoria de fluido 110 y una cámara de flujo del sensor óptico 102. En tales ejemplos, el conducto puede conectar para transmisión de fluidos la cámara de flujo (p. ej., una entrada de la cámara de flujo) del sensor óptico 102 a la trayectoria de fluido 110. Conforme se mueve fluido a través de la trayectoria de fluido 110, una parte del fluido puede entrar al conducto y pasar adyacente a un cabezal de sensor posicionado dentro de una cámara de fluido, permitiendo de ese modo que el sensor óptico 102 determine una o más características del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido. Cuando se implementa para recibir fluido directamente de la trayectoria de fluido 110, el sensor óptico 102 se puede caracterizar como sensor óptico en línea. Tras pasar a través de la cámara de flujo, el fluido analizado se puede devolver o no a la trayectoria de fluido 110, p. ej., por medio de otro conducto que conecta una salida de la cámara de flujo a la trayectoria de fluido.

35 En incluso otros ejemplos, el sensor óptico 102 se puede usar para determinar una o más características de un volumen estacionario del fluido que no fluye a través de una cámara de flujo del sensor óptico. Por ejemplo, el sensor óptico 102 se puede implementar como herramienta de monitorización fuera de línea (p. ej., como sensor de mano), que requiere rellenar el sensor óptico con una muestra de fluido extraída manualmente del sistema de fluido 100.

40 El sistema de fluido 100 en el ejemplo de la figura 1 también incluye depósito 104, bomba 108 y trayectoria de fluido 110. El depósito 104 puede ser cualquier tipo de recipiente que almacena un agente químico para entrega subsiguiente

que incluye, p. ej., un tanque, un bolso, una botella y una caja. El depósito 104 puede almacenar un líquido, un sólido (p. ej., polvo), y/o un gas. La bomba 108 puede ser cualquier forma de mecanismo de bombeo que suministre fluido desde el depósito 104. Por ejemplo, la bomba 108 puede comprender una bomba peristáltica u otra forma de bomba continuo, una bomba de desplazamiento positivo, o cualquier otro tipo de bomba apropiada para la aplicación particular. En ejemplos en los que el depósito 104 almacena un sólido y/o un gas, la bomba 108 se puede sustituir por un tipo diferente de dispositivo de medición configurado para entregar el agente químico gaseoso y/o sólido a una ubicación de descarga pretendida. La trayectoria de fluido 110 en el sistema de fluido 100 puede ser cualquier tipo de entubación flexible o inflexible, el sistema de tuberías, o conducto.

En el ejemplo de la figura 1, el sensor óptico 102 determina una característica del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 110 (p. ej., concentración de un compuesto químico, temperatura o algo semejante) y el controlador 106 controla el sistema de fluido 100 sobre la base de la característica determinada y, p. ej., una característica objetivo almacenada en la memoria 114. La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un sensor óptico 200 que determina una característica de un medio fluido. El sensor 200 se puede usar como sensor óptico 102 en el sistema de fluido 100, o el sensor 200 se puede usar en otras aplicaciones más allá del sistema de fluido 100.

Con referencia a la figura 2, el sensor 200 incluye un controlador 220, uno o más emisores ópticos 222 (en esta memoria se le hace referencia como "emisor óptico 222"), y uno o más detectores ópticos que, en el ejemplo ilustrado, se muestra como que incluye tres detectores ópticos: primer detector óptico 224A, el segundo detector óptico 224B y tercer detector óptico 224C (colectivamente se les hace referencia en el mismo como "detectores ópticos 224"). El sensor 200 también incluye filtros ópticos 225A-225D (colectivamente "filtros ópticos 225") posicionados entre emisor óptico 222 / detectores ópticos 224 y área de análisis óptico 230. El controlador 220 incluye un procesador 226 y una memoria 228. En funcionamiento, el emisor óptico 222 dirige luz a una muestra de fluido que rellena el área de análisis óptico 230. La muestra de fluido puede ser estacionaria dentro del área de análisis óptico 230. Como alternativa, la muestra de fluido puede fluir a través del área de análisis óptico 230. Independientemente, en respuesta a la luz emitida por el emisor óptico 222, uno o más de los detectores ópticos 224 puede detectar luz que emana o que pasa a través del fluido. Las características del fluido en el área de análisis óptico 230 (p. ej., la concentración de diferentes especies químicas en el fluido) puede dictar si la luz emitida por el emisor óptico 222 llega a alguno o todos los detectores ópticos 224. Además, la posición y la configuración de cada uno de los detectores ópticos 224 respecto al emisor óptico 222 puede influir en si los detectores ópticos detectan luz emitida por el emisor óptico 222 durante el funcionamiento.

En algunos ejemplos, el sensor óptico 200 incluye emisores y/o detectores adicionales. Por ejemplo, el sensor óptico 200 puede incluir un cuarto detector 224D que funciona como detector de referencia. En funcionamiento, el cuarto detector 224D puede recibir luz no filtrada del emisor óptico 222 para monitorizar la intensidad de salida del emisor óptico. El controlador 220 puede ajustar mediciones hechas por los detectores ópticos 224A-224C para compensar cambios en la salida del emisor óptico 222, como lo determinado sobre la base de datos del cuarto detector óptico 224D.

Aunque el sensor 200 se describe generalmente como que es un sensor óptico, el sensor puede incluir uno o más componentes de sensor no óptico para medir propiedades adicionales de un fluido que fluye a través del sensor. En el ejemplo de la figura 2, el sensor 200 incluye un sensor de temperatura 221, un sensor de pH 229, un sensor de conductividad 231 y un sensor de flujo 232. El sensor de temperatura 221 puede detectar una temperatura del fluido que fluye a través del sensor; el sensor de pH 229 puede determinar un pH del fluido que fluye a través del sensor; y el sensor de conductividad 231 puede determinar una conductividad eléctrica del fluido que fluye a través del sensor. El sensor de flujo 232 puede monitorizar el caudal con el que el fluido está fluyendo a través del sensor.

En la configuración del sensor 200, cada uno de primer detector óptico 224A, segundo detector óptico 224B y tercer detector óptico 224C se posicionan en un lado diferente del área de análisis óptico 230 que el emisor óptico 222. En particular, el primer detector óptico 224A se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico 230 que el emisor óptico 222 (p. ej., directamente cruzando el área de análisis óptico desde el emisor óptico). El segundo detector óptico 224B se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto al emisor óptico 222. Además, el tercer detector óptico 224C se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico 230 desde el segundo detector óptico 224B y también en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto al emisor óptico 222.

El primer detector óptico 224A y el segundo detector óptico 224B en el ejemplo de la figura 2 se configuran para detectar luz dirigida por el emisor óptico 222 al fluido en el área de análisis óptico 230 y que pasa a través del fluido (p. ej., ya sea por transmisión directa o por dispersión/reflexión). El primer detector óptico 224A puede detectar luz transmitida desde el emisor óptico 222 cruzando el área de análisis óptico 230, tal como luz transmitida directamente cruzando el área de análisis óptico en un camino de transmisión sustancialmente lineal. El segundo detector óptico 224B puede detectar luz transmitida desde el emisor óptico 222 y dispersada / reflejada por fluido dentro del área de análisis óptico 230. Por ejemplo, el segundo detector óptico 224B puede detectar luz transmitida desde el emisor óptico 222 y dispersada en un ángulo ortogonal (p. ej., de aproximadamente 90 grados) respecto a la dirección de emisión de luz. El tercer detector óptico 224C en el ejemplo de la figura 2 se configura para detectar emisiones fluorescentes generadas por el fluido en el área de análisis óptico 230 en respuesta a luz desde el emisor óptico 222.

En funcionamiento, el primer detector óptico 224A y/o el segundo detector óptico 224B se pueden usar para determinar una concentración de una especie no fluorescente en la muestra de fluido en análisis mientras que el tercer detector óptico 224C se puede usar para determinar una concentración de una especie fluorescente en la muestra de fluido en análisis. La cantidad de luz detectada por cada uno de los detectores ópticos 224 se puede asociar con diferentes niveles de concentración química almacenada en la memoria 228. En consecuencia, durante el uso, el procesador 226 puede recibir señales de cada uno de los detectores ópticos 224 representativas de la cantidad de luz detectadas por cada detector óptico, comparar y/o procesar las señales sobre la base de información de calibración almacenada en la memoria 228, y determinar la concentración de una o más especies químicas en la muestra de fluido en análisis. Al proporcionar un primer detector óptico 224A y un segundo detector óptico 224B en lados diferentes del área de análisis óptico 230, el sensor 200 puede determinar una concentración para una especie no fluorescente en una variedad más amplia de concentraciones que si el sensor incluyera únicamente uno del primer detector óptico 224A y el segundo detector óptico 224B.

Como ejemplo, el sensor 200 se puede usar para monitorizar agua de enjuague que se utiliza para enjuagar un sistema de tuberías que contiene un material ópticamente opaco tal como leche. El sensor 200 puede recibir y evaluar muestras del agua de enjuague durante todo el proceso de enjuague. Al principio del proceso de enjuague, el sensor 200 puede recibir una muestra de fluido que contiene una alta concentración del material ópticamente opaco. Cuando el emisor óptico 222 dirige luz a esta muestra de fluido, ni el primer detector óptico 224A ni el segundo detector óptico 224B pueden detectar luz, indicando que hay una alta concentración del material ópticamente opaco en la muestra. Conforme el material ópticamente opaco comienza a despejarse del sistema de tuberías, el sensor 200 puede recibir una muestra de fluido que contiene una cantidad reducida del material ópticamente opaco. Cuando el emisor óptico 222 dirige luz a esta muestra de fluido, el primer detector óptico 224A puede detectar luz que se trasmite a través de la muestra de fluido y el segundo detector óptico 224B puede detectar o no dispersión de luz dentro de la muestra de fluido. El sensor 200 puede determinar una concentración del material ópticamente opaco, p. ej., sobre la base de una magnitud de la señal recibida del primer detector óptico 224A y datos de calibración almacenados en la memoria.

Conforme el proceso de enjuague continúa en este ejemplo, el material ópticamente opaco puede además despejarse del sistema de tuberías, p. ej., hasta que el sistema de tuberías está sustancial o enteramente despejado del material ópticamente opaco. En consecuencia, el sensor 200 puede recibir una muestra de fluido adicional que contiene una cantidad aún más reducida del material ópticamente opaco. Cuando el emisor óptico 222 dirige luz a esta muestra de fluido, la cantidad de luz que pasa a través de la muestra de fluido puede saturar el primer detector óptico 224A porque la transparencia óptica de la muestra de fluido es así de grande. Sin embargo, el segundo detector óptico 224B puede detectar dispersión de luz dentro de la muestra de fluido. La cantidad de dispersión de luz puede ser dependiente, p. ej., de la concentración del material ópticamente opaco en la muestra de fluido y/o la turbidez de la muestra de fluido. El sensor 200 puede determinar una concentración del material ópticamente opaco, p. ej., sobre la base de una magnitud de la señal recibida del segundo detector óptico 224B y datos de calibración almacenados en la memoria.

En casos en los que el líquido de enjuague también incluye una molécula fluorescente, por ejemplo asociadas con un agente de higienización, el tercer detector óptico 224C puede detectar emisiones fluorescentes que emanan de la muestra de fluido en respuesta a la luz emitida por el emisor óptico 222. El sensor 200 puede entonces determinar una concentración del material fluorescente, p. ej., sobre la base de una magnitud de la señal recibida del tercer detector óptico 224A y datos de calibración almacenados en la memoria. De esta manera, el sensor 200 puede proporcionar múltiples canales de detección asociados con múltiples detectores ópticos. Los diferentes detectores ópticos se pueden configurar y disponer respecto al emisor óptico 222 para detectar luz que se traslada en diferentes direcciones y/o diferentes longitudes de onda de la luz. Se debe apreciar que la explicación anterior de un proceso de enjuague es meramente un ejemplo de implementación del sensor 200, y la divulgación no se limita en este sentido.

Para controlar las longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico 222 y detectada por los detectores ópticos 224, el sensor 200 puede incluir filtros ópticos 225. Los filtros ópticos 225 pueden filtrar longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico 222 y/o recibida por los detectores ópticos 224, p. ej., de modo que únicamente ciertas longitudes de onda de la luz se emiten al área de análisis óptico 230 y/o son recibidas del área de análisis óptico. En el ejemplo de la figura 2, un primer filtro de detección óptica 225A se posiciona entre el primer detector óptico 224A y el área de análisis óptico 230; un segundo filtro de detección óptica 225B se posiciona entre el segundo detector óptico 224B y el área de análisis óptico; un tercer filtro de detección óptica 225C se posiciona entre el tercer detector óptico 224C y el área de análisis óptico; y un filtro de emisión óptica 225D se posiciona entre el emisor óptico 222 y el área de análisis óptico. En funcionamiento, la luz emitida por el emisor óptico 222 atraviesa el filtro de emisión óptica 225D. El filtro de emisión óptica 225D puede filtrar o eliminar ciertas longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico de modo que únicamente longitudes de onda seleccionadas de la luz pasan a través del filtro. De manera semejante, filtros de detección óptica 225A-225C pueden filtrar o eliminar ciertas longitudes de onda de la luz de modo que únicamente longitudes de onda seleccionadas de la luz son recibidas por los detectores ópticos 224. Cuando se usa, el detector óptico de referencia 224D se puede posicionar en una variedad de ubicaciones dentro del sensor 200. En diferentes ejemplos, el detector óptico de referencia 224D se puede posicionar para recibir una parte de la luz emitida por el emisor óptico 222 pero no filtrada, una parte de la luz reflejada por el filtro 225D, y/o una parte de la luz transmitida a través del filtro 225D desde el emisor óptico 222.

Las longitudes de onda de la luz que los filtros ópticos 225 están diseñados para filtrar pueden variar, p. ej., dependiendo de la composición química esperada del fluido en el área de análisis óptico 230 y los parámetros de

diseño del emisor óptico 222 y los detectores ópticos 224. En aplicaciones donde el primer detector óptico 224A y el segundo detector óptico 224B se configuran para detectar luz que pasa a través de una muestra de fluido, el primer filtro de detección óptica 225A y el segundo filtro de detección óptica 225B se pueden configurar para dejar pasar las mismas longitudes de onda de la luz que pasan a través del filtro de emisión óptica 225D mientras rechazan todas las demás longitudes de onda de la luz. Por otro lado, el tercer filtro de detección óptica 225C se puede configurar para rechazar (p. ej., filtrar) las longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico 222 y dejar pasar diferentes longitudes de onda de la luz correspondientes a la parte del espectro en la que emite una molécula fluorescente en la muestra de fluido. El tercer filtro de detección óptica 225C puede filtrar diferentes longitudes de onda de la luz que el filtro de emisión óptica 225D porque cuando el emisor óptico 222 dirige luz a una frecuencia (p. ej., frecuencia de ultravioleta) al fluido que fluye a través del área de análisis óptico 230, moléculas fluorescentes pueden emitir energía lumínica en una frecuencia diferente (p. ej., frecuencia de luz visible, una frecuencia de ultravioleta diferente).

En la práctica, el primer filtro óptico 225A, el segundo filtro óptico 225B y el filtro de emisión óptica 225D pueden ser cada uno del mismo tipo de filtro que filtra las mismas longitudes de onda de la luz. Por otro lado, el tercer filtro óptico 225C se puede configurar para rechazar (p. ej., filtrar) todas las longitudes de onda de la luz que puede pasar a través del primer filtro óptico 225A, el segundo filtro óptico 225B y el filtro de emisión óptica 225D y permitir el paso de longitudes de onda de la luz en una parte del espectro que se espera para emitir una molécula fluorescente en la muestra de fluido. Por ejemplo, el primer filtro óptico 225A, el segundo filtro óptico 225B, y el filtro de emisión óptica 225D se pueden configurar cada uno para filtrar longitudes de onda de la luz mayores de 300 nanómetros de modo que únicamente longitudes de onda de la luz menores de 300 nanómetros pueden pasar a través de los filtros. Según este ejemplo, el tercer filtro de detector óptico 225C puede filtrar longitudes de onda de la luz menores de 300 nanómetros de modo que únicamente longitudes de onda de la luz mayores de 300 nanómetros pueden pasar a través del filtro.

Al configurar el primer filtro óptico 225A y el segundo filtro óptico 225B para que sean el mismo filtro óptico que el filtro de emisión óptica 225D, sustancialmente cualquier luz (p. ej., toda la luz) detectada por el primer detector óptico 224A y el segundo detector óptico 224B durante el funcionamiento será luz emitida por el emisor óptico 222 que atraviesa el filtro de emisión óptica 225D y la muestra de fluido. Además, al configurar el tercer filtro óptico 225C para que rechace longitudes de onda de la luz que pasa a través del filtro de emisión óptica 225D, sustancialmente cualquier luz (p. ej., toda la luz) detectada por el tercer detector óptico 224C será luz emitida por las moléculas fluorescentes en la muestra de fluido. En contraste, si el primer filtro óptico 225A y el segundo filtro óptico 225B dejaran pasar diferentes longitudes de onda de la luz que el filtro de emisión óptica 225D, el primer detector óptico 224A y el segundo detector óptico 224B pueden detectar luz de fuentes distintas al emisor óptico 222, tales como luz emitida por las moléculas fluorescentes. De manera semejante, si el tercer filtro óptico 225C dejara pasar longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico 222, el tercer detector óptico 224C puede detectar luz de fuentes distintas a las moléculas fluorescentes, tales como luz emitida por el propio emisor óptico.

En algunos ejemplos, los tres filtros 225A, 225B, 225C se configuran para rechazar longitudes de onda de la luz que pasa a través del filtro de emisión óptica 225D de modo que sustancialmente cualquier luz (p. ej., toda la luz) detectada por los tres detectores ópticos 224A, 224B, 224C será luz emitida por las moléculas fluorescentes en la muestra de fluido. Una configuración de este tipo se puede usar para detectar múltiples (p. ej., tres) áreas espectrales diferentes de fluorescencia para medir múltiples componentes espectrales simultáneamente. Por ejemplo, se pueden usar señales de uno o dos detectores que miden diferentes áreas espectrales para compensar la interferencia de compuestos presentes en un fluido y que producen fluorescencia que enmascara una señal deseada del tercer detector. Como ejemplo, la fluorescencia de sustancias naturales tales como leche puede estar presente en un fluido y puede interferir con fluorescencia emitida desde un compuesto químico en el fluido (p. ej., un agente de limpieza, agente de higienización, trazador) cuya concentración está siendo medida por el sensor 200. Para ayudar a compensar este enmascaramiento de fluorescencia, se pueden detectar diferentes áreas espectrales (p. ej., diferentes longitudes de onda) de las emisiones fluorescentes desde el fluido y usarse para compensar computacionalmente la interferencia.

Si bien el sensor 200 en el ejemplo de la figura 2 incluye filtros ópticos 225, en otros ejemplos, el sensor 200 puede no incluir filtros ópticos 225 o puede tener un número o disposición diferentes de filtros ópticos. Por ejemplo, el filtro físico posicionado entre emisor óptico 222 y área de análisis óptico 230 puede no ser necesario si se usa una fuente de luz láser que proporcionar un rayo de excitación sumamente monocromático. Adicionalmente, algunos o todos los filtros ópticos 225A-225C para los detectores pueden no ser necesarios si la sensibilidad espectral del detector(es) proporciona rechazo adecuado de la luz de excitación y/o luz de fluorescencia. Como otro ejemplo, si el sensor 200 se configura para medir fluorescencia o dispersión retrasadas en el tiempo, se puede usar filtración en el tiempo en lugar de filtración espectral física. En tales casos, los filtros ópticos 225 pueden ser programas almacenados en la memoria 228 que son ejecutados por el procesador 226 para filtrar electrónicamente datos generados por el sensor 200.

El sensor 200 en la figura 2 incluye un emisor óptico 222. El emisor óptico 222 puede emitir energía óptica a un fluido presente con área de análisis óptico 230. En algunos ejemplos, el emisor óptico 222 emite energía óptica en un intervalo de longitudes de onda. En otros ejemplos, el emisor óptico 222 emite energía en una o más longitudes de onda discretas. Por ejemplo, el emisor óptico 222 puede emitir en dos, tres, cuatro o más longitudes de onda discretas. Además, aunque el sensor 200 se ilustra únicamente como que tiene únicamente un único emisor óptico, en otras aplicaciones, el sensor 200 puede tener una pluralidad (p. ej., dos, tres, cuatro o más) de emisores ópticos.

En un ejemplo, el emisor óptico 222 emite luz dentro del espectro ultravioleta (UV) y/o en el intervalo visible del espectro. La luz dentro del espectro UV puede incluir longitudes de onda en el intervalo de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 400 nanómetros. Luz dentro del espectro visible puede incluir longitudes de onda en el intervalo desde aproximadamente 400 nm a aproximadamente 700 nm. La luz emitida por el emisor óptico 222 es dirigida al fluido dentro del área de análisis óptico 230. En respuesta a recibir la energía óptica, moléculas fluorescentes dentro del fluido puede excitarse, provocando que las moléculas produzcan emisiones fluorescentes. Por ejemplo, la luz dirigida al fluido por el emisor óptico 222 puede generar emisiones fluorescentes al excitar electrones de moléculas fluorescentes dentro del fluido, provocando que las moléculas emitan energía (es decir, fluorescan). Las emisiones fluorescentes, que pueden ser o no a una frecuencia diferente que la energía emitida por el emisor óptico 222, pueden ser generadas conforme los electrones dentro de las moléculas fluorescentes cambian de estados de energía. La energía emitida por las moléculas fluorescentes puede ser detectada por el tercer detector óptico 224C.

El emisor óptico 222 se puede implementar en una variedad de maneras diferentes dentro del sensor 200. El emisor óptico 222 puede incluir una o más fuentes de luz para excitar moléculas dentro del fluido. Ejemplos de fuentes de luz incluyen diodos emisores de luz (LEDES), láseres y lámparas. En algunos ejemplos, como se ha tratado anteriormente, el emisor óptico 222 incluye un filtro óptico para filtrar luz emitida por la fuente de luz. El filtro óptico se puede posicionar entre la fuente de luz y el fluido y seleccionarse para dejar pasar luz dentro de un cierto intervalo de longitudes de onda. En algunos ejemplos adicionales, el emisor óptico incluye un colimador, p. ej., una lente colimadora, capó o reflector, posicionados adyacentes a la fuente de luz para colimar la luz emitida desde la fuente de luz. El colimador puede reducir la divergencia de la luz emitida desde la fuente de luz, reduciendo el ruido óptico.

El sensor 200 también incluye detectores ópticos 224. Los detectores ópticos 224 pueden incluir al menos un detector óptico que detecta emisiones fluorescentes emitidas por moléculas excitadas dentro del área de análisis óptico 230 (p. ej., el tercer detector óptico 224C) y al menos un detector óptico que detecta luz emitida por el emisor óptico 222 y que pasa a través del fluido en el área de análisis óptico (p. ej., primer detector óptico 224A y/o segundo detector óptico 224B). En funcionamiento, la cantidad de energía óptica detectada para cada detector óptico de los detectores ópticos 224 puede depender del contenido del fluido dentro del área de análisis óptico 230. Si el área de análisis óptico contiene una solución fluida que tiene ciertas propiedades (p. ej., un cierto compuesto químico y/o una cierta concentración de una especie química), cada detector óptico de los detectores ópticos 224 puede detectar un cierto nivel de energía fluorescente emitida por el fluido y/o transmitida a través o dispersada por el fluido. Sin embargo, si la solución fluida tiene propiedades diferentes (p. ej., un compuesto químico diferente y/o una concentración diferente de la especie química), cada detector óptico de los detectores ópticos 224 puede detectar un nivel diferente de energía fluorescente emitida por el fluido y/o un nivel diferente de energía óptica transmitida a través o dispersada por el fluido. Por ejemplo, si un fluido dentro del área de análisis óptico 230 tiene una primera concentración de un compuesto químico fluorescente, el tercer detector óptico 224C puede detectar una primera magnitud de las emisiones fluorescentes. Sin embargo, si el fluido dentro del área de análisis óptico 230 tiene una segunda concentración del compuesto químico fluorescente que es mayor que la primera concentración, el tercer detector óptico 224C puede detectar una segunda magnitud de las emisiones fluorescentes que es mayor que la primera magnitud.

Cada detector óptico de los detectores ópticos 224 se puede implementar en una variedad de maneras diferentes dentro del sensor 200. Cada detector óptico de los detectores ópticos 224 puede incluir uno o más fotodetectores tales como, p. ej., fotodiodos o fotomultiplicadores, para convertir señales ópticas en señales eléctricas. En algunos ejemplos, cada detector óptico de los detectores ópticos 224 incluye una lente posicionada entre el fluido y el fotodetector para enfocar y/o conformar la energía óptica recibido del fluido. Adicionalmente, si bien el sensor 200 en el ejemplo de la figura 2 incluye tres detectores ópticos 224A-224C, en otros ejemplos, el sensor 200 puede incluir menos detectores ópticos (p. ej., un único detector óptico tal como 224B o 224C) o más detectores ópticos (p. ej., cuatro, cinco o más). Se debe apreciar que la divulgación no se limita a un sensor que tiene un número específico de los detectores ópticos.

El sensor 200 en el ejemplo de la figura 2 también incluye sensor de temperatura 221. El sensor de temperatura 221 se configura para sentir una temperatura de un fluido que pasa a través de una cámara de flujo del sensor. En diversos ejemplos, el sensor de temperatura 221 puede ser un sensor de temperatura mecánico bimetálico, un sensor de temperatura de resistencia eléctrica, un sensor de temperatura óptico, o cualquier otro tipo adecuado de sensor de temperatura. El sensor de temperatura 221 puede generar una señal que es representativa de la magnitud de la temperatura detectada.

El controlador 220 controla el funcionamiento del emisor óptico 222 y recibe señales concernientes a la cantidad de luz detectada por cada detector óptico de los detectores ópticos 224. El controlador 220 también recibe señales del sensor de temperatura 221 concernientes a la temperatura del fluido en contacto con el sensor, señales del sensor de pH 229 concernientes al pH del fluido en contacto con el sensor, señales del sensor de conductividad 231 concernientes a la conductividad del fluido en contacto con el sensor, y señales del sensor de flujo 232 concernientes a la tasa a la que el líquido está fluyendo a través del sensor. En algunos ejemplos, el controlador 220 procesa además señales, p. ej., para determinar una concentración de más especies químicas dentro del fluido que pasa a través del canal de fluido 230.

En un ejemplo, el controlador 220 controla el emisor óptico 222 para dirigir radiación a un fluido y además controla cada detector óptico de los detectores ópticos 224 para detectar emisiones fluorescentes emitidas por el fluido y/o luz

transmitida a través o dispersada por el fluido. El controlador 220 procesa entonces la información de detección de luz. Por ejemplo, el controlador 220 puede procesar la información de detección de luz recibida del tercer detector óptico 224C para determinar una concentración de una especie química en el fluido. En casos en los que un fluido incluye un trazador fluorescente, una concentración de una especie química de interés se puede determinar sobre la base de una concentración determinada del trazador fluorescente. El controlador 220 puede determinar una concentración del trazador fluorescente al comparar la magnitud de las emisiones fluorescentes detectadas por el tercer detector óptico 224C de un fluido que tiene una concentración desconocida del trazador con la magnitud de las emisiones fluorescentes detectadas por el tercer detector óptico 224C de un fluido que tiene una concentración conocida del trazador. El controlador 220 puede determinar la concentración de una especie química de interés usando las siguientes Ecuaciones (1) y (2):

$$C_c = C_m \times \frac{C_o}{C_f}$$

Ecuación 1:

$$C_m = K_m \times (S_x - Z_o)$$

En las Ecuaciones (1) y (2) anteriores, C_c es una concentración actual de la especie química de interés, C_m es una concentración actual del trazador fluorescente, C_o es una concentración nominal de la especie química de interés, C_f es una concentración nominal del trazador fluorescente, K_m es un coeficiente de corrección de pendiente, S_x es una señal de medición fluorescente actual, y Z_o es un desplazamiento de cero. El controlador 220 puede ajustar además la concentración determinada de la especie química de interés sobre la base de la temperatura medida por el sensor de temperatura 221.

El controlador 220 también puede procesar información de detección de luz recibida del primer detector óptico 224A y/o segundo detector óptico 224B para determinar otros aspectos del fluido en análisis, tales como una concentración de una especie química no fluorescente en el fluido. El controlador 220 puede determinar una concentración de la especie química no fluorescente al comparar la magnitud de la luz detectada por el primer detector óptico 224A y/o el segundo detector óptico 224B de un fluido que tiene una concentración desconocida de la especie con la magnitud de luz detectada por el primer detector óptico 224A y/o el segundo detector óptico 224B de un fluido que tiene una concentración conocida de la especie. El controlador 220 puede comparar la concentración determinada con uno o más umbrales almacenados en la memoria 228. Por ejemplo, cuando el controlador 220 se usa para monitorizar agua de enjuague, el controlador puede comparar la concentración determinada de la especie no fluorescente con uno o más umbrales almacenados en la memoria. El controlador 220 puede además ajustar el proceso de enjuague (p. ej., para empezar, parar o ajustar tasas de agua de enjuague) sobre la base de la comparación.

El área de análisis óptico 230 en el sensor 200 puede ser una región del sensor donde puede residir fluido y/o pasar a través para análisis óptico. En un ejemplo, el área de análisis óptico 230 comprende un tubo de material ópticamente transparente (p. ej., vidrio, plástico, zafiro) a través del que se puede emitir y recibir luz. El tubo puede definir un diámetro interno y un diámetro externo, donde un grosor de pared del tubo separa el diámetro interno del diámetro externo. En otro ejemplo, el área de análisis óptico 230 es una región de un alojamiento de cámara de flujo a través del que fluye líquido para análisis óptico. Aunque el área de análisis óptico 230 se ilustra conceptualmente como que es de forma cuadrada en sección transversal, el área puede definir cualquier forma poligonal (p. ej., triángulo, hexágono) o arqueada (p. ej., circular, elíptica) o incluso combinaciones de formas poligonales y arqueadas. Adicionalmente, si bien el área de análisis óptico 230 puede ser de cualquier tamaño, en algunas aplicaciones, el área de análisis óptico es comparativamente pequeña para minimizar la cantidad de fluido que es necesaria para rellenar el área de análisis óptico. Por ejemplo, el área de análisis óptico 230 puede definir una dimensión mayor en sección transversal (p. ej., diámetro) menos de 15 milímetros (mm), tal como menos de 10 mm, o menos de 5 mm. En un ejemplo, el área de análisis óptico 230 es un tubo que tiene un diámetro exterior que va de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 4 mm, un grosor de pared que va de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 1 mm, y un diámetro interno que va de aproximadamente 9 mm a aproximadamente 1 mm.

La memoria 228 del sensor 200 almacena software y datos usados o generados por el controlador 220. Por ejemplo, la memoria 228 puede almacenar datos usados por el controlador 220 para determinar una concentración de uno o más componentes químicos dentro del fluido que es monitorizado por el sensor 200. En algunos ejemplos, la memoria 228 almacena datos en forma de ecuación que relaciona la luz detectada por los detectores ópticos 224 con una concentración de uno o más componentes químicos.

El procesador 226 ejecuta software almacenado en la memoria 228 para realizar funciones atribuidas al sensor 200 y el controlador 220 en esta divulgación. Componentes descritos como procesadores dentro del controlador 220, el controlador 106, o cualquier otro dispositivo descrito en esta divulgación pueden incluir uno o más procesadores, tales como uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), distribuciones de puertas programables en campo (FPGA), circuitería lógica programable, o algo semejante, ya sea solos o en cualquier combinación adecuada.

El sensor 102 (figura 1) y el sensor 200 (figura 2) pueden tener varias configuraciones físicas diferentes. La figura 3 es un dibujo esquemático de un ejemplo de configuración de un sensor 300, que puede ser usada por el sensor 102

y el sensor 200. El sensor 300 incluye una cámara de flujo 302, un conjunto de emisión / detección de luz 304, una cubierta superior de cámara de flujo 306, y una cubierta inferior de cámara de flujo 308. La cámara de flujo 302 tiene una entrada 310 que recibe fluido (p. ej., de la trayectoria de fluido 110 en la figura 1), una salida 312 que descarga el fluido tras análisis óptico dentro de la cámara de flujo, y un área de análisis óptico 314 entre la entrada y salida.

5 El conjunto de emisión / detección de luz 304 se muestra fuera de la cámara de flujo 302 e insertable en esta. El conjunto de emisión / detección de luz 304 incluye un conjunto de emisor óptico 316 que lleva un emisor óptico, un primer conjunto de detector óptico 318 que lleva un primer detector óptico, un segundo conjunto de detector óptico 320 que lleva un segundo detector óptico, y un tercer conjunto de detector óptico 322 que lleva un tercer detector óptico. En funcionamiento, el emisor óptico llevado por el conjunto de emisor óptico 316 puede emitir energía óptica a través de una primera ventana óptica 324 al área de análisis óptico 314. A esta primera ventana óptica 324 se le puede hacer referencia como ventana de emisor óptico. El primer detector óptico llevado por el primer conjunto de detector óptico 318 puede detectar luz emitida por el emisor óptico y transmitida cruzando el área de análisis óptico 314 y recibida a través de una segunda ventana óptica 326. A esta segunda ventana óptica 326 se le puede hacer referencia como primera ventana de detector óptico. El segundo detector óptico llevado por el segundo conjunto de detector óptico 320 puede detectar luz emitida por el emisor óptico y dispersada en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección de emisión a través de una tercera ventana óptica 328. A esta tercera ventana óptica 328 se le puede hacer referencia como segunda ventana de detector óptico. Adicionalmente, el tercer detector óptico llevado por el tercer conjunto de detector óptico 322 puede detectar emisiones fluorescentes desde dentro del área de análisis óptico 314 a través de una cuarta ventana óptica 330. A esta cuarta ventana óptica 330 se le puede hacer referencia como tercera ventana de detector óptico.

Las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 se muestran como posicionadas fuera de la cámara de flujo 302 e insertables en la cámara de flujo. Cuando se insertan en la cámara de flujo, las ventanas ópticas pueden definir regiones herméticas a fluido, ópticamente transparentes, a través de las que se puede emitir luz a las área de análisis óptico 314 y ser detectadas desde el área de análisis óptico. Las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 pueden incluir o no una lente, prisma, u otro dispositivo óptico que transmite y refracta luz. En el ejemplo ilustrado, las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 se forman por una lente esférica posicionada dentro de un canal inserción que se extiende a través de la cámara de flujo 302. Las lentes esféricas se pueden fabricar de vidrio, zafiro, u otros materiales adecuados ópticamente transparentes. En diferentes ejemplos, las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 pueden no ser retirables pero en cambio se pueden formar permanentemente / emparejarse con la cámara de flujo 302.

30 Además de la cámara de flujo 302 y el conjunto de emisión / detección de luz 304, el sensor 300 en el ejemplo de la figura 3 también incluye un tablero de conexión eléctrica 332, un cable eléctrico 334, y un sensor de temperatura 336. El tablero de conexión eléctrica 332 acopla eléctricamente el conjunto de emisor óptico 316, el primer conjunto de detector óptico 318, el segundo conjunto de detector óptico 320, y el tercer conjunto de detector óptico 322 al cable eléctrico 334. El cable eléctrico 334 puede transportar señales eléctricas transmitida o generadas por el sensor 300. El cable eléctrico 334 también puede transportar o no energía al sensor 300 para alimentar los diversos componentes del sensor. El sensor de temperatura 336 puede detectar una temperatura del fluido que entra al área de análisis óptico y generar una señal correspondiente a la temperatura detectada.

La figura 4 es una ilustración en sección transversal del sensor 300 tomada en un plano Z-Y indicado en la figura 3 que biseca la tercera ventana óptica 328 y la cuarta ventana óptica 330. Componentes semejantes del sensor 300 en las figuras 3 y 4 se identifican con números de referencia semejantes. Como se muestra en la figura 4, las ventanas ópticas 324, 328 y 330 se posicionan cada una dentro de la cámara de flujo 302 para dirigir luz o para recibir luz del área de análisis óptico 314. El área de análisis óptico 314 es un camino de flujo definido en la cámara de flujo 302 a través del que se puede trasladar fluido pasando las ventanas ópticas del sensor para análisis óptico. En el ejemplo ilustrado, las ventanas ópticas 324, 328 y 330 se posicionan en una ubicación coplanaria (es decir, coplanaria en el plano X-Y indicado en la figura 4) a lo largo del área de análisis óptico 314, p. ej., de modo que un plano común se extiende a través de un centro geométrico de las ventanas ópticas 324, 328 y 330. La segunda ventana óptica 326 (no ilustrada en la figura 4) se puede posicionar en el mismo plano que las ventanas ópticas 324, 328 y 330. El posicionamiento de las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 en un plano común puede ser útil de modo que los detectores ópticos posicionados por detrás de las ventanas ópticas 326, 328 y 330 reciben luz del mismo plano al que emite el emisor óptico posicionado por detrás de la ventana óptica 324. Si las ventanas ópticas 326, 328 y 330 están desplazadas del plano en el que se posiciona la ventana óptica 324, la cantidad de luz detectada y por tanto la intensidad de la señal generada por los detectores posicionados por detrás de las ventanas se puede reducir en comparación con una ubicación coplanaria.

Si bien el sensor óptico 300 se ilustra como que tiene únicamente una única fila de ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 posicionadas en un plano común para el emisor óptico 222 y detectores ópticos 224, en ejemplos en los que el sensor óptico tiene más emisores ópticos y/o detectores, el sensor puede tener una o más filas adicionales de ventanas ópticas. Por ejemplo, el sensor óptico 300 puede incluir dos, tres, o más filas apiladas verticalmente (es decir, en la dirección Z indicada en la figura 4) de ventanas ópticas, donde las ventanas ópticas en cada fila son coplanarias (es decir, coplanarias en el plano X-Y indicado en la figura 4). En un ejemplo, el sensor óptico 300 incluye tres filas de ventanas ópticas, donde cada fila incluye un emisor óptico y tres detectores ópticos. Como otro ejemplo, el sensor óptico 300 incluye dos filas de ventanas ópticas, donde cada fila incluye dos emisores ópticos y dos detectores ópticos. Aumentar el número de emisores ópticos y/o detectores ópticos en el sensor 300 puede aumentar el número de

longitudes de onda de la luz emitidas y/o detectadas del fluido que fluye a través de la trayectoria de fluido 314.

La figura 4 también ilustra un sensor de temperatura 336. El sensor de temperatura 336 se posiciona dentro de un pozo común 335 del alojamiento óptico 302 que contiene el detector óptico 358. El sensor de temperatura 336 se extiende a través de una parte inferior del pozo de modo que el sensor contacta en fluido que fluye a través del sensor óptico para sentir una temperatura del fluido. En el ejemplo, el sensor de temperatura 336 se forma sobre una placa de circuitos 339, que es la misma placa de circuitos que contiene el detector óptico 358. Esto es, una única placa de circuitos contiene la misma electrónica para el sensor de temperatura que el detector óptico. Una configuración de este tipo puede ser útil para hacer un sensor óptico más compacto.

En algunos ejemplos, el sensor 300 incluye componentes adicionales de sensor no óptico, tales como un sensor de pH, un sensor de conductividad, y un sensor de flujo. Cuando se usa, cada uno de los sensores no ópticos se puede formar en una placa de circuitos común con uno de los emisores ópticos (p. ej., la electrónica para uno de los emisores ópticos) y/o detectores ópticos (p. ej., electrónica para los detectores ópticos) del sensor posicionado dentro de un pozo común del alojamiento. Por ejemplo, componentes electrónicos para el sensor de pH se pueden formar en la misma placa de circuitos que un detector óptico, componentes electrónicos para el sensor de conductividad se pueden formar en la misma placa de circuitos como detector óptico diferente, y componentes electrónicos para sensor de temperatura 336 se pueden formar en la placa de circuitos 339 de incluso otro detector óptico. Cada sensor se puede extender a través de una parte inferior de un pozo respectivo del alojamiento óptico 102 (p. ej., como se muestra para el sensor de temperatura 336 en la figura 4) para contactar en fluido que fluye a través del sensor. Cuando se usa, el sensor de flujo también se puede formar en la misma placa de circuitos que uno de los emisores ópticos / detectores ópticos. Como ejemplo, electrónica para un sensor de flujo de presión diferencial se puede formar en la misma placa de circuitos que uno de los emisores ópticos / detectores ópticos con el sensor de flujo posicionado en la región 337 para medir flujo adyacente a la salida 312.

La figura 5 es una ilustración en sección transversal del sensor 300 tomada a lo largo de la línea A-A indicada en la figura 4. De nuevo, componentes semejantes del sensor 300 en las figuras 3-5 se identifican con números de referencia semejantes. Como se muestra en este ejemplo, un emisor óptico 350 se posiciona (p. ej., centrado) por detrás de la primera ventana óptica 324, y un primer detector óptico 352 se posiciona (p. ej., centrado) por detrás de la segunda ventana óptica 326. El primer detector óptico 352 se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico 314, p. ej., de modo que luz emitida desde emisor óptico 350 que se traslada en una dirección lineal o sustancialmente lineal y transmitida a través de fluido en el área de análisis óptico es recibida por el primer detector óptico. En algunos ejemplos, el primer detector óptico 352 se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico 314 de modo que un eje 380 ubicado en un plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 (p. ej., un plano común X-Y indicado en la figuras 4 y 5) y que se extiende a través de un centro geométrico de la primera ventana óptica 324 interseca la segunda ventana óptica 326 cruzando el área de análisis óptico 314. Por ejemplo, el eje 380 que se extiende a través de un centro geométrico de la primera ventana óptica 324 puede intersecar un eje 382 que se ubica en el plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 y que se extiende a través de un centro geométrico de la segunda ventana óptica 326. En una configuración de este tipo, la segunda ventana óptica 326 se puede posicionar directamente cruzando el área de análisis óptico 314 desde la primera ventana óptica 324. En otros ejemplos, como se describe en mayor detalle más adelante con respecto a la figura 6, la segunda ventana óptica 326 se puede posicionar cruzando el área de análisis óptico 314 desde la primera ventana óptica 324 pero puede estar desplazada de la primera ventana óptica (p. ej., en la dirección Y positiva o negativa indicada en la figura 5).

En el ejemplo de la figura 5, el sensor 300 también incluye un segundo detector óptico 356 posicionado (p. ej., centrado) por detrás de la tercera ventana óptica 328 y un tercer detector óptico 358 posicionado (p. ej., centrado) por detrás de la cuarta ventana óptica 330. El segundo detector óptico 356 se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al emisor óptico 350, p. ej., de modo que luz emitida desde emisor óptico 350 que se traslada en una dirección lineal o sustancialmente lineal se debe dispersar en una dirección generalmente ortogonal y ser transmitida a través de fluido en el área de análisis óptico a fin de ser recibido por el segundo detector óptico. El tercer detector óptico 358 se posiciona opuesto al segundo detector óptico 356 cruzando el área de análisis óptico 314. El tercer detector óptico 358 también se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al emisor óptico 350, p. ej., de modo que luz emitida desde emisor óptico 350 que se traslada en una dirección lineal o sustancialmente lineal se debe dispersar en una dirección generalmente ortogonal y ser transmitida a través de fluido en el área de análisis óptico a fin de ser recibida por el tercer detector óptico.

En algunos ejemplos, el segundo detector óptico 356 se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al emisor óptico 350 de modo que un eje 384 en un plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 (p. ej., un plano común X-Y indicado en la figuras 4 y 5) y que se extiende a través de un centro geométrico de la tercera ventana óptica 328 interseca el eje 380 en un ángulo de aproximadamente 90 grados (p. ej., un ángulo que va de 60 grados a 120 grados). El tercer detector óptico 358 se puede posicionar en un ángulo de aproximadamente 90 grados con respecto al emisor óptico 350 de modo que un eje 386 en un plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 (p. ej., un plano común X-Y indicado en la figuras 4 y 5) y que se extiende a través de un centro geométrico de la cuarta ventana óptica 330 interseca el eje 380 en un ángulo de aproximadamente 90 grados (p. ej., un ángulo que va de 60 grados a 120 grados). En diferentes ejemplos, eje 384 y eje 386 pueden intersecar entre sí de modo que la tercera ventana óptica se posiciona directamente cruzando desde la cuarta ventana óptica, o eje 384 y eje 386 pueden estar desplazados entre sí (p. ej., en la dirección X positiva o negativa indicada en la figura 5) de modo

que la tercera ventana óptica está desplazada de la cuarta ventana óptica.

5 Posicionar la tercera ventana óptica 328 y la cuarta ventana óptica 330 (y los correspondientes detectores posicionados por detrás de las ventanas ópticas) en un ángulo respecto a la primera ventana óptica 324 (y el correspondiente emisor óptico posicionado por detrás de la ventana) puede ser útil para limitar la cantidad de luz recibida por los detectores. Si los detectores reciben demasiada luz, los detectores pueden saturarse y dejar de proporcionar información de análisis útil.

10 Cuando el sensor 300 se dispone como se ilustra en la figura 5, el emisor óptico 350 y los detectores ópticos 352, 356, 358 se pueden centrar cada uno alrededor del área de análisis óptico 314 para emitir luz hacia y recibir luz de un centro geométrico del área de análisis óptico. Una configuración de este tipo puede ser útil para proporcionar un área central de la inspección óptica a la que se dirige y se recibe luz durante el funcionamiento del sensor 300. En otros ejemplos, sin embargo, uno o más del emisor óptico 350 y los detectores ópticos 352, 356, 358 puede estar desplazado del área de análisis óptico 314 de modo que no se emite y/o se recibe luz desde un centro del área de análisis óptico sino en cambio en una región descentrada del área de análisis óptico.

15 El solicitante ha encontrado que, en algunos ejemplos, mover un emisor óptico de modo que el emisor dirige luz adyacente a una pared de un área de análisis óptico en lugar de en un centro del área de análisis óptico puede aumentar la cantidad de luz detectada y, por tanto, la intensidad de la señal generada por un detector óptico posicionado para recibir luz del área de análisis óptico. Por ejemplo, la intensidad de la señal generada por un detector óptico posicionado para recibir luz del área de análisis óptico puede ser de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 veces más fuerte cuando el emisor óptico está desplazado para dirigir luz adyacente a una pared de un área de análisis óptico en lugar de en un centro del área de análisis óptico. Aumentar la intensidad de señal puede ser útil por una variedad de razones. Como ejemplo, en aplicaciones donde se acumulan incrustaciones en un detector óptico durante el servicio, la capacidad para generar señales más fuertes puede prolongar el tiempo que el sensor óptico puede permanecer en servicio entre limpieza y mantenimiento.

25 Sin el deseo que quedar limitado a ninguna teoría particular, se cree que desplazar un emisor óptico respecto a un centro de un área de análisis óptico puede reducir la cantidad de luz que se refleja en el área de análisis óptico (p. ej., debido a turbidez de la muestra de fluido y/o reflexión de superficies internas o externas del área de análisis óptico) en comparación con si el emisor óptico se posiciona para dirigir luz al centro de un área de análisis óptico. A su vez, esto puede aumentar la intensidad de la señal generada por uno o más detectores ópticos que rodean el área de análisis óptico.

30 La figura 6 es un dibujo en sección transversal que muestra una configuración alternativa del sensor 300 en el que el emisor óptico ha sido desplazado respecto al centro del área de análisis óptico. Componentes semejantes del sensor 300 en las figuras 3-6 se identifican con números de referencia semejantes. Por ejemplo, el sensor 300 en la figura 6 se ilustra como que incluye emisor óptico 350, primer detector óptico 352, segundo detector óptico 356, y tercer detector óptico 358. El emisor óptico 350 se posiciona por detrás de la primera ventana óptica 324; el primer detector óptico 352 se posiciona por detrás de la segunda ventana óptica 326; el segundo detector óptico 356 se posiciona por detrás de la tercera ventana óptica 328; un tercer detector óptico 358 posicionado por detrás de la cuarta ventana óptica 330. Cada una de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 se orienta al área de análisis óptico 314 para dirigir luz y recibir luz de una muestra de fluido presente en el área de análisis óptico. Adicionalmente, el sensor 300 en la figura 6 incluye filtros ópticos 225 (figura 2) posicionados entre el emisor / detectores ópticos y ventanas ópticas 324, 326, 328, 330. En otros ejemplos, el sensor 300 puede no incluir los filtros ópticos o puede tener un número o disposición diferentes de filtros ópticos.

35 A diferencia de la configuración del sensor óptico 300 en la figura 5, en el ejemplo de configuración de la figura 6, la primera ventana óptica 324 (p. ej., la ventana de emisor óptico) está desplazada respecto a un centro de área de análisis óptico 314. En particular, la primera ventana óptica 324 se posiciona más cerca de la cuarta ventana óptica 330 (p. ej., la tercera ventana de detector óptico) que la tercera ventana óptica 328 (p. ej., la segunda ventana de detector óptico). En funcionamiento, la luz emitida por el emisor óptico 350 y que se traslada en una dirección lineal a través de un centro geométrico de la primera ventana óptica 324 puede no ser dirigida ni intersectar a un centro geométrico del área de análisis óptico 314. En cambio, al desplazar la ventana de emisor óptico 324, la luz puede ser dirigida más cerca de una pared del área de análisis óptico 314 que si la luz se dirigiera a un centro geométrico del área de análisis óptico.

45 Por ejemplo, en la figura 6, el área de análisis óptico 314 define un centro geométrico 388. El centro geométrico 388 puede ser una ubicación media aritmética de todos los puntos alrededor del perímetro que bordea el área de análisis óptico. Por ejemplo, cuando el área de análisis óptico 314 es un tubo circular, el centro geométrico 388 puede ser un punto en el interior del círculo que está equidistante de todos los puntos de la circunferencia del círculo. Al desplazar la primera ventana óptica 324 respecto al centro geométrico 388, la luz emitida a través de la ventana de análisis óptico puede no converger en el centro geométrico del área de análisis óptico. En cambio, la luz puede converger en una ubicación entre el centro geométrico 388 del área de análisis óptico 314 y una pared que bordea el área de análisis óptico.

55 En el ejemplo de la figura 6, el área de análisis óptico 314 se ilustra como tubo de fluido (p. ej., tubo de vidrio, tubo de

5 cuarzo, tubo de zafiro) que define un diámetro interno 390 y un diámetro externo 392, donde el diámetro interno está separado del diámetro externo por un grosor de pared del tubo. Las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 se posicionan adyacentes y, en algunos ejemplos, en contacto con una superficie externa del tubo de fluido. Adicionalmente, en la figura 6, las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 son lentes esféricas que tienen un diámetro más grande que el diámetro interno 390 del tubo de fluido. Otras configuraciones de las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 y el área de análisis óptico 314 son posibles para el sensor 300.

10 El emisor óptico 350 y/o la primera ventana óptica 324 se pueden desplazar respecto a un centro geométrico del área de análisis óptico 314 en una variedad de maneras diferentes. En el ejemplo de la figura 6, el emisor óptico 350 y la primera ventana óptica 324 se mueven en la dirección Y negativa respecto a la segunda ventana óptica 326 de modo que luz que se traslada linealmente desde un centro geométrico de la primera ventana óptica es dirigida más cerca del tercer detector óptico 358 que del segundo detector óptico 356. En otros ejemplos, el emisor óptico 350 y la primera ventana óptica 324 se pueden mover en la dirección Y positiva respecto a la segunda ventana óptica 326 de modo que luz que se traslada linealmente desde un centro geométrico de la primera ventana óptica 324 es dirigida más cerca del segundo detector óptico 356 que del tercer detector óptico 358.

15 En algunos ejemplos, el emisor óptico 350 y/o la primera ventana óptica 324 se posicionan de modo que un eje 380 (figura 5) ubicado en un plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 y que se extiende a través de un centro geométrico de la primera ventana óptica 324 no interseca un eje 382 que se ubica en el plano común de las ventanas ópticas 324, 326, 328, 330 y que se extiende a través de un centro geométrico de la segunda ventana óptica 326. Si bien la distancia que la primera ventana óptica 324 está desplazada respecto al centro geométrico 388 puede variar, p. ej., sobre la base del tamaño de la ventana óptica y la configuración del sensor, en algunos ejemplos, el centro geométrico de la primera ventana óptica está desplazado (p. ej., en la dirección Y positiva o negativa indicada en la figura 6) desde el centro geométrico 388 una distancia que va de aproximadamente 0,5 milímetros a aproximadamente 10 milímetros, tal como una distancia que va de aproximadamente 1 milímetro a aproximadamente 3 milímetros. Posicionar la primera ventana óptica 324 de modo que luz emitida por el emisor óptico 350 sea dirigida adyacente a una pared del área de análisis óptico 314 puede aumentar la intensidad de las señales generadas por los detectores ópticos 352, 356, 358.

20 La intensidad de las señales detectadas por los detectores ópticos 352, 356, 358 variará, p. ej., dependiendo del diseño de los detectores específicos y la configuración del sensor óptico 300. En un ejemplo en el que el sensor óptico 300 se dispone como se ilustra en la figura 6 (y donde el área de análisis óptico 314 es un tubo de cuarzo que tiene un diámetro interno de 3 mm y un diámetro externo de 5 mm y la primera ventana óptica 224 está desplazada en la dirección Y negativa 1 mm), se espera que el tercer detector óptico 358 proporcione una señal de fluorescencia de 19,9 microvatios (μW). Por otro lado, si las ventanas ópticas 324, 326, 328 y 330 fueran simétricas alrededor del área de análisis óptico 314 de modo que la primera ventana óptica 224 no estuviera desplazada en la dirección Y negativa, se espera que el tercer detector óptico 358 proporcione una señal de fluorescencia de 10,5 μW en condiciones similares (p. ej., similar fluido que fluye a través del área de análisis óptico 314).

25 La figura 7 ilustra incluso otro ejemplo de disposición del sensor óptico 300. El sensor óptico 300 en la figura 7 es el mismo que el sensor óptico en la figura 6 excepto que la cuarta ventana óptica 330 y el tercer detector óptico 358 han sido movidos en la dirección X negativa. En un ejemplo en el que el sensor óptico 300 se dispone como se ilustra en la figura 7 (y donde el área de análisis óptico 314 es un tubo de cuarzo que tiene un diámetro interno de 3 mm y un diámetro externo de 5 mm, la primera ventana óptica 224 está desplazada en la dirección Y negativa 1 mm, la cuarta ventana óptica está desplazada en la dirección X negativa 1 mm, y el tercer detector óptico 358 está desplazado en la dirección X negativa 2,5 mm), se espera que el tercer detector óptico 358 proporcione una señal de fluorescencia de 22,2 μW cuando se prueba en condiciones similares a como se ha tratado anteriormente con respecto al ejemplo en conexión con la figura 6. Esto es mayor que cuando todos los componentes son simétricos alrededor del área de análisis óptico 314 y cuando únicamente el primer óptico 324 está desplazado.

30 Las técnicas descritas en esta divulgación se pueden implementar, al menos en parte, en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, diversos aspectos de las técnicas descritas se pueden implementar dentro de uno o más procesadores, que incluyen uno o más microprocesadores, procesadores de señal digital (DSP), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), distribuciones de puertas programables en campo (FPGA), o cualquier otra circuitería lógica equivalente integrada o discreta, así como cualesquiera combinaciones de tales componentes. La expresión "procesador" puede referirse generalmente a cualquier circuitería lógica anterior, sola o en combinación con otra circuitería lógica, o cualquier otra circuitería equivalente. Una unidad de control que comprende hardware puede realizar también una o más de las técnicas de esta divulgación.

35 Dicho hardware, software y firmware se pueden implementar dentro del mismo dispositivo o dentro de dispositivos separados para soportar las diversas operaciones y funciones descritas en esta divulgación. Adicionalmente, cualquiera de las unidades, módulos o componentes descritos se pueden implementar juntos o por separado como dispositivos lógicos discretos pero interfuncionales. La representación de diferentes rasgos como módulos o unidades está pensada para destacar diferentes aspectos funcionales y no implica necesariamente que tales módulos o unidades se deban realizar mediante componentes separados de hardware o software. En cambio, la funcionalidad asociada con uno o más módulos o unidades se puede realizar mediante componentes separados de hardware o software, o integrados dentro de componentes comunes o separados de hardware o software.

- Las técnicas descritas en esta divulgación también se pueden plasmar o codificar en un medio no transitorio legible por ordenador, tal como un medio de almacenamiento legible por ordenador, que contiene instrucciones. Instrucciones incrustadas o codificadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador pueden provocar que un procesador programable, u otro procesador, realice el método, p. ej., cuando se ejecutan las instrucciones. Medios de almacenamiento no transitorio legibles por ordenador pueden incluir formas de memoria volátil y/o no volátil que incluye, p. ej., memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de solo lectura programable (PROM), memoria de solo lectura programable y borrrable (EPROM), memoria de solo lectura programable electrónicamente borrrable (EEPROM), memoria flash, un duro disco, un CD-ROM, un disco flexible, un cartucho, medios magnéticos, medios ópticos, u otros medios legibles por ordenador.
- 5
- 10 Se han descrito diversos ejemplos. Estos y otros ejemplos están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor óptico (102) que comprende:
un emisor óptico (222) que se configura para dirigir luz a una muestra de fluido,
5 un primer detector óptico (224A) que se configura para detectar luz emitida por el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido:
un segundo detector óptico (224B) que se configura para detectar luz emitida por el emisor óptico y dispersada por la muestra de fluido;
un tercer detector óptico (224C) que se configura para detectar emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido en respuesta a la luz emitida por el emisor óptico;
10 un filtro de emisión óptica (225A) posicionado entre el emisor óptico y la muestra de fluido;
un primer filtro de detección óptica (225B) posicionado entre el primer detector óptico y la muestra de fluido;
un segundo filtro de detección óptica (225C) posicionado entre el segundo detector óptico y la muestra de fluido; y
un tercer filtro de detección óptica (225D) posicionado entre el tercer detector óptico y la muestra de fluido,
15 en donde el filtro de emisión óptica, el primer filtro de detección óptica, y el segundo filtro de detección óptica se configuran cada uno para pasar las mismas longitudes de onda de la luz mientras rechazan todas otras longitudes de onda de la luz de modo que sustancialmente cualquier luz detectada por el primer detector óptico y el segundo detector óptico es luz emitida desde el emisor óptico que pasa a través del filtro de emisión óptica y que pasa a través de la muestra de fluido;
20 el sensor comprende además un tubo (110), el tubo comprende una ventana de emisor óptico en forma de lente esférica (324, 326, 328, 330) orientada al emisor óptico y el filtro de emisor óptico, por lo que el tubo define un centro geométrico a través del que se traslada la muestra de fluido y se desvía la ventana de emisor óptico respecto al centro geométrico del tubo de modo que luz emitida desde el emisor óptico a través del filtro de emisión óptica y posteriormente a través del centro geométrico de la ventana de emisor óptico de lente esférica no pasa a través del centro geométrico del tubo.
- 25 2. El sensor de la reivindicación 1, en donde el tercer filtro óptico se configura para eliminar sustancialmente todas las longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico y que pasan a través del filtro de emisión óptica.
3. El sensor de la reivindicación 1, en donde el filtro de emisión óptica, el primer filtro de detección óptica y el segundo filtro de detección óptica se configuran cada uno para filtrar longitudes de onda de la luz mayores que aproximadamente 300 nanómetros
- 30 4. El sensor de la reivindicación 1, que comprende además un alojamiento que define un área de análisis óptico a través de la que la muestra de fluido se puede trasladar para análisis óptico, el alojamiento incluye un conjunto de emisor óptico que lleva el emisor óptico, un primer conjunto de emisor óptico que lleva el primer emisor óptico, un segundo conjunto de emisor óptico que lleva el segundo emisor óptico, y un tercer conjunto de emisor óptico que lleva el tercer emisor óptico.
- 35 5. El sensor de la reivindicación 4, en donde el alojamiento comprende además una ventana de emisor óptico posicionada entre el emisor óptico y el área de análisis óptico, una primera ventana de detector óptico posicionada entre el primer detector óptico y el área de análisis óptico, una segunda ventana de detector óptico posicionada entre el segundo detector óptico y el área de análisis óptico, y una tercera ventana de detector óptico posicionada entre el tercer detector óptico y el área de análisis óptico.
- 40 6. El sensor de la reivindicación 5, en donde la primera ventana de detector óptico se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico desde la ventana de emisor óptico, la segunda ventana de detector óptico se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto a la ventana de emisor óptico, y la tercera ventana de detector óptico se posiciona en un lado opuesto del área de análisis óptico desde la segunda ventana de detector óptico.
- 45 7. El sensor de la reivindicación 5, en donde el área de análisis óptico comprende un tubo que tiene un diámetro interior y un diámetro exterior, y en donde la ventana de emisor óptico, la primera ventana de detector óptico, la segunda ventana de detector óptico y la tercera ventana de detector óptico comprenden, cada una, una lente esférica posicionada para orientarse al diámetro exterior del tubo.
- 50 8. El sensor de la reivindicación 1, en donde la segunda ventana de detector óptico se posiciona en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto a la ventana de emisor óptico, la tercera ventana de detector óptico se posiciona en un lado opuesto del tubo desde la segunda ventana de detector óptico, y la ventana de emisor óptico

está desviada por lo que el centro geométrico de la ventana de emisor óptico se posiciona más cerca de la tercera ventana de detector óptico que la segunda ventana de detector óptico.

- 5 9. El sensor de la reivindicación 1, que comprende además un sensor de temperatura, un sensor de pH, y un sensor de conductividad, en donde electrónica para el sensor de temperatura se posiciona sobre una placa de circuitos que contiene uno de los detectores ópticos primero, segundo o tercero, electrónica para el sensor de pH está sobre una placa de circuitos que contiene uno diferente de los detectores ópticos primero, segundo o tercero, y electrónica para el sensor de conductividad está sobre una placa de circuitos que contiene incluso uno diferente de los detectores ópticos primero, segundo o tercero.
10. Un método que comprende:
- 10 emitir luz a una muestra de fluido en un tubo usando un emisor óptico;
- detectar luz emitida desde el emisor óptico y transmitida a través de la muestra de fluido usando un primer detector óptico;
- detectar luz emitida desde el emisor óptico y dispersada por la muestra de fluido usando un segundo detector óptico;
- y
- 15 detectar emisiones fluorescentes emitidas por la muestra de fluido en respuesta a luz emitida por el emisor óptico usando un tercer detector óptico,
- en donde detectar luz usando el primer detector óptico y detectar luz usando el segundo detector óptico comprende además filtrar la luz de modo que sustancialmente cualquier luz detectada por el primer detector óptico y el segundo detector óptico tiene la misma longitud de onda que luz emitida desde el emisor óptico y que pasa a la muestra de fluido, por lo que la muestra de fluido se ubica en un tubo, el tubo comprende una ventana de emisor óptico en forma de lente esférica orientada al emisor óptico, por lo que el tubo define un centro geométrico a través del que se traslada la muestra de fluido y la ventana de emisor óptico se desvía respecto al centro geométrico del tubo de modo que luz emitida desde el emisor óptico a través del centro geométrico de la lente esférica ventana de emisor óptico no pasa a través del centro geométrico del tubo.
- 20
- 25 11. El método de la reivindicación 10, en donde detectar emisiones fluorescentes por medio del tercer detector óptico comprende además retirar sustancialmente todas longitudes de onda de la luz emitida por el emisor óptico y que pasan a la muestra de fluido.
12. El método de la reivindicación 10, en donde detectar luz por medio del primer detector óptico comprende detectar luz en un lado opuesto de un área de análisis óptico desde donde se posiciona el emisor óptico, detectar luz por medio del segundo detector óptico comprende detectar luz en un ángulo de aproximadamente 90 grados respecto a donde se posiciona el emisor óptico, y detectar emisiones fluorescentes por medio del tercer detector óptico comprende detectar emisiones fluorescentes en un lado opuesto del área de análisis óptico de donde se posiciona el segundo detector óptico.
- 30
13. El método de la reivindicación 10, en donde emitir luz por medio del emisor óptico comprende emitir luz a través de una ventana óptica de modo que luz que pasa a través de un centro geométrico de la ventana óptica es dirigida más cerca del tercer detector óptico que el segundo detector óptico.
- 35

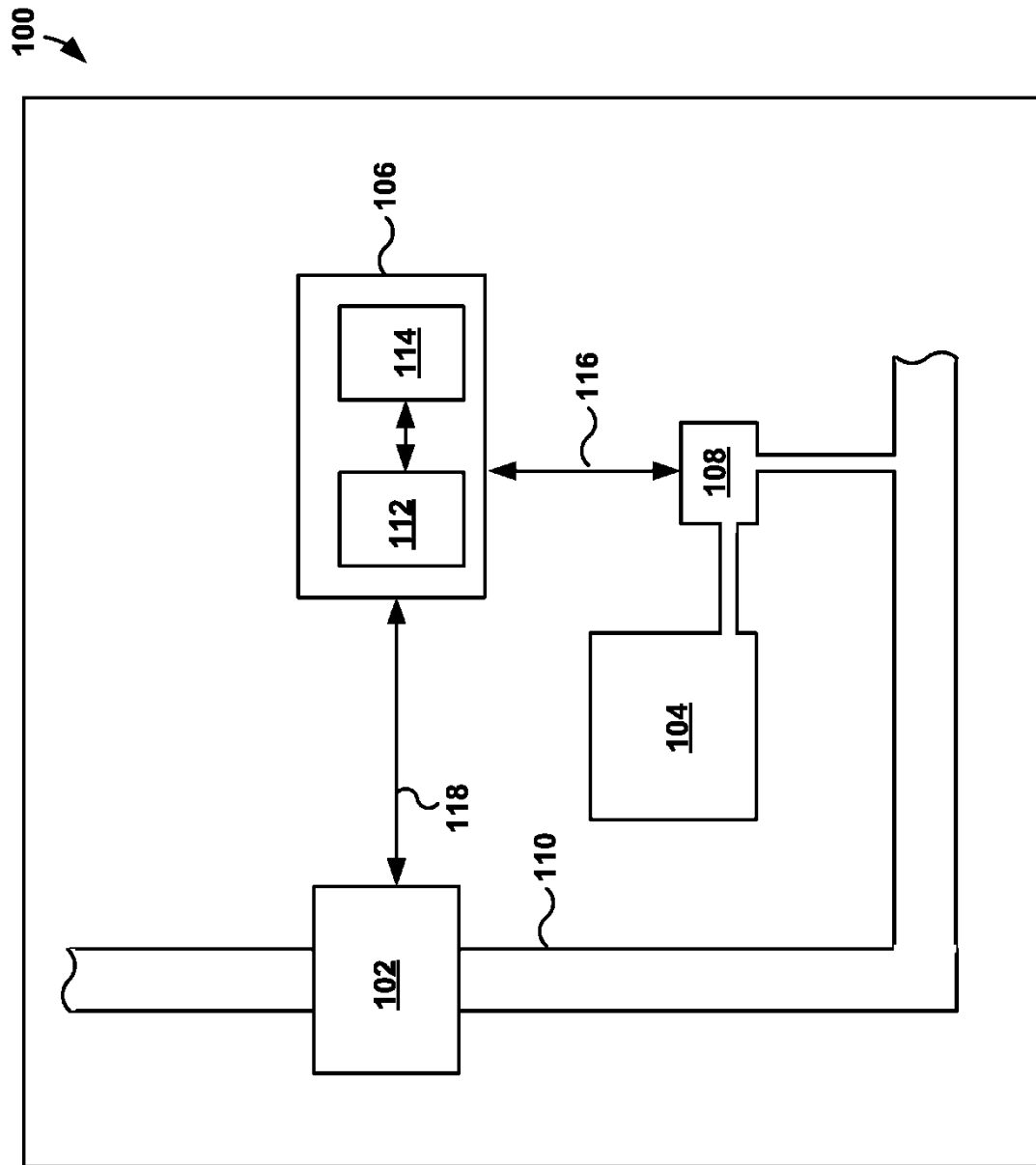


FIG. 1

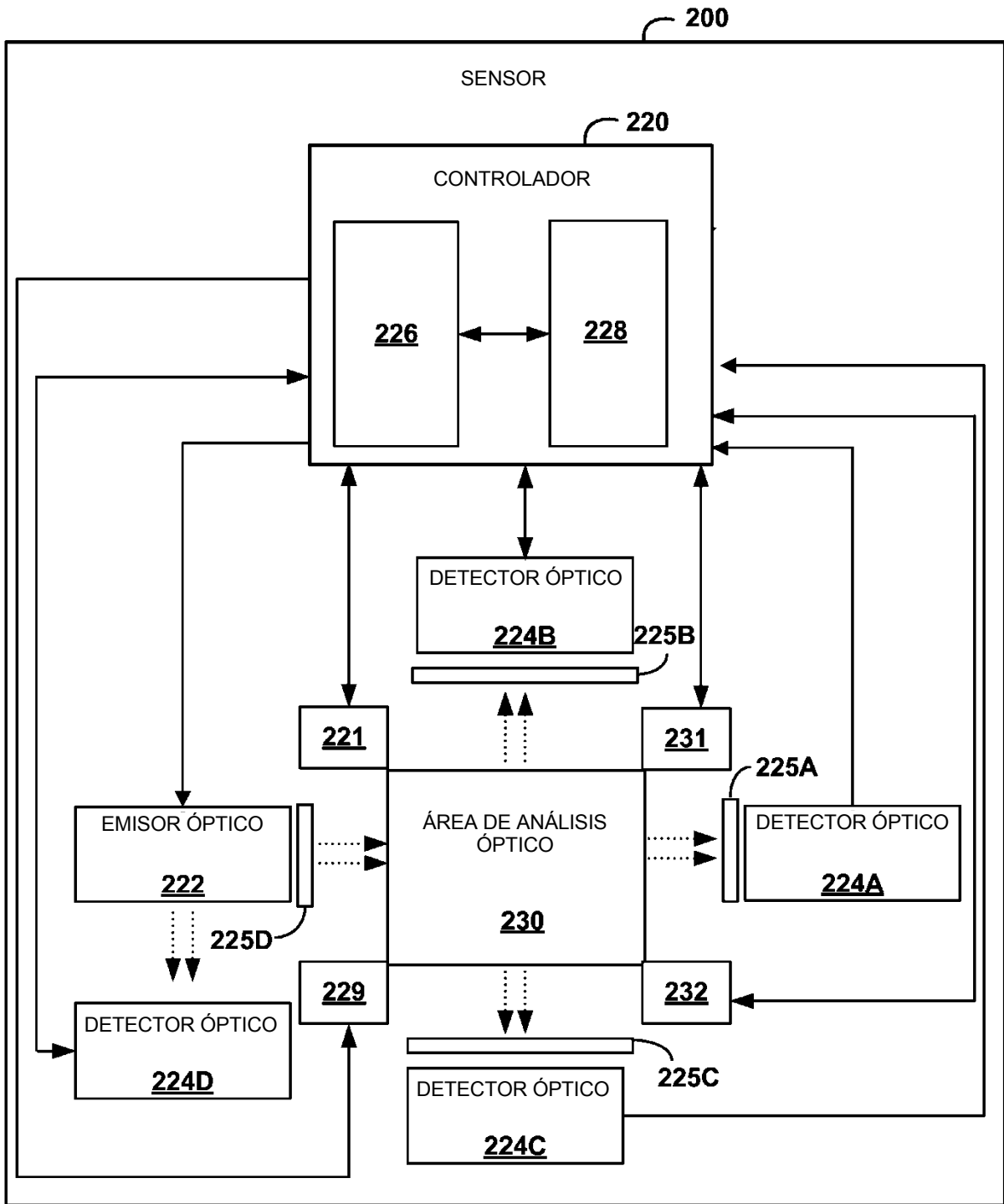


FIG. 2

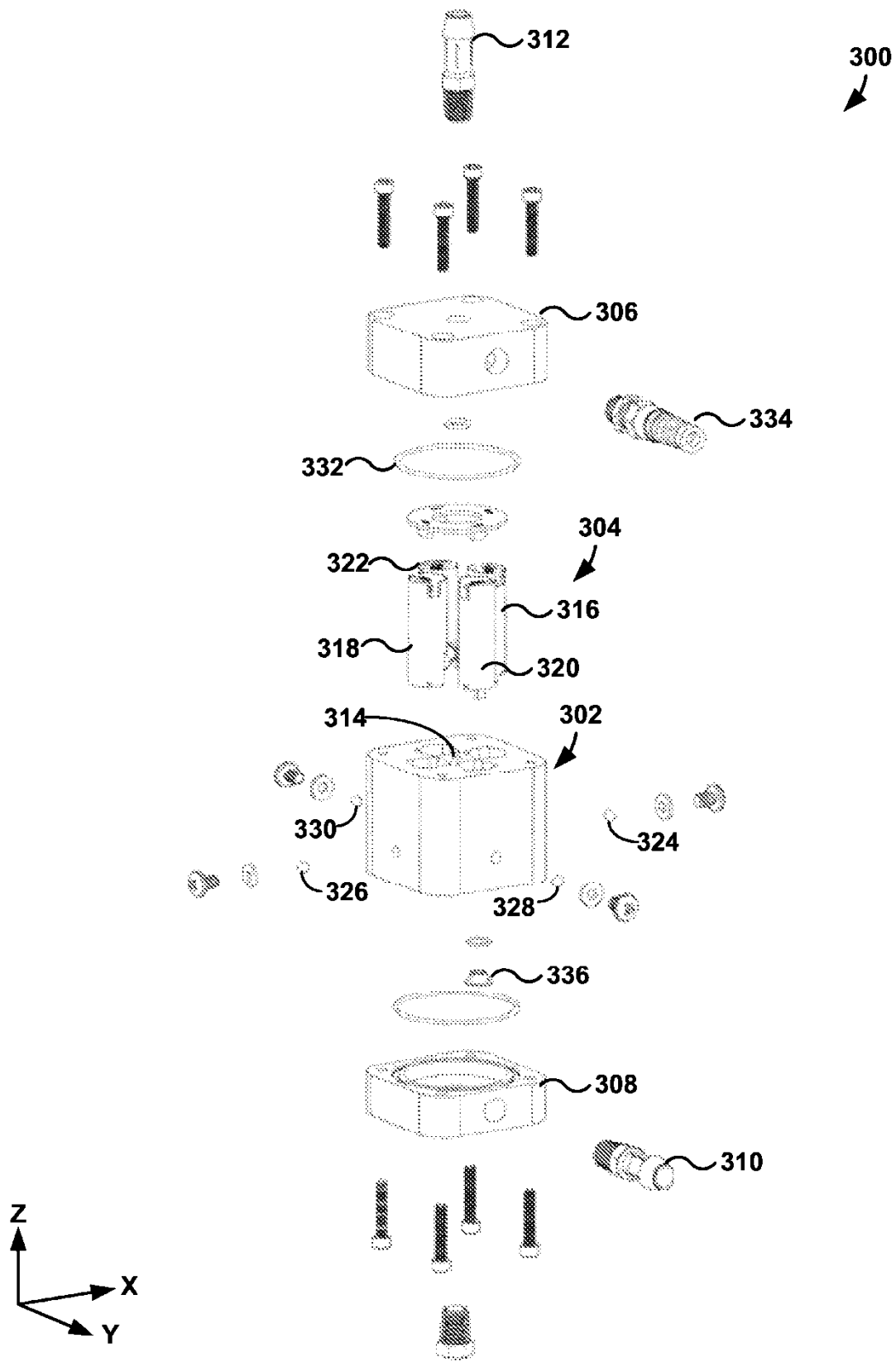


FIG. 3

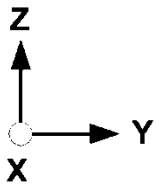
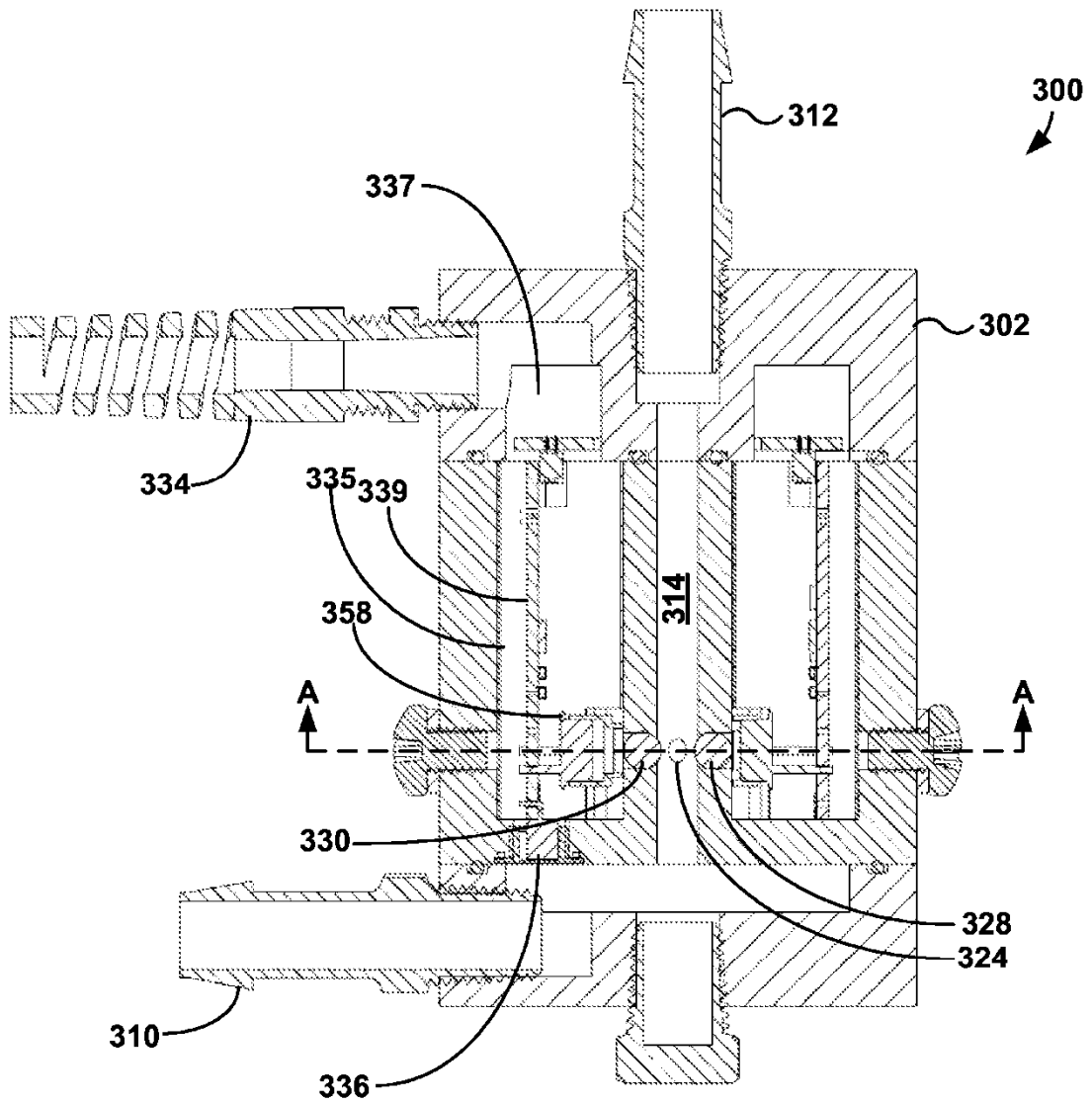


FIG. 4

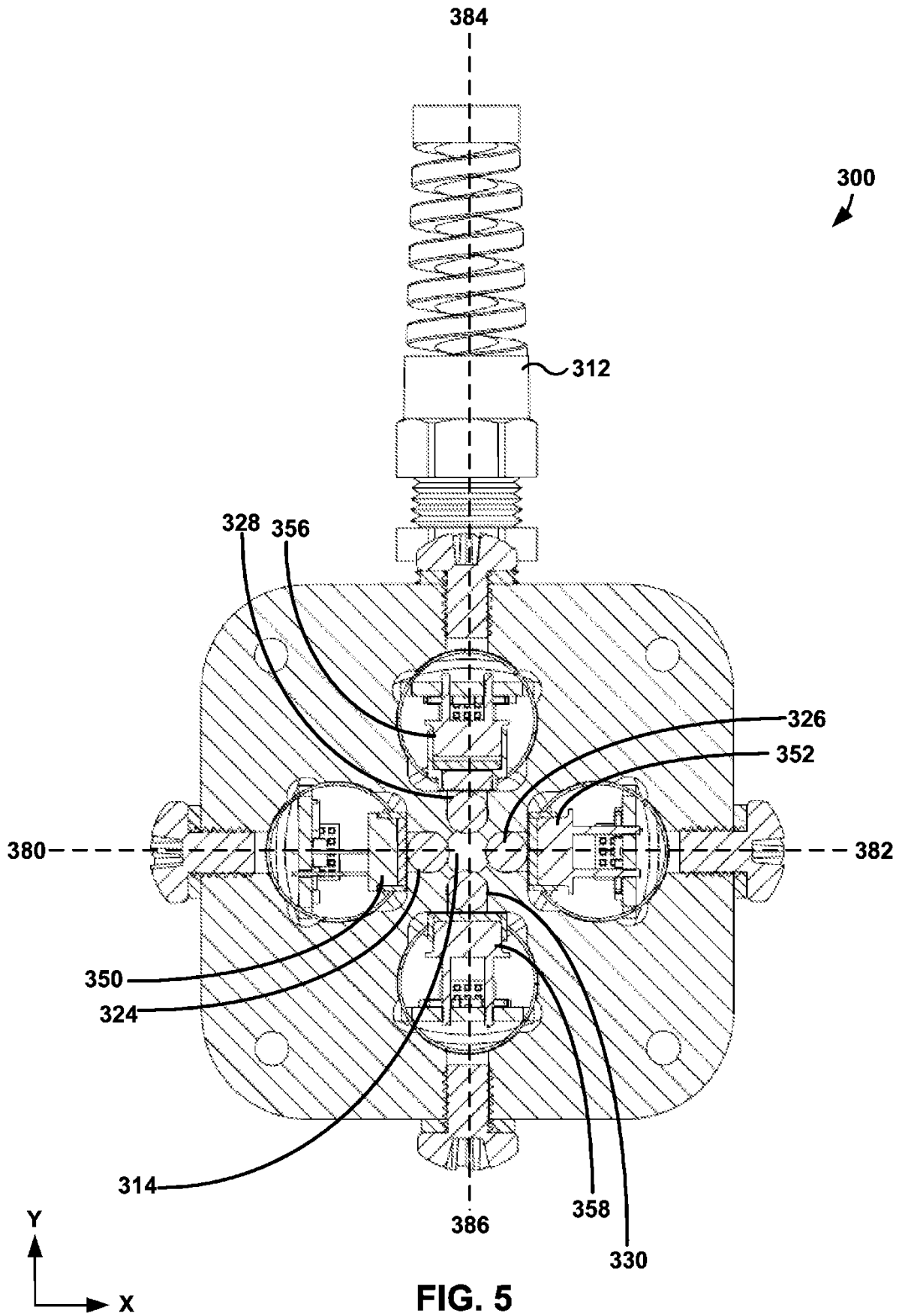


FIG. 5

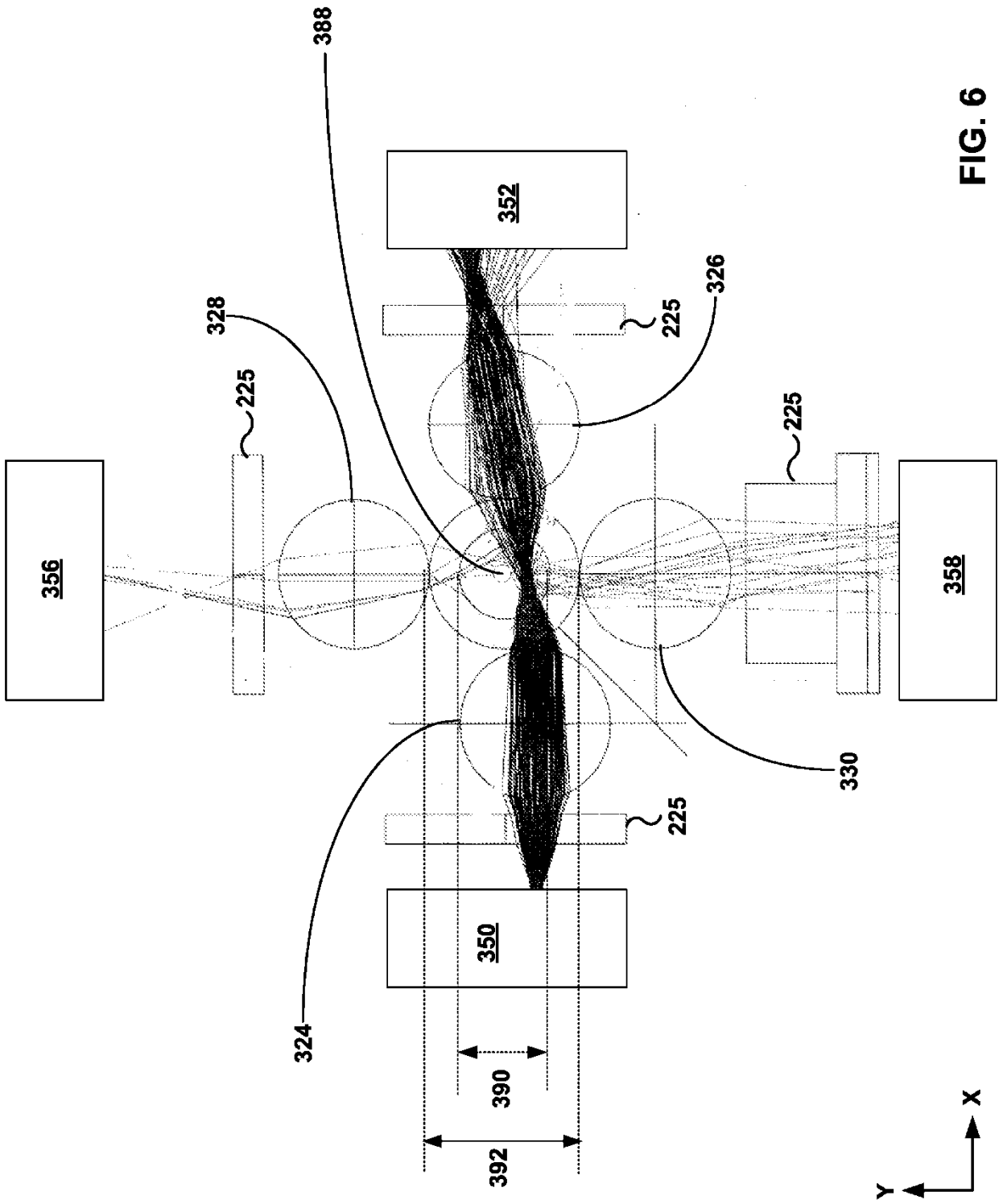


FIG. 6

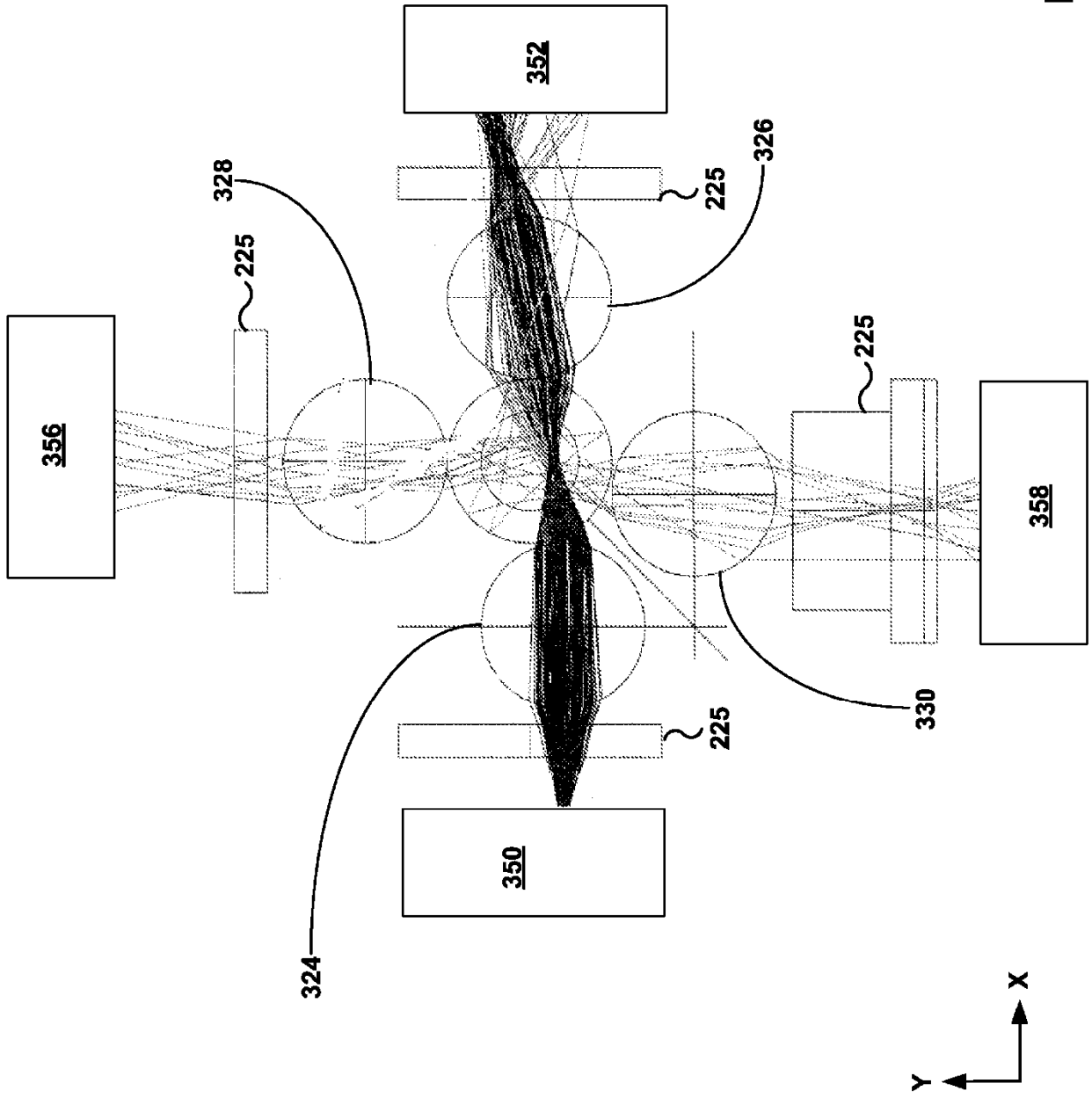


FIG. 7