

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 019**

51 Int. Cl.:

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 1/12 (2006.01)

G01N 21/03 (2006.01)

G01N 33/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2005 E 10177291 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.04.2014 EP 2267435**

54 Título: **Fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable**

30 Prioridad:

30.01.2004 US 769631

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

13.06.2014

73 Titular/es:

**NALCO COMPANY (100.0%)
1601 West Diehl Road
Naperville, IL 60563-1198, US**

72 Inventor/es:

BANKS, RODNEY H

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 468 019 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 de célula abierta de punta intercambiable

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a los dispositivos analíticos y métodos para monitorear y/o controlar los procesos o sistemas naturales o industriales. Más específicamente, la presente invención se refiere a un fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable para detectar la fluorescencia emitida por una muestra derivada de un proceso o sistema natural o industrial de manera que el proceso o sistema se pueda monitorear y, opcionalmente, controlar.

Antecedentes de la invención

15 Un fluorómetro es un dispositivo analítico que comprende básicamente una fuente de luz, un medio para seleccionar el intervalo de longitud de onda de excitación deseado, una célula de muestra, un medio para seleccionar el intervalo de longitud de onda de emisión deseado, y un detector. Un espectrofluorómetro es un tipo específico de fluorómetro donde el medio para seleccionar el intervalo de longitudes de onda de emisión y/o
20 excitación se lleva a cabo mediante una rejilla. Una rejilla actúa para dispersar un continuo de luz en sus componentes. Los espectrofluorómetros se pueden subdividir además en espectrofluorómetros de escaneo, que usan un medio mecánico para escanear el espectro de longitud de onda basándose en la posición de la rejilla con relación a la fuente de excitación y/o emisión (esto describe un modelo de fluorómetro de laboratorio estándar), o espectrofluorómetros fijos donde la rejilla está fija con respecto a la emisión. Después, se dirige la emisión (fluorescencia) a un arreglo de detectores. El arreglo de detectores podría ser dispositivos de carga
25 acoplados, abreviado usualmente "CCD" o el arreglo de detectores podría ser fotodiodos. Después, los detectores se calibran en las unidades de longitud de onda adecuadas. Está disponible un dispositivo comercial como éste de Ocean Optics (disponible de Drysdale y Associates, Inc., P.O. Box 44055, Cincinnati, OH 45244 (513)831-9625). Este tipo de espectrofluorómetro fijo aún requiere el dispositivo de selección de longitud de onda de excitación adecuado, que podría ser una rejilla o filtro.

30 Los fluorómetros que son más adecuados para su uso bajo condiciones de campo no son espectrofluorómetros de rejilla, más bien, son fluorómetros basados en filtro. Un fluorómetro a base de filtro usa un filtro para excluir todos excepto el intervalo de longitud de onda seleccionado. Generalmente, los fluorómetros a base de filtro disponibles y conocidos en la actualidad tienen un canal con este canal que contiene una célula ópticamente adecuada.

Una fuente de luz y un filtro de excitación opcional, están posicionados en un lado de la célula ópticamente adecuada, y un detector de emisión y un filtro de emisión están posicionados en otro lado de la célula ópticamente adecuada. Opcionalmente puede estar presente un detector de referencia. Debido a que la fluorescencia es isotrópica, generalmente, los fluorómetros están configurados para detectar cualquier luz fluorescente emitida desde el fluoróforo a un ángulo de 90° desde la fuente de luz a fin de minimizar la recolección de cualquier luz de excitación espuria.

45 El filtro de excitación permite que la luz del intervalo de longitud de onda de excitación seleccionado pase a través del filtro y dentro de la célula. Cuando se llevan a cabo las pruebas por lotes fuera de línea, se coloca una muestra de, por ejemplo, agua de un sistema de agua natural o industrial y se mantiene en la célula ópticamente adecuada. Cuando se llevan a cabo las pruebas en línea, la muestra de agua puede fluir a través de la célula ópticamente adecuada. La luz se absorbe mediante un fluoróforo presente en la muestra de agua, que, a su vez, emite una luz fluorescente (conocida de aquí en adelante como una señal fluorescente) que tiene la misma o una mayor longitud de onda que la luz de excitación. El filtro de emisión, que está posicionado entre el detector de
50 emisión y la célula ópticamente adecuada, se selecciona de manera que permita que solamente la luz emitida por el fluoróforo (la señal fluorescente del fluoróforo) pase a través del filtro hacia el detector de emisión.

55 En general se conoce el uso de los fluoróforos en los sistemas de agua industrial o en hidrología. Se conoce el uso de trazadores fluorescentes inertes para determinar las pérdidas hidráulicas en un sistema de agua industrial. Además, se conoce también el uso de trazadores fluorescentes para controlar el aditivo o la dosificación del producto en un sistema recirculante o de agua o de enfriamiento en circuito abierto (véase la patente de Estados Unidos núm. 4,783,314). En este método, se combina un trazador fluorescente con uno o más aditivos en una proporción conocida de trazador para aditivo(s) y después se añade la mezcla al agua de un sistema de enfriamiento. Después se usa un fluorómetro para detectar la presencia y concentración del trazador fluorescente en el agua de enfriamiento y la presencia y concentración por lo tanto de la cantidad de aditivo.

65 La US-B1-6,369,894 describe un fluorómetro modular capaz de comprender las múltiples unidades independientes capaces de detectar más de un fluoróforo. Además, describe un fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable que comprende:

una sonda fluorométrica, la sonda que incluye una carcasa de sonda que define una célula abierta y que encierra un arreglo óptico de sonda, el arreglo óptico de sonda que incluye una fuente de excitación y un detector de fluorescencia en donde la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia de manera que se puede detectar fluorométricamente una muestra en la célula abierta.

5

La US-A-2003/058450 proporciona un dispositivo para la medición óptica de las cualidades de una sustancia en la luz ambiental que comprende una cámara de muestra que tiene una pared translúcida que define dicha cámara.

10

La EP-A-0 564 157 proporciona un aparato para analizar un líquido de muestra que contiene partículas tales como sangre y orina en donde el aparato es capaz de obtener espectros de señales de luz utilizando medios espectrales tal como un prisma o una rejilla de difracción.

15

Siempre habrá una necesidad continua de fluorómetros nuevos y mejorados que estén disponibles para su uso en el área problemática del monitoreo y el control del proceso de agua industrial.

Resumen de la invención

20

La presente invención proporciona un fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable como se define en la reivindicación adjunta 1.

Opcionalmente, se configura dicha abertura como una forma de tubo cilíndrico.

25

El fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable de acuerdo con la invención se puede usar en un método de detección fluorométrica de fluoróforos presentes en una muestra, el método que comprende las etapas de:

30

a) proporcionar un fluorómetro de acuerdo con la invención;

b) proporcionar una o más muestras derivadas de una corriente de proceso natural o industrial;

c) usar el fluorómetro para detectar las señales fluorescentes de los fluoróforos en las muestras; y

35

d) hacer funcionar un controlador de tal forma que las señales fluorescentes detectadas por el fluorómetro se usan por el controlador para monitorear y/o controlar el proceso natural o industrial del cual se toman las muestras.

Breve descripción de los dibujos

40

La Figura 1 es una vista cortada en sección de una punta de sonda intercambiable para un fluorómetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

45

La Figura 2 es una vista cortada en sección de otra punta de sonda intercambiable para un fluorómetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 es una vista cortada en sección de aún otra punta de sonda intercambiable para un fluorómetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

50

La Figura 4 es una vista cortada en sección de aún todavía otra punta de sonda intercambiable para un fluorómetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 es una vista en sección de un fluorómetro de punta de sonda intercambiable fabricado de acuerdo con la presente invención.

55

Descripción detallada de la invención

A lo largo de la descripción de esta solicitud de patente las siguientes palabras tienen los significados indicados:

60

Un "fluoróforo" es una molécula que, tras la absorción de un fotón de energía ($h\nu$) que resulta en un electrón que se promueve desde el estado electrónico molecular fundamental (S_0) hasta un estado electrónico excitado (S_1 o S_2 o S_3) y que se relaja posteriormente hasta el estado vibracional más bajo del estado excitado S_1 , emite un fotón de energía "E" ($h\nu$) que es menor en energía (aunque mayor en longitud de onda) que el que se absorbió.

65

Se debe notar que se puede ilustrar esta relación con la ecuación: $E_{(\text{absorción})} > E_{(\text{fluorescencia})}$. Esta emisión de energía resulta en que retorna del estado molecular electrónico al estado fundamental (S_0). El proceso total resulta en la emisión de fotones fluorescentes en una distribución isotrópica. Los fluoróforos capaces de ser detectados por el presente fluorómetro reivindicado deben ser capaces de absorber la luz de excitación en las

longitudes de onda de desde aproximadamente 200 nm hasta aproximadamente 1200 nm y de emitirla a una longitud de onda mayor que la luz de excitación.

5 "Inerte" se refiere al hecho de que un fluoróforo inerte no se ve afectado apreciable o significativamente por cualquier otro compuesto químico en el sistema de agua de enfriamiento, o por los otros parámetros del sistema tales como composición metalúrgica, actividad microbiológica, concentración de biocidas, cambios de calor o contenido total de calor. Para cuantificar lo que significa "no afectado apreciable o significativamente", esta afirmación significa que un fluoróforo inerte no tiene un cambio de más del 10% en su señal fluorescente, bajo las condiciones que se encuentran normalmente en los sistemas de agua de enfriamiento. Las condiciones que se encuentran normalmente en los sistemas de agua de enfriamiento son conocidas por los expertos en la materia de los sistemas de agua de enfriamiento.

15 "Isotrópico" se refiere al hecho de que si una mitad se considera una fuente de puntos, y la luz de excitación se dirige a la mitad, luz fluorescente se emite equitativamente en todas direcciones, creando, en efecto, una esfera en 3 dimensiones.

"nm" significa nanómetros; que son 10^{-9} metros.

20 La presente invención proporciona un fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable. Este fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable incluye una o más puntas de sonda que se pueden usar de manera intercambiable con respecto al mismo fluorómetro. Al menos una de las puntas de sonda incluye un arreglo óptico que permite la detección fluorométrica de una muestra en una célula de medición asociada con el fluorómetro tal como una célula de medición en una configuración de célula abierta o de flujo. Generalmente, el arreglo óptico de punta de sonda incluye una fuente de excitación y un detector de fluorescencia de manera que la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia, tal como directamente hacia el detector en un arreglo de 180° o un arreglo sustancialmente aproximado de 180° . Esto proporciona de manera eficaz un diseño simple y elegante que se puede usar de manera eficaz para detectar, monitorear y/o controlar las corrientes industriales o naturales basadas en una medición fluorométrica a partir de una muestra derivada de las mismas. Se debe apreciar que la presente invención contempla un arreglo con respecto a la fuente de excitación y el detector de fluorescencia que puede desviarse de un arreglo de 180° como se describe a continuación en más detalle.

35 El fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención puede proporcionar una alternativa de bajo coste a los fluorómetros convencionales. En una modalidad, se proporciona el fluorómetro de la presente invención en un estilo de linterna que se puede sujetar y conformar de cualquier manera adecuada, tal como una forma de tubo cilíndrico. Con respecto a esto, se puede tomar una medición sumergiendo la punta intercambiable del fluorómetro de la presente invención en una muestra de agua del proceso, por ejemplo, agua de enfriamiento tratada con productos químicos de tratamiento y usando fluorómetros para detectar los fluoróforos, pulsando un botón, y leyendo el nivel de producto, tal como en partes por millón (ppm) en un visualizador.

45 Con este fluorómetro, el énfasis del diseño está en el coste mínimo para pequeñas cantidades y la facilidad de uso para los operadores inexpertos. La forma de tubo cilíndrico tiene muchas características funcionales deseables que incluyen el funcionamiento por baterías, la lectura de salida numérica, la calibración de dos puntos, la compensación para la temperatura de la muestra, la turbidez, y la suciedad de las superficies ópticas, las comunicaciones en la computadora Palm o los similares para la descarga de los datos almacenados, una punta de sonda de fluorómetro única, de autoidentificación y los similares. El fluorómetro de la presente invención se puede fabricar con una salida de control del proceso y un conector, para controlar una bomba de alimentación química, registrar los datos y/o para llevar a cabo otras actividades de monitoreo y/o control del proceso adecuadas. Por ejemplo, se puede adaptar el fluorómetro de la presente invención para alertar al usuario cuando se requiere limpiar la punta.

55 Un aspecto importante de la presente invención es la punta de sonda intercambiable. Generalmente, la punta de sonda proporciona un fluorómetro pequeño, autónomo con sistemas ópticos incorporados y sistemas de circuitos, tales como para la identificación de tipo, detectores, fuentes de luz, medición de la temperatura y los similares. La punta de sonda se construye de manera que se pueda enchufar fácilmente en la carcasa del fluorómetro. Esto hace que se pueda reemplazar fácilmente con otra punta de sonda siempre que sea necesaria una punta de sonda diferente con sistemas ópticos diferentes para justificar los cambios en el entorno de muestreo, tal como para medir la fluorescencia derivada de diferentes fluoróforos, deterioro de la punta y/o los similares. Tras reemplazar una punta intercambiable por otra punta intercambiable, el fluorómetro está listo para usar con un mínimo, o de manera eficaz sin, esfuerzo añadido requerido por parte del operador. Esta es una ventaja práctica enorme para la presente invención reivindicada, especialmente cuando se compara con el esfuerzo requerido para configurar y usar dos fluorómetros diferentes.

65 Con respecto a esto, la punta de sonda contiene virtualmente todos los sistemas electrónicos y ópticos para llevar a cabo las mediciones de la fluorescencia. Por ejemplo, se puede incorporar una ganancia adecuada en la

configuración electrónica asociada con la punta de sonda, liberando, por lo tanto a la unidad principal de tener que ajustar los parámetros de ganancia. Además, se pueden minimizar las interferencias de ruido teniendo los componentes electrónicos dentro de la punta de sonda. La fuente de excitación, tal como una fuente de diodo emisor de luz (LED), se puede configurar para tener su propia resistencia en serie de manera que la unidad principal no tenga que regular la corriente del LED.

La punta de sonda también puede incluir opcionalmente un termistor. Se prefiere que la punta de sonda incluya un termistor para medir la temperatura de la muestra para la corrección de la intensidad de la fluorescencia. Eligiendo diferentes resistencias del termistor basándose en, por ejemplo una temperatura de 25°C, las puntas de sonda son autoidentificativas de manera eficaz sin coste o complejidad añadida. En otras palabras, cada punta de sonda puede incluir un termistor con una resistencia que es específica para la punta de sonda respectiva. Una vez que se enchufa la punta de sonda en la carcasa del fluorómetro y se hace conocida la resistencia del termistor, se puede identificar el arreglo óptico y electrónico específico con respecto a la punta de sonda, permitiendo por lo tanto que esté listo para su uso el fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable.

Como se describió anteriormente, la punta de sonda tiene un arreglo óptico que proporciona un perfil lineal y fino para el fluorómetro. Con respecto a esto, la fuente de excitación de la punta de sonda está dirigida hacia el detector de fluorescencia. Por ejemplo, se pueden configurar la fuente de excitación y/o la luz que se emite de ella y el detector de fluorescencia en un arreglo de 180° o en desviaciones aceptables de la misma. Esto es diferente de los fluorómetros de muestra de un canal convencionales donde la detección de la luz fluorescente emitida desde el fluoróforo está a un ángulo de 90° desde la fuente de luz como se describió anteriormente. Basándose en estas diferencias, el fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención puede proporcionar varias ventajas sobre los fluorómetros de muestra de un canal convencionales que incluyen, por ejemplo, un diseño elegante y simple, sensibilidad seleccionable, compensación precisa para la turbidez y suciedad de la ventana, y los similares como se describe a continuación.

El fluorómetro de la presente invención hace uso de un tipo específico de filtros ópticos, tal como un filtro óptico de capa fina con las propiedades químicas, mecánicas y ópticas requeridas necesarias para mejorar las capacidades de detección fluorescentes. Los atributos físicos de los filtros también pueden mejorar la sensibilidad de detección en comparación con el cuarzo, las células de muestra de vidrio, las cubetas o los similares que pueden contribuir a la dispersión de luz no deseada de manera que se puede reducir el intervalo de sensibilidad y concentración. Con respecto a esto, la muestra medida está en contacto directo con los filtros que definen el volumen de medición. Por lo tanto el uso del término "célula abierta" como un descriptor del hecho de que son los propios filtros los que forman los límites externos de la célula de muestra y no hay otra estructura implicada en la célula de muestra, salvo las paredes externas de la propia carcasa.

Se requiere que los filtros se fabriquen a partir de un material o combinación de materiales que sean químicamente inertes y que proporcionen una superficie dura de manera que se pueda llevar a cabo la limpieza química o con cepillo de la célula cuando sea necesario. Diseñando los filtros ópticos para una interfaz de agua en el lado de la muestra y una interfaz de aire en el lado interno, se puede optimizar el rendimiento de los filtros para analizar niveles bajos de fluoróforos.

El fluorómetro de la presente invención puede incluir una variedad de diferentes componentes diseñados con cualquier configuración adecuada dependiendo de la aplicación. Se puede configurar como una unidad independiente o puede interactuar con uno o más componentes del proceso adicional para propósitos de monitoreo y/o control de cualquier manera conocida y adecuada. El fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable se puede adaptar para los propósitos de detección de cualquier manera adecuada, tales como para propósitos de muestreo de agarre, detección en línea, detección en el proceso y/o los similares.

Generalmente, el fluorómetro incluye una punta de sonda fluorométrica que se conecta de manera intercambiable a una carcasa. La punta de sonda fluorométrica incluye una fuente de luz de excitación. La fuente de excitación puede incluir cualquier tipo adecuado de fuente de luz, tal como fuente de luz monocromática, una fuente de luz policromática y los similares. Por ejemplo, la fuente de excitación puede incluir una fuente de LED, una fuente láser y los similares. La fuente de LED puede emitir luz de diversas longitudes de onda, tales como un LED IR, un LED UV, un LED azul y/o los similares.

La fuente de excitación genera un haz colimado de luz de excitación. La luz de excitación pasa a través de un filtro en la punta de sonda y dentro de una célula de medición con una configuración de célula abierta definida por la carcasa de punta de sonda y la superficie del filtro de luz de excitación y la superficie del filtro de luz de emisión. La muestra está en contacto directo con los filtros como se describió anteriormente. Esto permite que se proteja la luz de excitación en la muestra dentro de la célula de medición con lo cual se produce la fluorescencia debido a la presencia de uno o más fluoróforos en la muestra. Después la fluorescencia emitida pasa a través de un filtro adicional y se dirige a un detector de fluorescencia para propósitos de detección. También el filtro adicional actúa para bloquear de manera eficaz el paso de la luz de excitación al detector de fluorescencia. Esto permite que se mida la fluorescencia de la muestra con precisión, sensibilidad y exactitud a pesar del hecho de que la luz de excitación se dirige hacia el detector de fluorescencia, tal como directamente al detector de

fluorescencia en un arreglo óptico de 180°. Como se describió anteriormente, este arreglo óptico proporciona varias ventajas en comparación con los fluorómetros que usan un arreglo óptico convencional de 90°. La muestra puede emitir luz fluorescente debido a la presencia de uno o más fluoróforos dentro de la muestra como se describió anteriormente. Con respecto a la descripción de los fluoróforos capaces de ser detectados por el presente fluorómetro reivindicado, es necesario destacar que a fin de se pueda detectar por el presente fluorómetro reivindicado, el fluoróforo debe ser capaz de absorber luz en las longitudes de onda de desde aproximadamente 200 nm hasta aproximadamente 1200 nm y de emitirla a una longitud de onda ligeramente mayor. Preferentemente, los fluoróforos absorben luz en las longitudes de onda de desde aproximadamente 350 nm hasta aproximadamente 800 nm. El detector de fluorescencia mide una cantidad de fluorescencia que se puede correlacionar con una concentración del fluoróforo en la muestra. En una modalidad, el detector de fluorescencia puede medir una intensidad de la fluorescencia que se puede equiparar a una concentración del fluoróforo como se entiende generalmente por un experto en la materia.

Los filtros se pueden fabricar de cualquier material adecuado. Generalmente, las propiedades ópticas, mecánicas y químicas del filtro se proporcionan y se requieren como sigue de acuerdo con una modalidad. Con respecto a las propiedades ópticas, se requiere que los filtros tengan una transmitancia alta en las áreas de banda de paso para la luz de excitación (es decir, LED UV) o la fluorescencia emitida. Como se mencionó anteriormente, el primer filtro permite esencialmente que toda la luz de excitación pase a través del mismo y dentro de la muestra. Después, la fluorescencia emitida desde la muestra puede pasar a través del segundo filtro, mientras que se bloquea de manera eficaz el paso de la luz de excitación a través del segundo filtro e inevitablemente al detector. Por lo tanto, esto garantiza que los efectos de las interferencias de la luz de excitación con respecto a la medición fluorescente se eliminen de manera eficaz, o al menos se reducen enormemente. Se puede mejorar aún más este efecto si las bandas de paso de los filtros son muy afiladas y corte profundo.

Si se usa una segunda fuente de luz, las propiedades ópticas de los filtros permiten que pase la segunda luz en una cantidad suficiente a través de ambos filtros y a una longitud de onda diferente de la luz emitida desde la fuente de excitación. De esta manera, se puede usar la segunda fuente de luz para corregir la suciedad, la turbidez y/u otros efectos similares que pueden afectar negativamente las capacidades de detección del fluorómetro como se describe en mayor detalle a continuación.

Con respecto a las propiedades mecánicas, el filtro incluye una superficie expuesta que es dura de manera que puede resistir el uso general, tal como limpieza, cepillado, partículas abrasivas en la muestra y los similares. Esta es una cualidad importante debido al hecho de que los filtros actúan para definir la configuración de célula abierta de la célula de medición de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Con respecto a esto, la muestra está en contacto directo con los filtros y por lo tanto debe ser capaz de funcionar de manera eficaz bajo las condiciones del proceso normal. Los filtros también son inertes de manera eficaz químicamente. De esta manera, los filtros no deben ser reactivos, tales como con respecto a la muestra, a las soluciones de limpieza y los similares. Teniendo los filtros que definen la célula de medición, se elimina de manera eficaz la dispersión de luz debido a las células de muestra de vidrio en los fluorómetros convencionales.

También se pueden usar los filtros para ajustar la sensibilidad de la detección fluorescente. Con respecto a esto, se puede variar la distancia entre los filtros y, por tanto, actúa de manera eficaz para ajustar la sensibilidad. Esto puede ser útil si las muestras medidas pueden requerir diferentes niveles de sensibilidad de detección. Por ejemplo, una muestra más concentrada de fluoróforos puede requerir una sensibilidad inferior para mejorar las capacidades de detección. Con respecto a esto, se puede disminuir la separación entre los filtros para crear menos volumen de muestra medida, disminuyendo por lo tanto la sensibilidad con respecto a la detección de la misma. Para muestras menos concentradas, se puede aumentar la separación para aumentar la sensibilidad. Por lo tanto, la presente invención se puede adaptar fácilmente para ajustar los diversos niveles de sensibilidad dependiendo de la aplicación. Este ajuste de la sensibilidad no se puede lograr con el arreglo óptico convencional de 90°.

Preferentemente, el filtro incluye una estructura en capas. Generalmente, el filtro proporciona una capa de filtro de paso bajo y una capa de filtro de paso alto que están separadas por una capa de sustrato, tal como un sustrato de vidrio. Esta estructura permite que pase la emisión de fluorescencia al detector a través del filtro mientras se bloquea de manera eficaz la luz de excitación para evitar el paso. Los filtros están comercialmente disponibles como Brightline™ en Semrock Incorporated, 3625 Buffalo Road, Suite 6, Rochester, NY 14624 (585)594-7017. Se debe apreciar, que se puede requerir un material de filtro comercialmente disponible para ser modificado y personalizado con respecto a las propiedades ópticas, mecánicas y químicas del filtro dependiendo de la aplicación.

La punta de sonda intercambiable puede incluir otros componentes adicionales y adecuados que pueden mejorar aún más sus capacidades de detección. Por ejemplo, la punta de sonda puede incluir un detector de referencia. Esto se usa para medir una porción de la fuente de luz de excitación durante la detección fluorescente. Con respecto a esto, se puede usar el detector de referencia para compensar las variaciones en la emisión de luz de excitación debido a, por ejemplo, cambios en la corriente asociados con la fuente de luz de excitación, cambios de temperatura, envejecimiento, variabilidad de dispositivo a dispositivo, tolerancias de la producción y/o los similares. Esto se puede realizar de varias maneras adecuadas. Por ejemplo, la medición fluorescente asociada

con el detector de fluorescencia se puede dividir por la medición del detector de referencia para proporcionar una medición fluorescente normalizada. Esto, en esencia, resta los efectos de la variación con respecto a la fuente de luz de excitación como se describió anteriormente. En una modalidad, el detector de referencia y el detector de fluorescencia incluyen el mismo tipo de detector. Esto alivia de manera eficaz cualquier variabilidad en la detección entre el detector de referencia y el detector de fluorescencia que puede deberse a diferencias en el tipo de detector que se usa. Se debe apreciar que el detector de referencia también se puede aplicar para eliminar de manera eficaz cualquier variabilidad en la segunda fuente de luz de cualquier manera adecuada, tal como de manera similar como se describió anteriormente con respecto a la fuente de luz de excitación.

Además, la punta de sonda intercambiable incluye una abertura. La abertura se puede fabricar de cualquier material adecuado y se puede ajustar el tamaño y configurar de cualquier manera adecuada incluyendo una forma de tubo cilíndrico. La emisión de fluorescencia pasa al detector a través de la abertura. De esta manera, se puede ajustar el tamaño y conformar de manera eficaz la abertura para minimizar los efectos de la turbidez en las capacidades de detección fluorescentes del fluorómetro. La turbidez puede provocar la dispersión de la luz que se puede detectar y por lo tanto interferir con la medición fluorescente. Ya que se disminuye el tamaño de la abertura, esto debe minimizar los efectos de dispersión de la luz debido a la turbidez. Sin embargo, el tamaño de la abertura no debe ser demasiado pequeño de manera que se evite que la fluorescencia emitida o la porción suficiente de la misma pase al detector de fluorescencia.

En una modalidad, la punta de sonda intercambiable incluye dos fuentes de luz, una fuente de luz de excitación y una segunda fuente de luz que no induce la fluorescencia. La segunda fuente de luz se puede usar para corregir los efectos en la medición fluorescente debido a la suciedad, la turbidez y/o los similares. La fuente de excitación está dedicada a dirigir la medición de fluorescencia. Esta fuente emite un haz colimado de luz en la muestra con lo cual la fluorescencia se emite basada en la cantidad de fluoróforo en la muestra. Después la emisión de fluorescencia pasa al detector de fluorescencia a través del filtro donde la luz de excitación se bloquea de manera eficaz el paso al detector de fluorescencia como se describió anteriormente.

Una vez que la detección fluorescente se ha efectuado, se apaga la fuente de excitación y se enciende la segunda fuente de luz. La luz emitida desde la segunda fuente de luz es una longitud de onda diferente de la luz emitida desde la fuente de excitación de manera que no induce fluorescencia. En una modalidad, la fuente de excitación incluye un LED UV, y la segunda fuente de luz incluye un LED IR. La segunda fuente de luz emite luz en el detector de fluorescencia a través de los filtros y la muestra. La segunda emisión de luz se dirige preferentemente a lo largo de una trayectoria que corresponde a la misma trayectoria a lo largo de la cual se pasó la luz desde la fuente de excitación. En una modalidad, pasan las primera y segunda emisiones de luz a lo largo de la misma o sustancialmente la misma trayectoria. Esto permite que la segunda luz, una vez que se detecta, proporcione una indicación precisa que corresponde a la cantidad de suciedad, la turbidez y/o otros efectos en la medición fluorescente. De esta manera, se puede corregir la medición fluorescente de manera adecuada para justificar tales efectos, mejorando por lo tanto las capacidades de detección fluorescentes. Estas correcciones no se pueden hacer con el arreglo óptico convencional de 90°.

Alternativamente, las primera y segunda emisiones de luz pueden derivarse de una trayectoria de emisión que es la misma o sustancialmente la misma. Por lo tanto, las primera y segunda emisiones de luz se pueden configurar para pasar en la porción suficiente a lo largo de la misma trayectoria de manera que la corrección con respecto a la suciedad, la turbidez y/o los similares se puedan realizar de manera eficaz, aunque menos precisa. Se debe apreciar que las primera y segunda fuentes de luz se pueden configurar de varias maneras adecuadas y diferentes, algunas de las cuales se describen con mayor detalle a continuación.

Como se describió anteriormente, el fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención se puede configurar de varias maneras adecuadas. Como se describe a continuación, se proporcionan varios ejemplos de la punta de sonda intercambiable ilustrativa de la presente invención.

Ejemplos

Ejemplo Uno: Punta de sonda intercambiable con configuración del haz en paralelo, normal

Volviendo a la Figura 1, se ilustra una modalidad de la presente invención. La punta de sonda intercambiable incluye una fuente de luz de excitación 12 y una segunda fuente de luz 14. La fuente de excitación 12 incluye un diodo emisor de luz ultravioleta 16 (LED UV). La fuente de excitación 12 emite un haz de luz de excitación colimado 18 que se dirige a un miembro reflectante 20, tales como un espejo dicróico o los similares, como se muestra en la Figura 1. El miembro reflectante 20 es reflectante con respecto a una cantidad sustancial del haz de luz de excitación 18, tal como reflectante aproximadamente el 98% o menor. El miembro reflectante 20 también es transmisible con respecto a la porción restante del haz de luz de excitación, tal como transmisible aproximadamente el 2% o mayor. La porción reflejada 22 de la luz de excitación asociada con la fuente de luz de excitación 12 se dirige a un primer filtro 24 en un ángulo que está perpendicular o sustancialmente perpendicular con respecto al primer filtro 24. El haz de luz de excitación 26 pasa dentro de una célula de medición 28 donde se proporciona la muestra 30 en un arreglo de célula abierta. La proyección de la luz de excitación 26 provoca una emisión de fluorescencia 32 basándose en una cantidad de fluoróforo en la muestra 30. La emisión de

fluorescencia 32 pasa a través de un segundo filtro 34 y dentro de un detector de fluorescencia 36 a través de una abertura 38 que tiene una abertura 40 ajustada en tamaño para recibir el haz colimado de la emisión de fluorescencia 32 en al menos una cantidad sustancial. El detector de fluorescencia 36 actúa después para medir la cantidad de fluorescencia que se puede correlacionar de manera adecuada para una concentración del fluoróforo o fluoróforos específicos en la muestra para propósitos de monitoreo y/o de control.

Para mejorar las capacidades de detección de la detección fluorescente, la punta de sonda intercambiable incluye un detector de referencia 42 que recibe una porción de la luz de excitación 18 a través del miembro reflectante 20 como se describió anteriormente. El detector de referencia 42 se puede usar para compensar las variaciones en la emisión de luz de excitación como se describió anteriormente.

La punta de sonda intercambiable 10 incluye además una segunda fuente de luz 14 que se usa para propósitos de corrección con respecto a la suciedad, la turbidez y/o los similares como se describió anteriormente. La segunda fuente de luz 14 incluye una fuente de LED IR. Esto genera un haz colimado de luz 46 que se dirige hacia el miembro reflectante 20. Una cantidad sustancial del haz 46 se transmite a través del miembro reflectante 20, como haz de luz 48, a lo largo de la misma o sustancialmente la misma trayectoria que el haz de luz de excitación reflejado 22. En una modalidad, aproximadamente el 98% o más del haz de luz se transmite a través del miembro reflectante 20 y dentro de la célula de medición 28. La porción restante del haz de luz 50 asociada con la segunda fuente de luz 14 se refleja a través del miembro reflectante 20 dentro del detector de referencia 42 para compensar las variaciones en la segunda emisión de fuente de luz similar a la emisión de fuente de excitación como se describió anteriormente.

La cantidad transmitida del haz de luz 48 desde la segunda fuente de luz 14 pasa a través de la muestra 30 y pasa además a través del segundo filtro 34 en al menos una cantidad sustancial a lo largo de la misma o sustancialmente la misma trayectoria que la emisión fluorescente 32 pasa a través del segundo filtro 34. La cantidad de luz transmitida asociada con la segunda fuente de luz se detecta después por el detector de fluorescencia 36. Esta medición se puede usar de cualquier manera conocida para corregir los cambios en la medición fluorescente debido a la suciedad, la turbidez y/o los similares como se describió anteriormente.

Ejemplo Dos: Punta de sonda intercambiable con configuración de haz directo

Volviendo a la Figura 2, se proporciona otra modalidad de la punta de sonda intercambiable de acuerdo con la presente invención. La punta de sonda intercambiable 60 incluye una sola fuente de luz 62 que incluye una fuente de LED UV. La fuente de excitación 62 emite un haz de luz colimado 64 a través de un primer filtro 66 y dentro de una célula de medición 68 donde se localiza la muestra 70. Esto provoca la fluorescencia asociada con una cantidad de fluoróforo en la muestra. La emisión de fluorescencia 72 pasa a través de un segundo filtro 74 y dentro de un detector de fluorescencia 76 para propósitos de detección. La emisión de fluorescencia 72 pasa a través de una abertura 78 para minimizar los efectos de la turbidez en la fluorescencia detectable. La abertura 78 se ajusta en tamaño de manera que toda o una porción sustancial de la emisión de fluorescencia pasa a través de la misma y dentro del detector. La punta de sonda intercambiable incluye además un detector de referencia 80 que se puede usar para medir una porción de la luz derivada de la fuente de excitación. Como se describió anteriormente, esto se puede usar después para justificar las variaciones en la fuente de luz de excitación.

Ejemplo Tres: Punta de sonda intercambiable con configuración de haz de doble ángulo

Volviendo a la Figura 3, se proporciona otra modalidad de la punta de sonda intercambiable. La punta de sonda intercambiable 90 incluye una fuente de excitación 92 que incluye una fuente de LED UV. Esto se usa para medir la fluorescencia en una muestra 94 dentro de una célula de medición 193 de manera similar como la proporcionada en el Ejemplo Dos. Con respecto a esto, la fuente de luz de excitación 92 emite un haz colimado de luz 96 en la muestra 94 a través de un primer filtro 98 de manera que se genera una emisión de fluorescencia 100 y después pasa a través de un segundo filtro 102 dentro de un detector 104 a través de una abertura 106. La luz de excitación 96 se bloquea de manera eficaz o al menos una porción sustancial de la misma pasa al detector 104 debido a las características ópticas de los filtros como se describió anteriormente. Por lo tanto, se puede tomar la medición fluorescente con un efecto mínimo, si lo hay, debido a la luz de excitación. La punta de sonda incluye además un detector de referencia 107 que detecta una porción de la luz de excitación derivada de la fuente de excitación. Esto también puede mejorar las capacidades de detección de la punta de sonda como se describió anteriormente.

Además, la punta de sonda 90 incluye una segunda fuente de luz 108. La segunda fuente de luz 108 incluye un LED IR que genera un haz colimado de luz 110. La luz 110 pasa a través del primer filtro 98 en un ángulo separado en perpendicular al primer filtro. Por ejemplo, el ángulo se desplaza en aproximadamente 12° o menos en perpendicular o normal. De esta manera, la segunda fuente de luz 110 pasa a través de la muestra, a través del segundo filtro 102 y dentro del detector 104 a través de la abertura 106 a lo largo de una trayectoria que corresponde en una cantidad suficiente a la trayectoria a través del cual ha pasado la luz de excitación y la emisión fluorescente. El detector después puede medir la intensidad de la segunda fuente de luz que se puede usar para propósitos de corrección como se describió anteriormente. Esto demuestra que la segunda fuente de luz no tiene que pasar necesariamente a lo largo de la misma trayectoria como la fuente de luz de excitación y/o

emisión de la misma para actuar de manera eficaz para propósitos de corrección debido a la suciedad, la turbidez y/o los similares. El detector de referencia 107 se puede usar para medir una porción de la luz desde la fuente de luz 108 para justificar las variaciones en la fuente de luz 108.

5 Ejemplo Cuatro: Punta de sonda intercambiable con configuración de haz de ángulo compuesto

Volviendo a la Figura 4, se proporciona otra modalidad ilustrativa de la punta intercambiable. Generalmente, este ejemplo proporciona otra variación en lo que respecta al posicionamiento con respecto a un par de fuentes de luz que se pueden usar para mejorar las capacidades de detección fluorescentes de la punta de sonda intercambiable.

La punta de sonda intercambiable 120 incluye una fuente de excitación 122 que incluye una fuente de LED UV. Esto se usa para medir la fluorescencia en una muestra 124 dentro de una célula de medición 126. Con respecto a esto, la fuente de luz de excitación 122 emite un haz colimado de luz 128 en la muestra 124 a través de un primer filtro 130 de manera que se genera una emisión de fluorescencia 131 y después pasa a través del segundo filtro 132 dentro de un detector 134 a través de una abertura 136. La luz de excitación 128 pasa a través del primer filtro 130 en un ángulo separado en perpendicular, tal como aproximadamente 90 o menos. La luz de excitación 128 se bloquea de manera eficaz o al menos una porción sustancial de la misma pasa dentro del detector 134 debido a las características ópticas de los filtros como se describió anteriormente. Por lo tanto, se puede tomar la medición fluorescente con un efecto mínimo, si lo hay, debido a la luz de excitación.

Además, la punta de sonda 120 incluye una segunda fuente de luz 137. La segunda fuente de luz 137 incluye un LED IR que genera un haz colimado de luz 138. La luz 138 pasa a través del primer filtro 130 en un ángulo separado en perpendicular, tal como aproximadamente 90 o menos con respecto al primer filtro 130. De esta manera, la segunda fuente de luz 138 pasa a través de la muestra 124, a través del segundo filtro 132 y dentro del detector 134 a través de la abertura 136 a lo largo de una trayectoria que corresponde en una cantidad suficiente a la trayectoria a través del cual ha pasado la emisión fluorescente. El detector 134 después puede medir la intensidad de la segunda fuente de luz que se puede usar para propósitos de corrección como se describió anteriormente. Esto demuestra además que la segunda fuente de luz no tiene que pasar necesariamente a lo largo de la misma trayectoria como la fuente de luz de excitación y/o emisión de la misma para actuar de manera eficaz para propósitos de corrección debido a la suciedad, la turbidez y/o los similares.

La punta de sonda 120 incluye además un detector de referencia 140 que detecta una porción de la luz de excitación derivada de la fuente de excitación. Esto también puede mejorar las capacidades de detección de la punta de sonda como se describió anteriormente. El detector de referencia 140 se puede usar para medir una porción de la luz desde la fuente de luz 137 para justificar las variaciones en la fuente de luz 137.

Ejemplo Cinco: Fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable de autoidentificación

Como se describió anteriormente, el fluorómetro de la presente invención tiene una característica de autoidentificación que permite que el fluorómetro esté listo para su uso una vez que una punta de sonda se intercambia con otra punta de sonda. Volviendo a la Figura 5, el fluorómetro 150 incluye una carcasa 152 y una punta de sonda 154. Se pueden configurar los componentes electrónicos de la carcasa (no se muestran) de cualquier manera adecuada para energizar el fluorómetro 150. Con respecto a esto, el fluorómetro se puede hacer funcionar por baterías. En alternativa, se puede hacer funcionar el fluorómetro mediante una fuente de alimentación externa que se conecta eléctricamente al fluorómetro, tal como a través de la carcasa. La carcasa 152 puede incluir un visualizador 156 para monitorear las mediciones fluorescentes. Al menos varias de las funciones del fluorómetro se pueden automatizar, tal como a través de un interruptor. Por ejemplo, la carcasa 152 puede incluir un interruptor de encendido/apagado 158 y un interruptor de calibración 160 para el funcionamiento en modo de calibración como se muestra en la Figura 5. El cableado del sistema electrónico de la carcasa 152 conduce a un conector eléctrico 162 de cualquier tipo adecuado.

La punta de sonda intercambiable 154 tiene una carcasa 164 con una abertura 166 que define una célula de medición 168 dentro de la cual se puede medir fluorométricamente una muestra 170 como se describió anteriormente. La carcasa de sonda encierra los sistemas óptico y electrónico de la punta de sonda que se puede configurar de cualquier manera adecuada tal como se ilustró anteriormente. El cableado del sistema electrónico, tal como los cables 169 de los detectores, las fuentes de luz y los similares se conectan al conector eléctrico 172 de la punta de sonda 154. Esto permite que se enchufe la punta de sonda 154 en la carcasa 152 a través del acoplamiento del conector eléctrico 172 de la punta de sonda 154 y el conector eléctrico 162 de la carcasa 152.

Una vez que se enchufa la punta de sonda en la carcasa, está listo el fluorómetro de manera eficaz para su uso. La punta de sonda incluye un termistor (no se muestra). Los arreglos ópticos y electrónicos de la punta de sonda están asociados con un termistor respectivo que tiene una resistencia específica como se describió anteriormente. Esto permite que el fluorómetro reconozca qué tipo de punta de sonda se usa una vez que una punta de sonda se ha intercambiado con otra punta de sonda, permitiendo por lo tanto que esté listo para su uso.

5 Se debe apreciar que la propiedad de autoidentificación del fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable se puede configurar de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, las características de autoidentificación de la presente invención pueden incluir la misma o características similares con respecto a la sonda "inteligente" como se describe en la patente de Estados Unidos núm. 6,556, 027 que se concedió el 29 de abril de 2003.

10 La punta de sonda intercambiable puede incluir cualquier tipo adecuado de arreglo óptico y electrónico para propósitos de detección fluorescente, ejemplos de los cuales se han descrito anteriormente. Adicionalmente a la fluorescencia, el fluorómetro se puede adaptar para tomar otras mediciones adicionales, tales como con respecto a la turbidez, colorimetría y los similares. Con respecto a esto, las mediciones de turbidez y colorimetría se pueden tomar con una punta de sonda que se ha configurado de manera específica para esa aplicación. Por lo tanto, la presente invención contempla la intercambiabilidad de las puntas de sonda que pueden medir de forma separada la fluorescencia, la turbidez y colorimetría.

15 Por ejemplo, se puede configurar la punta de sonda de turbidez de manera similar a la punta de sonda fluorométrica como se describió anteriormente. La diferencia entre las dos resulta en los tipos de fuentes de luz. Para la punta de sonda de turbidez, la fuente de luz no debe provocar fluorescencia. Cualquier fuente de luz adecuada se puede usar, tal como un LED UV, LED azul o los similares. Con la punta de sonda de turbidez, se prefiere una fuente de luz azul. Sin embargo, se puede intercambiar la punta de sonda fluorométrica con la punta de sonda de turbidez y viceversa dadas las características de autoidentificación como se describió anteriormente.

20 Con respecto a una de sonda colorimétrica, este diseño es similar al diseño de punta fluorométrico y/o de turbidez excepto porque sólo es necesario un filtro. La fuente de luz se selecciona para corresponderse con una banda de absorción del material que va a detectarse en la muestra. Generalmente, una cantidad colorimétrica asociada con la muestra se puede medir pasando una fuente de luz de excitación, tal como un LED UV, a través de un primer filtro y después dentro de un detector construido para ese tipo particular de detección.

25 Se debe apreciar que los espejos, filtros, detectores, fuentes de luz de excitación, y otros componentes adecuados pueden incluir una variedad de diferentes productos y disponibles comercialmente adecuados o conocidos. Por ejemplo, los detectores están disponibles comercialmente en Hamamatsu Corporation, 360 Foothill Road, Bridgewater, NJ 08807 (Part No. S2386-44K); la fuente de LED UV está disponible comercialmente en Nichia America Corporation, 3000 Town Center Drive, Southfield, Mi 48075 (Part No. NSHU590A); y la fuente de LED IR está disponible comercialmente en Optek Technology, Inc., 1215 W. Crosby Road, Carrollton, TX 75006 (Part No. OP265B).

30 La presente invención puede incluir una variedad de componentes diferentes y adicionales para la optimización del control de procesos, monitoreo y/o automatización. En una modalidad, el fluorómetro incluye un ensamble de placas de circuitos impresos conectados a un controlador, cada uno de una construcción adecuada y conocida (no se muestra). Por ejemplo, el controlador está disponible en Tecnova, 1486 St. Paul Ave., Gurnee, IL 60031 (847)662-6260.

35 Los ensambles de placas de circuitos impresos (PCB) útiles en este dispositivo se deben fabricar para permitir la energización mediante el controlador u otro dispositivo de los componentes del fluorómetro que incluye, por ejemplo, accionadores para las fuentes de excitación y amplificadores para llevar a cabo la conversión de corriente a voltaje y amplificación de señal de los fotodetectores. También se integra el sistema de circuitos para manipular las señales y comunicar la magnitud de las señales al PCB. Se puede incluir el sistema de circuitos adicional para medir la temperatura y/o el estado del interruptor de flujo.

40 El fluorómetro se puede conectar además al controlador mediante un cable de comunicación que permite que el controlador se comunique electrónicamente con el fluorómetro para controlar los componentes del fluorómetro como se describió anteriormente. Sebe seleccionar un protocolo de comunicación adecuado a fin de hacer funcionar el fluorómetro. Los protocolos de comunicación estándar adecuados incluyen, pero sin limitarse a, el protocolo RS-232, I²C, CAN, TCP/IP y un protocolo de comunicación en serie estándar RS-485. El protocolo de comunicación preferido es un protocolo de comunicación en serie estándar RS-485. También es posible usar un protocolo de comunicación inalámbrico entre el fluorómetro y el controlador. Un protocolo de comunicación inalámbrico adecuado es Bluetooth.

45 El controlador puede incluir entradas analógicas múltiples, aisladas. Estas entradas proporcionan información basándose en su magnitud de señal a través de conexiones de 4-20 mA. Las señales se leen mediante las entradas analógicas para controlar la lógica del controlador para proporcionar niveles adicionales de control a, por ejemplo, un sistema de agua industrial. En una modalidad preferida, el controlador el controlador tiene veinte (20) entradas analógicas discretas.

50 Como se describió anteriormente, el fluorómetro de la presente invención se puede usar para monitorear y/o detectar la presencia de uno o más fluoróforos en una muestra derivada de cualquier proceso o sistema adecuado incluyendo sistemas de agua natural, sistemas de agua industrial, u otras fuentes similares. Los sistemas de agua industrial incluyen, pero sin limitarse a, sistemas de agua de torres de enfriamiento (que

5 incluyen sistemas de recirculación, cerrados y de circuito abierto); pozos de petróleo, formaciones de fondo de pozo, pozos geotérmicos y otras aplicaciones de yacimientos petrolíferos; calderas y sistemas de agua de caldera; aguas de proceso de minerales que incluyen lavado mineral, flotación y beneficio; digestores de fábricas de papel, lavadoras, plantas de blanqueo y sistemas de aguas blancas; evaporadores de licor negro en la industria de la pulpa; depuradores de gas y purificadores de aire; procesos de fundición continuos en la industria metalúrgica; sistemas de aire acondicionado y refrigeración; agua de proceso industrial y de petróleo; agua de enfriamiento y de calentamiento de contacto indirecto, tal como agua de pasteurización; sistemas de recuperación y purificación de agua; sistemas de agua de filtración de membrana; flujos de procesamiento de alimentos (carne, verduras, remolachas azucareras, caña de azúcar, cereales, aves de corral, fruta y semilla de soja); y sistemas de tratamiento de residuos así como también en clarificadores, aplicaciones de líquidos-sólidos, tratamiento de aguas residuales municipales y sistemas de aguas industriales y municipales.

15 El fluorómetro de la presente invención se puede usar en una variedad de diferentes aplicaciones de sistemas de agua industriales como se describe, por ejemplo, en las siguientes solicitudes de patente de los Estados Unidos.

20 Los presentes fluorómetro y controlador reivindicados son capaces de funcionar para controlar un sistema de agua de enfriamiento, como se describió y reivindicó en la patente de los Estados Unidos 6,315,909 B1, titulada Uso de la matriz de control para control de sistemas de agua de enfriamiento, concedida el 13 de noviembre de 2001.

Los presentes fluorómetro y controlador reivindicados son capaces de funcionar para controlar una caldera, como se describió y reivindicó en la patente de los Estados Unidos 6,336,058 B1, titulada Uso de matriz de control para el control de la caldera, concedida 1 de enero de 2002.

Reivindicaciones

1. Un fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable (150) que comprende:

5 una carcasa (152) y una punta de sonda fluorométrica (10,60,90,120) conectada de manera intercambiable a la carcasa (152), la punta de sonda (10,60,90,120) que incluye una carcasa de punta de sonda (164) que define una célula abierta (28,68,193,126,168) y que encierra un arreglo óptico de sonda,
10 el arreglo óptico de sonda que incluye una fuente de excitación (12,62,92,122), un detector de fluorescencia (36,76,104,134), un filtro de excitación (24,66,98,130) y un filtro de emisión (34,74,102,132), en donde la fuente de excitación (12,62,92,122) está dirigida al detector de fluorescencia (36,76,104,134) de manera que una muestra (30,70,94,124,170) en la célula abierta (28,68,193,126,168) se puede detectar fluorométricamente, en donde dicha punta de sonda (10,60,90,120) tiene una abertura (38,78,106,136) que está en comunicación con dicho detector de fluorescencia (36,76,104,134), en donde dicha abertura (38,78,106,136) se localiza entre dicha célula abierta (28,68,193,126,168) y dicho detector de fluorescencia (36,76,104,134), en donde el filtro de excitación (24,66,98,130) y el filtro de emisión (34,74,102,132) están cada uno en contacto directo con la muestra (30,70,94,124,170), y en donde dicha abertura (38,78,106,136) reduce los efectos de dispersión de la luz debido a la turbidez.
20

2. El fluorómetro de célula abierta de punta intercambiable (150) de la reivindicación 1 en donde se configura dicha abertura como una forma de tubo cilíndrico.

25

FIG. 1

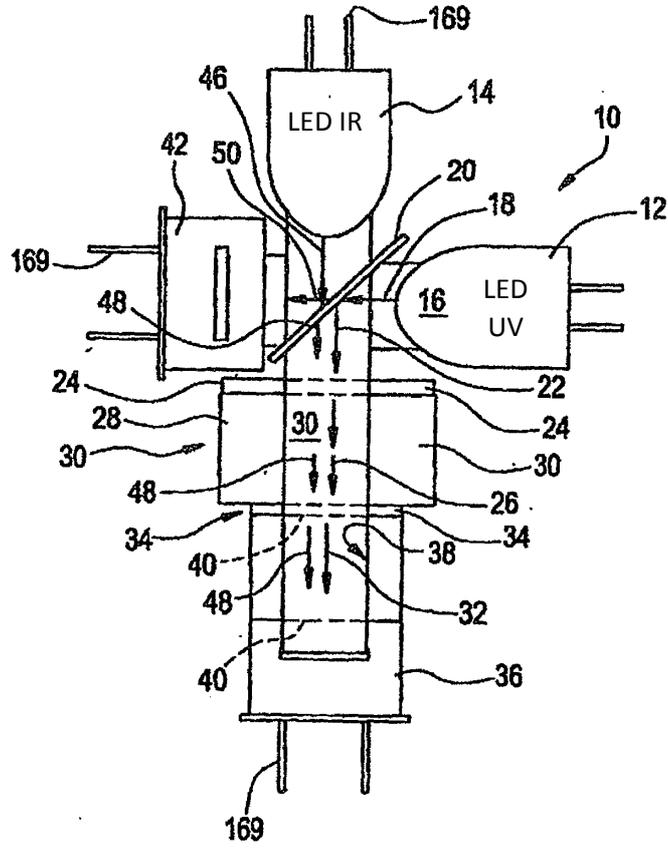


FIG. 2

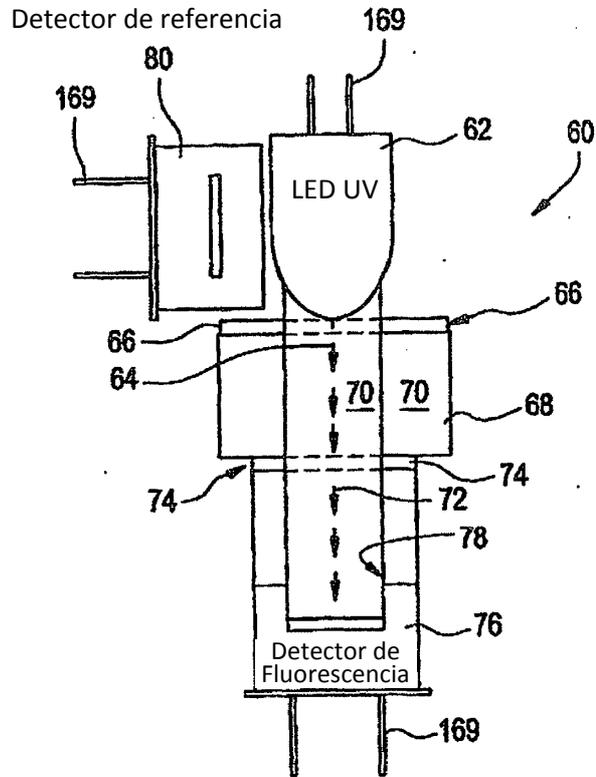


FIG. 3

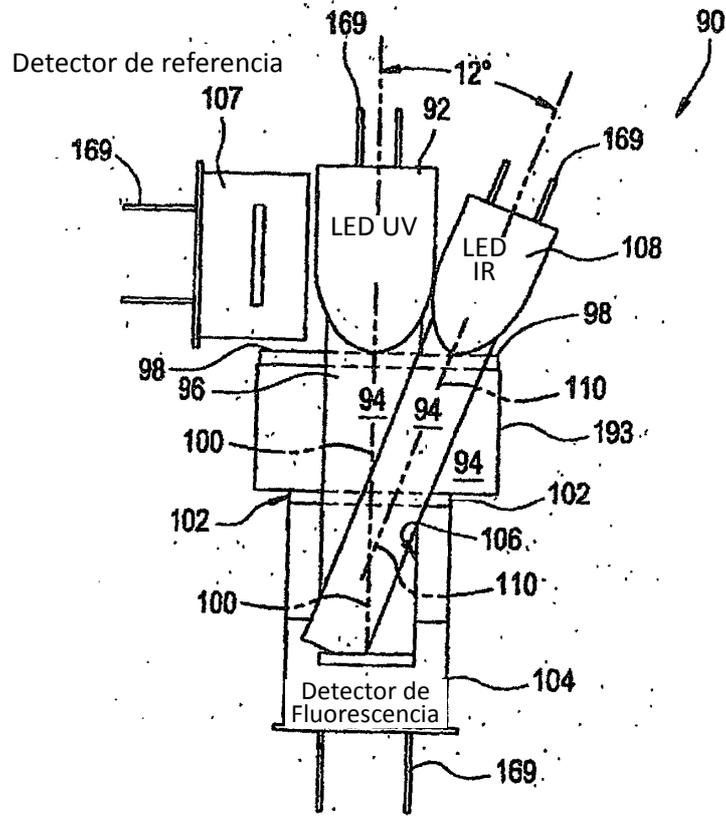


FIG. 4

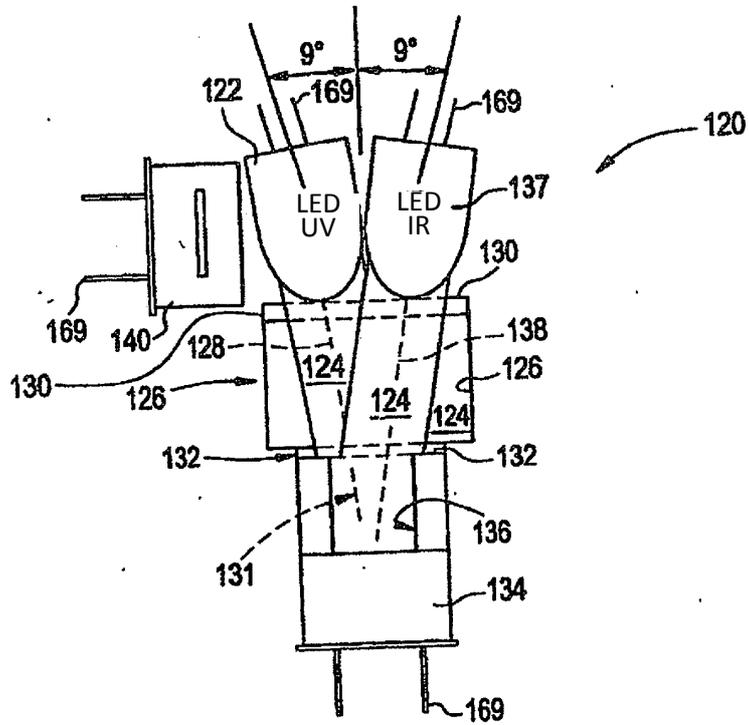


FIG. 5

