



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 464**

51 Int. Cl.:  
**G01N 21/64** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05711948 .9**

96 Fecha de presentación : **20.01.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1718953**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.11.2006**

54 Título: **Fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable.**

30 Prioridad: **30.01.2004 US 769631**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.04.2011**

73 Titular/es: **NALCO COMPANY**  
**1601 W. Diehl Road**  
**Naperville, Illinois 60563-1198, US**

72 Inventor/es: **Banks, Rodney, H.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 356 464 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

**CAMPO DE LA INVENCÓN**

5 La presente invención se refiere, en general, a dispositivos analíticos y procedimientos para monitorizar y/o controlar sistemas o procedimientos industriales o naturales. Más específicamente, la presente invención se refiere a un fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable para detectar la fluorescencia emitida por una muestra derivada de un sistema o procedimiento industrial o natural, de modo que el sistema o procedimiento se pueda monitorizar y, opcionalmente, controlar.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCÓN**

10 Un fluorímetro es un dispositivo analítico que comprende esencialmente una fuente de luz, un medio para seleccionar el intervalo de longitudes de onda de excitación deseado, una célula de muestra, un medio para seleccionar el intervalo de longitudes de onda de emisión deseado y un detector. Un espectrofluorímetro es un tipo específico de fluorímetro en el que el medio para seleccionar el intervalo de longitudes de onda de emisión y/o excitación se realiza mediante una rejilla. Una rejilla actúa para dispersar un continuo de luz en sus componentes. Los espectrofluorímetros se pueden subdividir además en espectrofluorímetros de escaneo, que usan un medio mecánico para escanear el espectro de longitudes de onda basándose en la posición de la rejilla en relación con la fuente de excitación y/o emisión (esto describe un modelo de fluorímetro de laboratorio estándar), o espectrofluorímetros fijos en los que la rejilla está fija con respecto a la emisión. Después, se dirige la emisión (fluorescencia) a una red de detectores. La red de detectores puede ser dispositivos de carga acoplada, abreviado normalmente como "CCD" o la red de detectores puede ser fotodiodos. Después, los detectores se calibran en las unidades de longitud de onda apropiadas. Está disponible un dispositivo comercial como éste de Ocean Optics (disponible de Drysdale and Associates, Inc., P.O. Box 44055, Cincinnati, OH 45244 (513) 831-9625). Este tipo de espectrofluorímetro fijo todavía requiere el dispositivo de selección de longitudes de onda de excitación apropiado, que puede ser una rejilla o un filtro.

20 Los fluorímetros que son más adecuados para su uso bajo condiciones de campo no son espectrofluorímetros de rejilla, más bien, son fluorímetros basados en filtro. Un fluorímetro basado en filtro usa un filtro para excluir todos menos el intervalo de longitudes de onda seleccionado. En general, los fluorímetros basados en filtros conocidos y disponibles actualmente tienen un canal, conteniendo este canal una célula ópticamente apropiada.

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

30 El filtro de excitación permite que la luz del intervalo de longitudes de onda de excitación seleccionado pase a través del filtro y dentro de la célula. Al llevar a cabo pruebas por lotes fuera de línea, se coloca una muestra de, por ejemplo, agua a partir de un sistema de agua industrial o natural y se mantiene en la célula ópticamente apropiada. Al llevar a cabo pruebas en línea, la muestra de agua puede fluir a través de la célula ópticamente apropiada. La luz se absorbe mediante un fluoróforo presente en la muestra de agua, que, a su vez, emite una luz fluorescente (conocida como una señal fluorescente a continuación en el presente documento) 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 emisión y la célula ópticamente apropiada, se elige de modo que permita que sólo la luz emitida por el fluoróforo (la señal fluorescente del fluoróforo) pase a través del filtro al detector de emisión.

35 En general se conoce el uso de fluoróforos en sistemas de agua industriales o en hidrología. Se conoce el uso de trazadores fluorescentes inertes para determinar las pérdidas hidráulicas en sistemas de aguas industriales. Además, también se conoce el uso de trazadores fluorescentes para controlar la dosificación de producto o aditivo en un sistema de agua de refrigeración en circuito abierto o recirculante (véase la patente de los Estados Unidos número 4.783.314). En este procedimiento, se combina un trazador fluorescente con uno o más aditivos en una proporción conocida de trazador en relación con aditivo(s) y después se añade la mezcla al agua de un sistema de refrigeración. Después se usa un fluorímetro para detectar la presencia y la concentración del trazador fluorescente en el agua de refrigeración y, por lo tanto, la presencia y la concentración de la cantidad de aditivo.

40 El documento U.S.-B1-6 369 894 da a conocer un fluorímetro que puede comprender múltiples unidades independientes que pueden detectar más de un fluoróforo.

45 Además, da a conocer un fluorímetro de célula abierta intercambiable que comprende:

50 una sonda fluorimétrica, incluyendo la sonda un alojamiento de sonda que define una célula abierta y encierra una disposición óptica de la sonda, incluyendo la disposición óptica de la sonda una fuente de excitación y un detector de fluorescencia en el que la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia de

modo que se puede detectar fluorimétricamente una muestra en la célula abierta.

El documento U.S. 2003/058450A1 proporciona un dispositivo para la medida óptica de las cualidades de una sustancia a la luz ambiental que comprende una cámara de muestra que tiene una pared translúcida definiendo dicha cámara.

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

Siempre habrá una necesidad continua de fluorímetros mejorados y nuevos que estén disponibles para su uso en el área problemática de la monitorización y el control de procedimientos de agua industrial.

10 **SUMARIO DE LA INVENCIÓN**

El primer aspecto de la presente invención reivindicada es un fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable que comprende:

15 un alojamiento y una punta de sonda fluorimétrica conectada de manera intercambiable al alojamiento, incluyendo la punta de sonda un alojamiento de punta de sonda que define una célula abierta y encierra una disposición óptica de la sonda, incluyendo la disposición óptica de la sonda una fuente de excitación, un detector de fluorescencia y un filtro de excitación y un filtro de emisión, en el que la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia de modo que se puede detectar fluorimétricamente una muestra, y en el que el filtro de excitación y el filtro de emisión están ambos en contacto directo con la muestra.

20 El segundo aspecto de la presente invención reivindicada es un procedimiento de detección de manera fluorimétrica de fluoróforos presentes en una muestra, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

a) proporcionar un fluorímetro, comprendiendo el fluorímetro

25 un alojamiento y una punta de sonda fluorimétrica conectada de manera intercambiable al alojamiento, incluyendo la punta de sonda un alojamiento de punta de sonda que define una célula abierta y encierra una disposición óptica de la sonda, incluyendo la disposición óptica de la sonda una fuente de excitación, un detector de fluorescencia y un filtro de excitación y un filtro de emisión, en el que la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia de modo que se puede detectar fluorimétricamente una muestra, y en el que el filtro de excitación y el filtro de emisión están ambos en contacto con la muestra;

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

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

30 d) operar un controlador de modo que el controlador use las señales fluorescentes detectadas por el fluorímetro para monitorizar y/o controlar el procedimiento industrial o natural a partir del que se toman las muestras.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La figura 1 es una vista de corte seccional de una punta de sonda intercambiable para un fluorímetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

35 La figura 2 es una vista de corte seccional de otra punta de sonda intercambiable para un fluorímetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una vista de corte seccional de todavía otra punta de sonda intercambiable para un fluorímetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

40 La figura 4 es una vista de corte seccional de todavía otra punta de sonda intercambiable para un fluorímetro fabricado de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 es una vista seccional de un fluorímetro de punta de sonda intercambiable fabricado de acuerdo con la presente invención.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS ACTUALMENTE**

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

45 Un "fluoróforo" es: una molécula que, tras la absorción de un fotón de energía (hv) que da como resultado la promoción de un electrón desde el estado electrónico molecular fundamental (S<sub>0</sub>) hasta un estado electrónico excitado (S<sub>1</sub> o S<sub>2</sub> o S<sub>3</sub>) y posteriormente que se relaja hasta el estado vibracional más bajo del estado excitado

$S_1$ , emite un fotón de energía "E" (hv) que es menor en energía (aunque mayor en longitud de onda) de lo que se absorbió. Cabe destacar que se puede ilustrar esta relación con la ecuación:

$E_{(\text{absorción})} > E_{(\text{fluorescencia})}$ . Esta emisión de energía da como resultado la vuelta del estado molecular electrónico al estado fundamental ( $S_0$ ). El procedimiento total da como resultado la emisión de fotones fluorescentes en una distribución isotrópica. Los fluoróforos que pueden detectarse mediante el actual fluorímetro reivindicado deben poder 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.

"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 refrigeración, ni 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 dan normalmente en los sistemas de agua de refrigeración. Los expertos en la técnica de los sistemas de agua de refrigeración conocen las condiciones que se dan normalmente en los sistemas de agua de refrigeración.

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

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

La presente invención proporciona un fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable. Este fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable incluye una o más puntas de sonda que se pueden usar de manera intercambiable con respecto al mismo fluorímetro. Al menos una de las puntas de sonda incluye una disposición óptica que permite la detección fluorimétrica de una muestra en una célula de medida asociada con el fluorímetro tal como una célula de medida en una configuración de célula de flujo o abierta. En general, la disposición óptica de la punta de sonda incluye una fuente de excitación y un detector de fluorescencia de modo que la fuente de excitación está dirigida hacia el detector de fluorescencia, tal como directamente hacia el detector en una disposición de  $180^\circ$  o una disposición sustancialmente aproximada de  $180^\circ$ . Esto proporciona eficazmente un diseño simple y elegante que se puede usar eficazmente para detectar, monitorizar y/o controlar corrientes industriales o naturales basadas en una medida fluorimétrica a partir de una muestra derivada de las mismas. Debe apreciarse que la presente invención contempla una disposición con respecto a la fuente de excitación y al detector de fluorescencia que puede desviarse de una disposición de  $180^\circ$  tal como se describe a continuación con más detalle.

El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención puede proporcionar una alternativa de bajo coste a los fluorímetros convencionales. En una realización, se proporciona el fluorímetro de la presente invención en un estilo de linterna que se puede sujetar y conformar de cualquier manera adecuada, tal como una conformación de tubo cilíndrico. A este respecto, se puede tomar una medida sumergiendo la punta intercambiable del fluorímetro de la presente invención en una muestra de agua para el procedimiento, por ejemplo, agua de refrigeración tratada con productos químicos de tratamiento y usando fluorímetros para detectar fluoróforos, pulsando un botón y leyendo el nivel de producto, tal como en partes por millón (ppm) en una pantalla.

Con este fluorímetro, el énfasis del diseño está en el coste mínimo para pequeñas cantidades y la facilidad de uso para los operadores no expertos. La conformación de tubo cilíndrico tiene muchas características funcionales deseables, incluyendo el funcionamiento a batería, la lectura numérica, la calibración de dos puntos, la compensación para la temperatura de la muestra, la turbidez y la suciedad de las superficies ópticas, la comunicación con el ordenador Palm o similares para descargar los datos almacenados, una punta de sonda de fluorímetro auto-identificativa, única y similares. Se puede fabricar el fluorímetro de la presente invención con un conector y una salida de control del procedimiento, para controlar una bomba de alimentación química, registrar los datos y/o para realizar otras actividades de control y/o monitorización del procedimiento adecuadas. Por ejemplo, el fluorímetro de la presente invención se puede adaptar para que alerte al usuario si se requiere limpiar la punta.

Un aspecto importante de la presente invención es la punta de sonda intercambiable. En general, la punta de sonda proporciona un fluorímetro autónomo, pequeño con sistemas de circuitos y sistemas ópticos incorporados, tal como para identificación de tipo, detectores, fuentes de luz, medida de temperatura y similares. La punta de sonda se construye de modo que se pueda enchufar fácilmente en el alojamiento del fluorímetro. 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 muestra, tal como para medir la fluorescencia derivada de diferentes fluoróforos, por el deterioro de la punta y/o similares. Tras reemplazar una punta intercambiable por otra punta intercambiable, el fluorímetro está listo para usar con un mínimo, o de manera efectiva sin, esfuerzo añadido requerido por parte del operador. Esta es una ventaja práctica enorme para la presente invención reivindicada,

especialmente si se compara con el esfuerzo requerido para configurar y usar dos fluorímetros diferentes.

5 A este respecto, la punta de sonda contiene virtualmente todos los sistemas electrónicos y los sistemas ópticos para realizar las medidas de fluorescencia. Por ejemplo, se puede incorporar una ganancia adecuada en la configuración electrónica asociada con la punta de sonda, liberando, por tanto, a la unidad principal de tener que ajustar los parámetros de ganancia. Además, se pueden minimizar las interferencias de ruido situando los sistemas electrónicos dentro de la punta de sonda. Se puede configurar la fuente de excitación, tal como una fuente de diodo de emisión de luz (DEL), para que tenga su propia resistencia en serie de modo que la unidad principal no tenga que regular la corriente del DEL.

10 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 de termistor basándose en, por ejemplo una temperatura de 25°C, las puntas de sonda son auto-identificativas de manera efectiva, sin complejidad ni coste añadido. 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 se enchufa la punta de sonda en el alojamiento del fluorímetro y se manifiesta la resistencia del termistor, se puede identificar la disposición electrónica y óptica específica con respecto a la punta de sonda, permitiendo por tanto que el fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable esté listo para usar.

20 Tal como se ha debatido previamente, la punta de sonda tiene una disposición óptica que proporciona un perfil fino y lineal para el fluorímetro. A este respecto, 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 una disposición de 180° o en desviaciones aceptables de la misma. Esto es diferente de los fluorímetros de muestra de un canal convencionales en los que la detección de la luz fluorescente emitida desde el fluoróforo está a un ángulo de 90° con respecto a la fuente de luz, tal como se ha debatido previamente. Basándose en estas diferencias, el fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención puede proporcionar varias ventajas sobre los fluorímetros de muestra de un canal convencional incluyendo, por ejemplo, un diseño simple y elegante, sensibilidad seleccionable, compensación precisa para la turbidez y la suciedad de la ventana, y similares, tal como se ha descrito a continuación.

25 El fluorímetro 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 potenciar las capacidades de detección fluorescente. Los atributos físicos de los filtros también pueden potenciar la sensibilidad de la detección en comparación con el cuarzo, las células de muestra de vidrio, las cubetas o similares que pueden contribuir a la dispersión de luz no deseada de modo que se puede reducir el intervalo de concentración y la sensibilidad. A este respecto, la muestra medida está en contacto directo con los filtros que definen el volumen de medida. Por tanto, el uso de la expresión "célula abierta" como un descriptor del hecho de que son los propios filtros los que forman las uniones externas de la célula de muestra y no hay ninguna otra estructura implicada en la célula de muestra, aparte de las paredes externas del propio alojamiento.

30 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 modo que se pueda realizar la limpieza con cepillo o química de la célula cuando sea necesario. Diseñando los filtros ópticos para un interfaz de agua en el lado de la muestra y un interfaz de aire en el lado interno, se puede optimizar el rendimiento de los filtros para analizar niveles bajos de fluoróforos.

35 El fluorímetro de la presente invención puede incluir una variedad de diferentes componentes diseñados con cualquier configuración adecuada dependiendo de la aplicación. Puede estar configurado como una unidad independiente o puede estar integrado con uno o más componentes de procedimiento adicionales con fines de monitorización y/o de control de cualquier manera adecuada y conocida. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable se puede adaptar con fines de detección de cualquier manera adecuada, tal como con fines de muestreo puntuales, detección en línea, detección en procedimiento y/o similares.

40 En general, el fluorímetro incluye una punta de sonda fluorimétrica que está conectada de manera intercambiable a un alojamiento. La punta de sonda fluorimétrica incluye una fuente de luz de excitación. La fuente de excitación puede incluir cualquier tipo adecuado de fuente de luz, tal como una fuente de luz monocromática, una fuente de luz policromática y similares. Por ejemplo, la fuente de excitación puede incluir una fuente de DEL, una fuente de láser y similares. La fuente de DEL puede emitir luz de diversas longitudes de onda, tales como un DEL IR, un DEL UV, un DEL azul y/o similares.

45 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 medida con una configuración de célula abierta definida por el alojamiento de la punta de sonda y la superficie del filtro de la luz de excitación y la superficie del filtro de la luz de emisión. La muestra está en contacto directo con los filtros, tal como se ha debatido previamente. Esto permite que se

5 proteja la luz de excitación en la muestra dentro de la célula de medida, después de lo cual se produce fluorescencia debido a la presencia de uno o más fluoróforos en la muestra. La fluorescencia emitida pasa después a través de un filtro adicional y se dirige hacia un detector de fluorescencia con fines de detección. El filtro adicional también actúa para bloquear de manera efectiva 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 una disposición óptica de 180°. Tal como se ha debatido previamente, esta disposición óptica proporciona varias ventajas en comparación con los fluorímetros que usan una disposición óptica de 90° convencional.

10 La muestra puede emitir luz fluorescente debido a la presencia de uno o más fluoróforos dentro de la muestra, tal como se ha debatido anteriormente. Con respecto a la descripción de los fluoróforos que se pueden detectar mediante el presente fluorímetro reivindicado, es necesario destacar que, para que se pueda detectar mediante el presente fluorímetro reivindicado, el fluoróforo debe poder absorber luz en las longitudes de onda de desde aproximadamente 200 nm hasta aproximadamente 1200 nm y emitirla a una longitud de onda ligeramente mayor. Preferiblemente, 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 de fluoróforo en la muestra. En una realización, el detector de fluorescencia puede medir una intensidad de la fluorescencia que se puede equiparar a una concentración de fluoróforo, tal como entiende generalmente un experto en la técnica.

20 Se pueden fabricar los filtros de cualquier material adecuado. En general, se proporcionan y se requieren las propiedades químicas, mecánicas y ópticas del filtro, tal como sigue de acuerdo con una realización. 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, DEL UV) o la fluorescencia emitida. Tal como se mencionó anteriormente, el primer filtro permite esencialmente que toda la luz de excitación pase a través de él 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 efectiva el paso de la luz de excitación a través del segundo filtro e inevitablemente al detector. Por tanto, esto asegura que los efectos de las interferencias de la luz de excitación con respecto a la medida de la fluorescencia se eliminen de manera efectiva o, al menos, se reduce mayormente. Este efecto se puede potenciar adicionalmente si las bandas de paso de los filtros están cortadas de forma profunda y limpia.

30 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, turbidez y/u otros efectos similares que puedan repercutir adversamente en las capacidades de detección del fluorímetro, tal como se describe con más detalle a continuación.

35 Con respecto a las propiedades mecánicas, el filtro incluye una superficie expuesta que es dura de modo que puede resistir el uso general, tal como la limpieza, el cepillado, las partículas abrasivas en la muestra y similares. Ésta es una cualidad importante debido al hecho de que los filtros actúan para definir la configuración de célula abierta de la célula de medida de acuerdo con una realización de la presente invención. A este respecto, la muestra está en contacto directo con los filtros y por tanto debe poder funcionar de manera efectiva bajo condiciones de procedimiento normales. Los filtros también son químicamente inertes de manera efectiva. De esta manera, los filtros no deben ser reactivos, tales como con respecto a la muestra, a las soluciones de limpieza y similares. Teniendo los filtros definen la célula de medida, se elimina de manera efectiva la dispersión de luz debida a las células de muestra de vidrio en los fluorímetros convencionales.

45 También se pueden usar los filtros para ajustar la sensibilidad de la detección de fluorescencia. A este respecto, se puede variar la distancia entre los filtros y, por tanto, actúa de manera efectiva para ajustar la sensibilidad. Esto puede ser útil si las muestras de medida pueden requerir diferentes niveles de detección de la sensibilidad. Por ejemplo, una muestra más concentrada puede requerir una sensibilidad inferior para potenciar las capacidades de detección. A este respecto, se puede disminuir el espacio entre los filtros para crear un volumen menor de la muestra medida, descendiendo por tanto la sensibilidad con respecto a la detección de la misma. Para muestras menos concentradas, se puede incrementar el espacio para incrementar la sensibilidad. Por tanto, se puede adaptar fácilmente la presente invención para ajustar los diversos niveles de sensibilidad dependiendo de la aplicación. Este ajuste de la sensibilidad no se puede lograr con la disposición óptica de 90° convencional.

55 Preferiblemente, el filtro incluye una estructura en capas. En general, el filtro proporciona una capa de filtro de paso bajo y una capa de filtro de paso alto que están separadas mediante una capa de sustrato, tal como un sustrato de vidrio. Esta estructura permite que pase la emisión de fluorescencia hacia el detector por medio del filtro mientras se bloquea de manera efectiva 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. Debe apreciarse que se puede requerir la modificación de un material de filtro comercialmente disponible y su

personalización con respecto a las propiedades químicas, mecánicas y ópticas del filtro dependiendo de su aplicación.

La punta de sonda intercambiable puede incluir otros componentes adicionales y adecuados que puedan potenciar adicionalmente sus capacidades de detección. Por ejemplo, la punta de sonda puede incluir un detector de referencia. Esto se usa para medir una parte de la fuente de luz de excitación durante la detección fluorescente. A este respecto, se puede usar el detector de referencia para compensar las variaciones en la emisión de luz de excitación debido, por ejemplo, a 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 similares. Esto se puede realizar de varias maneras adecuadas. Por ejemplo, se puede dividir la medida fluorescente asociada con el detector de fluorescencia por la medida del detector de referencia para proporcionar una medida fluorescente normalizada. Esto, en esencia, resta los efectos de variación con respecto a la fuente de luz de excitación, tal como se ha debatido anteriormente. En una realización, el detector de referencia y el detector de fluorescencia incluyen el mismo tipo de detector. Esto alivia de manera efectiva 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. Debe apreciarse que también se puede aplicar el detector de referencia para eliminar de manera efectiva cualquier variabilidad en la segunda fuente de luz de cualquier manera adecuada, tal como de manera similar a como se ha debatido anteriormente con respecto a la fuente de luz de excitación.

Además, la punta de sonda intercambiable puede incluir una abertura. Se puede fabricar la abertura de cualquier material adecuado y se puede ajustar su tamaño y configurar de cualquier manera adecuada incluyendo una conformación de tubo cilíndrico. En una realización, la emisión de fluorescencia para al detector por medio de la abertura. De esta manera, se puede conformar y ajustar el tamaño de la abertura de manera efectiva para minimizar los efectos de la turbidez sobre las capacidades de detección fluorescente del fluorímetro. La turbidez puede provocar dispersión de luz que se puede detectar y por tanto interferir con la medida fluorescente. Ya que se disminuye el tamaño de la abertura, esto debe minimizar los efectos de dispersión de luz debido a la turbidez. Sin embargo, el tamaño de la abertura no debe ser demasiado pequeño de modo que se evite que la fluorescencia emitida o una parte suficiente de la misma pase al detector de fluorescencia.

En una realización, 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 fluorescencia. La segunda fuente de luz se puede usar para corregir los efectos en la medida fluorescente debido a la suciedad, turbidez y/o similares. La fuente de excitación está dedicada a dirigir la medida de fluorescencia. Esta fuente emite un haz colimado de luz en la muestra después de lo cual se emite fluorescencia basándose en la cantidad de fluoróforo en la muestra. Después, la emisión de fluorescencia pasa al detector de fluorescencia por medio del filtro en el que se bloquea de manera efectiva la luz de excitación del paso al detector de fluorescencia, tal como se ha debatido previamente.

Una vez se ha realizado la detección fluorescente, se apaga la fuente de excitación y se enciende la segunda fuente de luz. La luz emitida desde la segunda fuente de luz es de longitud de onda diferente a la luz emitida desde la fuente de excitación de modo que no induce fluorescencia. En una realización, la fuente de excitación incluye un DEL UV y la segunda fuente de luz incluye un DEL IR. La segunda fuente de luz emite luz en el detector de fluorescencia por medio de los filtros y la muestra. La segunda emisión de luz se dirige preferiblemente a lo largo del trayecto que corresponde al mismo trayecto a lo largo del que se pasó la luz de la fuente de excitación. En una realización, la primera y segunda emisiones de luz pasan a lo largo del mismo o sustancialmente del mismo trayecto. Esto permite que la segunda luz, una vez detectada, proporcione una indicación precisa que corresponde a la cantidad de suciedad, turbidez y/u otros efectos de la medida fluorescente. De esta manera, se puede corregir la medida fluorescente de cualquier manera adecuada para justificar tales efectos, potenciando por tanto las capacidades de detección fluorescente. Estas correcciones no se pueden realizar con la disposición óptica de 90° convencional.

Alternativamente, la primera y segunda emisiones de luz se pueden desviar de un trayecto de emisión que es el mismo o sustancialmente el mismo. Por tanto, la primera y segunda emisiones de luz se pueden configurar para pasar en una parte suficiente a lo largo del mismo trayecto de modo que la corrección con respecto a la suciedad, turbidez y/o similares se puedan realizar de manera efectiva, aunque menos precisa. Debe apreciarse que se pueden configurar la primera y segunda fuentes de luz de varias maneras diferentes y adecuadas, algunas de las cuales se describen con mayor detalle a continuación.

Tal como se ha debatido previamente, se puede configurar el fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la presente invención de varias maneras adecuadas. Tal como se detalla a continuación, se proporcionan varios ejemplos de la punta de sonda intercambiable ilustrativos de la presente invención.

### **EJEMPLOS**

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

En cuanto a la figura 1, se ilustra una realización de la presente invención. La punta de sonda intercambiable

10 incluye una fuente de luz de excitación 12 y una segunda fuente de luz 14. La fuente de excitación 12 incluye un diodo de emisión de luz ultravioleta 16 (DEL UV). La fuente de excitación 12 emite un haz de luz de excitación colimado 18 que está dirigido hacia un miembro reflector 20, tal como un espejo dicróico o similar, tal como se muestra en la figura 1. El miembro reflector 20 es reflector con respecto a la cantidad sustancial del haz de luz de excitación 18, tal como reflector de aproximadamente el 98% o menor. El miembro reflector 20 también es transmisivo con respecto a la parte restante del haz de luz de excitación, tal como transmisivo de aproximadamente el 2% o superior. La parte reflejada 22 de luz de excitación asociada con la fuente de excitación 12 está dirigida hacia un primer filtro 24 en un ángulo que es perpendicular o sustancialmente perpendicular con respecto al primer filtro 24. El haz de luz de excitación 26 pasa dentro de una célula de medida 28 en la que se proporciona la muestra 30 en una disposición de célula abierta. La protección 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 del segundo filtro 34 y dentro del detector de fluorescencia 36 por medio de una abertura 38 que tiene una apertura 40 ajustada en tamaño para recibir el haz colimado de emisión de fluorescencia 32 en al menos una cantidad sustancial. Después, el detector de fluorescencia 36 actúa para medir la cantidad de fluorescencia que se puede correlacionar de cualquier manera adecuada con una concentración del fluoróforo o fluoróforos diana en la muestra con fines de monitorización y/o de control.

Para potenciar las capacidades de detección de la detección fluorescente, la punta de sonda intercambiable incluye un detector de referencia 42 que recibe una parte de la luz de excitación 18 por medio del miembro reflector 20, tal como se ha debatido previamente. Se puede usar el detector de referencia 42 para compensar las variaciones en la emisión de luz de excitación, tal como se ha debatido previamente.

La punta de sonda intercambiable 10 incluye además una segunda fuente de luz 14 que se usa con fines de corrección con respecto a la suciedad, turbidez y/o similares, tal como se ha debatido anteriormente. La segunda fuente de luz 14 incluye una fuente de DEL IR. Esto genera un haz colimado de luz 46 que está dirigido hacia el miembro reflector 20. Se transmite una cantidad sustancial del haz 46 hacia el miembro reflector 20, como haz de luz 48, a lo largo del mismo o sustancialmente del mismo trayecto que el haz de luz de excitación reflejado 22. En una realización, aproximadamente el 98% o más del haz de luz se transmite a través del miembro receptor 20 y dentro de la célula de medida 28. La parte restante del haz de luz 50 asociada con la segunda fuente de luz 14 se refleja por medio del miembro reflector 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, tal como se ha debatido previamente.

La cantidad transmitida de 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 del mismo o sustancialmente el mismo trayecto que la emisión fluorescente 32 pasa a través del segundo filtro 34. Después la cantidad de luz transmitida asociada con la segunda fuente de luz se detecta mediante el detector de fluorescencia 36. Se puede usar esta medida de cualquier manera conocida para corregir cambios en la medida fluorescente debido a la suciedad, turbidez y/o similares, tal como se ha debatido previamente.

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

En cuanto a la figura 2, se proporciona otra realización 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 DEL UV. La fuente de excitación 62 emite un haz de luz colimado 64 a través del primer filtro 66 y dentro de la célula de medida 68 en la que está localizada la muestra 70. Esto provoca 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 con fines de detección. La emisión de fluorescencia 72 pasa a través de una abertura 78 para minimizar los efectos de turbidez en la fluorescencia detectable. Se ajusta el tamaño de la abertura 78 de modo que toda o una parte sustancial de la emisión de fluorescencia pasa a través de ella y dentro del detector. La punta de sonda intercambiable incluye además un detector de referencia 80 que se puede usar para medir una parte de la luz derivada de la fuente de excitación. Tal como se ha debatido previamente, esto puede usarse 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

En cuanto a la figura 3, se proporciona otra realización de la punta de sonda intercambiable. La punta de sonda intercambiable 90 incluye una fuente de excitación 92 que incluye una fuente de DEL UV. Esto se usa para medir la fluorescencia en una muestra 94 dentro de una célula de medida 193 en un diseño similar al proporcionado en el EJEMPLO DOS. A este respecto, la fuente de luz de excitación 92 emite un haz colimado de luz 96 dentro de la muestra 94 por medio de un primer filtro 98 de modo que se genera una emisión de fluorescencia 100 y después pasa a través de un segundo filtro 102 dentro de un detector 104 por medio de una abertura 106. La luz de excitación 96 se bloquea de manera efectiva o al menos una parte sustancial de la misma del paso al detector 104 debido a las características ópticas de los filtros, tal como se ha debatido anteriormente. Por tanto, se puede tomar la medida 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 parte de la luz de excitación derivada de la fuente de excitación. Esto también puede potenciar las capacidades de detección de la punta de sonda, tal como se ha debatido previamente.

Además, la punta de sonda 90 incluye una segunda fuente de luz 108. La segunda fuente de luz 108 incluye un DEL IR que genera un haz colimado de luz 110. La luz 110 pasa a través del primer filtro 98 en un ángulo desplazado en perpendicular al primer filtro. Por ejemplo, el ángulo está desplazado 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 por medio de la abertura 106 a lo largo de un trayecto que corresponde en una cantidad suficiente al trayecto a través del que ha pasado la luz de excitación y la emisión fluorescente. Después, el detector puede medir la intensidad de la segunda fuente de luz que se puede usar con fines de corrección, tal como se ha debatido previamente. Esto demuestra que la segunda fuente de luz no tiene que pasar necesariamente a lo largo del mismo trayecto que la fuente de luz de excitación y/o emisión de la misma para actuar de manera efectiva con fines de corrección debido a la suciedad, turbidez y/o similares. Se puede usar el detector de referencia 107 para medir una parte de la luz desde la fuente de luz 108 para justificar las variaciones en la fuente de luz 108.

Ejemplo cuatro: Punta de sonda intercambiable con configuración de haz de ángulo compuesto

En cuanto a la figura 4, se proporciona otra realización ilustrativa de la punta intercambiable. En general, este ejemplo proporciona otra variación relacionada con el posicionamiento con respecto a un par de fuentes de luz que se pueden usar para potenciar las capacidades de detección fluorescente de la punta de sonda intercambiable.

La punta de sonda intercambiable 120 incluye una fuente de excitación 122 que incluye una fuente de DEL UV. Esto se usa para medir la fluorescencia en una muestra 124 dentro de una célula de medida 126. A este respecto, la fuente de luz de excitación 122 emite un haz colimado de luz 128 dentro de una muestra 124 por medio de un primer filtro 130 de modo que se genera una emisión de fluorescencia 131 y después pasa a través del segundo filtro 132 dentro de un detector 134 por medio de una abertura 136. La luz de excitación 128 pasa a través del primer filtro 130 en un ángulo desplazado en perpendicular, tal como aproximadamente 9° o menos. La luz de excitación 128 se bloquea de manera efectiva o al menos una parte sustancial de la misma del paso al detector 134 debido a las características ópticas de los filtros, tal como se debatió anteriormente. Por tanto, se puede tomar la medida 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 DEL IR que genera un haz colimado de luz 138. La luz 138 pasa a través del primer filtro 130 en un ángulo desplazado en perpendicular, tal como aproximadamente 9° 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 por medio de la abertura 136 a lo largo del trayecto que corresponde en una cantidad suficiente al trayecto a través del que ha pasado la emisión fluorescente. Después, el detector 134 puede medir la intensidad de la segunda fuente de luz que se puede usar con fines de corrección, tal como se debatió anteriormente. Esto demuestra además que la segunda fuente de luz no tiene que pasar necesariamente a lo largo del mismo trayecto que la fuente de luz de excitación y/o emisión de la misma para actuar de manera efectiva con fines de corrección debido a la suciedad, turbidez y/o similares.

La punta de sonda 120 incluye además un detector de referencia 140 que detecta una parte de la luz de excitación derivada de la fuente de excitación. Esto también puede potenciar las capacidades de detección de la punta de sonda, tal como se debatió previamente. Se puede usar el detector de referencia 140 para medir una parte de la luz desde la fuente de luz 137 para justificar las variaciones en la fuente de luz 137.

Ejemplo cinco: Fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable auto-identificativa

Tal como se debatió previamente, el fluorímetro de la presente invención tiene una característica auto-identificativa que permite que el fluorímetro esté listo para usar una vez se intercambie una punta de sonda con otra punta de sonda. En cuanto a la figura 5, el fluorímetro 150 incluye un alojamiento 152 y una punta de sonda 154. Se pueden configurar los sistemas electrónicos del alojamiento (no mostrados) de cualquier manera adecuada para accionar el fluorímetro 150. A este respecto, se puede hacer funcionar el fluorímetro con una batería. Como alternativa, se puede hacer funcionar el fluorímetro mediante una fuente de energía externa que esté conectada de manera eléctrica al fluorímetro, tal como a través del alojamiento. El alojamiento 152 puede incluir una pantalla 156 para monitorizar las medidas fluorescentes. Al menos se pueden automatizar varias de las funciones del fluorímetro, tal como a través de un interruptor. Por ejemplo, el alojamiento 152 puede incluir un interruptor de encendido/apagado 158 y un interruptor de calibración 160 para el funcionamiento en modo de calibración, tal como se muestra en la figura 5. El cableado del sistema electrónico del alojamiento 152 conduce a un conector eléctrico 162 de cualquier tipo adecuado.

La punta de sonda intercambiable 154 tiene un alojamiento 164 con una apertura 166 que define una célula

de medida 168 dentro de la que se puede medir fluorimétricamente una muestra 170, tal como se debatió previamente. El alojamiento de la sonda encierra el sistema óptico y el sistema electrónico de la punta de sonda que se pueden configurar de cualquier manera adecuada, tal como se ilustró anteriormente. El cableado del sistema electrónico, tal como las clavijas 169 de los detectores, las fuentes de luz y similares se conectan al conector eléctrico 172 de la punta de sonda 154. Esto permite que se pueda enchufar la punta de sonda 154 en el alojamiento 152 por medio del acoplamiento del conector eléctrico 172 de la punta de sonda 154 y el conector eléctrico 162 del alojamiento 152.

Una vez se enchufa la punta de sonda dentro del alojamiento, el fluorímetro está listo para usar. La punta de sonda incluye un termistor (no mostrado). La disposición óptica y electrónica de la punta de sonda está asociada con un termistor respectivo que tiene una resistencia específica, tal como se debatió previamente. Esto permite que el fluorímetro reconozca qué tipo de punta de sonda se va a usar una vez que la punta de sonda se haya intercambiado con otra punta de sonda, permitiendo por tanto que esté listo para usar.

Debe apreciarse que se puede configurar la propiedad auto-identificativa del fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, las características auto-identificativas de la presente invención pueden incluir las mismas o similares características con respecto a la sonda "inteligente", tal como se da a conocer en la patente de los Estados Unidos número 6.556.027 que se expidió el 29 de abril de 2003.

La punta de sonda intercambiable puede incluir cualquier tipo adecuado de disposición óptica y eléctrica con fines de detección fluorescente, de los que se han debatido anteriormente ejemplos. Además de fluorescencia, se puede adaptar fluorímetro para tomar otras medidas adicionales, tales como con respecto a turbidez, colorimetría y similares. A este respecto, se pueden tomar las medidas de turbidez y colorimétricas con una punta de sonda que se ha configurado de manera específica para esa aplicación. Por tanto, la presente invención contempla la intercambiabilidad de las puntas de sonda que pueden medir de manera separada fluorescencia, turbidez y colorimetría.

Por ejemplo, se puede configurar la punta de sonda de turbidez de manera similar a la punta de sonda fluorimétrica, tal como se debatió anteriormente. La diferencia entre las dos da como resultado el tipo de fuentes de luz. Para la punta de sonda de turbidez, la fuente de luz no debe provocar fluorescencia. Para la sensibilidad más alta, se elimina la abertura. Se puede usar cualquier fuente de luz adecuada, tal como un DEL UV, DEL azul o similares. Con la punta de sonda de turbidez, es preferible una fuente de luz azul. Sin embargo, se puede intercambiar la punta de sonda fluorimétrica con la punta de sonda de turbidez y viceversa, proporcionando las características auto-identificativas, tal como se debatió anteriormente.

Con respecto a la punta de sonda colorimétrica, este diseño es similar al diseño de punta de turbidez y/o fluorimétrica excepto porque sólo es necesario un filtro. Se elige la fuente de luz para se corresponda con una banda de absorción del material en la muestra que se va a detectar. En general, se puede medir una cantidad colorimétrica asociada con la muestra mediante el paso de una fuente de luz de excitación, tal como DEL UV, a través de un primer filtro y después, dentro de un detector construido para ese tipo de detección particular.

Debe apreciarse que los espejos, filtros, detectores, fuentes de luz de excitación y otros componentes adecuados pueden incluir una variedad de productos conocidos o comercialmente disponibles, adecuados y diferentes. Por ejemplo, los detectores están comercialmente disponibles de Hamamatsu Corporation, 360 Foothill Road, Bridgewater, NJ 08807 (número de pieza S2386-44K); la fuente de DEL UV está comercialmente disponible de Nichia America Corporation, 3000 Town Center Drive, Southfield, MI 48075 (número de pieza NSHU590A); y la fuente de DEL IR LED está comercialmente disponible de Optek Technology, Inc., 1215 W. Crosby Road, Carrollton, TX 75006 (número de pieza OP265B).

La presente invención puede incluir una variedad de componentes adicionales y diferentes para optimizar la automatización, monitorización y/o el control del procedimiento. En una realización, el fluorímetro incluye un ensamblamiento de placas de circuitos impresos conectado a un controlador, cada una de una construcción conocida y adecuada (no mostrada). Por ejemplo, el controlador está disponible de Tecnova, 1486 St. Paul Ave., Gurnee, IL 60031 (847) 662-6260.

Los ensamblamientos de placas de circuito impreso (PCB) útiles en este dispositivo deben fabricarse para permitir que el controlador u otro dispositivo accione los componentes del fluorímetro, lo que incluye, por ejemplo, conductores para las fuentes de excitación y amplificadores para que los fotodetectores realicen la amplificación de señal y la conversión a voltaje actual. También se integra en las PCB la circuitería para manipular las señales y comunicar la magnitud de las señales. También se puede incluir circuitería adicional para medir la temperatura y/o el estado del interruptor de flujo.

El fluorímetro se puede conectar además al controlador mediante un cable de comunicación que permite que el controlador se comunique electrónicamente con el fluorímetro para controlar los componentes del fluorímetro, tal

como se debatió previamente. Debe seleccionarse un protocolo de comunicación adecuado para hacer funcionar el fluorímetro. Los protocolos de comunicación estándar adecuados incluyen, pero no se limitan a, RS-232, I<sup>2</sup>C, CAN, TCP/IP y un protocolo de comunicación en serie RS-485 estándar. El protocolo de comunicación estándar preferido es un protocolo de comunicación en serie RS-485 estándar. También es posible usar un protocolo de comunicación inalámbrico entre el fluorímetro y el controlador. Un protocolo de comunicación inalámbrico de este tipo es Bluetooth.

5

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

10

Tal como se debatió previamente, el fluorímetro de la presente invención se puede usar para monitorizar y/o detectar la presencia de un o más fluoróforos en una muestra derivada de cualquier sistema y/o procedimiento adecuado incluyendo sistemas de agua naturales, sistemas de agua industriales u otras fuentes similares. Los sistemas de agua industriales incluyen, pero no se limitan a, sistemas de agua de torres de refrigeración (incluyendo sistemas abiertos, cerrados y recirculantes abiertos); pozos de petróleo, formaciones de fondo de pozo, pozos geotérmicos y otras aplicaciones de yacimientos petrolíferos; calderas y sistemas de agua de caldera; aguas para procesamiento de minerales incluyendo beneficiación, flotación y lavado de minerales; digestores de fábricas de papel, lavadoras, plantas de blanqueo y sistemas de aguas blancas; evaporadores de licor negro en la industria de la pasta de papel; depuradores de gas y purificadores de aire; procedimientos de colada continua en la industria metalúrgica; sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire; agua para procesamiento de petróleo e industrial; agua de calentamiento y de refrigeración de contacto indirecto, tal como agua de pasteurización; sistemas de purificación y de recuperación de agua; sistemas de filtración de membrana de agua; corrientes de procesamiento de alimentos (carne, verduras, remolachas azucareras, caña de azúcar, cereales, aves de corral, fruta y soja); y sistemas de tratamiento de residuos así como en clarificadores, aplicaciones sólido-líquido, sistemas de aguas municipales o industriales y de tratamiento de alcantarillado municipal.

15

20

25

Se puede usar el fluorímetro de la presente invención en una variedad de aplicaciones de sistemas de agua industriales tal como se da a conocer, por ejemplo, en las siguientes solicitudes de patente de los Estados Unidos.

Los presentes controlador y fluorímetro reivindicados pueden funcionar para controlar un sistema de agua de refrigeración, tal como se describe y se reivindica en la patente de los Estados Unidos 6.315.909 B1, titulada USO DE MATRIZ DE CONTROL PARA EL CONTROL DE SISTEMAS DE AGUA DE REFRIGERACIÓN, expedida el 13 de noviembre de 2001.

30

Los presentes controlador y fluorímetro reivindicados pueden funcionar para controlar una caldera, tal como se describe y se reivindica en la patente de los Estados Unidos 6.336.058 B1, titulada USO DE MATRIZ DE CONTROL PARA EL CONTROL DE CALDERA, expedida el 1 de enero de 2002.

35

Debe entenderse que serán evidentes para los expertos en la técnica varios cambios y modificaciones en las realizaciones actualmente preferidas descritas en el presente documento. Se pueden realizar tales cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se reivindica y sin disminuir sus ventajas auxiliares. Por lo tanto se pretende que tales cambios y modificaciones estén amparados por las reivindicaciones anexas.

## REIVINDICACIONES

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

5 un alojamiento (152) y una punta de sonda fluorimétrica (154, 10) conectada de manera intercambiable al alojamiento, incluyendo la punta de sonda un alojamiento de punta de sonda (164) que define una célula abierta (168, 28) y encierra una disposición óptica de la sonda, incluyendo la disposición óptica de la sonda una fuente de excitación (12), un detector de fluorescencia (36) y un filtro de excitación (24) y un filtro de emisión (34), en el que la fuente de excitación apunta hacia el detector de fluorescencia, de modo que se puede detectar fluorimétricamente una muestra (30) en la célula abierta, y en el que el filtro de excitación y el filtro de emisión están ambos en contacto directo con la muestra.
2. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 1, en el que el filtro de excitación (24) incluye una banda de excitación y el filtro de emisión (34) incluye una banda de emisión, y en el que la banda de excitación y la banda de emisión están suficientemente separadas, de modo que al menos una cantidad sustancial de un haz de luz derivado de la fuente de excitación no pueda pasar a través del filtro de emisión al detector de fluorescencia.
3. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 2, en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12) que emite cada una un haz de luz a la muestra por medio de un miembro reflector (20) en un ángulo perpendicular al filtro de excitación y el miembro reflector incluye un espejo dicróico.
4. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 3, en el que la segunda fuente de luz (14) emite un haz de luz que puede pasar a través del filtro de excitación (24) y del filtro de emisión (34) permitiendo la corrección de la detección fluorimétrica debido, al menos, a una de entre contaminación y turbidez.
5. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 2, en el que la fuente de excitación (12) incluye una sola fuente de excitación que pasa un haz de luz de excitación a través del filtro de excitación (24) provocando por lo tanto una emisión fluorescente derivada de la muestra, en el que la emisión fluorescente pasa a través del filtro de emisión (34) para la detección mientras que el haz de luz de excitación se bloquea de manera efectiva por el paso a su través, y en el que la única fuente de excitación apunta directamente al detector de fluorescencia (36).
6. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 2, en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12), en el que la fuente de excitación emite un haz de luz de excitación en un ángulo perpendicular al filtro de excitación (24), y en el que la segunda fuente de luz emite un segundo haz de luz según un ángulo desplazado de la perpendicular con respecto al filtro de excitación y el segunda haz de luz está desplazado según aproximadamente  $12^\circ$  o menos de la perpendicular con respecto al filtro de excitación.
7. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 6, en el que la segunda fuente de luz puede pasar a través del filtro de excitación (24) y del filtro de emisión (34), de modo que se puede corregir la detección fluorimétrica de, al menos, una de entre suciedad y turbidez.
8. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 2, en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12) de modo que cada una pasa a través del filtro de excitación (24) en un ángulo desplazado de la perpendicular con respecto al filtro de excitación, en el que el ángulo es aproximadamente  $9^\circ$  o menor.
9. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una o más puntas de sonda adicionales además de la punta de sonda fluorimétrica, en el que la punta de sonda fluorimétrica se puede usar de manera intercambiable con una o más de las puntas de sonda adicionales y las puntas de sonda adicionales se seleccionan de, al menos, una de entre una punta de sonda de turbidez y una punta de sonda colorimétrica.
10. El fluorímetro de célula abierta de punta intercambiable de la reivindicación 9, en el que la punta de sonda fluorimétrica y una o más de las puntas de sonda adicionales son auto-identificativas, permitiendo que el fluorímetro esté listo para usar una vez se ha intercambiado una punta de sonda.
11. Un procedimiento para detectar fluorimétricamente fluoróforos presentes en una muestra, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 

50 (a) proporcionar un fluorímetro (150), tal como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones

precedentes;

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

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

5

(d) operar un controlador de modo que el controlador use las señales fluorescentes detectadas por el fluorímetro para monitorizar y/o controlar el procedimiento industrial o natural del que se toman las muestras.

10

**12.** El procedimiento de la reivindicación 11, en el que dicha etapa de proporcionar un fluorímetro comprende proporcionar un fluorímetro tal como se reivindica en la reivindicación 2, y en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12) que emite cada una un haz de luz a la muestra por medio de un miembro reflector (20) en un ángulo perpendicular al filtro de excitación (24) y a lo largo de sustancialmente el mismo trayecto.

15

**13.** El procedimiento de la reivindicación 12, en el que la segunda fuente de luz (14) emite un haz de luz que puede pasar a través del filtro de excitación (24) y del filtro de emisión (34) permitiendo la corrección de la detección fluorimétrica debido, al menos, a una de entre suciedad y turbidez.

20

**14.** El procedimiento de la reivindicación 11, en el que dicha etapa de proporcionar un fluorímetro comprende proporcionar un fluorímetro tal como se reivindica en la reivindicación 1, y en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12), en el que la fuente de excitación emite un haz de luz de excitación en un ángulo perpendicular al filtro de excitación, y en el que la segunda fuente de luz emite un segundo haz de luz según un ángulo desplazado de la perpendicular con respecto al filtro de excitación (24) en el que el segundo haz de luz puede pasar a través del filtro de excitación (24) y del filtro de emisión (34) de modo que se puede corregir la detección fluorimétrica de al menos, una de entre suciedad y turbidez

25

**15.** El procedimiento de la reivindicación 11, en el que dicha etapa de proporcionar un fluorímetro comprende proporcionar un fluorímetro tal como se reivindica en la reivindicación 1, y en el que la disposición óptica de la sonda incluye una segunda fuente de luz (14) además de la fuente de excitación (12) de modo que cada una pasa un haz de luz a través del filtro de excitación (24) en un ángulo desplazado de la perpendicular con respecto al filtro de excitación.

**16.** El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el que la muestra es de agua de una corriente de procedimiento industrial, en el que la corriente de procedimiento industrial es un sistema de agua industrial.

FIG. 1

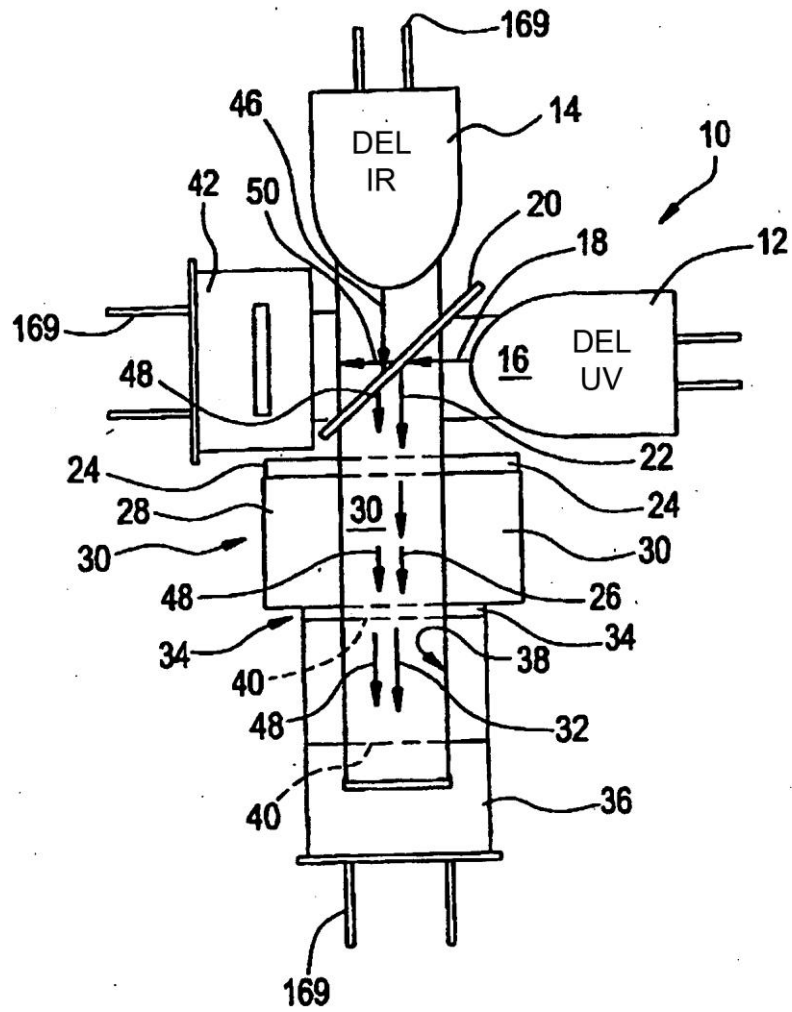


FIG. 2

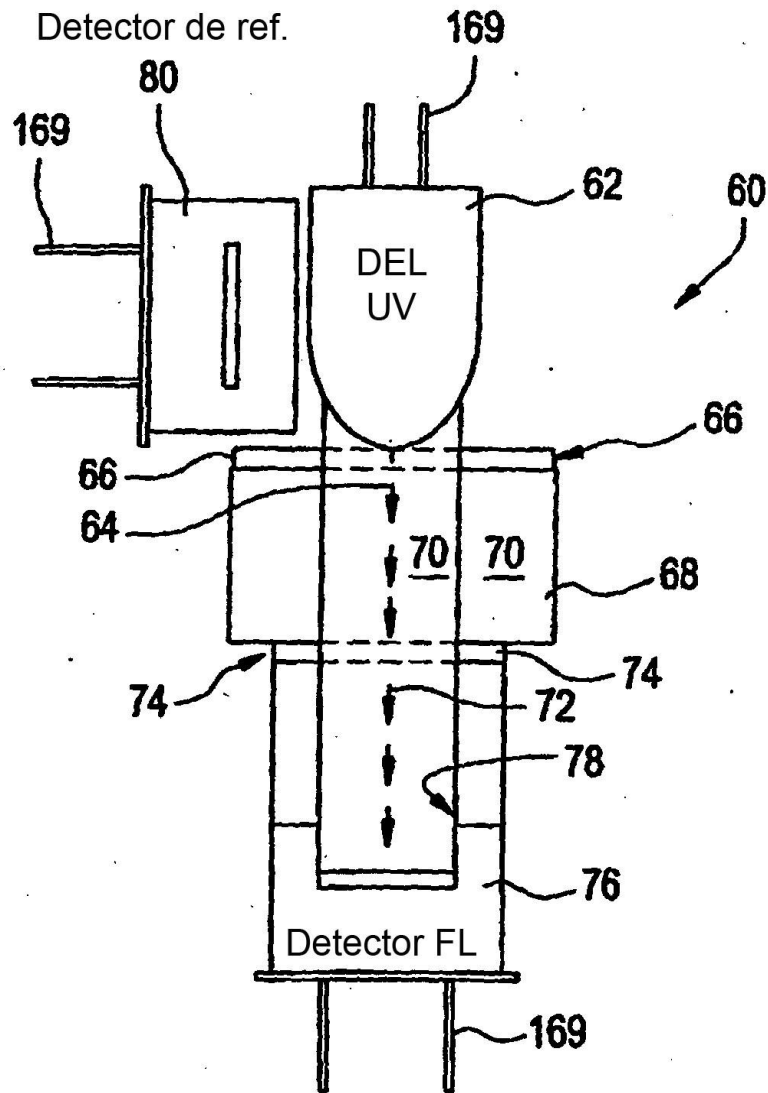


FIG. 3

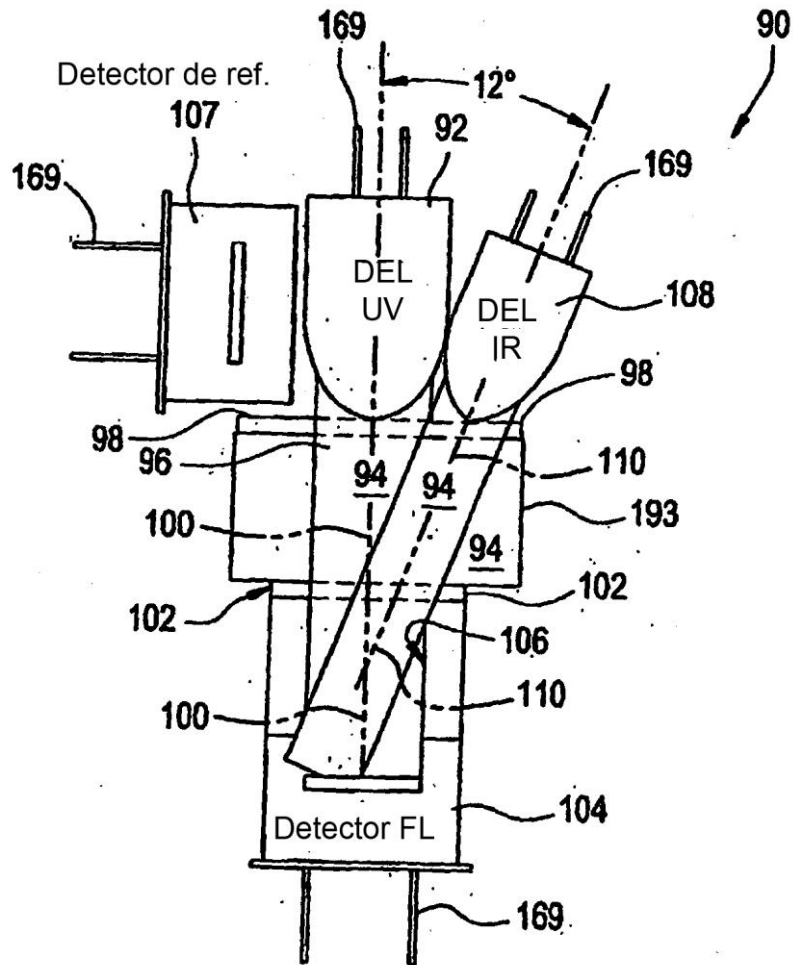




FIG. 4

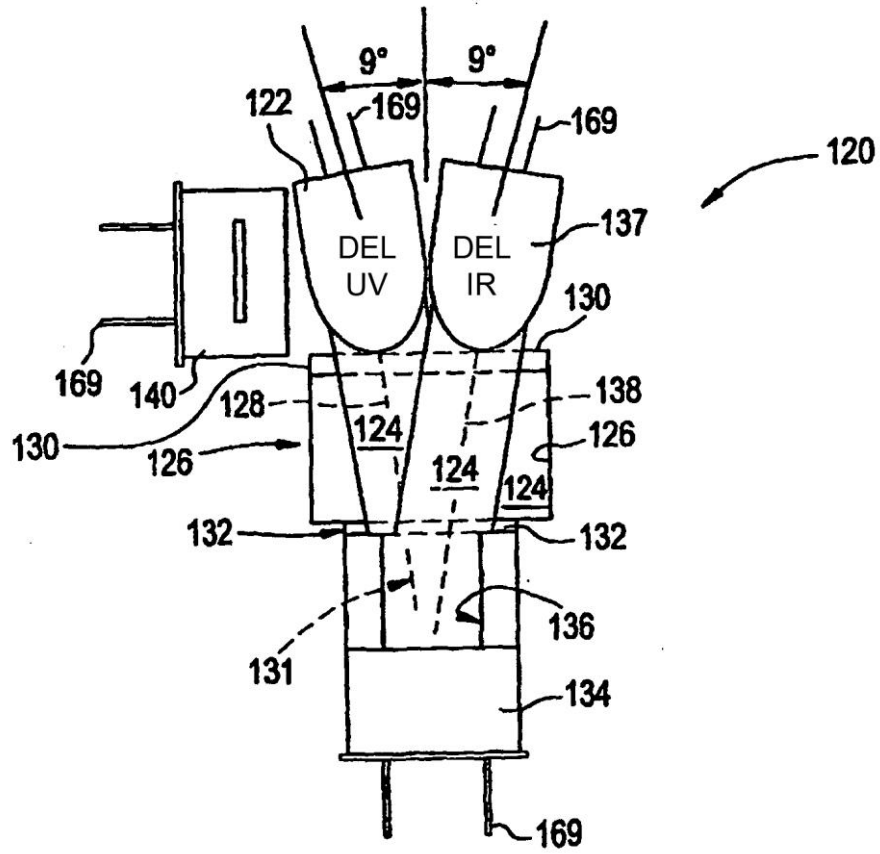


FIG. 5

