

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 280**

51 Int. Cl.:

G01N 21/64 (2006.01)

G01J 1/02 (2006.01)

G01N 21/85 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2011 PCT/IB2011/051304**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011 WO11121521**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11762099 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2553432**

54 Título: **Fluorómetro portátil y método de uso**

30 Prioridad:

31.03.2010 US 750822

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

26.02.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHRISTENSEN, WILLIAM, M.;
TOKHTUEV, EUGENE;
CARLSON, BRIAN, PHILIP;
KRAUS, PAUL, R.;
PESIGAN, BENEDICT, F.;
KLEGIN, JILL, MARIE;
HARTZ, EUGENE, ADRIAN y
KREMER, MICHAEL, PATRICK**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 808 280 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 portátil y método de uso

5 Antecedentes

Las realizaciones de la presente invención generalmente se refieren a dispositivos de medición ópticos para analizar una muestra líquida, y más particularmente a sensores fluorométricos y fluorómetros para determinar y controlar la concentración de una o más sustancias en una muestra líquida.

10 En las operaciones de limpieza y antimicrobianas, los usuarios comerciales (por ejemplo, restaurantes, hoteles, plantas de alimentos y bebidas, supermercados, etc.) confían en la concentración del producto de limpieza o antimicrobiano para que el producto funcione de manera efectiva. Si un producto de limpieza o antimicrobiano no funciona de manera efectiva (debido a problemas de concentración), un usuario comercial puede percibir que el producto es de menor calidad. Los consumidores finales también pueden percibir que el usuario comercial proporciona servicios inferiores. Además, los usuarios comerciales pueden ser investigados y/o sancionados por las agencias reguladoras y de salud del gobierno. En consecuencia, existe la necesidad de un sistema que pueda determinar si la concentración de un producto está dentro de un rango de concentración especificado. Lo mismo puede ser cierto para otras aplicaciones, como el cuidado del agua, el control de plagas, las operaciones de bebidas y embotellado, las operaciones de envasado y similares.

20 Un método para monitorear la concentración de un producto se basa en monitorear la fluorescencia del producto que ocurre cuando la muestra (y el producto dentro de la muestra) se expone a una longitud de onda de luz predeterminada. Por ejemplo, los compuestos dentro del producto o un marcador fluorescente agregado al producto pueden fluorescer cuando se exponen a ciertas longitudes de onda de luz. La concentración del producto se puede determinar utilizando un fluorómetro que mide la fluorescencia de los compuestos y calcula la concentración de la sustancia química en función de la fluorescencia medida.

25 La espectroscopía fluorométrica se refiere a la detección de luz fluorescente emitida por una muestra de interés. Implica el uso de un haz de luz, generalmente luz ultravioleta (UV), que excita los electrones en las moléculas de ciertos compuestos en la muestra y hace que emitan luz de menor energía (es decir, "fluorescentes"). Existen varios tipos de fluorómetros para medir la fluorescencia emitida. Los fluorómetros generalmente tienen una fuente de energía radiante de excitación, un selector de longitud de onda de excitación, una celda de muestra para contener el material de muestra, un selector de longitud de onda de emisión, un detector con procesador de señal y un dispositivo de lectura. Los fluorómetros de filtro utilizan filtros ópticos para aislar la luz incidente y la luz fluorescente. Los espectrofluorómetros utilizan monocromadores de rejilla de difracción para aislar la luz incidente y la luz fluorescente.

Resumen

30 Las realizaciones de la invención generalmente se refieren a varios diseños para un fluorómetro portátil que tiene un cabezal del sensor sumergible capaz de emitir luz de excitación en una muestra de interés y luego detectar y medir las emisiones fluorescentes de la muestra. Las realizaciones del fluorómetro portátil son ventajosamente autónomas e incorporan componentes que permiten que el fluorómetro portátil genere la luz de excitación, detecte y mida las emisiones fluorescentes de la muestra, calcule una concentración de una o más sustancias en la muestra y muestre la(s) concentración(ones) determinada(s) a un usuario, sin necesidad de comunicación con equipos exteriores.

35 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un fluorómetro portátil, como se define en la reivindicación 1.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método, como se define en la reivindicación 9.

Las realizaciones de la presente invención pueden proporcionar una o más de las siguientes características y/o ventajas. Solo las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas son realizaciones de la presente invención.

45 50 55 60 65 Algunas realizaciones proporcionan un fluorómetro portátil UV mejorado con sensibilidad mejorada, por ejemplo, incorporando una configuración eficiente de micro óptica para medir señales fluorescentes en un ángulo (por ejemplo, 90 grados) a la dirección del haz de excitación. Algunas realizaciones proporcionan un fluorómetro portátil útil que combina un mango de controlador portátil con una sonda de inmersión (inmersión) conectada (por ejemplo, unida de forma fija o integral con) el mango del controlador. En consecuencia, en algunos casos, el fluorómetro portátil UV se puede utilizar como sonda de inmersión para medir las emisiones fluorescentes en aguas abiertas. En algunos casos, el fluorómetro portátil se puede usar en condiciones de campo típicas para medir muestras de agua en una taza de muestra. Cuando se usa en un entorno de laboratorio, algunas realizaciones del fluorómetro portátil pueden medir las emisiones fluorescentes en un recipiente de muestra incluida o en un vaso de precipitados de vidrio u otro recipiente. En algunos casos, el fluorómetro portátil puede asegurarse con un miembro de retención e insertarse en una celda de flujo para proporcionar mediciones y concentraciones continuas de una sola muestra o varias muestras que varían

con el tiempo. Por consiguiente, la naturaleza portátil y portable del fluorómetro portátil en algunas realizaciones proporciona flexibilidad con respecto a la colocación del cabezal del sensor del fluorómetro. Como solo algunos ejemplos, el fluorómetro se puede usar de manera fácil y conveniente dentro de una máquina lavaplatos, fregadero, cubeta para trapeador, lavadora y similares.

5 Algunas realizaciones proporcionan un rendimiento mejorado para medir la fluorescencia de un marcador fluorescente tal como disulfonato de naftaleno (NDSA). En algunos casos, se coloca un filtro de película de poliéster que tiene un espesor de aproximadamente 0,5 +/- 0,2 mm entre un filtro de emisión y el fotodetector dentro de un fluorómetro portátil. La incorporación de una película de poliéster de este tipo puede, en algunos casos, minimizar los niveles de luz parásita para permitir mediciones de fluorescencia NDSA en muestras con una turbidez de hasta 100 unidades de turbidez nefelométrica (NTU).

15 Algunas realizaciones proporcionan una precisión mejorada al proporcionar un fluorómetro portátil UV con medios para realizar mediciones de temperatura y compensar la temperatura, en algunos casos en función del marcador fluorescente específico que se evalúa. Además, algunas realizaciones proporcionan mediciones de campo convenientes usando un fluorómetro portátil UV que incluye un nuevo recipiente de muestreo que se puede asegurar en el cuerpo del fluorómetro portátil UV. En algunos casos, el recipiente de muestra sirve como depósito para la muestra de agua y también soporta una posición deseada del fluorómetro cuando se coloca sobre una superficie de soporte plana.

20 Estas y otras características y ventajas serán evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

25 Los siguientes dibujos son ilustrativos de realizaciones particulares y, por lo tanto, no limitan el alcance de la invención. Los dibujos no están a escala (a menos que así se indique) y están destinados para su uso junto con las explicaciones en la siguiente descripción detallada. A continuación, se describirán realizaciones junto con los dibujos adjuntos, en los que los números similares denotan elementos similares.

30 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un fluorómetro portátil de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 2 es un gráfico de la intensidad del espectro de excitación y emisión de acuerdo con algunas realizaciones.

35 La Figura 3 es una vista despiezada de un fluorómetro portátil de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una placa del controlador de acuerdo con algunas realizaciones

40 La Figura 5 es una vista en perspectiva de una placa de la fuente de luz según algunas realizaciones

La Figura 6 es una vista en perspectiva de una placa del detector de emisiones de acuerdo con algunas realizaciones

45 La Figura 7A es una vista en perspectiva superior de un cabezal del sensor según algunas realizaciones

La Figura 7B es una vista en perspectiva inferior del cabezal del sensor de la Figura 7A.

La Figura 7C es una vista en perspectiva, en sección transversal del cabezal del sensor de la Figura 7A.

50 La Figura 8 es un diagrama de flujo que representa un método para determinar una concentración de una sustancia en una muestra de agua de acuerdo con algunas realizaciones

55 Las Figuras 9A-9B son vistas que muestran una vista lateral de un módulo controlador de fluorómetro portátil y una vista en sección transversal de un recipiente de muestra de acuerdo con algunas realizaciones. La realización de la Figura 9B está de acuerdo con la invención.

La Figura 10 es una vista en perspectiva superior de un recipiente de muestra de acuerdo con algunas realizaciones

60 La Figura 11 es una vista lateral de un fluorómetro portátil de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 12 es una vista lateral de un fluorómetro portátil que incluye una vista en sección transversal de un recipiente de muestra y un cabezal del sensor según algunas realizaciones

65 La Figura 13 es una vista lateral de un fluorómetro portátil que incluye una vista en sección transversal de un recipiente de muestra y un cabezal del sensor según algunas realizaciones.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

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

Las realizaciones de la invención generalmente proporcionan un dispositivo de medición óptica portátil que tiene un cabezal del sensor sumergible y métodos para usar dicho dispositivo. Los componentes del dispositivo de medición óptico portátil son ventajosamente autónomos en una configuración portátil, proporcionando una herramienta conveniente para una variedad de usos. De acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo óptico de medición en forma de fluorómetro portátil.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo óptico de medición en forma de fluorómetro portátil 100 de acuerdo con algunas realizaciones. El fluorómetro 100 generalmente incluye un cabezal del sensor sumergible 102 conectado a un módulo controlador portátil 104. El módulo controlador 104 también incluye una pantalla electrónica 110 para visualizar lecturas de sensor y cálculos a un usuario, y una interfaz de entrada en forma de un teclado 112 que permite al usuario interactuar con el fluorómetro 100 (por ejemplo, ingresar variables, configurar parámetros, acceder a elementos del menú, etc.).

Según algunas realizaciones, el módulo controlador 104 tiene una carcasa 106 generalmente alargada que proporciona una forma conveniente, similar a un mango o varilla, para agarrar o sostener fácilmente el fluorómetro 100 con la mano. El cabezal del sensor 102 incluye preferiblemente una carcasa hermética al agua que le permite tomar medidas y funcionar de otro modo cuando se sumerge parcial o totalmente en una muestra líquida de interés. Por consiguiente, en algunos casos, el cabezal del sensor 102 tiene algunas características y/o elementos similares a una sonda sumergible. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el cabezal de sensor sumergible 102 tiene una o más características y/o componentes similares a los descritos en la Patente de Estados Unidos comúnmente asignada No. 7,550,746 y la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos 2009/0212236. La configuración del cabezal de sensor sumergible 102 también puede contrastarse de alguna manera con fluorómetros y otros instrumentos ópticos que colocan los sensores y otros componentes fuera de una celda óptica que contiene la muestra de interés.

En algunos casos, el cabezal del sensor 102 está conectado (por ejemplo, unido o integrado a) una superficie inferior 108 de la carcasa del controlador 106 opuesta a la pantalla 110 y situada cerca de un extremo distal 120 de la carcasa del controlador. De una manera típica, un usuario puede agarrar la carcasa 106 del controlador cerca de un extremo proximal 122 de la carcasa del controlador para tomar medidas de una muestra, leer la pantalla 110 y/o manipular el teclado 112. Por ejemplo, un usuario puede sumergir el cabezal del sensor 102 en una muestra manteniendo el módulo controlador 104 sobre la superficie de una muestra líquida (por ejemplo, en un depósito/recipiente en el campo, un vaso de precipitados en el laboratorio, etc.) con el cabezal del sensor 102 sumergido parcial o completamente en la muestra. En algunas realizaciones, un usuario puede agarrar el segundo extremo del módulo controlador 104 mientras asegura un recipiente de muestra llena con una muestra alrededor del cabezal del sensor sumergible 102. Por supuesto, son posibles otras configuraciones del módulo controlador y del cabezal del sensor.

En general, el fluorómetro portátil 100 mide, como mínimo, las emisiones fluorescentes de una muestra que incluye una sustancia de interés (por ejemplo, una solución química, como un producto antimicrobiano o de limpieza), calcula la concentración de la sustancia en la muestra y muestra la concentración determinada a un usuario. Entonces, el usuario puede realizar opcionalmente cualquier acción deseada basada en la concentración determinada, como, por ejemplo, agregar más sustancia a un sistema industrial para aumentar la concentración de la sustancia. De esta manera, el fluorómetro puede ser parte de un circuito de retroalimentación manual. Si el fluorómetro determina que la concentración es más baja o más alta que un umbral de concentración, el usuario verá la diferencia y podrá ajustar la dispensación del producto de manera apropiada al dispensar más o menos producto. Además, el fluorómetro puede funcionar como parte de una alarma por falta de producto. Cuando se agota un producto, la fluorescencia (que refleja la concentración del producto) caerá por debajo de un nivel umbral predeterminado. En este punto, el sensor puede alertar a un usuario de que el dispensador no tiene producto. La señal puede ser una señal visual o de audio, o una señal vibratoria. En consecuencia, dicha retroalimentación asegurará que haya suficiente composición de limpieza, antimicrobiana u otra para lograr el efecto deseado (limpieza, reducción de microorganismos, lubricación, etc.).

El funcionamiento básico de los fluorómetros es bien conocido y, en consecuencia, se omiten aquí varios detalles para mayor concisión y claridad. En general, el fluorómetro 100 calcula la concentración de una sustancia particular en una muestra líquida basándose en las propiedades fluorescentes de la sustancia. Como se describirá con más detalle aquí, el fluorómetro 100 incluye una fuente de luz que emite luz dentro de un rango de longitud de onda seleccionado. Cuando el cabezal del sensor 102 se sumerge en la muestra líquida, la luz encuentra partículas de la sustancia de interés, lo que excita los electrones en ciertas moléculas de la sustancia y hace que emitan luz de una energía más baja (es decir, "fluorescente") en otro rango de longitud de onda. El cabezal del sensor 102 incluye un sensor óptico, como un fotodetector, que detecta las emisiones fluorescentes y genera una señal eléctrica correspondiente que indica

la intensidad de las emisiones fluorescentes. El fluorómetro 100 incluye un controlador, junto con el sensor óptico, que puede calcular la concentración de la sustancia basándose en una relación conocida entre la intensidad de las emisiones fluorescentes y la concentración de la sustancia.

5 Se contemplan una serie de variaciones y detalles específicos de este proceso general para realizaciones que implican fluorómetros. Por ejemplo, la sustancia de interés puede ser cualquier solución química deseada que tenga propiedades fluorescentes. Los ejemplos incluyen, entre otros, biocidas como pesticidas y productos antimicrobianos, anticorrosivos, antiincrustantes y productos antiincrustantes, desinfectantes y otros productos de limpieza, detergentes, aditivos y similares. Por conveniencia, estas y otras sustancias similares se denominan aquí alternativamente simplemente como "productos", "soluciones químicas", "soluciones de tratamiento" y similares. Además, aunque en el presente se presentan ejemplos que implican determinar la concentración de producto(s) o solución(ones) de tratamiento de agua dentro de una muestra de agua de enfriamiento (por ejemplo, una muestra de agua) utilizada en diversos sistemas industriales (por ejemplo, una torre de enfriamiento), debe apreciarse que el fluorómetro portátil 100 puede ser útil para determinar la(s) concentración(ones) de los productos utilizados en numerosos entornos para tratar el agua y otros líquidos. Como sólo algunos ejemplos, el fluorómetro portátil 100 puede ser útil para las concentraciones determinantes de una o más sustancias en lavandería, artículos de lavado automático, lavado manual, aplicaciones para tercer fregadero, aplicaciones sumidero, cuidado de vehículos, operaciones de limpieza en el lugar, aplicaciones sanitarias, aplicaciones de superficie dura y similares.

20 Muchos productos fluorescen en presencia de luz que irradia desde el cabezal del sensor 102 porque muchos de los compuestos que forman los productos tienen características fluorescentes. Por ejemplo, un compuesto o molécula que tiene un componente de benceno puede incorporar uno o más grupos donadores de electrones sustituyentes tales como -OH, -NH₂ y -OCH₃, y compuestos policíclicos que exhiben características fluorescentes. Muchos compuestos utilizados en las aplicaciones descritas anteriormente incluyen estructuras químicas como estas, tales como tensoactivos, lubricantes, agentes antimicrobianos, solventes, hidrótrofos, agentes antirredeposición, colorantes, inhibidores de corrosión y aditivos blanqueadores. Estos compuestos se pueden incorporar en productos como detergentes para lavar vajillas, abrillantadores, detergentes para la ropa, limpiadores de limpieza en el lugar, antimicrobianos, recubrimientos para pisos, tratamientos para carne, aves y mariscos, pesticidas, composiciones para el cuidado de vehículos, composiciones para el cuidado del agua, piscinas y composiciones de spa, composiciones de envasado aséptico, composiciones de lavado de botellas y similares. Se pueden encontrar ejemplos de algunos de estos compuestos y las aplicaciones correspondientes en la Patente de Estados Unidos Núm. 7,550,746

Además, o alternativamente, los trazadores fluorescentes (también denominados en el presente documento "marcadores fluorescentes") pueden incorporarse en productos que pueden incluir o no compuestos fluorescentes naturales. Algunos ejemplos no limitantes de trazadores incluyen disulfonato de naftaleno (NDSA), ácido 2-naftalenosulfónico, ácido amarillo, sal de sodio del ácido 7,1,3,6,8- pirennetrasulfónico y fluoresceína. En algunas realizaciones, el marcador fluorescente se agrega al producto en una proporción conocida, lo que permite estimar la concentración del producto una vez que se determina la concentración del marcador. Por ejemplo, en algunos casos, la concentración del marcador fluorescente se puede determinar comparando una señal fluorescente actual con señales fluorescentes de concentraciones conocidas del marcador medidas durante un procedimiento de calibración. La concentración del producto químico se puede estimar a partir de la proporción nominal conocida del marcador fluorescente y la concentración medida del marcador fluorescente. En algunos casos, la concentración actual de un producto, C_c, en una muestra líquida puede determinarse por

$$C_c = C_m \times (C_0/C_f),$$

en donde

$$C_m = K_m \times (S_x - Z_0),$$

y

en donde C_m es una concentración actual de marcador fluorescente, K_m es un coeficiente de corrección de pendiente, S_x es una medición fluorescente actual, Z₀ es un desplazamiento a cero, C₀ es una concentración nominal del producto y C_f es una concentración nominal del marcador fluorescente.

55 Con referencia a la Figura 2, se muestra un gráfico 200 de una intensidad de espectro de excitación 202 y una intensidad de espectro de emisión 204 de acuerdo con algunas realizaciones en este ejemplo, un fluorómetro que tiene una fuente de luz en forma de un diodo emisor de luz (LED) ultravioleta (UV) emite luz de excitación dentro de un rango de aproximadamente 280 nm a aproximadamente 310 nm en una muestra de agua de torre de enfriamiento que tiene un producto con un marcador fluorescente agregado, NDSA. El NDSA agregado absorbe esta radiación UV y produce fluorescencia en un rango de aproximadamente 310 nm a aproximadamente 400 nm. El detector de emisiones del fluorómetro detecta esta radiación emitida, y el fluorómetro determina la concentración del trazador NDSA y, en última instancia, la concentración del producto dentro de la muestra de agua de la torre de enfriamiento.

65 La Figura 3 es una vista despiezada de un fluorómetro portátil 300 similar al fluorómetro portátil que se muestra en la Figura 1. El fluorómetro 300 generalmente incluye un cabezal del sensor sumergible 301 conectado a una porción de

módulo controlador 303. El módulo controlador 303 incluye una carcasa y varios componentes dentro de la carcasa. La carcasa está formada por una porción superior 302 y una porción inferior 304, con la porción inferior 304 de la carcasa del controlador que define una superficie inferior 305 en el exterior de la porción inferior. El cabezal del sensor 301 incluye una carcasa del cabezal del sensor 316 que está configurada para ser fijada a la superficie inferior 305 de la carcasa del controlador. En algunas realizaciones, la carcasa del cabezal del sensor 316 puede estar formado integralmente con una o más porciones de la carcasa del controlador.

En algunas realizaciones, el módulo controlador 303 generalmente incluye aquellos componentes necesarios para determinar una concentración de un producto en base a una señal recibida desde el cabezal del sensor 301. Como se muestra en la Figura 3, el módulo controlador 303 incluye una placa del controlador 306 que se acopla con una placa de visualización 308 a través de un cable de la placa de visualización 312. El panel de visualización 308 incluye una pantalla electrónica 309 (por ejemplo, una pantalla LCD) que muestra información a un usuario. El módulo controlador 303 también incluye una interfaz de entrada en forma de una superposición de teclado de membrana 310, que permite al usuario ingresar una variedad de información para su uso por el módulo controlador 303. El módulo controlador 303 también incluye una fuente de energía portátil, por ejemplo, batería 314 para alimentar los circuitos dentro del fluorómetro 300.

En algunas realizaciones, el cabezal de sensor sumergible 301 tiene una o más características y/o componentes similares a los descritos en la Patente de Estados Unidos comúnmente asignada No. 7,550,746 y la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos 2009/0212236. Con referencia de nuevo a la Figura 3, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 301 incluye una carcasa 316 que aloja una placa de la fuente de luz 320 y una placa del detector de emisiones 322. Una primera junta tórica 318 proporciona un sello entre la carcasa del cabezal del sensor 316 y la porción inferior 304 de la carcasa del controlador. Los componentes en la placa de la fuente de luz 320 y la placa del detector de emisiones 322 están protegidos por un tubo de latón 326 que rodea sustancialmente cada placa. Cada tubo 326 incluye un corte en el extremo distal del tubo, y la carcasa del cabezal del sensor 316 incluye ventanas 330 que se extienden a través de la carcasa. Estos cortes y las ventanas 330 permiten una fuente de luz (por ejemplo, LED) colocada en la placa de la fuente de luz 320 y un detector de emisiones (por ejemplo, Fotodetector) colocado en la placa del detector de emisiones 322 para comunicarse con un área analítica fuera de la carcasa del cabezal del sensor 316. Los cables eléctricos 324 acoplan la placa de la fuente de luz 320 y la placa del detector de emisiones 322 a la placa del controlador 306, lo que permite que el controlador en la placa 306 controle la fuente de luz y reciba señales desde el detector de emisiones. En algunas realizaciones, el cabezal del sensor 301 también incluye uno o más sensores de temperatura que pueden medir la temperatura de una muestra de agua. Por ejemplo, la placa de la fuente de luz 320 y/o la placa del detector de emisiones 322 pueden incluir uno o más sensores de temperatura que se extienden dentro de la carcasa del cabezal del sensor 316. Las cubiertas 332 colocadas en una cara distal de la carcasa del sensor 316, junto con juntas tóricas adicionales 334, proporcionan un sello alrededor de los sensores de temperatura.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una placa del controlador 400 para un fluorómetro portátil de acuerdo con algunas realizaciones. La placa del controlador 400 puede comprender una serie de componentes discretos colocados (por ejemplo, soldados) y acoplados entre sí (conexiones no mostradas) en una placa de circuito impreso 401. La Figura 4 presenta un esquema simplificado de los componentes básicos de una placa del controlador ejemplar 400, y los expertos en la materia apreciarán que pueden variar diversas conexiones entre los componentes y/o detalles sobre los componentes. La placa del controlador 400 incluye un controlador 402, que calcula la concentración de un producto dentro de una muestra de agua basándose en una señal de intensidad del detector de emisiones. El controlador 402 puede proporcionar una variedad de otras funciones, que incluyen, entre otras, realizar una rutina de calibración, aceptar y ejecutar instrucciones ingresadas en la interfaz de entrada y/o formatear datos para ver en la pantalla del fluorómetro. El controlador 402 puede realizarse de cualquier forma adecuada, como un microprocesador controlado por software, un microcontrolador o una matriz de compuerta programable en campo, o un diseño de hardware fijo como un circuito integrado de aplicación específica, etc. Además, el controlador 402 puede tener memoria integrada, o la placa del controlador puede tener memoria (no mostrada) que almacena instrucciones para la ejecución del controlador 402.

La placa del controlador también incluye un cable de alimentación con un conector 410 para conectar la placa 400 a una fuente de alimentación tal como la batería 314 mostrada en la Figura 3. La placa 400 también incluye una fuente de alimentación de controlador 412, una fuente de alimentación analógica 414 y una fuente de alimentación de la fuente de luz 416 para alimentar la fuente de luz en el cabezal del sensor. En algunas realizaciones, la placa del controlador 400 incluye una batería de reloj en tiempo real 418, un amplificador de bloqueo 420, un amplificador de fotodiodo de referencia 422 y conectores para la placa de visualización 424, la placa de la fuente de luz 404 y la placa del detector de emisiones 406. En algunos casos, la placa del controlador 400 también puede tener una sonda 426, un USB u otro tipo de conector de datos 428, medios inalámbricos 430 para comunicarse con otros dispositivos informáticos y salidas analógicas 432 y lógicas 434 opcionales.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de una placa de la fuente de luz 500 de acuerdo con algunas realizaciones. La placa 500 (también mostrada en la Figura 3 como 320) generalmente incluye una placa de circuito impreso 502 que tiene una fuente de luz 504 y un fotodiodo de referencia 506, junto con un preamplificador 508 y un conector 510 para acoplar la placa 500 con la placa de control. Un filtro de excitación 512 se coloca mediante un soporte de filtro

514 sobre la fuente de luz 504, para filtrar la luz de la fuente de luz 504 antes de que salga del cabezal del sensor sumergible. La fuente de luz 504 puede incluir una variedad de elementos posibles. Por ejemplo, la fuente de luz 504 puede ser una lámpara de descarga de gas, una lámpara de mercurio, una lámpara de deuterio, una lámpara de vapor de metal, un diodo emisor de luz (LED) o una pluralidad de LED. Además, la fuente de luz 504 puede emitir radiación de excitación en varios espectros posibles dependiendo del elemento elegido y el espectro deseado. En algunas realizaciones, la fuente de luz es un LED ultravioleta, capaz de emitir luz que tiene una longitud de onda de aproximadamente 280 nm a aproximadamente 310 nm.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de una placa del detector de emisiones 600 según algunas realizaciones. La placa del detector 600 generalmente incluye varios componentes, incluido un detector de emisiones 604 colocado en una placa de circuito impreso 602. En algunas realizaciones, el detector de emisiones 604 comprende un fotodiodo sensible a los rayos UV. Por ejemplo, el detector 604 puede generar una señal de intensidad basada en la luz de aproximadamente 310 nm a aproximadamente 400 nm que detecta desde un área analítica fuera del cabezal del sensor. La placa del detector 600 también incluye un preamplificador 606 y un sensor de temperatura 608. Un soporte de filtro de emisión 610 colocado alrededor del detector de emisión 604 soporta uno o más filtros para seleccionar la energía radiante y pasar las longitudes de onda deseadas al detector 604. En la realización mostrada en la Figura 6, los filtros incluyen un filtro de interferencia 612 y un filtro de vidrio UG-11 614. En algunas realizaciones, un filtro de película de poliéster adicional 616 también se coloca delante del detector de emisiones 604. En algunos casos, el filtro de película de poliéster 616 tiene un espesor de aproximadamente 0,5 +/- 0,2 mm. En algunos casos, los diseños ópticos pueden proporcionar una mayor eficiencia óptica (por ejemplo, usando lentes de bola, haces altamente divergentes, etc.) pero también pueden comprometer el rendimiento de los filtros de interferencia que tienen una alta eficiencia y un alto valor de rechazo para haces colimados. La incorporación de una película de poliéster de este tipo puede, en algunos casos, minimizar los niveles de luz parásita para permitir mediciones de fluorescencia NDSA en muestras con una turbidez de hasta 100 unidades de turbidez nefelométrica (NTU).

Las Figuras 7A-7C presentan varias vistas de un cabezal del sensor discreto sumergible 700 de acuerdo con algunas realizaciones que se pueden conectar a un módulo controlador de un fluorómetro portátil como los discutidos previamente. La Figura 7A es una vista en perspectiva superior del cabezal del sensor 700, la Figura 7B es una vista en perspectiva inferior del cabezal del sensor 700, y la Figura 7C es una vista en perspectiva, en sección transversal del cabezal del sensor 700. El cabezal del sensor 700 puede estar hecho de un plástico y puede estar moldeado y/o fresado para lograr la forma y características deseadas.

En general, el cabezal del sensor 700 comprende una carcasa 702 que incluye una primera cavidad vertical o cámara 712 que está configurada para recibir una placa de circuito de fuente de luz (por ejemplo, la placa de la fuente de luz 320 de la Figura 3 o 500 de la Figura 5). En algunos casos, la cámara de la fuente de luz 712 está formada con una configuración cilíndrica, que puede proporcionar un ajuste perfecto para los protectores cilíndricos de latón 326 ilustrados en la Figura 3. En algunas realizaciones, la cámara fuente de luz 712 tiene una configuración parcialmente cilíndrica que incluye una pared plana 726 a lo largo de un lado lateral de la cámara 712. Volviendo a las Figuras 7A-7C, la carcasa del cabezal del sensor 702 incluye una segunda cavidad vertical o cámara 714 para recibir una placa de circuito del detector de emisiones (por ejemplo, la placa del detector de emisiones 322 de la Figura 3 o 600 de la Figura 6), similar a la cámara de la fuente de luz 712. En algunos casos, la cámara de la fuente de luz 712 y la cámara del detector de emisiones 714 pueden formarse y colocarse simétricamente alrededor de un eje longitudinal 708 del cabezal del sensor 700, aunque esto no es necesario en todas las realizaciones.

La carcasa del cabezal del sensor 702 incluye además un corte angular 752 en la superficie exterior de la carcasa 702. En algunas realizaciones, el ángulo del corte 752 es de aproximadamente 90 grados, aunque debe entenderse que la invención no está limitada a un ángulo particular para el corte. El corte 752 está delimitado por una primera pared 754 que se cruza con una segunda pared 756 en el eje longitudinal del cabezal del sensor 700. La primera pared 754 define una ventana de la fuente de luz 720 que proporciona un camino a través de la primera pared 754 para la energía de excitación emitida por la fuente de luz. La segunda pared 756 define de manera similar una ventana del detector de emisiones 722 que proporciona un camino a través de la segunda pared 756 para que las emisiones fluorescentes lleguen al detector de emisiones ubicado dentro de la carcasa del cabezal del sensor 702. En algunas realizaciones, la ventana de la fuente de luz 720 y/o la ventana del detector de emisiones 722 comprenden un canal que se extiende a través de la carcasa del cabezal del sensor 702. En algunas realizaciones, las ventanas 720, 722 también incluyen una lente, prisma u otro material ópticamente transparente a la radiación de la fuente de luz y/o emisiones fluorescentes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una lente de bola de cristal o zafiro se coloca dentro de cada canal. También se pueden usar otros materiales adecuados conocidos en la técnica. La lente esférica proporciona la ventana de la fuente de luz/detector, pero también proporciona un medio de enfoque para dirigir la luz entre la fuente de luz/detector y un área analítica 750 fuera de la carcasa 702 del cabezal del sensor 700.

Como se muestra en las figuras aquí, el corte angular 752, que incluye la ventana de la fuente de luz 720 y la ventana del detector de emisiones 722, están orientados con respecto al módulo controlador de tal manera que el corte angular y las ventanas miren hacia el extremo distal del módulo controlador. Como se describe adicionalmente en el presente documento, el corte angular y las ventanas pueden estar orientados en una dirección diferente en algunas realizaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el corte angular y las ventanas están orientadas hacia el extremo proximal del módulo controlador.

En algunas realizaciones, el cabezal del sensor 700 incluye un extremo proximal 704 y un extremo distal 706, entre los cuales se extiende el eje longitudinal 708 y una longitud del cabezal del sensor 700. Como se muestra en las Figuras 1 y 3, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 700 está conectado a la superficie inferior de la carcasa del módulo controlador en o cerca del extremo proximal 704 del cabezal del sensor 700. En algunos casos, el cabezal del sensor 700 puede estar fijamente fijada a la carcasa del controlador con un sujetador. El sujetador puede incluir, entre otros, tornillos, pernos y/o pasadores, o un adhesivo o soldadura (no se muestra en las figuras). En algunas realizaciones, el cabezal del sensor 700 está asegurado con cuatro tornillos que comprimen una junta tórica colocada en una ranura 710 entre el cabezal del sensor 700 y el módulo controlador. En algunas realizaciones, la carcasa del cabezal del sensor 702 puede formarse integralmente con el módulo controlador de tal manera que haya una transición perfecta entre el extremo proximal 704 del cabezal del sensor y la superficie inferior del módulo controlador.

En algunas realizaciones, el cabezal del sensor 700 también incluye parte o la totalidad de un sujetador que sujeta de forma extraíble un recipiente de muestra alrededor del cabezal del sensor 700. Como solo un ejemplo, el sujetador puede comprender uno o más pasadores 740 colocados alrededor de la carcasa del cabezal del sensor 702 y las ranuras correspondientes en el recipiente de muestra. En algunas realizaciones, los pasadores 740 y las ranuras forman un cierre de bayoneta que asegura el recipiente de muestra alrededor del cabezal del sensor y también alinea el recipiente de muestra en una orientación preferida (por ejemplo, rotación) alrededor del cabezal del sensor 700. También se pueden incluir otros sujetadores (por ejemplo, roscas de tornillo, elementos de presión opuestos, etc.).

En algunas realizaciones, el cabezal del sensor 700 también incluye orificios 730 para insertar una o más cubiertas del sensor de temperatura, tales como las representadas en la Figura 3. Volviendo a las Figuras 7A-7C, los orificios 730 pueden estar roscados o configurados para recibir y asegurar las cubiertas del sensor de temperatura. Los sensores de temperatura (no mostrados en las Figuras 7A-7C) están adaptados para detectar la temperatura actual de la muestra de agua y generar una señal correspondiente que puede usarse para corregir los cálculos de concentración basados en errores debidos, por ejemplo, a temperaturas fuera de un rango aceptable.

Además, el cabezal del sensor 700 es preferiblemente un cabezal del sensor sumergible, lo que significa que se sumerge parcial o totalmente debajo de la superficie de una muestra de agua cuando se toman mediciones de emisión fluorescente. En consecuencia, la carcasa del cabezal del sensor 702, la conexión a la carcasa del controlador y cualquier ventana u otros posibles huecos en la carcasa 702 se sellan efectivamente antes de la inmersión. Por ejemplo, en algunos casos la carcasa 702 incluye una primera ranura de junta tórica 710 en el extremo proximal 704 del cabezal del sensor y segundas ranuras de junta tórica 732 alrededor de los orificios del sensor de temperatura 730. En algunas realizaciones que incluyen un recipiente de muestra, también se puede formar una tercera ranura de junta tórica 742 alrededor de la circunferencia del cabezal del sensor 700 cerca del extremo proximal 704 del cabezal del sensor para proporcionar un sello sustancialmente impermeable entre el recipiente de muestra y el cabezal del sensor 700. Además, la ventana de la fuente de luz 720 y la ventana del detector de emisiones 722 también pueden sellarse con juntas tóricas y similares. En algunas realizaciones, la ventana de la fuente de luz 720 y la ventana del detector de emisiones 722 están selladas debido a un ajuste de presión entre los canales de la ventana y las lentes de bola colocadas dentro de los canales.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que representa un método para determinar una concentración de un producto en una muestra de agua de acuerdo con algunas realizaciones. En general, el fluorómetro mide una emisión de luz fluorescente de la molécula activa en el producto que es proporcional a la concentración real del producto en la muestra de agua. Después de proporcionar un fluorómetro portátil con un módulo controlador y un cabezal del sensor conectado al módulo controlador (802), se proporciona una muestra de agua que contiene el producto de interés. El cabezal del sensor está sumergido en la muestra de agua (804) y la muestra de agua ocupa un área analítica del sensor. A continuación, una fuente de luz en el cabezal del sensor genera una luz de excitación ultravioleta (UV) que tiene una primera longitud de onda UV y se dirige a la muestra de agua y al área analítica (806). El cabezal del sensor detecta y mide las emisiones fluorescentes de la muestra a una segunda longitud de onda UV (808). El cabezal del sensor incluye un controlador (402 en la Figura 4, por ejemplo) que calcula la concentración del producto en la muestra en función de las emisiones fluorescentes medidas (810). La primera longitud de onda puede estar en el rango de 280-310 nm. La segunda longitud de onda UV puede estar en el rango de 310 nm a 400 nm. El sensor también puede medir una emisión de fluorescencia de referencia de la muestra en la primera longitud de onda. El sensor también puede medir una emisión de fluorescencia de una solución cero que tiene una concentración cero de la sustancia química. En ese caso, la concentración de la sustancia química en la muestra puede calcularse basándose en la diferencia calculada en la emisión de fluorescencia medida de la muestra que contiene la sustancia química y la emisión de fluorescencia medida de la solución cero. La concentración de la muestra también se puede calcular en base a una constante de calibración determinada para concentraciones conocidas del producto en una muestra de calibración.

Como ejemplo, en algunos casos, las concentraciones de la muestra pueden evaluarse en función de las señales de dos detectores UV. Un detector de referencia mide la intensidad de la excitación UV generada por la fuente de luz, mientras que un detector de emisión fluorescente mide la intensidad de las emisiones fluorescentes emitidas por el producto. El cálculo utiliza las siguientes ecuaciones:

$$C_C = K_X \left(\frac{I_E^S}{I_R^S} - \frac{I_E^0}{I_R^0} \right)$$

donde C_C es una concentración actual real de un producto X (por ejemplo, un tensioactivo, un agente antimicrobiano, etc.) en una solución de muestra;

K_X es un coeficiente de calibración;

I_E^S es una señal de salida del detector de emisiones para la solución de muestra;

I_R^S es una señal de salida del detector de referencia para la solución de muestra;

I_E^0 es una señal de salida del detector de emisiones para una solución cero (es decir, una solución con concentración cero del producto); y

I_R^0 es una señal de salida del detector de referencia para la solución cero.

$$K_X = C_{CALIBR} / \left(\frac{I_E^{CALIBR}}{I_R^{CALIBR}} - \frac{I_E^0}{I_R^0} \right)$$

donde C_{CALIBR} es una concentración del producto en una solución de calibración;

I_E^{CALIBR} es una señal de salida del detector de emisiones para la solución de calibración; y

I_R^{CALIBR} es una señal de salida del detector de referencia para la solución de calibración.

Como se discutió anteriormente con referencia a la Figura 4, el controlador 402 dentro del fluorómetro portátil puede calcular la concentración del producto en una muestra basándose en la señal de intensidad del detector de emisiones. En algunas realizaciones, el controlador 402 también puede calcular la concentración del producto basándose en una constante de calibración, desplazamiento a cero y/o una señal de referencia de excitación usando las relaciones descritas anteriormente. Las instrucciones de funcionamiento del controlador pueden almacenarse en una memoria integrada o discreta. A ese respecto, la memoria puede ser un medio legible por computadora que comprende instrucciones de programa que hacen que el controlador proporcione cualquiera de las funciones que se les atribuyen y realice cualquiera de los métodos descritos en este documento. El controlador también puede almacenar los datos de fluorescencia sin procesar obtenidos por los detectores de emisión y/o referencia y otros datos pertinentes en la memoria. El controlador también puede almacenar cualquier valor de fluorescencia calculado y/o datos de concentración en la memoria.

Como se discutió anteriormente, en algunas realizaciones de la invención, las mediciones de fluorescencia se pueden tomar con un fluorómetro portátil bajando manualmente el cabezal del sensor en una muestra de agua. Por ejemplo, un usuario puede agarrar el módulo controlador y sumergir temporalmente el cabezal del sensor sumergible en una muestra líquida de modo que el cabezal del sensor esté sumergido parcial o completamente en la muestra y la muestra de agua ocupe el área analítica cerca de las ventanas del cabezal del sensor. Pasando ahora a las Figuras 9-12, en algunas realizaciones se proporciona un recipiente de muestra para contener una muestra de agua alrededor del cabezal del sensor sumergible. Un pequeño volumen de agua de aproximadamente 5 ml a aproximadamente 20 ml puede ser suficiente para tomar medidas en algunas realizaciones. Dichos fluorómetros portátiles son, por lo tanto, extremadamente portables, capaces de medir la fluorescencia y determinar las concentraciones de productos en un flujo de agua mientras se eliminan de la fuente de la muestra de agua. Por ejemplo, el fluorómetro portátil puede usarse para medir emisiones fluorescentes en el campo o en un entorno de laboratorio.

Las realizaciones de la invención son, por lo tanto, útiles en muchas aplicaciones similares a las dirigidas por fluorómetros tradicionales basados en celdas (por ejemplo, en las que se coloca una muestra de agua dentro de una celda ópticamente transparente). Sin embargo, las realizaciones de la invención proporcionan una serie de ventajas sobre los fluorómetros basados en celdas. Por ejemplo, el cabezal del sensor del fluorómetro portátil descrito en este documento puede sumergirse dentro de la muestra de agua, mientras que los fluorómetros basados en celdas dependen de instrumentos ubicados fuera de la celda para medir las propiedades del agua dentro de la celda. En consecuencia, los fluorómetros portátiles de la presente invención evitan los inconvenientes asociados con una celda óptica, como la degradación de la señal debido a arañazos o ensuciamiento de la superficie de la celda. Del mismo modo, la limpieza mínima del área pequeña de la fuente de luz y las ventanas del detector de emisiones se puede contrastar con la limpieza o el reemplazo que generalmente requieren las celdas ópticas. Además, las realizaciones de la invención proporcionan una sensibilidad mejorada debido en parte a la proximidad inmediata de la muestra de

agua a las ventanas de la fuente de luz/detector de emisiones, lo que disminuye drásticamente la distancia de viaje entre la fuente de luz/detector de emisiones y el producto dentro de la muestra de agua. Por consiguiente, la mayor sensibilidad proporcionada en las realizaciones de la invención es útil para medir concentraciones muy bajas de producto (por ejemplo, partes por millón, ppm) y/o para medir concentraciones de producto dentro de una muestra de agua que tiene color y/o turbidez elevados.

La Figura 9A es una vista lateral de un fluorómetro portátil 900A que tiene un módulo controlador 902 conectado con un cabezal del sensor sumergible 904 de acuerdo con algunas realizaciones. El fluorómetro 900A también está provisto de un recipiente de muestra extraíble 906 adaptada para contener una muestra de agua 908 alrededor del cabezal del sensor sumergible 904. El recipiente de muestra 906 está acoplada o sujeta de manera extraíble alrededor del cabezal del sensor 904 con un sujetador (no mostrado en las Figuras 9A - 9B). En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 906 es completamente separable del módulo controlador 902 y el cabezal del sensor 904, lo que permite al usuario retirar fácilmente el recipiente del fluorómetro para obtener una muestra de agua. Por ejemplo, un usuario puede desabrochar y retirar el recipiente de muestra, y luego verter una muestra de agua en el recipiente o usar el recipiente para sacar una muestra de agua de un depósito o recipiente más grande. En algunas realizaciones, el aire escapa del recipiente de muestra a medida que el recipiente de muestra se sujeta alrededor del cabezal del sensor y el cabezal del sensor 904 desplaza aire y agua dentro del recipiente de muestra. Esto ayuda a reducir o eliminar bolsas de aire que pueden quedar atrapadas dentro del recipiente de muestra y afectar las mediciones de fluorescencia. En algunos casos, una junta tórica 910 u otro mecanismo de sellado pueden ayudar a contener la muestra de agua dentro del recipiente de muestra 906 cuando el recipiente de muestra 906 está completamente unida alrededor del cabezal del sensor 904. Sin embargo, en algunas realizaciones, el recipiente de muestra 906 puede no estar sellada alrededor del cabezal del sensor 904 para permitir que escape más aire del recipiente de muestra.

Después de adquirir una muestra de agua 908 de volumen adecuado, el usuario sujeta el recipiente de muestra 906 alrededor del cabezal del sensor 904 y puede comenzar el proceso de medición. Suponiendo que la muestra de agua 908 tiene un volumen suficiente (por ejemplo, el recipiente se llenó por completo), la ventana de la fuente de luz 912 y la ventana del detector de emisiones (no mostradas en la Figura 9A) se sumergirán en la muestra de agua 908 y la muestra de agua 908 ocupará el área analítica 914 cerca de la fuente de luz y las ventanas del detector de emisiones, permitiendo que el fluorómetro 900A determine una concentración de uno o más productos en la muestra de agua 908. Una vez que se completan las mediciones, la muestra de agua 908 se puede desechar y el recipiente de muestra 906 se vuelve a fijar sobre el cabezal del sensor 904. En consecuencia, el recipiente de muestra 906 también puede proporcionar un recinto protector para el cabezal del sensor 904 cuando el fluorómetro 900A no está en uso. En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 906 está hecha de un plástico rígido, que proporciona un armazón o cubierta protectora duradera y resistente para el cabezal del sensor 904. Por ejemplo, en algunos casos el recipiente de muestra 906 puede estar compuesta de un policarbonato, un PVC o un polipropileno. En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 906 está compuesta de un policarbonato transparente, un PVC gris o un polipropileno negro. También se contemplan otros materiales conocidos en la técnica y que tienen propiedades similares.

Con referencia continua a la Figura 9A, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 904 incluye una carcasa que tiene un extremo proximal 940 y un extremo distal 942, entre los cuales se extiende una longitud y un eje longitudinal 944 del cabezal del sensor 904. Como se describió anteriormente en este documento, en algunos casos el cabezal del sensor 904 está conectado (por ejemplo, sujeto o formado integralmente) a una superficie inferior del módulo controlador 902. El módulo controlador 902 incluye una carcasa alargada que tiene un extremo proximal 930 y un extremo distal 932, entre los cuales se extiende una longitud del módulo controlador y un eje longitudinal 934 del módulo controlador 902. Como se muestra en la Figura 9A, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 904 está conectada a la superficie inferior de la carcasa del módulo controlador próxima al extremo distal 932 de la carcasa del módulo controlador. Esta configuración puede proporcionar una forma conveniente para que un usuario agarre fácilmente el fluorómetro 900A de la mano. Por supuesto, también son posibles otras configuraciones para el módulo controlador y el cabezal del sensor.

En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 906 y el módulo controlador se combinan para formar una base sustancialmente estable para el fluorómetro 900A sobre una superficie de soporte 960. Con referencia a la Figura 9A, por ejemplo, una porción inferior 970 del recipiente de muestra 906 puede proporcionar una primera base sobre la superficie de soporte 960 y el extremo proximal 930 del módulo controlador 902 puede proporcionar una segunda base. En algunos casos, la geometría del recipiente de muestra 906 y/o el extremo proximal 930 del módulo controlador puede configurarse para proporcionar una base sustancialmente plana. Por ejemplo, una esquina inferior del extremo proximal 930 del módulo controlador puede estar en ángulo, mientras que la porción inferior 970 del recipiente de muestra 906 también puede estar en ángulo.

Debe apreciarse que la geometría del recipiente de muestra 906 y el módulo controlador 902 puede variarse para proporcionar una serie de configuraciones estacionarias y/u orientaciones para el fluorómetro 900A sobre la superficie de soporte 960. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el eje longitudinal 934 del módulo controlador está en ángulo con respecto a la superficie de soporte 960 en una posición estacionaria. El ángulo 972 de orientación con respecto a la superficie de soporte 960 puede en algunas realizaciones proporcionar un ángulo de visión conveniente de la pantalla del controlador cuando el fluorómetro 900A descansa sobre la superficie de soporte 960. El ángulo 972 también puede acomodar ventajosamente la altura del cabezal del sensor por encima de la superficie de soporte 960,

mientras que también proporciona una base sustancialmente estable sin la necesidad de una estructura adicional acoplada al módulo controlador. En algunos casos, el ángulo 972 puede estar entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 45 grados. En algunas realizaciones, el ángulo 972 puede estar entre aproximadamente 10 y aproximadamente 30 grados. En algunas realizaciones, el ángulo 972 puede estar entre aproximadamente 25 y aproximadamente 35 grados. En algunas realizaciones, el ángulo 972 puede ser de aproximadamente 30 grados. Debe apreciarse que también son posibles otros ángulos.

En algunas realizaciones, la orientación del accesorio entre el cabezal del sensor 904 y el módulo controlador 902 se puede configurar para proporcionar al fluorómetro 900A una posición inclinada deseada en la superficie de soporte 960. Por ejemplo, con referencia a la Figura 9A, el cabezal del sensor 904 está conectado al módulo controlador 902 de tal manera que el eje longitudinal 944 del cabezal del sensor 904 forma un primer ángulo 950 con el eje longitudinal 934 del módulo controlador. En algunas realizaciones, el ángulo 950 puede variar entre aproximadamente 60 grados y aproximadamente 90 grados. Como se muestra en la Figura 9A, el ángulo 950 es de aproximadamente 90 grados. Según la invención, el ángulo 950 es de 60 grados.

Pasando a la Figura 9B, se muestra un fluorómetro 900B con muchos de los mismos componentes que se muestran en la Figura 9A. En este ejemplo, el módulo controlador 902 se eleva por encima de la superficie de soporte 960 en un ángulo 972 acoplando el cabezal del sensor 920 al módulo controlador 902 en un ángulo diferente 950 que el mostrado en la Figura 9A. De acuerdo con la invención, el ángulo 950 mostrado en la Figura 9B es de 60 grados. Como se ve en la Figura 9B, en esta realización, el ángulo de fijación proporciona el cabezal del sensor 920 en una posición vertical con su eje longitudinal sustancialmente perpendicular a la superficie de soporte 960. Un miembro de extensión en ángulo 980 proporciona una interfaz en ángulo entre el cabezal del sensor 920 y el módulo controlador 902. El recipiente de muestra 922 puede configurarse para acomodar específicamente cualquier orientación del cabezal del sensor y el módulo controlador. Como se muestra en la Figura 9B, el recipiente de muestra 922 incluye una porción inferior relativamente plana 970 mientras que incluye una porción superior algo inclinada.

Con referencia ahora a ambas Figuras 9A y 9B, en algunas realizaciones, se seleccionan uno o más parámetros de diseño del fluorómetro para maximizar la probabilidad de que la muestra de agua 908 ocupe el área analítica 914 y minimizar la probabilidad de que el aire dentro del recipiente de muestra ocupe el área analítica, impactando negativamente las mediciones. Por ejemplo, como se mencionó anteriormente, el recipiente de muestra puede no estar herméticamente cerrada alrededor del cabezal del sensor en algunas realizaciones para permitir que el aire escape del recipiente de muestra a medida que el cabezal del sensor se baja dentro del recipiente. En algunas realizaciones, el cabezal del sensor está configurado con una o más superficies exteriores en ángulo para impulsar burbujas de aire potencialmente atrapadas hacia la superficie de la muestra de agua. Por ejemplo, el cabezal del sensor 904 en la Figura 9A presenta una superficie final en ángulo en el extremo distal 942 del cabezal del sensor, que minimiza los lugares donde las burbujas de aire pueden quedar atrapadas. Además, en algunas realizaciones, la ventana de la fuente de luz y la ventana del detector de emisiones se colocan cerca del extremo distal 942 del cabezal del sensor para ubicarlas más lejos de la superficie de la muestra de agua y hacer que sea poco probable que la ventana de la fuente de luz y la ventana del detector de emisiones estará expuesta al aire durante la operación.

La Figura 10 es una vista en perspectiva superior de un recipiente de muestra 1000 de acuerdo con algunas realizaciones. El recipiente de muestra 1000 generalmente incluye una pared cilíndrica 1002 y una pared inferior que forma un receptáculo para contener una muestra de agua alrededor del cabezal del sensor de un fluorómetro. En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 1000 también incluye una almohadilla de soporte 1010 unida o integral con la pared inferior y/o cilíndrica para estabilizar el recipiente de soporte y el fluorómetro sobre una superficie de soporte. El recipiente de muestra incluye además una porción de un sujetador en forma de ranuras de bayoneta en forma de L 1004. Los pasadores correspondientes en el cabezal del sensor o el módulo controlador de un fluorómetro pueden enganchar las ranuras 1004 para sujetar de manera removible el recipiente de muestra 1000 alrededor del cabezal del sensor del fluorómetro. En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 1000 incluye una marca de nivel de agua sugerida o alivio 1006, que puede indicar un volumen preferido de agua para ser incluido por un usuario.

En algunas realizaciones, una salida o abertura de sobrellenado 1008 proporciona un camino fuera del recipiente de muestra 1000 para el exceso de agua de muestra cuando el cabezal del sensor se inserta en el recipiente de muestra 1000. La salida de sobrellenado 1008 puede ser una ranura de cierre modificada (por ejemplo, agrandada) en o cerca del borde del recipiente de muestra, similar a las ranuras de bayoneta 1004 en algunas realizaciones. En algunos casos, la salida de sobrellenado se proporciona en la carcasa del cabezal del sensor o la carcasa del módulo controlador en lugar de, o además de, el recipiente del sensor. En algunas realizaciones, la salida de sobrellenado 1008 se encuentra ventajosamente fuera de la línea de visión del área analítica y la ventana del detector de emisiones en el cabezal del sensor para minimizar cualquier efecto potencial sobre las mediciones desde la luz parásita que entra en el recipiente de muestra 1000 a través de la abertura de sobrellenado 1008.

En algunas realizaciones, el recipiente de muestra 1000 comprende un material que es opaco a las longitudes de onda de luz a las que es sensible el detector de emisiones. En algunas realizaciones, el material del recipiente de muestra es opaco a las longitudes de onda de luz generadas por la fuente de luz del fluorómetro para reducir la posibilidad de que cualquier luz ambiental o dispersa pueda entrar en el área analítica y desencadenar la fluorescencia aparte de la fuente de luz. Como solo un ejemplo, en algunas realizaciones, el recipiente de muestra 1000 puede ser opaca a la

radiación UV dentro de un rango de aproximadamente 280 nm a aproximadamente 320 nm y dentro de un rango de aproximadamente 300 nm a aproximadamente 420 nm útil para las realizaciones del fluorómetro descrito anteriormente. En algunas realizaciones, se puede usar un policarbonato transparente para proporcionar protección contra la luz ambiental y permitir el control visual del nivel de la muestra de agua.

5 La Figura 11 es una vista lateral de un fluorómetro portátil 1100 de acuerdo con algunas realizaciones. El fluorómetro 1100 incluye un recipiente de muestra 1104 unida alrededor del cabezal del sensor 1108 usando un sujetador que comprende ranuras de bayoneta 1112 y pasadores 1110. Los expertos en la materia apreciarán que es posible una amplia variedad de sujetadores además de pasadores/ranuras de bayoneta. Por ejemplo, el sujetador puede incluir varias otras configuraciones de pasadores y ranuras, roscas de tornillo, elementos de presión, elementos de bloqueo de presión, imanes incorporados en el recipiente y el cabezal del sensor/módulo controlador y/u otros sujetadores. En algunas realizaciones, el sujetador puede incluir nada más que un ligero ajuste de presión entre la pared interna del recipiente de muestra 1104 y una superficie de acoplamiento en el cabezal del sensor 1108 o el módulo controlador 1102. Según algunas realizaciones, el sujetador está configurado para alinear el recipiente de muestra 1104 en una orientación preferida con respecto a el cabezal del sensor 1108 y/o el módulo controlador 1102. Por ejemplo, las ranuras de bayoneta 1112 y los pasadores 1110 mostrados en la Figura 11 puede alinear el recipiente de muestra 1104 con la almohadilla de soporte 1120 en una rotación preferida con respecto al módulo controlador y la superficie de soporte 1106 para proporcionar una base sustancialmente estable.

20 La Figura 12 es una vista lateral de un fluorómetro portátil 1200 que tiene un módulo controlador 1201 y una vista en sección transversal de un recipiente de muestra 1206 de acuerdo con algunas realizaciones. El fluorómetro 1200 incluye un módulo controlador 1202 conectado a un cabezal del sensor 1204 de manera similar a la Figura 11. El cabezal del sensor 1204 está parcialmente sumergido en la muestra de agua 1220A, creando un nivel de agua típico 1220B dentro del recipiente de muestra 1206 según algunas realizaciones. La ventana del detector de emisiones 1222 y la ventana de la fuente de luz (no mostrada) están sumergidas debajo de la superficie del agua 1220B de manera que la muestra de agua 1220A ocupa el área analítica 1224 al lado de la ventana del detector de emisiones 1222. En algunas realizaciones, la salida de sobrellenado 1226 se encuentra ventajosamente fuera de la línea de visión del área analítica 1224 y la ventana del detector de emisiones 1222 para minimizar cualquier efecto potencial de la luz parásita que entra en el recipiente de muestra 1206 a través de la abertura de sobrellenado 1226. En algunos casos, la abertura de sobrellenado 1226 está ubicada en el recipiente de muestra (por ejemplo, como se muestra en la Figura 10). En algunos casos, la salida de sobrellenado se puede proporcionar en la carcasa del cabezal del sensor o la carcasa del módulo controlador en lugar de, o además de, el recipiente del sensor.

35 Como se discutió anteriormente en este documento, en algunas realizaciones, uno o más parámetros de diseño del fluorómetro se pueden configurar para maximizar la probabilidad de que el detector de emisiones 1222 y la fuente de luz se sumerjan debajo de la superficie 1220B de la muestra de agua y que la muestra de agua 1220A ocupe el área analítica 1224 cuando el fluorómetro 1200 se coloca en una posición estacionaria sobre una superficie de soporte 1208. Por ejemplo, en algunos casos, el ángulo 1210 entre el cabezal del sensor 1204 y el módulo controlador 1202, la ubicación y el tamaño de la salida de sobrellenado 1226, la forma del corte 1230 en el cabezal del sensor 1204, la posición de la fuente de luz y la emisión las ventanas del detector dentro del cabezal del sensor, y/o la forma del recipiente de muestra 1206 se configuran con la expectativa de que, dado un volumen adecuado de la muestra de agua 1220A, la muestra de agua ocupará el área analítica 1224 cuando el fluorómetro 1200 esté colocado sobre la superficie de soporte 1208.

45 Como se muestra en la Figura 12, el corte angular 1230, que incluye la ventana de la fuente de luz (no mostrada) y la ventana del detector de emisiones 1222, están orientadas con respecto al módulo controlador de tal manera que el corte angular y las ventanas miren hacia el extremo distal 1232 del módulo controlador 1202. En algunas realizaciones, el corte angular y las ventanas pueden orientarse en una dirección diferente con respecto al módulo controlador 1202. Como solo un ejemplo, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 1204 está conectado al módulo controlador 1202 de manera que el corte angular 1230 y las ventanas están orientadas hacia el extremo proximal 1234 del módulo controlador 1202.

55 Varias orientaciones rotacionales del cabezal del sensor 1204 también pueden proporcionar una serie de beneficios dependiendo de la inclinación del cabezal del sensor 1204 con respecto a la superficie de soporte 1208 y la superficie de muestra de agua 1220B. Por ejemplo, algunas orientaciones de rotación pueden proporcionar una ubicación potencialmente más profunda para la ventana del detector de emisiones dentro del recipiente de muestra 1206, aumentando así la probabilidad de que la muestra de agua ocupe el área analítica. Como se muestra en la Figura 13, por ejemplo, en algunas realizaciones, el cabezal del sensor 1204 se hace girar de modo que el corte 1230 mire hacia el extremo proximal 1234 del módulo controlador y el detector de emisiones o ventana de la fuente de luz 1250 se coloque más lejos de la superficie 1220B de la muestra de agua. En algunos casos también se ha observado que los reflejos de la superficie 1220B de la muestra de agua 1220A pueden interferir con las mediciones de fluorescencia. En algunas realizaciones, la rotación del cabezal del sensor 1204 puede establecerse para minimizar el efecto de tales reflexiones. Como solo un ejemplo, el corte 1230 y las ventanas del cabezal del sensor pueden orientarse en la dirección del extremo proximal 1234 del módulo controlador como en la Figura 13 para minimizar tales reflejos.

65

En los casos en que el cabezal del sensor 1204 se hace girar de modo que el corte 1230 mire hacia el extremo proximal 1234 del módulo controlador, la salida de sobrellenado 1226 todavía puede ubicarse ventajosamente fuera de la línea de visión del área analítica 1224. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 13, la salida de sobrellenado 1226 puede colocarse en el lado opuesto del recipiente de muestra 1206, cerca del extremo distal 1232 del módulo controlador.

5 Por lo tanto, el posicionamiento puede minimizar cualquier efecto potencial de la luz parásita que entra en el recipiente de muestra 1206 a través de la abertura de sobrellenado 1226. En algunos casos, la abertura de sobrellenado 1226 se encuentra en el recipiente de muestra como se ilustra. En algunos casos, la salida de sobrellenado se puede proporcionar en la carcasa del cabezal del sensor o la carcasa del módulo controlador en lugar de, o además de, el recipiente del sensor.

10 Por lo tanto, se describen realizaciones de la invención. Aunque la presente invención se ha descrito con considerable detalle con referencia a ciertas realizaciones descritas, las realizaciones descritas se presentan con fines ilustrativos y no limitativos y son posibles otras realizaciones de la invención. Un experto en la materia apreciará que pueden realizarse diversos cambios, adaptaciones y modificaciones sin apartarse de la invención, que está limitada por el

15 alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un fluorómetro portátil (900B), que comprende:
 - 5 un módulo controlador portátil (902) que comprende una carcasa alargada del módulo controlador (106) que comprende una superficie inferior (108), la carcasa del módulo controlador (106) tiene un extremo proximal (930) y un extremo distal (932), entre los cuales se extiende un eje longitudinal (944) del cabezal del sensor (920),
 - 10 un controlador (402) que determina la concentración de una sustancia en una muestra de agua (908) en función de una emisión fluorescente detectada,
 - 15 una pantalla (110) acoplada al controlador (402) para visualizar la concentración, y una interfaz de entrada (112) para ingresar datos para uso del controlador (402);
 - 20 un cabezal del sensor sumergible (920) que comprende una fuente de luz (504) acoplada al controlador (402),
 - 25 un detector de emisiones (604) acoplado al controlador (402), y
 - 30 una carcasa del cabezal del sensor (316) que comprende un extremo proximal (940) y un extremo distal (942) entre los cuales se extiende un eje longitudinal del cabezal del sensor (920), el cabezal del sensor (920) que se conecta a la superficie inferior (108) del módulo controlador (902) en el extremo proximal (940) de la carcasa del cabezal del sensor (316),
 - 35 la carcasa del cabezal del sensor (316) comprende además una ventana de la fuente de luz (720) que transmite luz de excitación desde la fuente de luz (504) dentro de la carcasa del cabezal del sensor (316) a un área analítica (914) fuera de la carcasa del cabezal del sensor (316), y una ventana del detector de emisiones (722) que transmite emisiones fluorescentes desde el área analítica (914) al detector de emisiones (604) dentro de la
 - 40 carcasa del cabezal del sensor (316);
 - 45 un recipiente de muestra (922) para contener la muestra de agua (908); y
 - 50 un sujetador que sujeta de manera removible el recipiente de muestra (922) alrededor del cabezal del sensor (920) de modo que al menos la ventana de la fuente de luz (720) y la ventana del detector de emisiones (722) pueden sumergirse en la muestra de agua (908) contenida en el recipiente de muestra (906), en donde la muestra de agua (908) ocupa el área analítica (806), **caracterizada porque** el cabezal del sensor (904) está conectado al módulo controlador (902) de modo que el eje longitudinal (944) del cabezal del sensor (904) forma un ángulo (950) con el eje longitudinal (934) del módulo controlador (902), en donde el ángulo (950) es de 60 grados, de modo que el cabezal del sensor (920) está en posición vertical con su eje longitudinal sustancialmente perpendicular a una superficie de soporte plana (960) cuando el fluorómetro (900B) se coloca en la superficie de soporte (960) con el cabezal del sensor (920) alojado en el
 - 55 recipiente de muestra (922), en donde una porción inferior (970) del recipiente de muestra (922) proporciona una primera base sobre la superficie de soporte (960) y el extremo proximal (930) de la carcasa del módulo controlador (106) proporciona una segunda base.
- 40 2. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cabezal del sensor (920) está colocado cerca del primer extremo de la carcasa del módulo controlador (106), y en donde el segundo extremo de la carcasa del módulo controlador (106) y el recipiente de muestra (906) proporcionan una base sustancialmente estable para el fluorómetro portátil (900B) en una posición estacionaria sobre una superficie de soporte (960).
- 45 3. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el recipiente de muestra (906) comprende una abertura de sobrellenado (1008) que proporciona un camino fuera del recipiente de muestra (960) para el exceso de agua de muestra cuando el cabezal del sensor (102) está colocado dentro del recipiente de muestra (906).
- 50 4. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la abertura de sobrellenado (1008) se coloca fuera de la línea de visión de la ventana del detector de emisiones (722) con el recipiente de muestra (906) fijado alrededor del cabezal del sensor (920).
- 55 5. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el sujetador alinea el recipiente de muestra (922) con respecto al cabezal del sensor (920).
- 60 6. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el sujetador comprende uno o más pasadores (1110) colocados alrededor de la carcasa del cabezal del sensor (316) y una o más ranuras correspondientes (1112) en el recipiente de muestra (922), los pasadores (1110) y las ranuras (1112) que forman un cierre de bayoneta que asegura el recipiente de muestra (922) alrededor del cabezal del sensor (920) y también alinea el recipiente de muestra (922) en una orientación preferida sobre el cabezal del sensor (920).
- 65 7. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fuente de luz (504) emite luz en un primer rango de longitud de onda UV y el detector de emisiones (604) detecta emisiones dentro de un segundo rango de longitud de onda UV.

8. El fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el recipiente de muestra (922) comprende un material opaco al primer y segundo rangos de longitud de onda UV.
- 5 9. Un método para medir las emisiones fluorescentes de una sustancia y determinar la concentración de la sustancia dentro de una muestra de agua (908), que comprende: proporcionar un fluorómetro portátil (900B) que comprende un módulo controlador portátil (902) y un cabezal del sensor sumergible (920) conectado a una superficie inferior (108) del módulo controlador (902) en un extremo proximal (940) del cabezal del sensor 920; sumergir el cabezal del sensor (920) en una muestra de agua (908) que contiene una concentración de una sustancia; generar y dirigir la luz de excitación UV en la muestra de agua (908), por lo que la sustancia fluoresce cuando se pone en contacto con la luz de excitación UV; detectar emisiones fluorescentes UV de la muestra de agua (908) con el fluorómetro portátil (900B); y determinar la concentración de la sustancia en la muestra de agua (908) con el fluorómetro portátil (900B) en base a las emisiones fluorescentes UV detectadas, en donde sumergir el cabezal del sensor (920) en la muestra de agua (908) comprende (a) bajar temporalmente y suspender el fluorómetro portátil (900B) a mano sobre una muestra de agua (908) de modo que al menos una parte del cabezal del sensor (920) esté sumergido en la muestra de agua (908), o (b) proporcionar un recipiente de muestra (922); llenar el recipiente de muestra (922) con la muestra de agua (920); y sujetar el recipiente de muestra (922) al fluorómetro portátil (900B) alrededor del cabezal del sensor (920) de modo que al menos una porción del cabezal del sensor (920) esté sumergida en la muestra de agua (908); caracterizado porque el fluorómetro portátil (900B) es el fluorómetro portátil (900B) de acuerdo con la reivindicación 1.
- 10
- 15
- 20

Figura 1

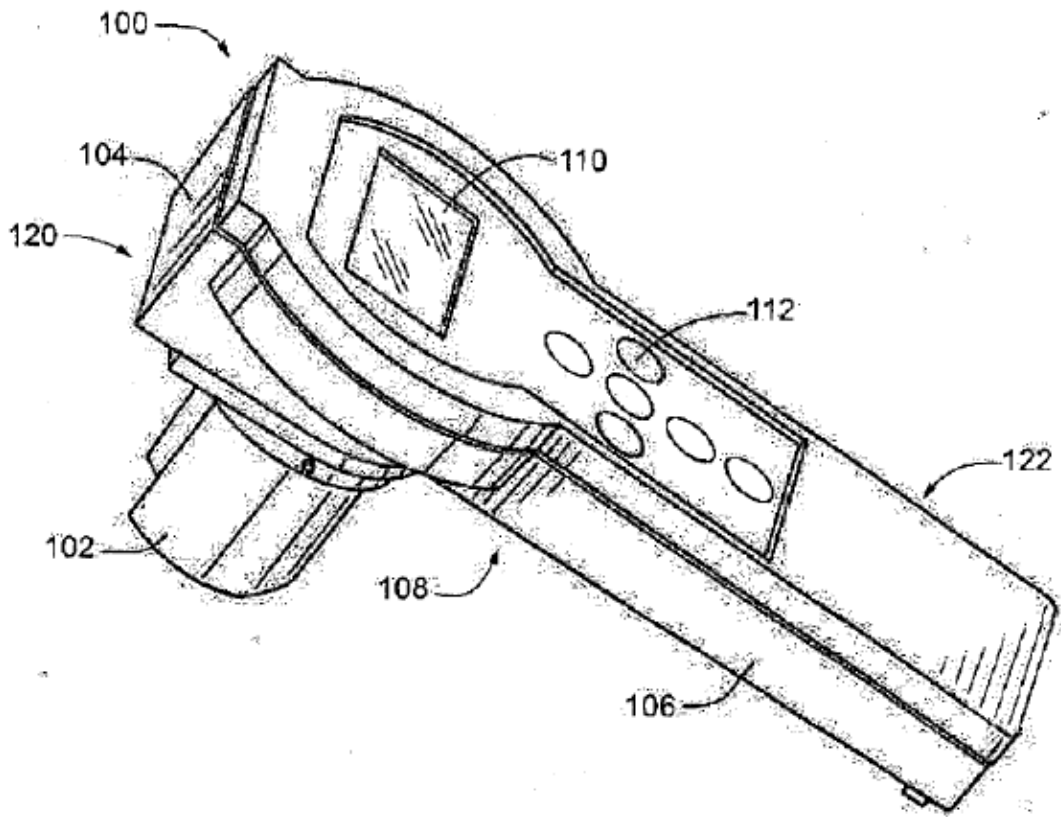
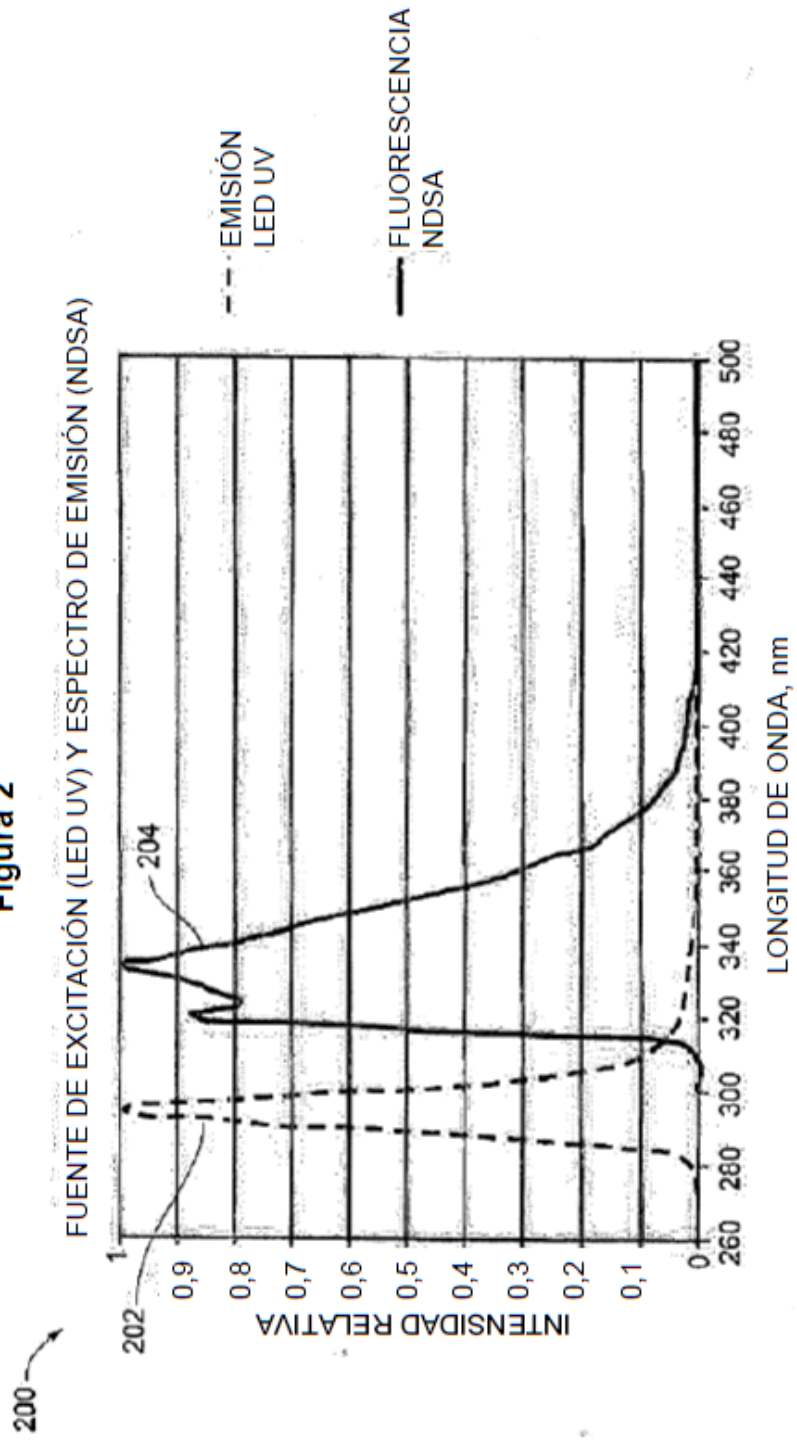


Figura 2



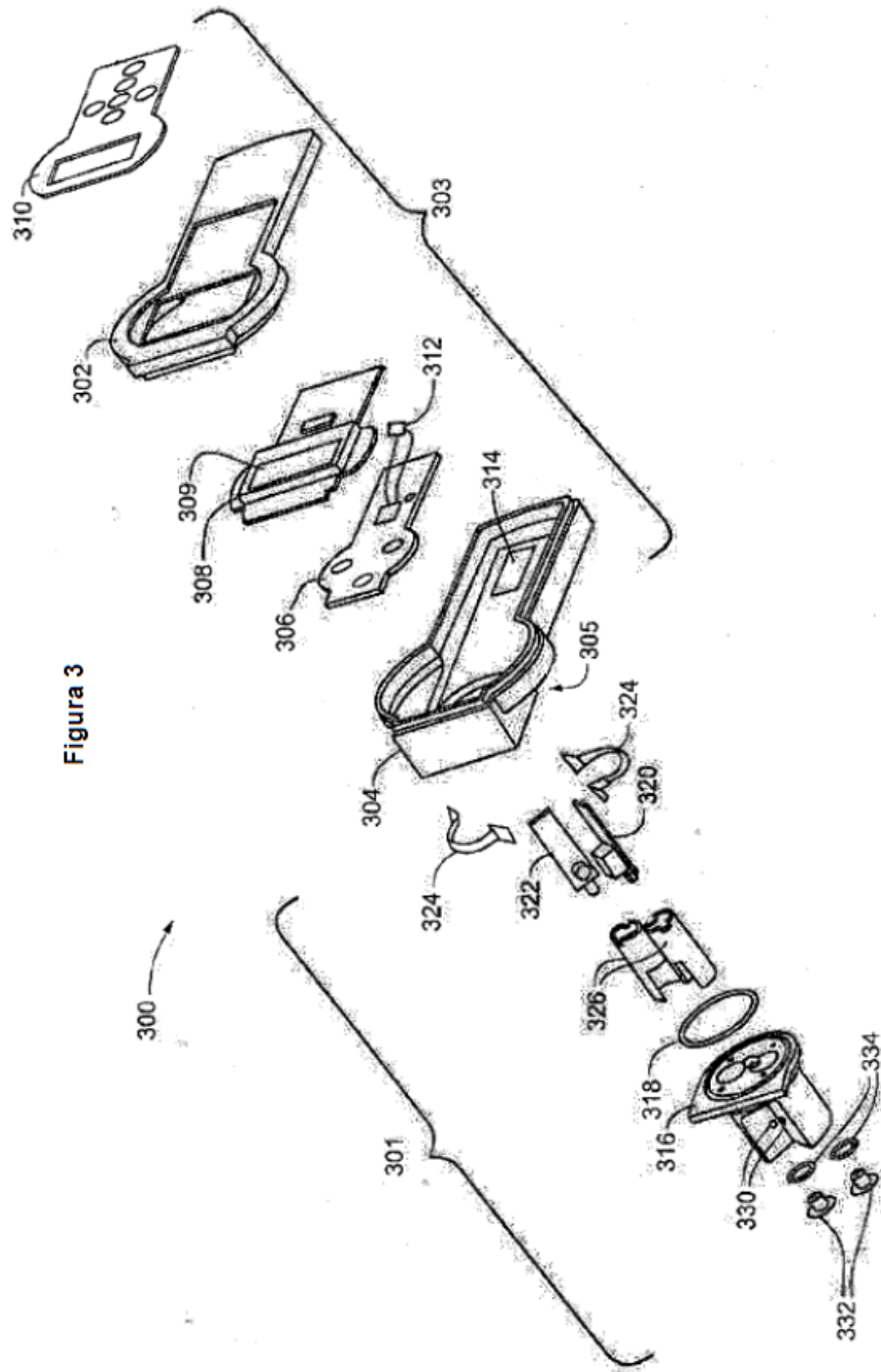


Figura 3

Figura 4

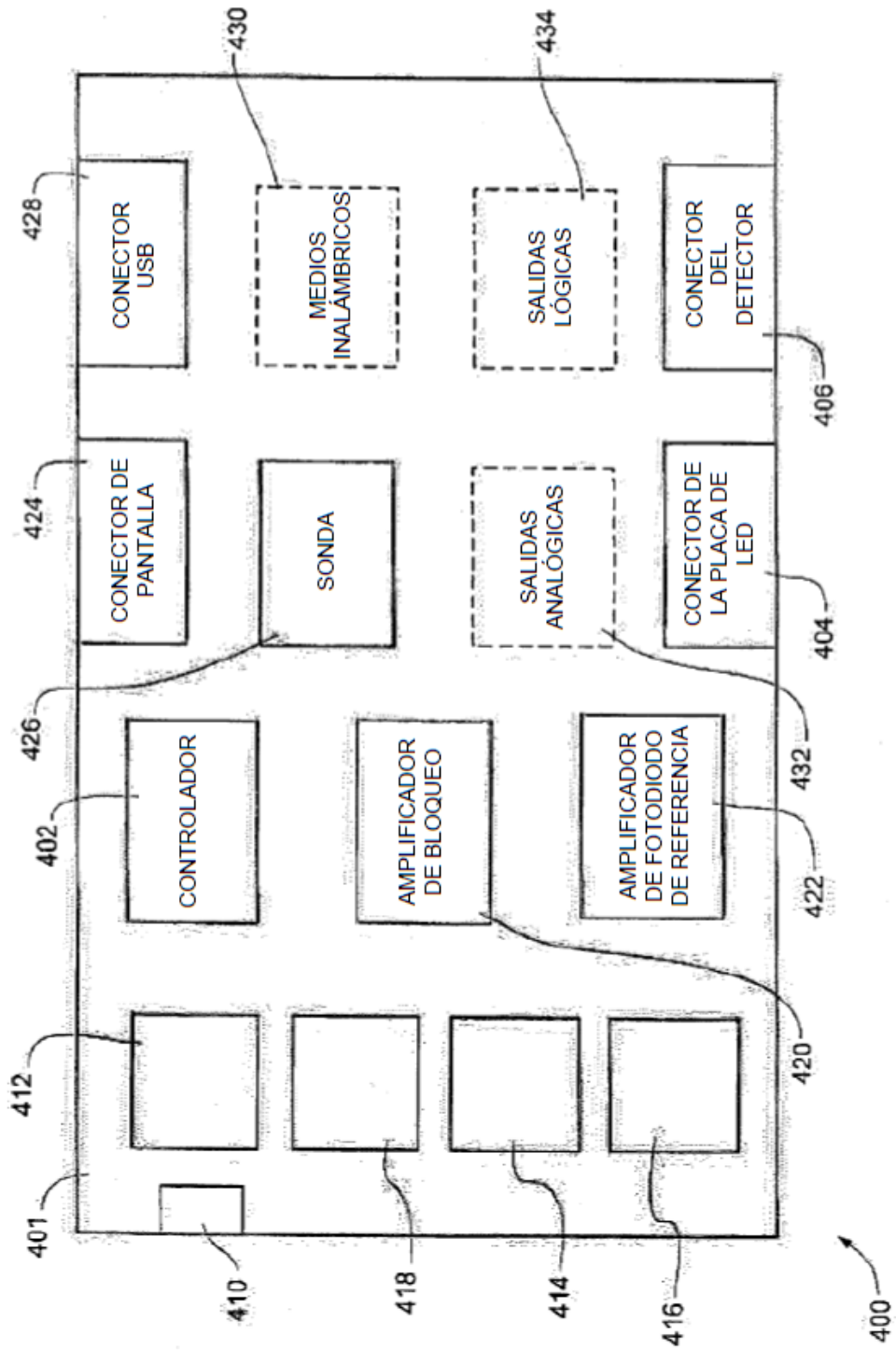


Figura 5

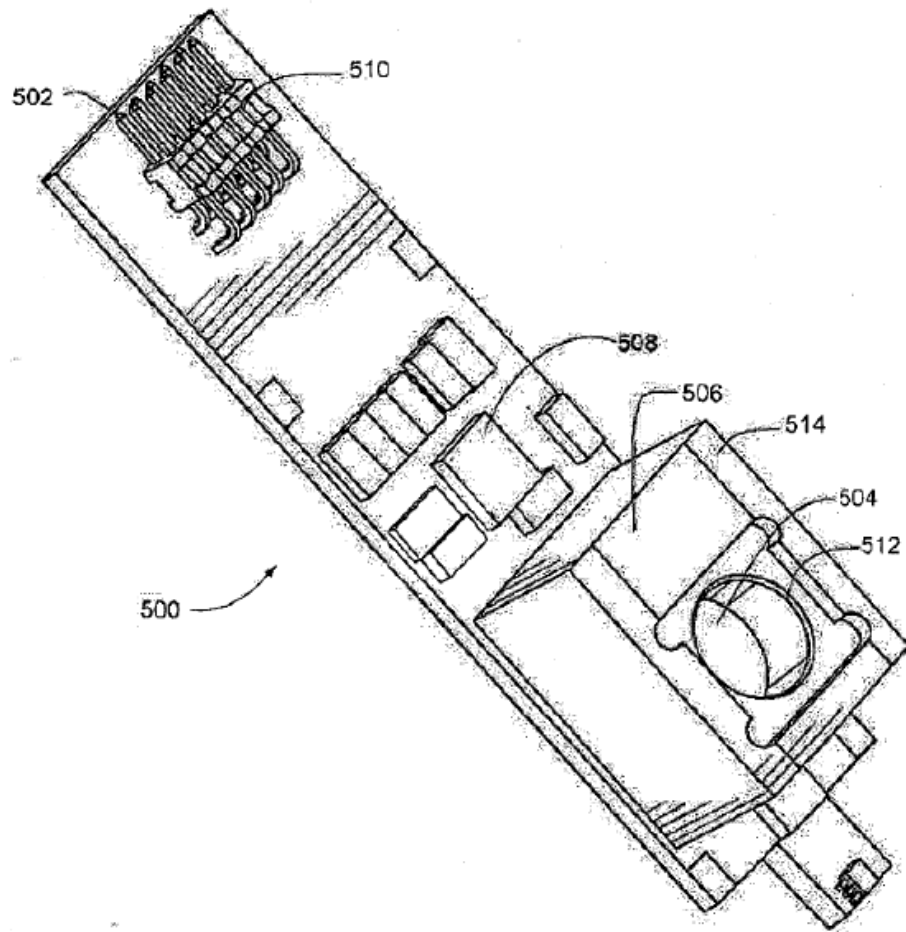


Figura 6

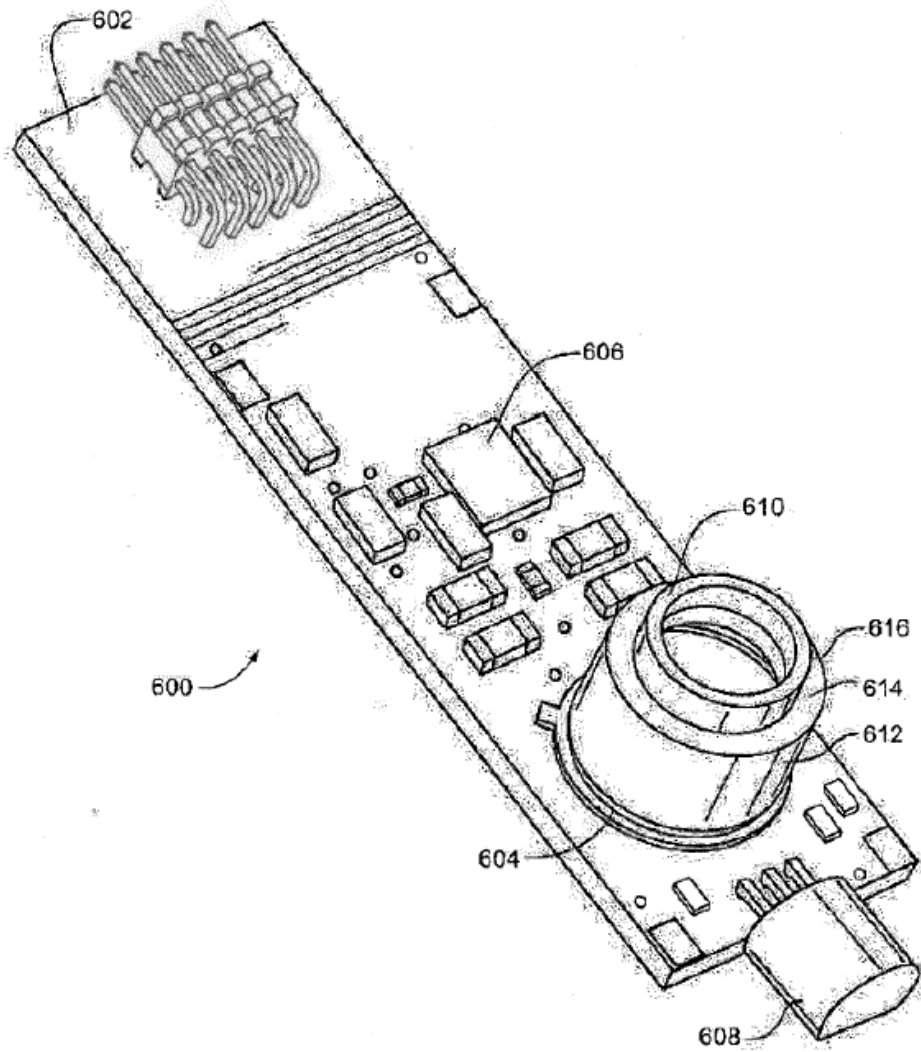


Figura 7A

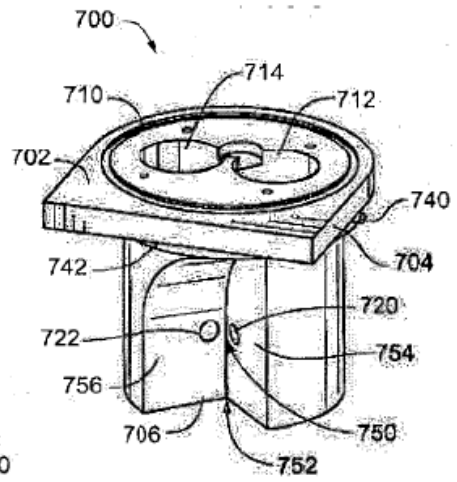


Figura 7B

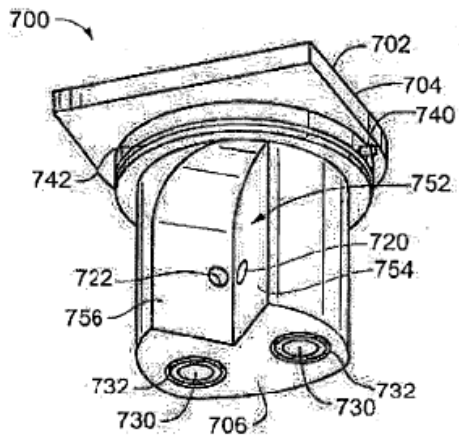


Figura 7C

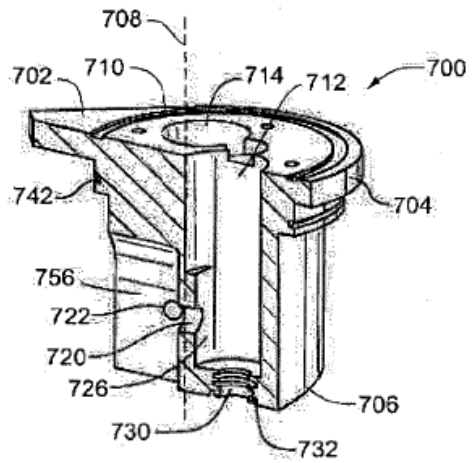


Figura 8

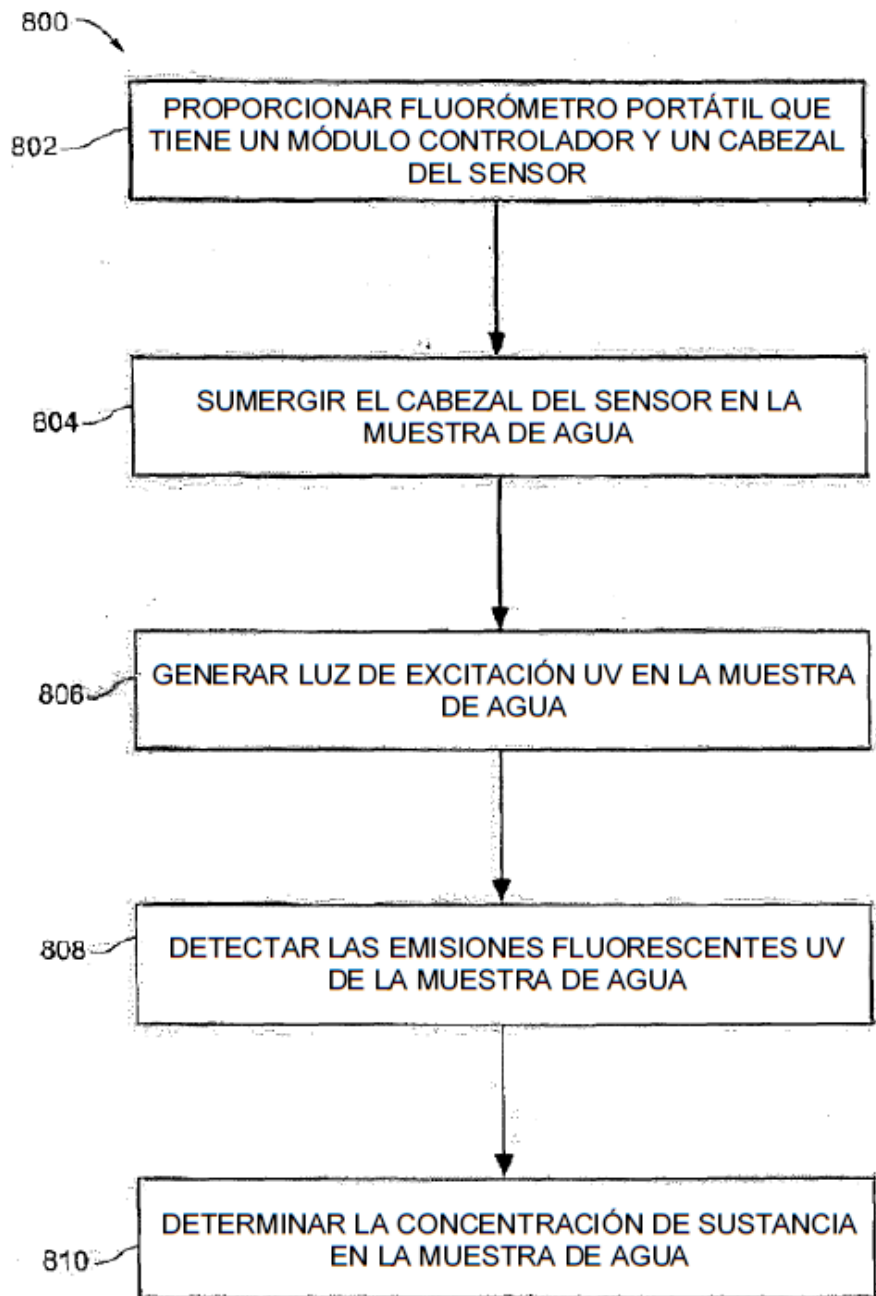


Figura 9A

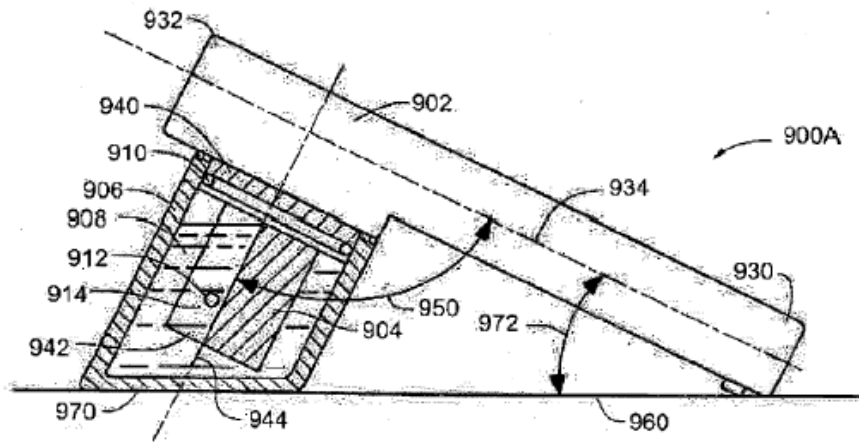


Figura 9B

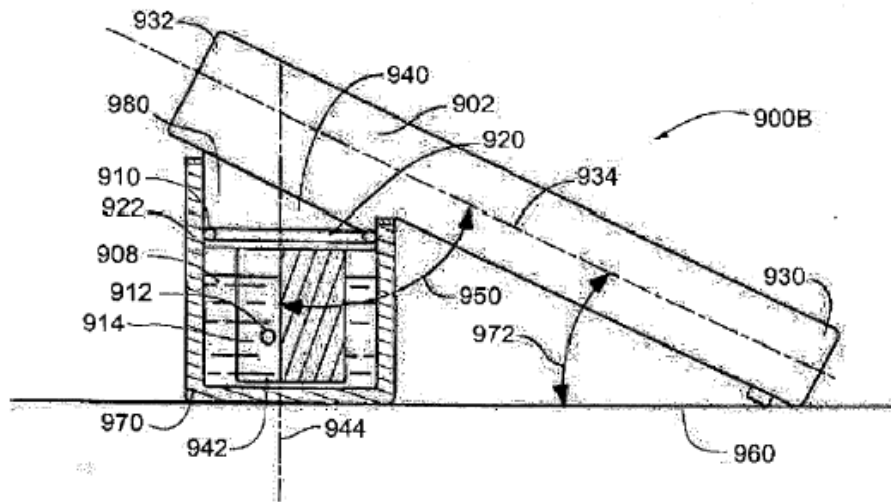


Figura 10

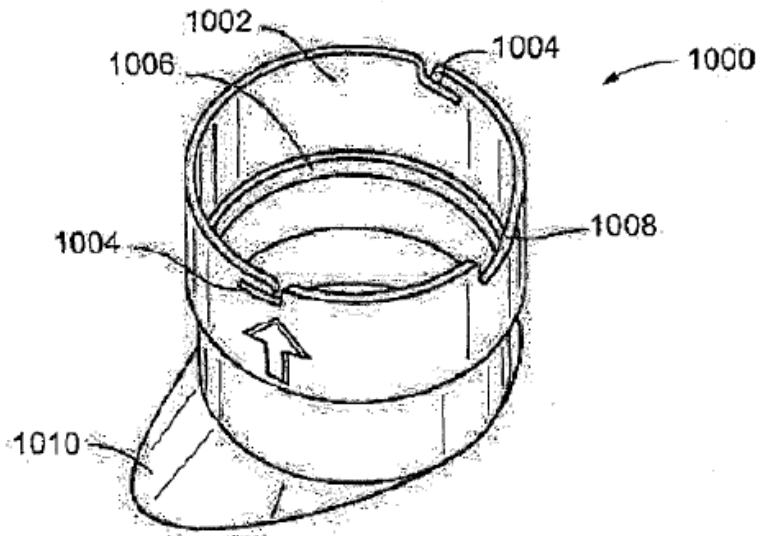


Figura 11

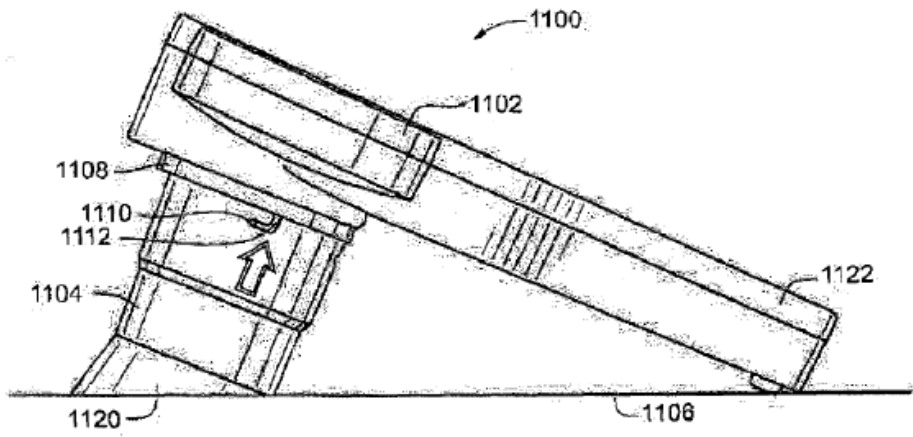


Figura 12

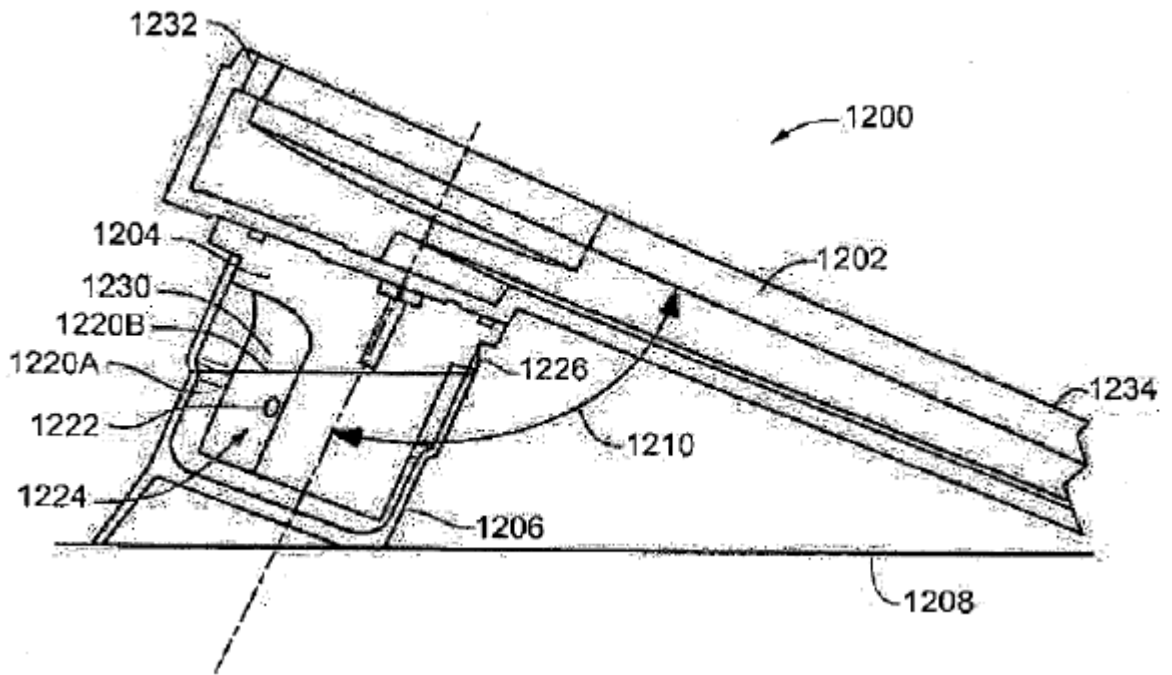


Figura 13

