



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 291 421**

(51) Int. Cl.:
G01N 21/47 (2006.01)
G01N 21/64 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **02251861 .7**

(86) Fecha de presentación : **15.03.2002**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1241464**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **18.09.2002**

(54) Título: **Monitor óptico sin contacto.**

(30) Prioridad: **17.03.2001 GB 0106676**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2008

(73) Titular/es: **WRC plc.**
Frankland Road, Blagrove
Swindon, Wiltshire SN5 8YF, GB

(72) Inventor/es: **Schmalfuss, Jürgen Harald;**
MacCraith, Brian Dominic;
O'Connor, Mark Joseph y
Russell, Stephen Lindsay

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

Monitor óptico sin contacto.

5 Esta invención está relacionada con la medida de las características de una muestra líquida mediante un método óptico sin contacto.

10 Los procesos industriales requieren frecuentemente la monitorización de uno o más parámetros clave que caracterizan la calidad del material del proceso, por ejemplo la turbidez o el color de una bebida. Muchas de estas medidas se realizan rápidamente y de forma continua mediante analizadores de procesamiento en línea, en lugar de esperar a los resultados del muestreo del material de proceso y realizando las medidas fuera de línea en un laboratorio. Algunos materiales del proceso son particularmente difíciles de manipular, tales como las aguas residuales, productos lácteos, o metales fundidos, y esto ha dado lugar al incremento de técnicas de medida sin contacto, las cuales persiguen realizar las medidas evitando mientras tanto el contacto directo entre el sistema de medida y el material del proceso. Existen temas relacionados con la salud y la seguridad que hacen que sean deseables las medidas sin contacto.

15 Un ejemplo de dicho proceso es la recogida, tratamiento y descarga de aguas residuales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales se precisan para reducir la carga de polución de los productos residuales hasta un nivel acordado con antelación a la descarga, y beneficiándose a partir de la medida continua algunos parámetros de polución claves, tales como la concentración de sólidos en suspensión, demanda de oxígeno bioquímico (BOD), demanda de oxígeno químico (COD) y la concentración de amoníaco. Tales datos se utilizan en la descarga de la planta y también en la entrada y dentro de la red de recogida, en donde por ejemplo los cambios significativos en la carga de polución no advierte a los operadores de la necesidad de ajustar la aireación en la etapa biológica de la planta. Esta necesidad percibida ha sido afrontada por un rango de instrumentos de monitorización, algunos de los cuales se sumergen en un canal de flujo circulante, otros bombean una muestra a través de un analizador químico. La fiabilidad de estos instrumentos queda afectada negativamente por el contacto directo con la muestra de las aguas residuales, que frecuentemente bloquea las tuberías o recubriendo las superficies ópticas con capas de grasa o de películas biológicas o suciedad. Además de ello, estos instrumentos son frecuentemente máquinas complejas, de forma que el costo de la monitorización del agua residual es alto en el costo de capital inicial y los costos de mantenimiento de los instrumentos para que operen con una precisión aceptable. Muchas de estas máquinas requieren suministros de servicios tales como aire comprimido o agua corriente para ayudar en la limpieza, incurriendo así en la instalación y costos operativos, y restringiendo su aplicación.

20 En el arte previo se han diseñado varios métodos sin contacto para minimizar o eliminar el contacto directo entre la muestra y el equipo de medida. Ejemplos de estos métodos son el turbidímetro de dispersión superficial, descrito en la patente de los EE.UU. número 3309956, el cual utiliza un célula de flujo especial, en donde la muestra forma una superficie similar a un espejo, y se mide la turbidez de la muestra por la interrogación de la superficie, utilizando un haz de luz y un detector, el cual está dispuesto para medir la luz reflejada no especularmente. Un desarrollo de este sistema se describe en la patente de los EE.UU. número 5400137, el cual utiliza una configuración de una célula de flujo muy similar, pero que incluye: además de la medida de la turbidez, una fuente luminosa un detector para la medida de fluorescencia para aceites o bien otros materiales fluorescentes. Variantes del principio de sin contacto con las células de flujo de columna caída, fabricadas por Sigrist, en donde la muestra está dispuesta como un flujo de caída continua, el cual es interrogado ópticamente para determinar la turbidez, absorción o fluorescencia. Los instrumentos de Sigrist utilizan fuentes luminosas y detectores, dispuestos alrededor de la columna caída, mientras que la configuración descrita en la patente del Reino Unido número 2310282 utilizan un haz de luz, el cual está dirigida a una columna de caída desde dentro de un depósito de cabecera superior, y pudiendo detectar la luz que se encuentra dispersa o absorbida por la muestra de líquido en la caída. Todos estos sistemas sin contacto utilizan un sistema de muestreo, el cual está sujeto en sí al bloqueo. Además de ello, el líquido muestreado puede no ser representativo del flujo principal, especialmente si existe un rango de material suspendido distinto presente.

25 En el documento US4668860 se expone un dispersómetro para evaluar la calidad superficial de un elemento óptico hecho a partir de un material que una dispersión global de la luz mediante la medida de la luz de dispersión de la superficie.

30 Se ha encontrado una forma para solucionar estas dificultades. En términos generales, la invención está relacionada con un dispositivo para monitorizar una o más características de una muestra líquida, tal como se define en la reivindicación 1.

35 En una realización, el dispositivo incluye al menos dos fuentes de radiación colimada dispuesta lado con lado, o al menos dos fuentes de radiación colimada configuradas sobre un eje óptico común.

40 En una realización, el dispositivo incluye al menos dos detectores de radiación dispuestos lado con lado, o al menos dos detectores de radiación dispuestos sobre un eje óptico común.

45 Preferiblemente, cada fuente de radiación colimada corresponde un láser.

50 En una radiación, el dispositivo es capaz de ser operado de forma manual. Al tal fin, el dispositivo puede estar provisto con medios para habilitar el mismo sosteniéndolo con la mano, tal como un agarre de mano, y tiene una

ES 2 291 421 T3

dimensión y peso tales que es fácilmente portátil. En esta realización, es preferible que el dispositivo comprenda además medios para medir la distancia desde el dispositivo hasta la superficie de la muestra, tal como un detector sensible a la posición. Es deseable también que el dispositivo comprenda un inclinómetro. En esta realización, el detector es preferiblemente móvil con respecto a la fuente de radiación; puede proporcionarse una conexión ajustable entre la fuente y el detector, y preferiblemente esta conexión es una conexión de tipo telescópica.

Preferiblemente, el dispositivo comprende además unos medios para acomodar los cambios en el nivel de la muestra.

Deseablemente, la fuente de radiación es pivotable y controlable, de forma tal que la interacción entre la radiación y la muestra tenga lugar o bien en forma cercana al eje óptico del detector de radiación.

Se prefiere que el ángulo entre el eje de la radiación colimada y el eje óptico del detector pueda estar controlado por el dispositivo, utilizando un espejo sobre un eje giratorio motorizado, de forma tal que tenga lugar la interacción entre la radiación y la muestra en el eje óptico y cercano al mismo del detector de radiación.

En una realización preferida, el detector consiste en un conjunto lineal de detectores, o bien un único detector sensible a la posición, de forma tal que el nivel varíe la imagen de la zona de interacción de la radiación de la fuente y que la muestra se desplace lateralmente a través del detector.

En una realización preferida, la fuente de radiación y el detector de radiación están montados conjuntamente sobre un flotador, el cual es libre de moverse sobre uno o más brazos de oscilación o bridas, manteniendo una distancia constante entre la fuente de radiación y los detectores y la superficie de la muestra.

Preferiblemente, el dispositivo comprende además unos medios para medir las pérdidas a través de las ventanas ópticas. Los medios para medir las pérdidas a través de las ventanas ópticas pueden incluir una ventana detectora dispuesta de forma tal que la radiación colimada desde la fuente de radiación pueda pasar a través de la ventana de la fuente de radiación y la ventana óptica detectora directamente, sin interactuar con la muestra.

Preferiblemente, el dispositivo comprende además unos medios de promediado de los datos, tal como un filtro de promedio, para promediar los datos recibidos por el detector. Algunas aplicaciones generan valores altos espurios para los datos del dispersor y de fluorescencia, provocados por ejemplo por rizados largos, espuma y objetos flotantes altamente reflectantes. Los datos pueden ser promediados para eliminar estos valores espurios utilizando un filtro de promedio.

En una construcción preferida, el dispositivo comprende un alojamiento de la fuente de radiación, conteniendo cada una de las fuentes de radiación, un alojamiento del detector conteniendo cada detector y una lente dispuesta de forma tal que la radiación desde cada fuente de radiación tenga que pasar a través de la lente, con el fin de alcanzar cada detector, un soporte para soportar el alojamiento del detector, y el alojamiento de la fuente de radiación, y medios de control para controlar cada fuente de radiación y cada detector.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona el uso de un dispositivo, tal como el descrito anteriormente, para medir las propiedades de la polución de una muestra acuosa. Así pues, el dispositivo puede ser utilizado para inferir el contenido de los sólidos suspendidos de la muestra acuosa a partir de las medidas de la radiación dispersa en una o más longitudes de onda.

La medida de la fluorescencia utilizando la excitación en el rango de 360-410 nanómetros y la emisión en el rango de 570-630 nanómetros, puede utilizarse para inferir la carga orgánica de una muestra acuosa, que puede expresarse como la demanda de oxígeno bioquímico o la demanda de oxígeno químico.

La medida de fluorescencia utilizando la excitación en el rango de 360-410 nanómetros y la emisión en el rango de 570-630 nanómetros, puede utilizarse en combinación con las medidas de la radiación dispersa para inferir la carga orgánica de una muestra acuosa, la cual puede ser expresada como la demanda de oxígeno bioquímico o la demanda de oxígeno químico.

La velocidad del flujo de la muestra acuosa puede utilizarse en combinación con otras medidas, para poder inferir los sólidos suspendidos y la carga orgánica de la muestra en circulación.

La medida de la fluorescencia, especialmente en los rangos de longitudes de onda indicados anteriormente es particularmente útil para monitorizar las aguas residuales, que se ha encontrado que responde a dichas longitudes de onda. Así pues, la invención proporciona también un método para monitorizar las aguas residuales antes descritas mediante la medida de la fluorescencia utilizando la excitación y la emisión de las longitudes de onda descritas anteriormente.

Se hace ahora referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1 a 8 son vistas en alzado lateral esquemático de realizaciones de un monitor óptico, de acuerdo con la invención;

ES 2 291 421 T3

la figura 9 es un alzado lateral esquemático de una realización de tipo portátil de mano de un monitor óptico, de acuerdo con la invención; y

la figura 10 muestra la realización de la figura 9 con más detalle.

Con referencia a la figura 1, se proporciona una unidad de detector óptico 1, montada sobre un soporte en la forma de una barra rígida 2. La unidad 3 de la fuente de radiación colimada está también montada sobre la barra 2, y que puede pivotar alrededor del punto A. El haz de radiación 5, desde la fuente 3, colisiona con la superficie de la muestra 6, generándose un haz reflejado especular 7, y un haz refractado 8. Otros procesos de interacción de la radiación incidente 5 y la muestra tal como la dispersión o fluorescencia pueden generar haces de radiación tales como 9, 10, 11 y 12; parte de esta radiación, tal como la designada por 13 se recoge por una lente 14 a enfocar sobre un detector 15 alojado dentro de la unidad 1.

La unidad 3 incluye un motor de precisión o bien otros medios de rotación alrededor del punto de pivotado 4; esta rotación está bajo el control de un ordenador 16. En una realización alternativa, el movimiento del haz de radiación puede conseguirse por la deflexión del haz de radiación utilizando un espejo sobre un eje rotatorio. Dentro de la unidad 3 pueden existir más de una fuente de radiación operando con distintas longitudes de onda ópticas, y la selección de la fuente de radiación está bajo el control del ordenador 16. El detector 15 está conectado también al ordenador 16.

La configuración es tal que la unidad 3 de la fuente de radiación oscila alrededor del pivote 4, bajo el control del ordenador 16, hasta que el detector 15 registre una respuesta máxima. Mediante estos medios, la interacción de la radiación y la muestra puede medirse a través de un rango de niveles de la muestra, y la distancia entre la unidad 1 detectora y la superficie de la muestra 6 puede calcularse desde la posición de la unidad 3 de la fuente de radiación, cuando se registre la señal máxima en el detector 15.

En una realización alternativa, las variaciones en el nivel pueden acomodarse sin partes móviles. Con referencia a la figura 2, la unidad 3 de la fuente de radiación, está fijada al miembro rígido 2, con un ángulo fijo φ . Con la muestra líquida en una posición baja 17, la radiación generada por la interacción con la muestra se enfoca mediante la lente 14 de la unidad del detector 1 sobre el detector 15 en la posición 18. Conforme se eleva el nivel de la muestra hasta la posición 19, la radiación producida por la interacción con la muestra es enfocada por la lente 14 centralmente sobre el detector 15. A un nivel de la muestra más alto 20, la radiación producida por la interacción con la muestra es enfocada por la lente 14 sobre el detector en la posición 21. Puede observarse por tanto que conforme el nivel de la muestra se mueve verticalmente, la posición de la radiación enfocada sobre el detector se desplaza lateralmente. Si el detector 15 es un detector sensible a la posición, o bien un conjunto de detectores, el nivel de la muestra puede ser inferido por el método establecido de triangulación, desde la posición de la radiación que caiga sobre el detector 15. Al mismo tiempo, la información sobre la intensidad de la interacción entre la radiación y la muestra está disponible a partir de la intensidad de la radiación que caiga sobre el detector 15. Si se utiliza un conjunto de detectores, la reducción progresiva y la dispersión de la radiación conforme penetra en la muestra, podrá medirse para ganar una información adicional sobre la muestra.

En una realización alternativa adicional, se acomodan las variaciones del nivel del líquido, permitiendo que el sistema óptico pueda flotar sobre la superficie de la muestra, la cual puede ser solo líquido en esta realización, manteniendo una distancia constante entre el sistema óptico y la superficie de la muestra. Con referencia a la figura 3, el sistema óptico está montado sobre uno o más flotadores 22, los cuales están fijados por uno o más brazos 23 pivotados en los puntos 24 y 25, o con una simple brida a un soporte rígido 26. El equipo de medida sobre los flotadores consiste en una unidad 3 de una fuente de radiación, la cual puede contener una o más fuente distintas de una radiación colimada, y una unidad detectora 1 montada sobre un bastidor rígido 27 sobre los flotadores 22. La radiación desde la unidad de la fuente 3 colisiona con la superficie líquida en 28, e interacciona con la misma para producir una radiación dispersa, fluorescente u otro tipo de radiación, la cual es irradiada hacia arriba desde la superficie del líquido. Parte de esta radiación se recoge por la lente 14, la cual enfoca la radiación sobre un detector 15. Conforme cambia el nivel del líquido, el equipo montado en el flotador se mantiene con el líquido manteniendo una distancia constante entre las unidades ópticas 3 y 1 y el líquido. El sistema puede incluir un transductor rotacional o bien otros medios para monitorizar el ángulo entre los brazos 23 y el flotador 22, y por tanto deducir el nivel del líquido. La unidad 3 de la fuente de radiación opera bajo el control de un ordenador, no mostrado en este diagrama, conectado a la unidad 3 de la fuente de radiación y a la unidad detectora 1. El ordenador puede estar montado sobre el flotador, o bien puede montarse con el soporte rígido sobre los lados del canal, depósito u otra estructura.

Son posibles varias configuraciones de las fuentes de radiación y detectores, dentro de las geometrías básicas de las figuras 1, 2 y 3, dependiendo de las medidas que se precisen para caracterizar la muestra de líquido. Con referencia a la figura 4, que utiliza la configuración de la figura 8 a modo de ejemplo, la unidad 3 de la fuente de radiación genera dos o más haces colimados independientes del lado de la radiación lado con lado 29 y 30. Estos colisionan con la superficie de la muestra 6, e interactuando con la muestra que produce la radiación por encima de la superficie de la muestra. Esta radiación se enfoca por la lente 14, y genera imágenes de las zonas de interacción sobre dos o más detectores 31 y 32, los cuales están configurados para responder a la radiación de interés, por ejemplo mediante el uso de filtros adecuados. Podrían utilizar dos lentes independientes, una para cada detector, en lugar de la única lente 14. Además de recoger los datos que caracterizan la muestra 6, esta configuración puede ser utilizada para medir la velocidad superficial de la muestra a lo largo de la dirección 33, utilizando la correlación de las señales medidas en los detectores 31 y 32.

Las fuentes de radiación y los detectores pueden estar configurados lado con lado en un plano formando un ángulo recto al mostrado en la figura 4. Con referencia a la figura 5, utilizando como ejemplo la configuración de la figura 1, se encuentran dispuestos dos o más haces colimados de radiación 35 y 36 para emerger lado con lado desde la unidad 3 de la fuente de radiación, e incidiendo en la superficie de la muestra 6 por debajo de la unidad detectora 1. Esta contiene dos o más detectores de radiación 31 y 32, dispuesto lado con lado, y con una respuesta a la radiación adecuada para las propiedades de la muestra líquida que esté siendo monitorizada. La radiación que emerge de la superficie de la muestra 6 es enfocada sobre los detectores 31 y 32 mediante una o más lentes 14.

Existe una configuración distinta adicional de las fuentes de radiación y de los detectores, la cual puede ser utilizada dentro de las geometrías básicas de las figuras 1, 2 y 3. Utilizando la configuración de la figura 1, como ejemplo, y con referencia a la figura 6, la radiación colimada de 2 fuentes independientes 36 y 37 se configuran para emerger de la unidad 3 de la fuente de radiación, a lo largo de un eje común 5, mediante el uso de una placa 38, la cual puede estar plateada en parte o revestida con una capa selectiva de la longitud de onda, designada para reflejar la radiación de la fuente 37, y transmitir la radiación desde la fuente 36, de forma que sea coaxial la radiación emergente. Parte de la radiación producida por la interacción con la muestra 6 es recogida por la lente 14 en la unidad 1 detectora, en donde se divide mediante un divisor de haz 39 en 2 partes a registrar por los detectores 31 y 32. Una variante adicional de esta configuración sería utilizar una única fuente de radiación y medir la radiación dispersa utilizando 1 detector y la radiación fluorescente con el segundo detector.

Se apreciará que las distintas configuraciones de las figuras 1 a 6 podrán ser utilizadas para ensamblar combinaciones de fuentes colimadas y detectores para adaptarse al requisito de la medida.

Las fuentes de radiación colimadas pueden ser por ejemplo unos láseres. Si la fuente de radiación colimada está polarizada en forma plana, será ventajoso que el vector E esté alineado verticalmente con la superficie de la muestra, para obtener la máxima transmisión en la interfaz.

Es altamente deseable al realizar las medidas necesarias el caracterizar la muestra, que no interfieran entre sí, y que no queden alteradas por los cambios en la radiación ambiente. Existen varios métodos mediante los cuales esto podrá conseguirse. Un método es modular las fuentes de radiación a distinta frecuencias, y utilizar métodos sincronizados de detección, tal como la amplificación de sincronización en fase, para seleccionar solo la radiación de la muestra que hubiera sido estimulada por la interacción con la fuente de radiación objeto de la medida. Puede ser ventajoso el operar las distintas fuentes de radiación una en cada instante, para ayudar a separar los efectos que tengan que ser medidos.

Los cambios en el nivel de la muestra afectarán a la intensidad de la radiación recibida en la unidad detectora, y será deseable corregir esto utilizando un ordenador o bien otros medios. Las correcciones son deseables para compensar los tres efectos. Con referencia a la figura 1, el primero es que las proporciones de la radiación de la fuente incidente a reflejar y refractar en la superficie de la muestra variará con el ángulo θ al cual la radiación colisione con la superficie de la muestra, y será solo la radiación refractada la cual interactuará con la muestra, para generar una radiación dispersa o fluorescente. La intensidad de la radiación recibida en el detector caerá al aumentar el valor de θ , de acuerdo con las conocidas leyes de la reflexión y refracción. El segundo efecto es que la intensidad de la radiación dispersa generalmente dependerá del ángulo entre la radiación incidente y la radiación dispersada, y esto dependerá de la dimensión relativa de las partículas y de la longitud de onda de la radiación, de acuerdo con las teorías establecidas de la dispersión de la radiación. El tercer efecto es la ley de los cuadrados inversos que controla la distancia entre una fuente de radiación puntual y el detector de una apertura fija, la cual es aproximada mediante este sistema. Aunque la mayor parte de estos efectos pueden ser calculados, un método conveniente de corrección es utilizar una tabla de consulta derivada de las medidas empíricas en el ordenador, por ejemplo, para normalizar las intensidades de radiación medidas para los efectos de variar la distancia a la muestra.

Un efecto adicional que puede ser compensado tiene lugar cuando la profundidad de la muestra es suficientemente pequeña para que refleje la radiación desde el fondo del depósito, tubería o canal e interfiriendo con la medida. Por ejemplo, con muestras de líquidos residuales de crudo este efecto llega a ser significativo con profundidades inferiores a 80 mm de profundidad del líquido residual, y provoca un incremento en la radiación dispersa detectada. Al igual que con el efecto de la distancia, una tabla de consulta en el ordenador derivada empíricamente puede ofrecer un método conveniente de aplicación de una corrección.

Las realizaciones descritas emplean todas unas ventanas ópticas a través de las cuales se transmite y se recibe la radiación, y estas ventanas pueden estar sujetas al ensuciamiento procedente del polvo, condensación, pulverización, telarañas, y otras fuentes. La configuración óptica de la presente invención puede ser utilizada para proporcionar una medida del grado del ensuciamiento de la ventana, y por tanto para aplicar una corrección de las pérdidas de radiación en las ventanas. Con referencia a la figura 7, la unidad 3 de la fuente de radiación se muestra en la posición de medida normal, utilizando línea de trazo lleno, en donde el haz de radiación colimada 5 colisiona con la superficie de la muestra 6, y la radiación de la interacción entre la muestra y la radiación entra en el detector principal 15, a través de la ventana inclinada 40. La unidad 3 de la fuente de radiación puede elevarse bajo el control del ordenador 16 hasta la posición que se muestra por las líneas de puntos, de forma que el haz de colimado 5 entre en la ventana 40 directamente, y pueda alcanzar el detector auxiliar 41. Las medidas de intensidad mediante el detector principal 15 variarán con: la intensidad del haz de la fuente colimada dentro de la unidad 3 de la fuente de radiación; la atenuación mediante la ventana 42 de la unidad de la fuente de radiación; la atenuación debida al trayecto de atenuación

en el aire debido a la neblina o a otras pérdidas; la atenuación debida a la ventana 40 de la unidad del detector. La medida hecha por el detector auxiliar en la unidad de la fuente de radiación en la posición elevada, permitirá por tanto que pueda aplicarse una corrección, la cual mejorara la precisión de la medida en la presencia de alguna suciedad en la ventana óptica. Se ha añadido la ventaja de proporcionar un registro para la medida de la posición angular de la unidad de la fuente de radiación con respecto a la unidad detectora. Puede concentrarse información adicional por el movimiento de la fuente de radiación a la posición por debajo de la posición operativa normal, que se muestra también en líneas de trazos, tal que la radiación colimada colisione con la muestra en 43, y siendo reflejada especularmente desde la superficie de la muestra en el detector auxiliar 41. La intensidad de la radiación en el detector principal 15 dependerá de la intensidad de la fuente; de las pérdidas en las ventanas 42 y 40; de las pérdidas en el trayecto de transmisión; de las pérdidas con la reflexión. En el supuesto de que se conozcan las características de la muestra 6, las pérdidas de la reflexión pueden ser calculadas a partir del ángulo de incidencia α , el cual es conocido a partir de la posición rotacional de la unidad 1 de la fuente. Las medidas hechas en las dos posiciones de puntos pueden compararse y proporcionar unos medios de medida y conexión de las pérdidas de transmisión en el trayecto aéreo. Esta posición inferior de la unidad 3 de la fuente de radiación proporciona también un método alternativo para medir el nivel de la muestra para el método usual con la fuente de radiación en la posición de medida normal.

Esta configuración no puede ser utilizada con las unidades de las fuentes de radiación fijas, por ejemplo, que se muestran en las figuras 2 y 3, aunque puede derivarse una corrección similar para la suciedad en la ventana, utilizando la configuración de la figura 8. Con referencia a la figura 8, la unidad 3 de la fuente de radiación fija incluye una o más fuentes de radiación 36 para la medida de las características de la muestra tal como en las figuras del ejemplo 2 y 3, y la radiación detectada a partir de la interacción entre la radiación y la muestra que se mide utilizando la unidad del detector 1. Al hacerlo así, la radiación pasa a través de la ventana 42 en la unidad 3 de la fuente de radiación y la ventana 40 inclinada en la unidad de detección 1. La fuente 37 de radiación auxiliar está dispuesta en la unidad de la fuente de radiación 3, de forma que su haz colimado 44 pase a través de las ventanas 42 y 40 en el mismo punto que la radiación desde la fuente 36, al realizar medidas en la muestra, y siendo detectadas por el detector auxiliar 41. Esta medida se atenuará por el ensuciamiento de las ventanas 42 y 40, y podrán utilizarse por el ordenador 16 para corregir las pérdidas debidas al ensuciamiento de las ventanas.

En las realizaciones de las figuras 7 y 8, el detector auxiliar 41 puede ser reemplazado por una pequeña esfera reflectora o bien un alambre metálico fino situado dentro de la ventana 40. Dicho hilo difundiría la radiación en el detector principal 15, cuando el haz 5 de la fuente colimada de la figura 7 o el haz 44 colimado auxiliar de la figura 8 colisionara con el alambre. La intensidad medida en el detector principal 15 proporcionaría por tanto los datos, a partir de los cuales podrán realizarse las correcciones para la ventana. En la configuración de la figura 7, el alambre o esfera proporcionarían también un registro del haz 5 colimado oscilante. Aunque el alambre o la esfera oscurecerían una parte de la ventana 40, el hilo o la esfera deberían ser lo suficientemente pequeños, de forma que las pérdidas de la luz dispersa o fluorescente de la muestra 6 recibida en el detector principal 15 fueran despreciables.

La invención puede ser utilizada en la instrumentación portátil de mano. Con referencia a la figura 9, el sistema está configurado como una unidad portátil de mano 45, la cual está dirigida a la superficie de la muestra 6, en donde el operario está de pie en el lado del canal 46. El eje coaxial 47 de la fuente de radiación y el eje 48 óptico del detector están configurados para que se crucen a una distancia que es la mitad de la distancia esperada de funcionamiento.

Con referencia a la figura 10, la unidad portátil de mano tiene una unidad 3 de fuente de radiación, conectada mediante un brazo rígido 2 a una unidad detectora 1. Es conveniente para el brazo 2 que sea telescópico o abisagrado, para permitir al sistema que pueda almacenarse y transportarse de una forma compacta. La lente 14 enfoca la radiación recibida en el detector 15, el cual es un dispositivo sensible a la posición o un bien un conjunto de detectores. Mediante triangulación, la distancia a la superficie de la muestra puede ser deducida desde la posición de la imagen de la fuente de radiación sobre la superficie de la muestra, la cual se mueve lateralmente a través del detector 15, conforme varíe la distancia a la muestra. Con el fin de realizar unas medidas correctas de las propiedades de la muestra, es necesario conocer el ángulo conformado por el haz de la fuente 47 y la superficie de la muestra. El sistema incluye por tanto un inclinómetro, el cual está conectado con la fuente de radiación y el detector a un ordenador incluido también en el sistema portátil de mano.

La lente 14 en todos estos ejemplos puede estar realizada por ejemplo para una lente de foco fijo. Para unas distancias mayores del nivel de la muestra puede ser necesario el reemplazar la lente de foco fijo con una lente de foco variable bajo el control por ordenador de un sistema de enfoque automático autocontenido.

La presente invención puede ser utilizada para un rango de posibles medidas. Un ejemplo es la medida de la carga de polución del agua residual. En esta aplicación, se utilizan dos fuentes de radiación, la primera en la longitud de onda de rayos rojos o infrarrojos, en el rango de 670 a 880 nanómetros, la segunda en el color azul extremo o ultravioleta cercano en el rango de 360 a 410 nanómetros. Utilizando estas fuentes de radiación, pueden realizarse tres medidas con la unidad detectora, la radiación dispersa en el azul/ultravioleta cercano, la radiación dispersa en el rojo/infrarrojo cercano, y la fluorescencia de la muestra utilizando la radiación azul/ultravioleta cercana como excitación, y midiendo la emisión en el rango de longitudes de onda de 570 a 630 nanómetros. Se ha encontrado que para muchas muestras de aguas residuales existe una correlación entre los sólidos en suspensión de la muestra y la suma lineal de la radiación

ES 2 291 421 T3

dispersa de rojo/infrarrojo (dispersión IR), y la radiación dispersa de azul/ultravioleta cercano (dispersión UV), de la forma:

$$\text{Sólidos en Suspensión} = a_1 \times (\text{dispersión IR}) + b_1 \times (\text{dispersión UV}) + c_1$$

en donde a_1 , b_1 y c_1 son constantes a determinar para un agua residual dada.

Se ha encontrado también que para muchas aguas residuales existe una correlación entre el BOD y el COD de una muestra, y la suma lineal de la radiación dispersa de rojo/infrarrojo (dispersión IR), la radiación dispersa de azul/ultravioleta cercano (dispersión UV), y la fluorescencia de la muestra, utilizando la radiación de azul/ultravioleta cercano, y midiendo la emisión en el rango de 570 a 630 nanómetros (fluorescencia UV-rojo) de la forma:

$$\text{BOD} = a_2 \times (\text{dispersión IR}) + b_2 \times (\text{dispersión UV}) + c_2 (\text{fluorescencia UV - rojo}) + d_2$$

$$\text{COD} = a_3 \times (\text{dispersión IR}) + b_3 \times (\text{dispersión UV}) + c_3 (\text{fluorescencia UV - rojo}) + d_3$$

en donde a_2 , b_2 , c_2 , a_3 , b_3 , y c_3 son constantes a determinar por un agua residual dada.

Para algunas aguas residuales, puede ser ventajoso el añadir términos no lineales a estas expresiones para los sólidos en suspensión, BOD y COD.

Se ha encontrado además que para las muestras de aguas residuales de origen similar, las constantes en las expresiones para sólidos en suspensión, BOD y COD, son muy cercanas entre sí, permitiendo por tanto que puedan utilizarse las calibraciones estándar. Las muestras pueden tomarse entonces para el análisis, y utilizarse para recortar los valores de las constantes estándar.

El tamaño del material en suspensión y su calidad estarán influenciados por la velocidad del flujo. Si la invención presente incluye una medida de velocidad del flujo, o cuando esté disponible como una entrada al ordenador del sistema, esto puede añadirse a las expresiones de la correlación anterior, para obtener una predicción mejorada de los parámetros de polución.

Algunas aplicaciones generan altos valores espurios para los datos de dispersión y fluorescencia, provocados por ejemplo por rizados grandes, espuma y objetos flotando altamente reflectantes. Los datos pueden uniformarse mediante la eliminación de estos valores de los datos espurios, utilizando por ejemplo un filtro de promedios.

Se observará que la invención descrita anteriormente puede ser modificada dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) para monitorizar una o más características de una muestra de líquido, que comprende al menos una fuente (3) de radiación colimada, y al menos un detector (15) capaz de detectar la radiación de retorno de la muestra, en donde el eje óptico de la fuente o fuentes de radiación y el eje óptico del detector o detectores no son paralelos, **caracterizado** porque el dispositivo incluye además unos medios para corregir los cambios en la intensidad de la radiación recibida por cada detector, originada por las variaciones en la distancia del dispositivo desde la superficie de la muestra, y las variaciones en el ángulo de incidencia y el ángulo de dispersión de la radiación colimada, por lo que las características del líquido pueden todavía ser monitorizadas incluso cuando exista un cambio en el nivel de la muestra.
2. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al menos dos fuentes de radiación colimada, dispuestas lado con lado o configuradas sobre un eje óptico común.
3. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, que comprende al menos dos detectores de radiación dispuestos lado con lado o configurados sobre un eje óptico común.
4. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada una de las fuentes de radiación colimada es un láser.
5. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además unos medios para habilitar el dispositivo para ser sujetado con las manos, por lo que el dispositivo es portátil, y pudiéndose utilizar para un funcionamiento portátil de mano.
6. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además medios para medir la distancia desde el dispositivo a la superficie de la muestra, y en donde los medios de medida de la distancia es preferiblemente un detector sensible a la posición.
7. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además un inclinómetro.
8. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la fuente de radiación es pivotable y controlable, de forma tal que tiene lugar una interacción entre la radiación y la muestra, en el eje óptico o en su cercanía en el detector de radiación.
9. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el ángulo entre el eje de la radiación colimada y el eje óptico del detector está controlado por el dispositivo que utiliza un espejo sobre un eje giratorio motorizado, de forma tal que tiene lugar una interacción entre la radiación y la muestra en el eje óptico o en su cercanía del detector de radiación.
10. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el detector comprende un conjunto lineal de detectores, o un único detector sensible a la posición, de forma tal que el nivel varíe la imagen de la zona de interacción de la radiación de la fuente, y en donde la muestra se mueve lateralmente a través del detector.
11. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la fuente de radiación y el detector de radiación están montados conjuntamente sobre un flotador (22), el cual es libre de moverse sobre uno o más brazos o bridas oscilantes (23) manteniendo una distancia constante entre la fuente de radiación y los detectores y la superficie de la muestra.
12. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además unos medios para medir las pérdidas a través de las ventanas ópticas del dispositivo.
13. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, en donde los medios para medir las pérdidas a través de las ventanas ópticas incluyen una ventana detectora, dispuesta de forma tal que la radiación colimada desde la fuente de radiación puede hacerse pasar a través de la ventana de la fuente de radiación, y la ventana óptica detectora directamente, sin interaccionar con la muestra.
14. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un alojamiento de la fuente de radiación que contiene cada fuente de radiación (3), un alojamiento del detector que contiene cada detector (15) y una lente (14) dispuesta de forma tal que la radiación de cada fuente de radiación tiene que pasar a través de la lente, con el fin de alcanzar cada detector, un soporte (12) para soportar el alojamiento del detector, y el alojamiento de la fuente de radiación, y medios de control (16) para controlar cada fuente de radiación y cada detector.
15. Un método de determinación de las propiedades de la polución de una muestra acuosa, utilizando un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, comprendiendo el método un haz de radiación colimada desde una fuente de radiación colimada del dispositivo en la muestra acuosa, detectando la radiación retornada desde la muestra, utilizando un detector del dispositivo, y procesando los datos recibidos por el detector.

ES 2 291 421 T3

16. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la muestra acuosa comprende un flujo de agua residual que fluye a lo largo de un canal abierto.

5 17. Un método de acuerdo con la reivindicación 15 ó 16, en donde el contenido de los sólidos en suspensión se deducen a partir de las medidas de la radiación dispersa en una o más longitudes de onda.

10 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, 16 ó 17, en donde la medida de la fluorescencia utilizando la excitación en el rango de 360-410 nanómetros y la emisión en el rango de 570-630 nanómetros se utiliza para deducir la carga orgánica de la muestra acuosa, que pueda expresarse como una demanda de oxígeno bioquímico o una demanda de oxígeno químico.

15

20

25

30

35

40

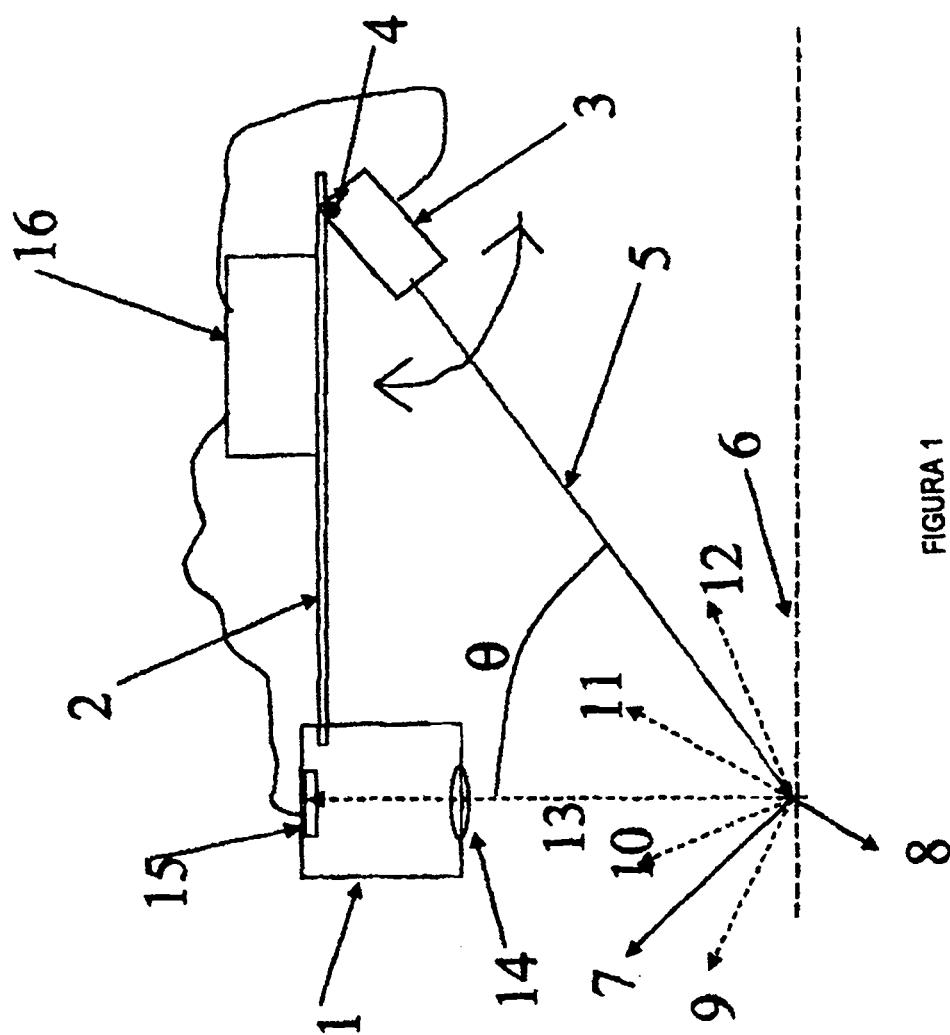
45

50

55

60

65



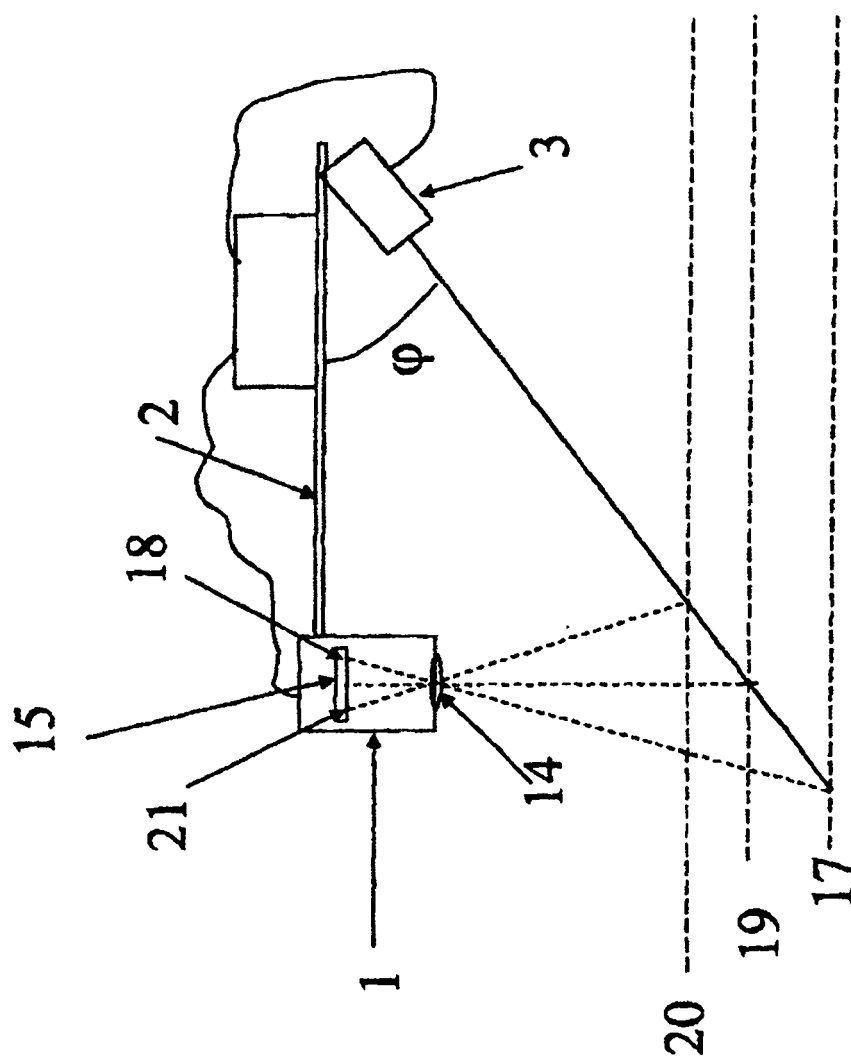


FIGURA 2

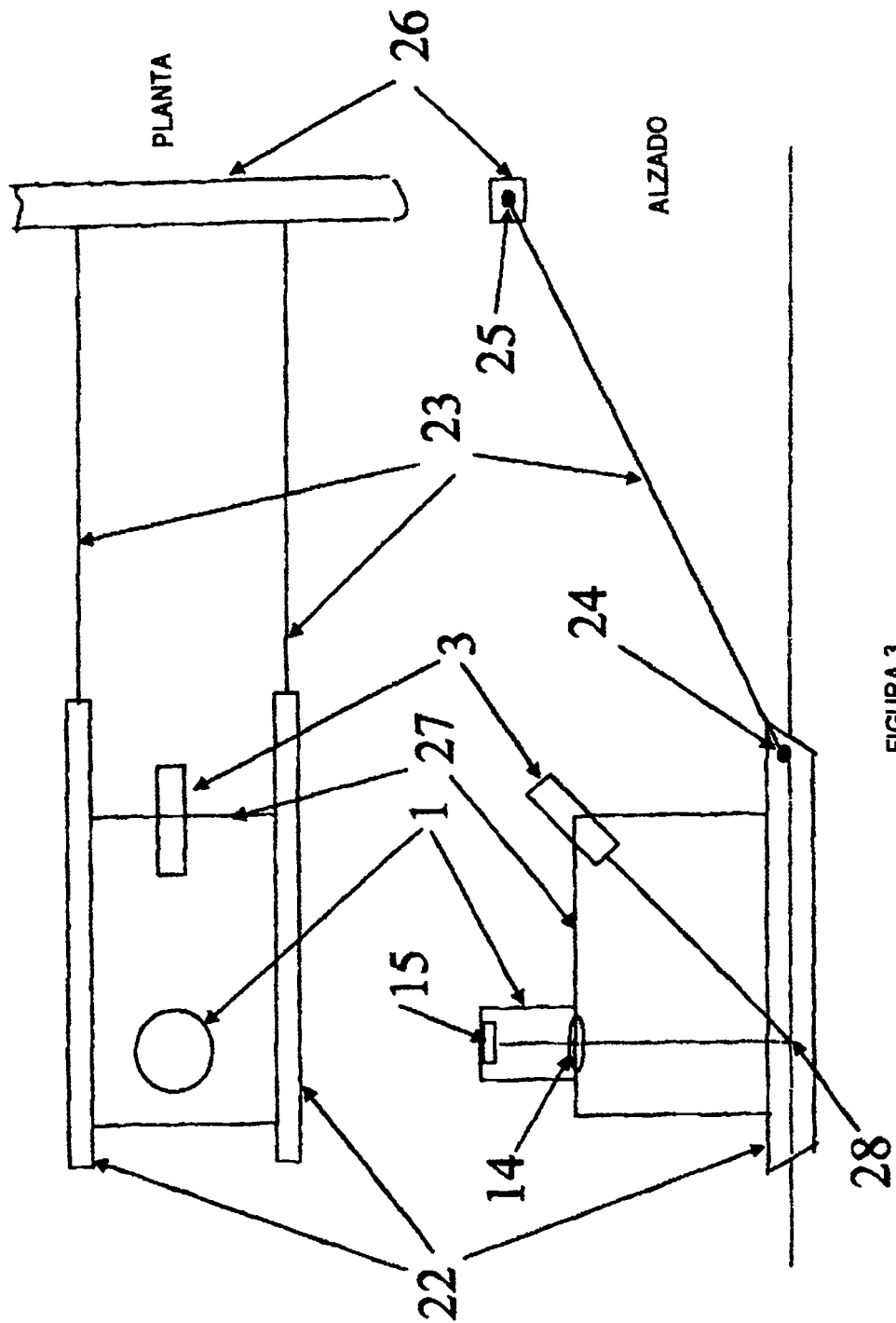


FIGURA 3

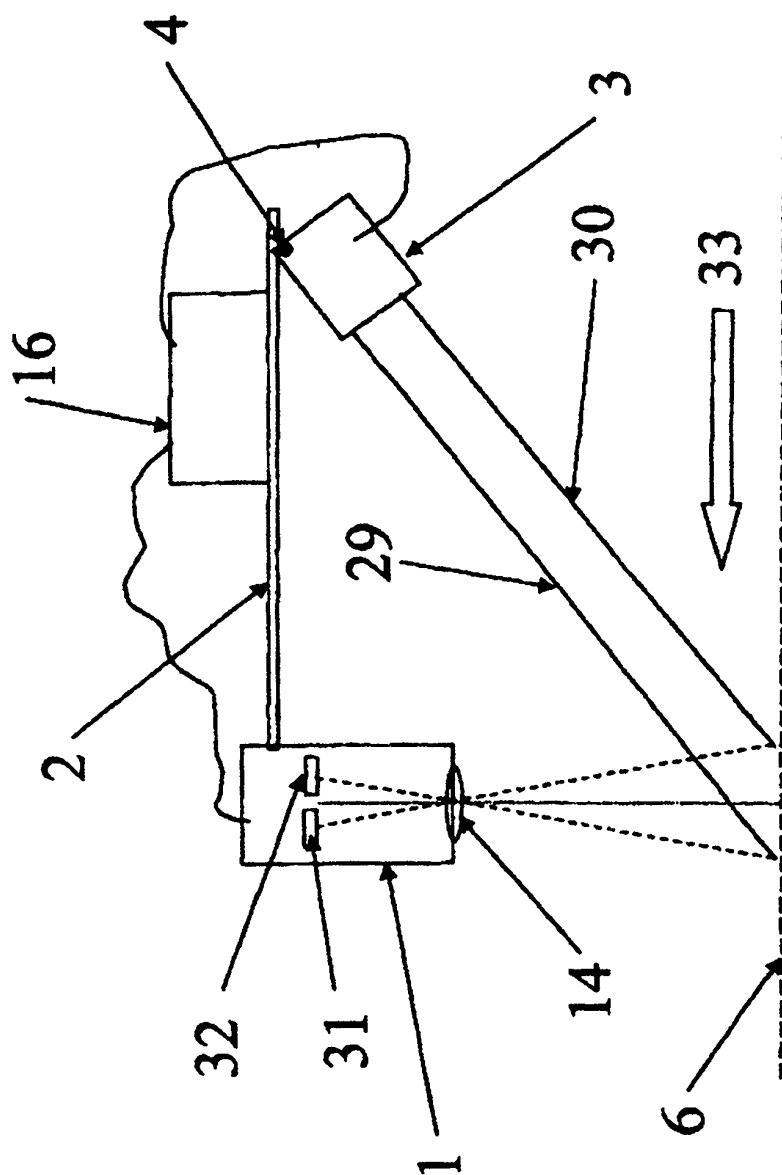


FIGURA 4

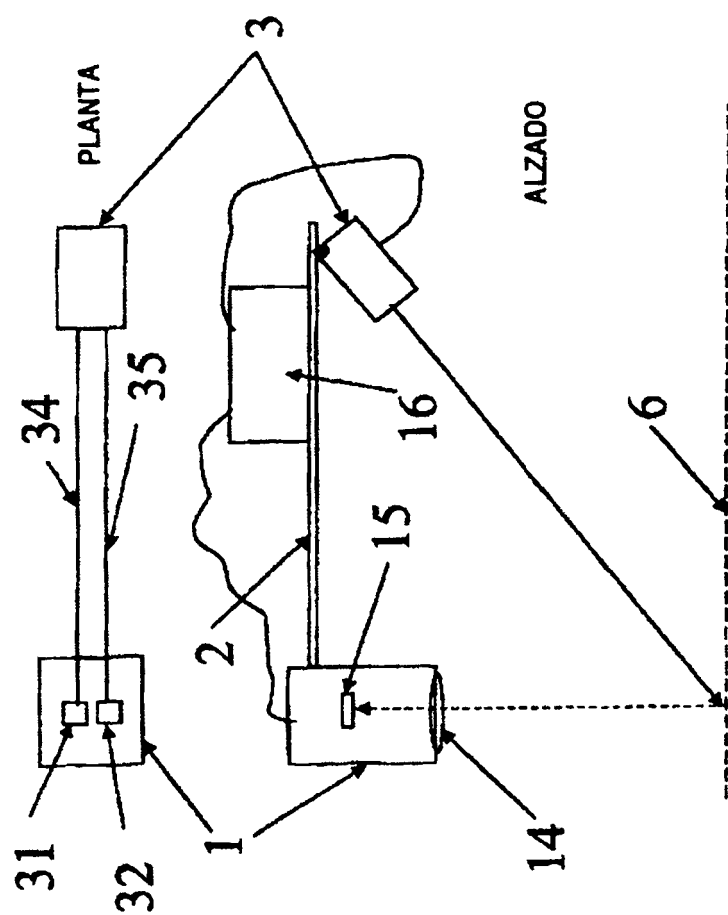
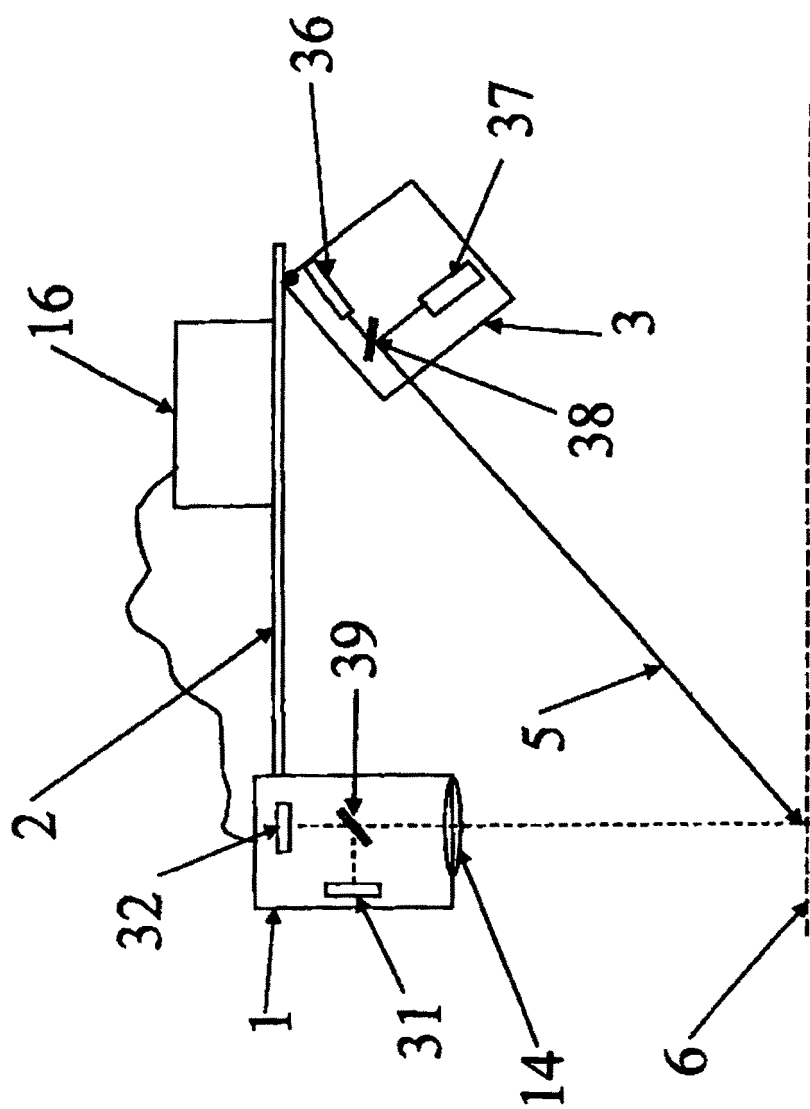


FIGURA 5



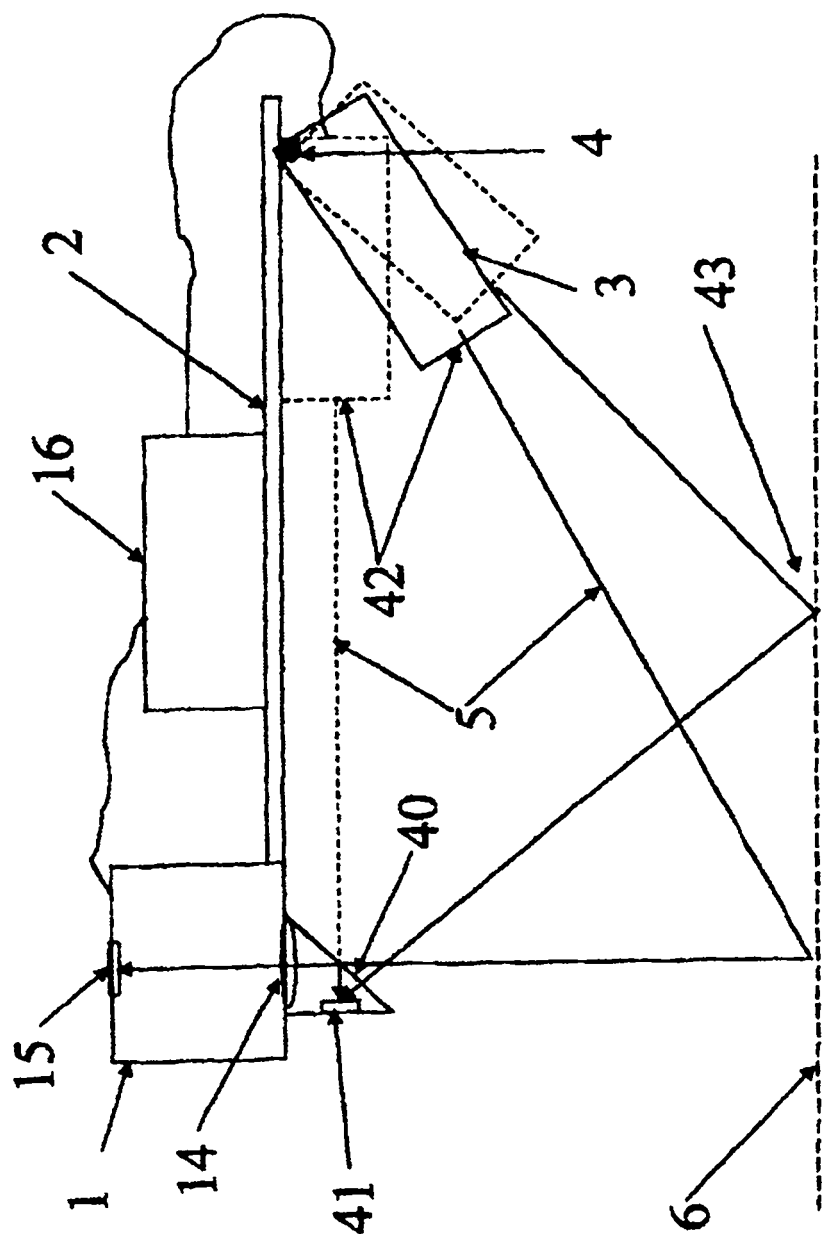
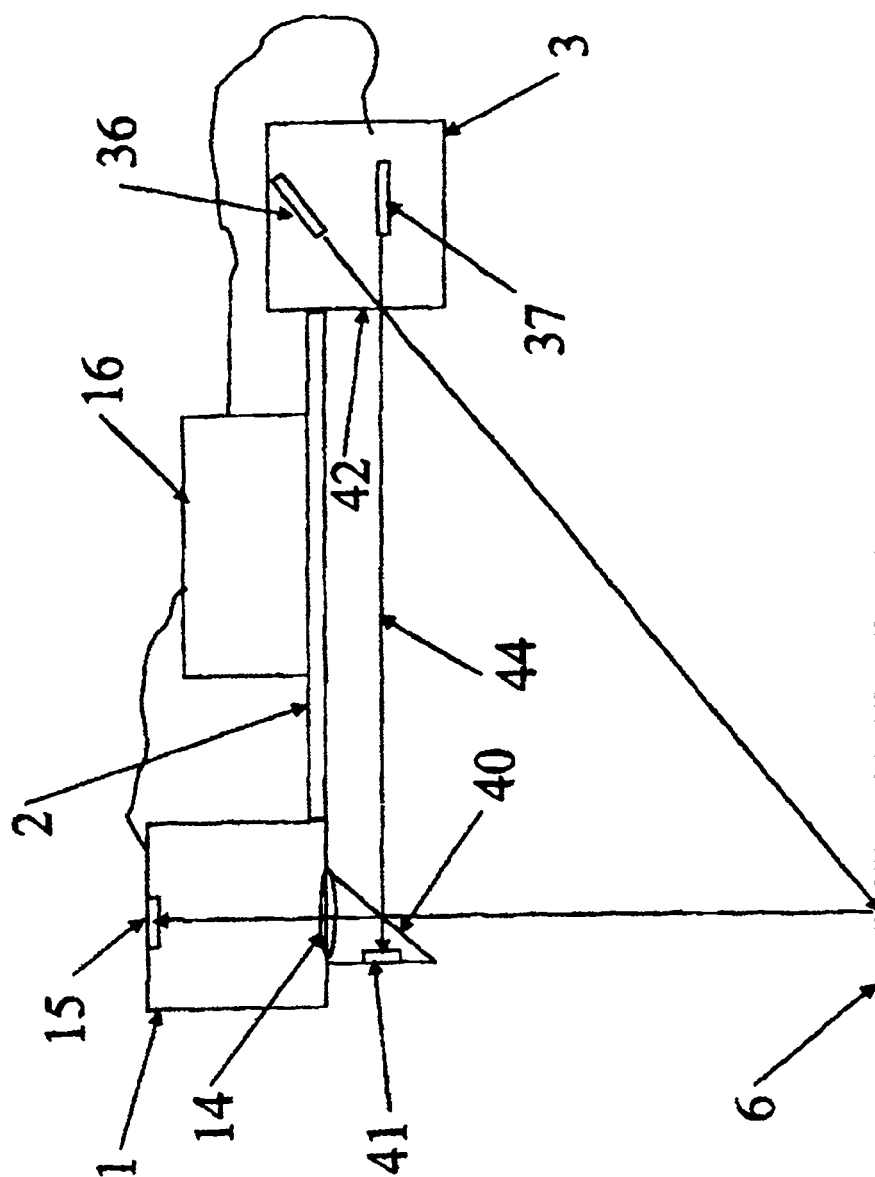


FIGURA 7



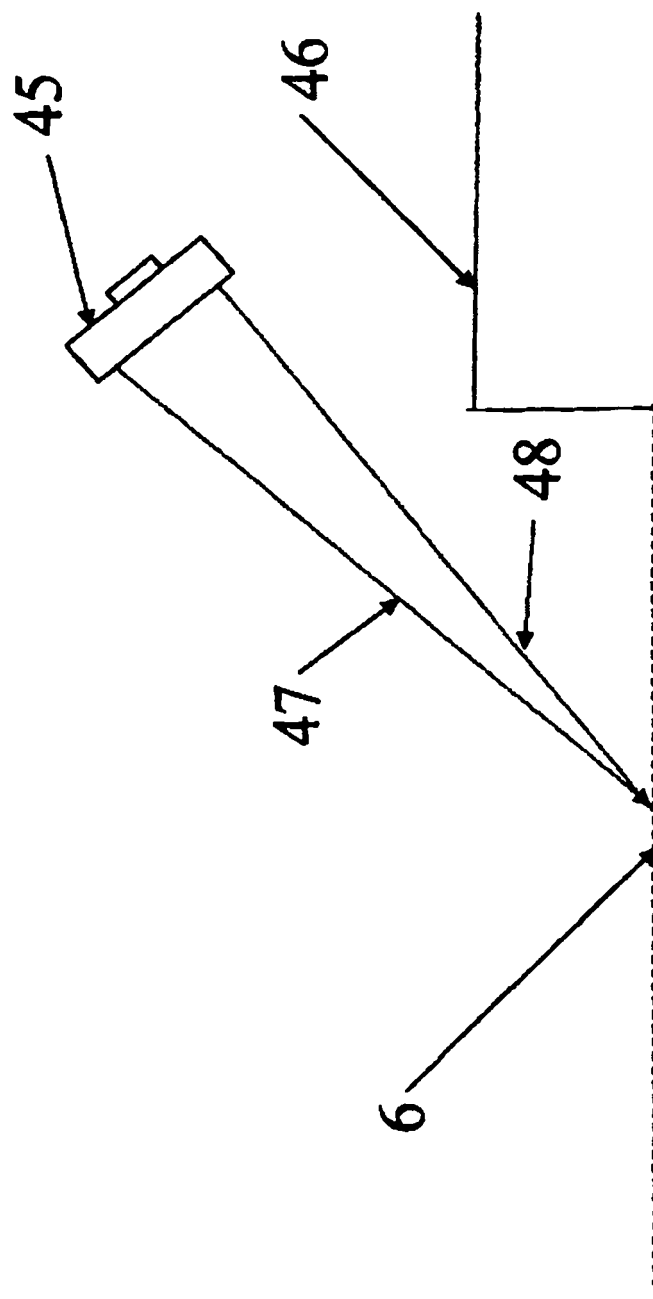


FIGURA 9

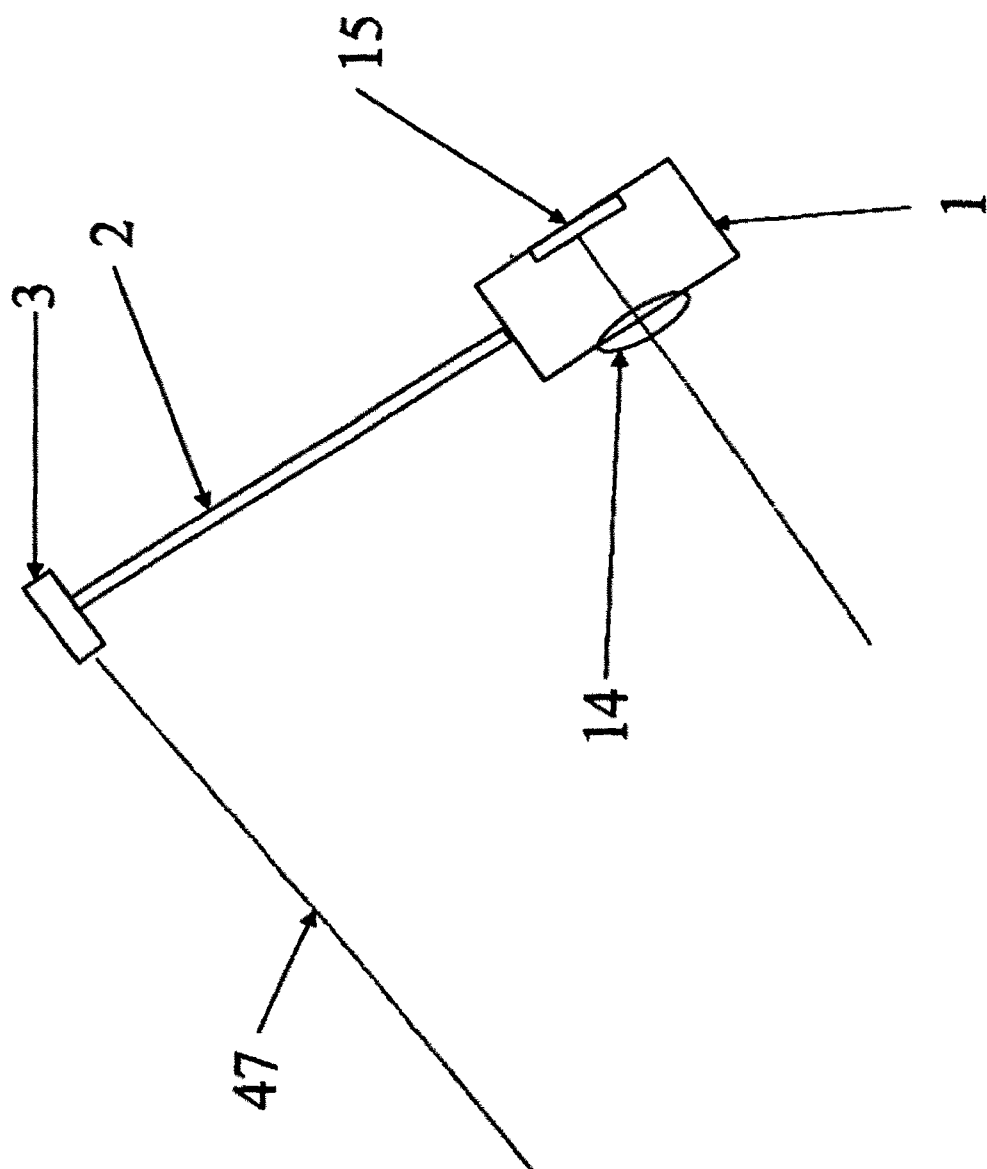


FIGURE 10