



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 649**

51 Int. Cl.:

**G01N 21/85** (2006.01)

**G01J 3/02** (2006.01)

**G01J 3/10** (2006.01)

**G01J 3/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08807192 .3**

96 Fecha de presentación : **26.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2198275**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54

Título: **Dispositivo de espectrometría para el análisis de fluidos.**

30

Prioridad: **12.10.2007 FR 07 07154**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**07.10.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**07.10.2011**

73

Titular/es: **SP3H  
Domaine du Petit Arbois Batiment Laennec  
13100 Aix-en-Provence, FR**

72

Inventor/es: **Fournel, Johan;  
Lunati, Alain y  
Gergaud, Thierry**

74

Agente: **Aznárez Urbieto, Pablo**

**ES 2 365 649 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

Dispositivo de espectrometría para el análisis de fluidos

5 La presente invención se refiere al análisis de fluidos. Más concretamente, la presente invención se refiere al análisis cualitativo de fluidos, y en particular de carburantes basados en hidrocarburos o biocombustibles que aseguran el funcionamiento de un motor térmico tal como los utilizados en los vehículos.

10 Cada vez es más habitual que los automóviles estén equipados con un sistema de gestión electrónica configurado para optimizar el funcionamiento del motor en función de diferentes parámetros medidos por sensores. Generalmente estos sistemas están configurados para que se ajuste la cantidad de carburante inyectado en el motor y regular la duración de la inyección, el avance del encendido, la presión de admisión y el reciclado de los gases de escape, en particular en función del régimen del motor, de la temperatura del aceite y del líquido de refrigeración, y también en función de parámetros externos tales como la presión atmosférica y la temperatura ambiente.

15 Sin embargo, esta optimización está limitada por las distintas calidades de los carburantes. En efecto, aunque éstas están definidas por una normativa, los carburantes están sujetos a importantes variaciones de calidad dependiendo del tiempo y del distribuidor del carburante. En general, los carburantes se caracterizan por parámetros fisicoquímicos tales como el índice de octanos y la presión de vapor en el caso de los motores de explosión, el índice de cetano, el punto de ignición y el comportamiento en frío en el caso de los motores diésel y también la curva de destilación, la densidad y el contenido de compuestos oxigenados. Así pues, se estima que los parámetros fisicoquímicos de los carburantes basados en hidrocarburos pueden variar entre un 15 y un 40% o más en torno a los valores medios normalizados especificados por las normas.

20 Ahora bien, el funcionamiento de un motor térmico está optimizado para un carburante normalizado. Si la calidad del carburante repostado difiere mucho de la calidad del carburante normalizado, esta optimización ya no tiene efecto y el motor tenderá a consumir más carburante y a generar más gases contaminantes.

25 Por consiguiente, es deseable determinar la calidad del carburante que alimenta el motor y tener en cuenta los resultados obtenidos para gestionar su funcionamiento. Con este fin, la espectrometría de absorción en el infrarrojo cercano ha demostrado ser adecuada para la evaluación cualitativa de un hidrocarburo o de una mezcla de hidrocarburos.

En general, un espectrómetro tradicional para la obtención de un espectro de absorción de un fluido incluye los siguientes elementos:

- 30 – una fuente luminosa que abarca al menos la banda de longitudes de onda en la que se han de realizar las medidas;
- un dispositivo denominado "sonda" en la siguiente descripción, en el que interactúan la luz producida por la fuente luminosa y el fluido a analizar; y
- un sensor de análisis espectral que analiza la luz de salida de la sonda.

35 Un espectrómetro de este tipo permite obtener un espectro de absorción que se presenta como una curva con la forma  $T = f(\lambda)$ , donde la cantidad  $T$  indica la luz que ha atravesado el fluido a analizar en función de la longitud de onda  $\lambda$ .

Un espectrómetro se caracteriza principalmente por el rango de análisis espectral (amplitud y posición de los espectros generados), la finura del análisis o la cantidad de puntos de medida que constituye el espectro suministrado, la precisión de la medida sobre el valor de la absorción y la sensibilidad, es decir, la capacidad para medir una escasa cantidad de luz.

40 En general, los espectrómetros actuales presentan una gran complejidad y, en consecuencia, un alto coste y unas dimensiones relativamente grandes. En particular, los espectrómetros actuales incluyen numerosos componentes ópticos (lentes, filtros, prismas, espejos, redes de difracción) separados por capas de aire. La alineación de estos componentes es crítica para el buen funcionamiento del espectrómetro. Los espectrómetros actuales, habitualmente concebidos para los laboratorios, apenas están adaptados al entorno de un motor térmico o un vehículo. En particular, no están concebidos para soportar las intensas vibraciones generadas por el motor térmico o el vehículo. En efecto, entre la fuente luminosa y el dispositivo de análisis espectral, el haz luminoso atraviesa una gran cantidad de componentes ópticos separados por capas de aire. Cada superficie de contacto entre el componente óptico y el aire es una fuente potencial de desajuste o aberración.

50 Las fuentes luminosas utilizadas tradicionalmente en espectrometría (lámparas de incandescencia o de vapores metálicos, halógenos,...) son incompatibles con las condiciones de solidez, vida útil y dimensiones requeridas en una aplicación a disponer en un motor térmico o en un vehículo. La utilización de láseres también se ha de excluir, ya que serían necesarios tantos láseres como puntos de medida del espectro deseado. La utilización de láseres también queda excluida por razones de vida útil, estabilidad y solidez en un entorno hostil.

Por otro lado, en las solicitudes de patente FR 2 798 582 y FR 2 789 294 se prevé la utilización de diodos electroluminiscentes asociados a componentes ópticos tradicionales.

5 El documento US 2007/0084990 describe un dispositivo de espectrometría miniaturizado que integra una fuente de energía y detectores en una única caja que contiene componentes ópticos de acoplamiento con la muestra y circuitos de medida y procesamiento. La selectividad espectral se obtiene mediante filtros ópticos variables de forma continua o mediante un filtro matricial. Este dispositivo permite medir la transmitancia, la absorción, la turbidez y la fluorescencia. Este documento prevé utilizar fuentes luminosas de espectro estrecho o de amplio espectro, como LED blancos.

10 El documento FR 2 583 164 describe un dispositivo que incluye una fuente luminosa asociada a una óptica de enfoque para iluminar un fluido mediante una fibra óptica. La luz se recoge del fluido con ayuda de otra fibra óptica que transmite la luz a un dispositivo de análisis cromático.

El documento GB 2 283 091 describe un aparato de análisis espectral de líquidos que incluye una fibra óptica que transmite una radiación hacia una sonda que comprende un reflector y un paso del líquido a analizar. El reflector refleja la radiación en la fibra hacia una unidad de análisis.

15 El documento US 2005/0140270 describe un emisor de luz que incluye varias fuentes de luz roja, verde o azul, tales como LED. La luz emitida por cada fuente es concentrada por un elemento de una matriz de concentradores y después es transmitida por una guía de la luz respectiva de un haz de guías de luz.

El documento US 6 560 038 describe un acoplador óptico asociado a un LED o a un conjunto de varios LED.

20 El documento FR 2 566 909 describe un dispositivo de detección de un producto en un líquido, que comprende un haz de fibras ópticas, transmitiendo una parte de éste la luz al líquido, y un espejo bañado por el líquido que refleja la luz hacia el haz de fibras, estando conectada la otra parte del haz de fibras a un detector.

El documento US 4 989 942 describe un dispositivo de análisis de un líquido que incluye una fuente de luz transmitida por una fibra óptica a una lente de colimación. A continuación, la luz atraviesa el líquido antes de ser recogida por otra lente de colimación. La luz recogida se transmite después a un dispositivo de análisis a través de una fibra óptica.

25 Por consiguiente, es deseable proporcionar un dispositivo de espectrometría para el análisis de fluidos que esté adaptado para su colocación sobre un motor térmico o en un vehículo.

30 Este objetivo se logra mediante la previsión de un dispositivo de espectrometría que comprende: un dispositivo de iluminación configurado para generar un haz luminoso que abarca cierto rango de longitudes de onda, una sonda configurada para que el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación interactúe con un fluido a analizar y un dispositivo de análisis espectral configurado para recibir el haz luminoso después de que éste haya interactuado con el fluido a analizar y para suministrar las medidas en función de la cantidad de luz recibida para diferentes rangos de longitudes de onda.

35 De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de iluminación comprende varios componentes emisores de luz, que incluyen en cada caso una superficie emisora y emiten luz en intervalos de longitudes de onda diferentes incluidos en el rango de longitudes de onda, y un componente óptico mezclador fijado en la superficie emisora de los componentes emisores de luz para combinar los flujos luminosos emitidos por los componentes emisores de luz en un haz luminoso resultante que abarca la banda de longitudes de onda y para guiar el flujo luminoso resultante hacia la sonda.

40 De acuerdo con un modo de realización, el componente óptico mezclador presenta una cara de entrada que recibe la luz procedente de los componentes emisores de luz, una cara de salida acoplada a la guía de iluminación y esencialmente una forma de revolución optimizada para concentrar y transmitir el máximo de luz procedente de los componentes emisores de luz hacia la sonda.

Según un modo de realización, el componente óptico mezclador recubre la superficie emisora de luz de cada uno de los componentes emisores de luz.

45 De acuerdo con un modo de realización, el componente óptico mezclador está acoplado mediante una o varias fibras ópticas a una superficie emisora de luz de cada uno de los componentes emisores de luz.

Según un modo de realización, el haz luminoso producido por el dispositivo de iluminación abarca un rango de longitudes de onda comprendido entre 700 nm y 1.100 nm.

De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de iluminación comprende varios componentes emisores de luz que emiten luz esencialmente en el mismo intervalo de longitudes de onda.

50 De acuerdo con un modo de realización, los componentes emisores de luz son diodos electroluminiscentes.

Según un modo de realización, la sonda comprende una guía de luz de iluminación de fibra óptica que transmite el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación al fluido a analizar y una guía de luz de recogida de fibra óptica que

- está acoplada a la guía de iluminación y que recoge al menos parcialmente el haz luminoso que ha atravesado el fluido a analizar y lo transmite al dispositivo de análisis espectral.
- De acuerdo con un modo de realización, la guía de luz de recogida comprende varias fibras ópticas de recogida repartidas alrededor de la guía de luz de iluminación y un reflector para reflejar el haz luminoso después de que éste haya atravesado el fluido a analizar hacia las fibras ópticas de recogida a través del fluido a analizar.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector está realizado de modo que refleja cada rayo luminoso incidente de un haz luminoso esencialmente en una dirección opuesta a la del rayo luminoso incidente con una ligera ampliación angular.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector es de tipo Scotchlite® o catadióptrico de prismas retrorreflectores.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector presenta la forma de un casquete esférico centrado esencialmente sobre el centro de una cara de salida de la guía de luz de iluminación.
- De acuerdo con un modo de realización, la sonda comprende una lente convergente dispuesta entre la salida de la guía de luz de iluminación y el fluido a analizar.
- De acuerdo con un modo de realización, la sonda comprende un acoplador óptico en Y para transmitir al fluido a analizar el haz luminoso que procede de la guía de luz de iluminación y para transmitir el haz luminoso procedente del fluido a analizar a la guía de luz de recogida, y un reflector para reflejar el haz luminoso después de que éste haya atravesado el fluido a analizar hacia el acoplador óptico a través del fluido a analizar.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector está realizado de modo que refleja cada rayo luminoso incidente de un haz luminoso esencialmente en una dirección opuesta a la del rayo luminoso incidente.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector es de tipo Scotchlite® o catadióptrico de prismas retrorreflectores.
- De acuerdo con un modo de realización, el reflector presenta la forma de un casquete esférico centrado esencialmente sobre el centro de una cara de salida de la guía de luz de iluminación.
- De acuerdo con un modo de realización, la sonda comprende una lente convergente dispuesta entre el acoplador y el fluido a analizar.
- De acuerdo con un modo de realización, la sonda comprende una lente convergente dispuesta entre la salida de la guía de luz de iluminación y el fluido a analizar y una lente convergente dispuesta entre la guía de luz de recogida y el fluido a analizar.
- De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de análisis espectral comprende una primera guía de luz que está acoplada a la sonda y que recibe el haz luminoso después de que éste haya interactuado con el fluido a analizar y lo difunde hacia un primer conjunto de células fotosensibles a través de un primer dispositivo de filtrado óptico, dispuesto para transmitir a cada una de las células fotosensibles de al menos una parte del conjunto de células fotosensibles una parte del haz luminoso que abarca un intervalo de longitudes de onda correspondiente situado dentro del rango de longitudes de onda.
- De acuerdo con un modo de realización, la primera guía de luz presenta la forma de una lámina de un material transparente que recibe el haz luminoso procedente del fluido a analizar por una sección de la lámina y lo difunde propagándolo hacia una sección opuesta de la lámina, frente a la cual están dispuestos el primer dispositivo de filtrado y el primer conjunto de células fotosensibles.
- De acuerdo con un modo de realización, la guía de luz de recogida está acoplada a la primera guía de luz para transmitir a ésta el haz luminoso.
- De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de análisis espectral comprende una regleta de fotodetectores que incluye el primer conjunto de células fotosensibles fijado a la sección de la lámina por medio del primer dispositivo de filtrado.
- De acuerdo con un modo de realización, el primer dispositivo de filtrado comprende un filtro de tipo interferencial de transmisión espectral que varía linealmente en su longitud.
- De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de filtrado abarca un rango de longitudes de onda comprendido entre 700 nm y 1.100 nm.
- De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de análisis espectral comprende una segunda guía de luz que toma una parte del haz luminoso directamente a la salida del dispositivo de iluminación y transmite una parte del haz luminoso a un segundo conjunto de células fotosensibles a través de un segundo dispositivo de filtrado óptico, dispuesto para transmitir a cada una de las células fotosensibles una parte del haz luminoso que abarca un intervalo de longitudes de onda correspondiente situado dentro del rango de longitudes de onda.

De acuerdo con un modo de realización, la segunda guía de luz presenta la forma de una lámina de un material transparente que recibe una parte del haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación a través de una sección de la lámina y la propaga hacia una sección opuesta de la lámina frente a la cual están dispuestos el segundo dispositivo de filtrado y el segundo conjunto de células fotosensibles.

- 5 De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo comprende una guía de luz de fibra óptica acoplada a la segunda guía de luz para transmitir el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación a la segunda guía de luz.

De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de análisis espectral comprende una regleta de fotodetectores que incluye el primer y el segundo conjunto de células fotosensibles y que está fijada a la sección de las láminas de la primera y la segunda guía de luz por medio del primer y el segundo dispositivo de filtrado.

- 10 De acuerdo con un modo de realización, el segundo dispositivo de filtrado comprende un filtro de tipo interferencial de transmisión espectral que varía linealmente en su longitud.

A continuación se describen ejemplos de realización de la invención de forma no limitativa en relación con las figuras adjuntas, en las que:

- 15 Fig. 1: representa en diagrama de bloques las funciones de un dispositivo de espectrometría adaptado al entorno de un motor térmico o un vehículo;

Fig. 2A: vista lateral de un dispositivo de iluminación del dispositivo de espectrometría;

Fig. 2B: vista frontal de fuentes luminosas del dispositivo de iluminación;

Fig. 3: representa en forma de curva ejemplos de los espectros de emisión de las fuentes luminosas del dispositivo de iluminación;

- 20 Fig. 4: vista lateral de una variante de realización del dispositivo de iluminación del dispositivo de espectrometría;

Fig. 5A: vista lateral de una sonda de transmisión al fluido a analizar de un haz luminoso generado por el dispositivo de iluminación;

Fig. 5B: vista en sección de una disposición de fibras ópticas en la sonda;

Fig. 6: vista lateral de una variante de realización de la sonda;

- 25 Fig. 7: vista lateral de otra variante de realización de la sonda;

Fig. 8A: vista desde arriba de un dispositivo de análisis espectral del dispositivo de espectrometría;

Fig. 8B: vista lateral del dispositivo de análisis espectral;

Fig. 9: representa en diagrama de bloques la disposición del dispositivo de espectrometría;

Fig. 10: representa en diagrama de bloques una variante de disposición del dispositivo de espectrometría;

- 30 Fig. 11: vista desde arriba del dispositivo de análisis espectral del dispositivo de espectrometría representado en la figura 10;

Fig. 12: representa un ejemplo de una curva de absorción de un fluido obtenida mediante el dispositivo de análisis espectral;

Fig. 13: representa en diagrama de bloques una segunda variante de disposición del dispositivo de espectrometría;

- 35 Fig. 14: vista lateral de la sonda del dispositivo de espectrometría representado en la figura 13.

En la siguiente descripción de las figuras, elementos iguales tienen las mismas referencias.

La figura 1 representa un dispositivo de espectrometría FAN para analizar un fluido. El dispositivo FAN comprende:

- un dispositivo de iluminación LSRC que abarca al menos un rango de longitudes de onda en el que se deben efectuar las medidas espectrométricas;
- 40 – una sonda PRB configurada para que la luz producida por el dispositivo de iluminación LSRC interactúe con el fluido a analizar;
- un sensor de análisis espectral SPAN que analiza la luz que sale de la sonda; y
- los elementos ópticos 4, 12 configurados para guiar el haz luminoso entre la fuente y la sonda y entre la sonda y el sensor.

El fluido a analizar puede ser un gas o un líquido, en particular un hidrocarburo o una mezcla de hidrocarburos o también una mezcla de hidrocarburos y biocombustibles.

5 Las figuras 2A y 2B representan un modo de realización del dispositivo de iluminación LSRC. El dispositivo de iluminación LSRC comprende una fuente luminosa 1 montada sobre un soporte 2 y conectada a una fuente de energía (no representada) mediante clavijas de conexión 5. La fuente luminosa 1 comprende por ejemplo un componente emisor de luz del tipo diodo electroluminiscente (LED). El soporte 2 puede incluir una placa de circuito impreso en la que se monta y conecta el componente emisor de luz 1.

Una fibra óptica 4 está acoplada a la superficie emisora de luz del componente 1 para transmitir la luz generada hacia la sonda PRB.

10 Cuando el rango de longitudes de onda a abarcar para realizar las medidas espectrométricas no puede ser cubierto por un único componente emisor de luz, sobre el soporte 2 se pueden disponer varios componentes emisores de luz 1a-1g con diferentes intervalos de longitudes de onda.

15 Los diodos electroluminiscentes actuales presentan un espectro de longitudes de onda de emisión de varias decenas de nanómetros de amplitud. Por consiguiente, si el espectro a abarcar se extiende a lo largo de varios centenares de nanómetros, se requieren varios diodos electroluminiscentes. De este modo, el dispositivo de iluminación puede abarcar por ejemplo un espectro de longitudes de onda comprendido entre 700 y 1.100 nm.

20 El dispositivo de iluminación LSRC comprende un componente óptico 3 configurado para mezclar la luz procedente de cada uno de los componentes emisores de luz 1a-1g y guiar la luz mezclada hacia la fibra óptica 4. El componente óptico 3 se puede realizar en un material transparente al espectro de longitudes de onda de medida del analizador. El componente óptico 3 es por ejemplo de tipo TIR (*Total Internal Reflection* - reflexión interna total), con el fin de transmitir con un rendimiento óptimo la energía luminosa producida por los componentes emisores de luz 1a-1g a la fibra óptica 4. El componente 3 presenta una cara de entrada que recubre el conjunto de componentes emisores de luz 1a-1g y una cara de salida que tiene esencialmente la forma y las dimensiones de la cara de entrada de la fibra 4. El componente 3 presenta una forma de revolución esencialmente cónica, cuya generación está optimizada para transmitir a la fibra óptica 4 el máximo de luz procedente de los emisores 1a-1g. El componente 3 está fijado sobre los componentes 1a-1g y sobre el soporte 2, por ejemplo mediante una capa de cola transparente 3a en la que están sumergidos los componentes 1a-1g. La fibra óptica 4 también se puede fijar sobre el componente 3 mediante una cola transparente.

30 La figura 3 representa seis curvas de potencia luminosa en función de la longitud de onda, correspondientes a los espectros de emisión C1-C5 de diferentes diodos electroluminiscentes y al espectro resultante CR obtenido después de que el componente óptico 3 haya mezclado los espectros C1-C5. Cada uno de los espectros de emisión C1-C5 presenta esencialmente la forma de una curva de Gauss. Los espectros C1-C5 presentan valores máximos cercanos a 850 nm, 890 nm, 940 nm, 970 nm y 1.050 nm, respectivamente. Debido a que estos valores máximos no son idénticos, el dispositivo de iluminación LSRC puede incluir varios componentes emisores de luz con un espectro de emisión esencialmente idéntico para que el espectro resultante CR sea lo más plano posible (potencia constante) dentro del rango de longitudes de onda a abarcar.

40 La figura 4 representa otro modo de realización del dispositivo de iluminación. En la figura 4, el dispositivo de iluminación LSRC1 comprende varios componentes emisores de luz 1a, 1b, 1c, estando montado cada componente sobre un soporte 2a, 2b, 2c y acoplado directamente a una fibra óptica 7a, 7b, 7c. De este modo, la superficie emisora de luz de cada componente 1a, 1b, 1c está en contacto con la superficie de entrada de la fibra óptica 7a, 7b, 7c. La superficie de salida de cada fibra óptica está acoplada a un componente óptico tal como el componente óptico 3 arriba descrito. Las fibras ópticas 7a, 7b, 7c se pueden fijar al componente 1a, 1b, 1c o a los soportes 2a, 2b, 2c y al componente 3 mediante una cola transparente.

45 Aquí también se puede omitir el componente óptico mezclador 3. En ese caso, las fibras ópticas procedentes de los diodos se reúnen en un haz de fibras ópticas que transmiten el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación a la sonda PRB.

Se ha de señalar que, en el modo de realización de la figura 4, los diodos 1a-1c también pueden estar montados sobre el mismo soporte 2, tal como se ilustra en las figuras 2A-2B.

La figura 5A representa la sonda PRB. La sonda PRB comprende varias fibras ópticas 4, 12 dispuestas en haz y una lente convergente 19.

50 La figura 5B representa un ejemplo de disposición de las fibras en el haz. En la figura 5B, el haz comprende una fibra óptica central denominada fibra de iluminación, que corresponde a la fibra 4 procedente del dispositivo de iluminación LSRC, y las fibras ópticas laterales 12 denominadas fibras de recogida, dispuestas alrededor de la fibra central 4. La fibra óptica central 4 puede presentar un diámetro diferente, por ejemplo mayor que el de las fibras laterales 12. En el ejemplo de la figura 5B, la sonda PRB incluye siete fibras 12.

55 La lente 19 está acoplada a las fibras 4, 12 de forma que su eje óptico 16 coincide esencialmente con el del haz luminoso que sale de la fibra central 4, estando situado el centro de la cara de salida de la fibra 4 cerca del foco de la

lente. El diámetro de la lente 19 es tal que un haz de luz transmitido por la fibra 4 es transmitido en su totalidad por la lente hacia el infinito, teniendo en cuenta el ángulo de abertura del haz luminoso que sale de la fibra 4. El conjunto de fibras 4, 12 de la lente 19 puede estar alojado en una caja 18.

5 El fluido a analizar se dispone en el trayecto del haz luminoso que sale de la lente 19. Con este fin, un conducto o un depósito 10 que contiene el fluido a analizar 20 incluye una ventana transparente 11a y un reflector plano 13 dispuestos en el trayecto del haz luminoso que sale de la lente 19. El reflector 13 está dispuesto perpendicularmente con respecto al eje óptico 16 para que el haz luminoso atraviese el fluido a analizar 20 y sea reflejado hacia las fibras 4 y 12 a través de la lente 19. Por consiguiente, el haz luminoso atraviesa dos veces el fluido a analizar entre la ventana 11a y el reflector 13.

10 El reflector 13 es de tipo retrorreflectante hacia la fuente de luz, es decir, refleja cada rayo luminoso incidente en la dirección opuesta a la del rayo luminoso incidente con una ligera deflexión para que el haz reflejado sea enfocado por la lente 19 sobre una superficie más amplia que la fibra 4, cubriendo en particular la cara de entrada de las fibras 12.

15 Por ejemplo, las superficies reflectantes comercializadas bajo la marca Scotchlite® por la compañía 3M presentan la siguiente propiedad: un haz luminoso que llega a una superficie de este tipo es reflejado en una dirección opuesta con una ligera ampliación angular. Este tipo de superficie sirve por ejemplo para fabricar ropa de seguridad retrorreflectante. Para ello, la superficie reflectante incluye microesferas transparentes pegadas sobre un soporte, estando la mitad de la superficie de éstas orientada hacia el soporte recubierta de una capa reflectante.

Los catadióptricos de prismas retrorreflectores también presentan esta propiedad.

20 Esta propiedad permite compensar un defecto de alineación entre el eje perpendicular al reflector 13 y el eje óptico 16 de la lente 19.

El conducto o el depósito 10 puede incluir una segunda ventana transparente 11b dispuesta en la trayectoria del haz luminoso, sobre la que está fijado el reflector 13.

Evidentemente, la ventana transparente 11a puede consistir en la lente 19.

25 La figura 6 representa otro modo de realización de la sonda. En este modo de realización, la sonda PRB1 difiere de la representada en la figura 5A por la ausencia de la lente 19. El depósito o el conducto 10' que contiene el fluido a analizar 20 incluye, como en la figura 5A, una ventana transparente 11a que deja penetrar en el fluido a analizar el haz luminoso procedente de la fibra 4. Frente a la ventana transparente 11a está previsto un reflector 13' en forma de casquete esférico centrado esencialmente sobre el centro de la cara de salida de la fibra 4. De este modo, todos los rayos del haz luminoso que salen de la fibra 4 recorren esencialmente una trayectoria de la misma longitud dentro del fluido a analizar 20.

30 El reflector 13' presenta una superficie retrorreflectante que amplía el haz reflejado con el fin de cubrir las caras de entrada de las fibras 12.

Por consiguiente, la totalidad del haz procedente de la fibra 4 penetra en el conducto o el depósito 10' a través de la ventana transparente 11a y es reflejada por el reflector 13 hacia las fibras 4, 12.

35 También en este caso, el reflector 13' está dispuesto en el interior del conducto o el depósito o sobre una ventana transparente en forma de casquete esférico prevista en el conducto o el depósito 10'.

Igualmente puede estar previsto unir el extremo de las fibras 4, 12 con el reflector 13' y sumergir el conjunto en el fluido a analizar 20.

40 La figura 7 representa otro modo de realización de la sonda. En este modo de realización, la sonda PRB2 difiere de la representada en la figura 5A por la presencia de un acoplador en Y 25 y de una sola fibra de recogida 12'. La sonda PRB2 comprende una fibra única 26 que transmite el haz luminoso al fluido a analizar 20 y capta el haz luminoso procedente de este último. El acoplador 25 está configurado para separar los haces luminosos en función de su dirección de propagación y así orientar el haz procedente del dispositivo de iluminación LSRC o LSRC1 hacia la fibra 26 y el fluido a analizar, y el haz luminoso que ha atravesado el fluido a analizar y que ha sido transmitido por la fibra 26 hacia la fibra óptica 12' acoplada a la entrada del sensor de análisis espectral SPAN. Las fibras ópticas 4, 26 y 12' se pueden fijar al acoplador 25 mediante una cola transparente.

45 Evidentemente, tal como se ha descrito más arriba con referencia a la figura 6, en el modo de realización de la figura 7 se puede suprimir la lente 19. En ese caso se utiliza un reflector en forma de casquete esférico como el mostrado en la figura 6.

50 Las figuras 8A, 8B representan un modo de realización del sensor de análisis espectral SPAN. El sensor SPAN comprende una guía de luz 21, un filtro óptico 22 y un sensor fotosensible 24. La guía de luz 21 es de un material transparente, por ejemplo vidrio, y consiste en una lámina esencialmente en forma de paralelepípedo con un espesor reducido esencialmente igual o superior al diámetro de las fibras ópticas 12 procedentes de la sonda PRB. Cada fibra

óptica de recogida 12 está fijada sobre una cara lateral o sección 210 de la lámina, por ejemplo con ayuda de una cola transparente.

5 El sensor 24 comprende un conjunto de células fotosensibles que pueden estar dispuestas en una regleta y recubiertas por el filtro 22. La regleta de células fotosensibles con el filtro 22 recubre la cara lateral o sección 211 de la guía 21 opuesta a la cara lateral o sección 210 en la que están fijadas las fibras ópticas de recogida 12. El sensor 24 es por ejemplo un sensor de tipo CMOS que comprende una pluralidad de elementos fotosensibles, por ejemplo 64 o 128 células fotosensibles. El filtro 22 comprende un elemento de filtro por cada célula fotosensible, configurado para transmitir rayos luminosos situados dentro de un intervalo correspondiente de longitudes de onda del rango de longitudes de onda a analizar, con el fin de que cada célula fotosensible suministre el valor de un punto de la curva del espectro a generar. La señal de salida de cada célula constituye una medida de la cantidad de luz que ha atravesado el fluido a analizar para el intervalo de longitudes de onda transmitido a la célula por el filtro 22.

10 Las medidas así realizadas por las células son enviadas a un dispositivo de procesamiento de señales RDP configurado para generar un espectro con la forma  $I = f(\lambda)$ , que indica la cantidad de luz  $I$  que ha atravesado el fluido a analizar en función de la longitud de onda  $\lambda$ . El dispositivo de procesamiento de señales también está configurado para deducir del espectro de absorción así generado las características SPCT del fluido atravesado por el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación LSRC.

15 El material que constituye la guía 21 presenta un índice de refracción tal que todos los rayos luminosos introducidos por la sección 210 son reflejados por las paredes de la guía y sólo salen de ésta por la sección opuesta 211. De este modo, los haces luminosos que salen de las fibras ópticas de recogida 12 son transmitidos en su totalidad al filtro 22. La geometría elegida de la guía 21 permite distribuir de forma esencialmente homogénea los haces luminosos procedentes de la sonda PRB por toda la superficie del filtro 22.

20 La guía 21 presenta por ejemplo un espesor de aproximadamente 1 mm y una anchura de aproximadamente 7 mm para siete fibras de recogida 12, cada una con un diámetro de aproximadamente 1 mm. La longitud de la guía 21 se determina por ejemplo en función del ángulo de abertura del haz luminoso que sale de las fibras 12 en la guía 21, de modo que el haz 27 que sale de la fibra de recogida fijada en el centro del ancho de la guía 21 cubra la totalidad del filtro 22.

25 El filtro 22 puede ser de tipo interferencial de transmisión espectral linealmente variable en su longitud, que deja pasar cada componente de la longitud de onda o haz luminoso recibido en una posición, en función de su longitud de onda, a lo largo de la amplitud de la cara (sección) de salida 211 de la guía 21. Por consiguiente, cada célula fotosensible del sensor 24 recibe rayos luminosos situados en un intervalo de longitud de onda distinto, y dos células adyacentes del sensor reciben rayos luminosos situados en dos intervalos de longitudes de onda contiguos.

30 Evidentemente, si la sonda comprende una sola fibra óptica de recogida, como la fibra 12' en la figura 7, sobre la cara (sección) de entrada 210 de la guía de luz 21 está fijada una sola fibra, preferentemente en el centro de dicha cara.

35 La figura 9 representa la disposición de los diferentes componentes anteriormente descritos en el dispositivo de espectrometría FAN. En la figura 9, el dispositivo de iluminación LSRC está conectado a la sonda PRB (o PRB1, PRB2) por medio de la fibra óptica 4. En el caso de la sonda PRB o PRB2, la lente 19 está situada frente a la ventana transparente 11a y al reflector 13 dispuestos en el conducto o depósito 10 que contiene el fluido a analizar 20. La sonda PRB (o PRB1, PRB2) está conectada al sensor de análisis espectral SPAN mediante las fibras ópticas 12 (o de la fibra óptica 12' en el caso de la sonda PRB2).

40 La figura 10 representa otro modo de realización del dispositivo de espectrometría. En la figura 10, el dispositivo de espectrometría FAN1 difiere del dispositivo de espectrometría FAN en que comprende un dispositivo de análisis espectral SPAN1 y una fibra óptica 4' que conecta la salida del dispositivo de iluminación LSRC con el dispositivo SPAN1.

En las figuras 9 y 10, el dispositivo de iluminación puede ser igualmente el dispositivo LSRC1.

45 La figura 11 representa el sensor de análisis espectral SPAN1 del dispositivo de espectrometría FAN1. En la figura 11, el sensor de análisis espectral SPAN1 comprende dos sensores tales como el SPAN representado en las figuras 8A, 8B. Por consiguiente, el sensor SPAN1 comprende dos guías de luz 21, 21', dos filtros ópticos 22, 22' y dos sensores fotosensibles. La cara de entrada de la guía 21 está acoplada con las fibras ópticas 12 y la cara de entrada de la guía 21' está acoplada con la fibra óptica 4'.

50 La fibra óptica 4' puede estar conectada con el dispositivo de iluminación LSRC (o LSRC1) por medio de un acoplador de fibras ópticas (no representado) bien conocido, capaz de transmitir el haz luminoso que sale del componente mezclador 3 esencialmente sin pérdidas y de forma equilibrada a las dos fibras ópticas 4, 4'.

55 En el ejemplo de la figura 11, el sensor SPAN1 comprende un solo sensor fotosensible 24' que incluye el doble de células fotosensibles, por ejemplo 128 o 256, para analizar los haces luminosos transmitidos por las dos guías 21, 21' asociadas en cada caso a un filtro 22, 22'.

La luz transmitida directamente desde el dispositivo de iluminación LSRC por la fibra 4' se analiza a través del filtro 22' e indica, para cada longitud de onda  $\lambda$ , la cantidad de luz  $R(\lambda)$  emitida por el dispositivo de iluminación.

La luz transmitida desde la sonda PRB por las fibras de recogida 12 indica, para cada longitud de onda  $\lambda$ , la cantidad de luz  $t(\lambda)$  que ha atravesado el fluido a analizar.

- 5 De este modo, el dispositivo SPAN1 puede constituir un espectro de transmisión corregido teniendo en cuenta fluctuaciones eventuales del haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación, con la forma  $T(\lambda) = t(\lambda)/R(\lambda)$ .

La figura 12 representa un ejemplo de un espectro de absorción T de este tipo entre longitudes de onda de 850 nm y 1.050 nm, siendo T esencialmente igual a 1 cuando el fluido es totalmente transparente a la longitud de onda  $\lambda$  correspondiente y esencialmente igual a 0 cuando el fluido es totalmente opaco a la longitud de onda  $\lambda$  correspondiente.

- 10 La figura 13 representa otro modo de realización del dispositivo de espectrometría. En la figura 13, el dispositivo de espectrometría FAN2 difiere del dispositivo FAN1 por la presencia de una sonda modificada que incluye dos partes PRB3, PRB4, a saber: una parte de sonda PRB3 conectada con el dispositivo de iluminación LSRC y una parte de sonda PRB4 conectada con el sensor de análisis SPAN1. Las dos partes de sonda PRB3, PRB4 están situadas a uno y otro lado del conducto o del recipiente 10 delante de las ventanas transparentes 11a, 11b, la parte PRB1 está conectada con la fibra 4 para transmitir el haz luminoso generado por el dispositivo de iluminación al fluido a analizar 20 y la parte PRB2 recibe el haz luminoso después de que éste haya atravesado el fluido a analizar y lo transmite a la fibra 12'.
- 15

Evidentemente, el dispositivo de iluminación LSRC1 se puede utilizar igualmente en el dispositivo FAN2.

- La figura 14 representa las dos partes de sonda PRB3, PRB4. La parte PRB3 comprende la caja 18 y la lente 19 de la sonda PRB. La parte PRB4 comprende una lente 19' que enfoca el haz luminoso que ha atravesado el fluido a analizar 20 y la ventana 11b sobre el centro de la cara de entrada de la fibra 12'. El conjunto de la lente 19' y el extremo de la fibra 12' se puede montar en una caja 18'. En esta disposición, las fibras 4, 12' y las lentes 19, 19' están acopladas entre sí de modo que el eje del haz luminoso que sale de la fibra 4 coincide con el eje óptico 16 de las lentes 19, 19' y con el eje de entrada de la fibra 12'.
- 20

Aquí también hay que señalar que las lentes 19, 19' pueden constituir las ventanas transparentes 11a, 11b.

- 25 Evidentemente, las fibras ópticas 4, 4', 12, 12' anteriormente descritas, que conectan entre sí el dispositivo de iluminación LSRC, LSRC1, la sonda PRB, PRB1-PRB4 y el dispositivo de análisis SPAN, SPAN1, se pueden sustituir por haces de fibras.

- La alineación de los diferentes elementos ópticos del dispositivo de espectrometría FAN, FAN1, FAN2 se efectúa durante el montaje de estos elementos y su conexión mediante fibras ópticas. El montaje se puede realizar de modo que se forme un solo bloque sin aire ni vacío entre los componentes ópticos gracias al uso de fibras ópticas, lo que también permite hacer que el dispositivo sea insensible a las vibraciones. Por ejemplo, el conjunto de los componentes y las fibras ópticas del dispositivo puede sumergirse en una resina, por ejemplo de tipo "potting" (encapsulado), adaptada para resistir en medios agresivos.
- 30

- Además, el dispositivo de espectrometría FAN, FAN1, FAN2 utiliza exclusivamente componentes de bajo coste y larga vida útil y su constitución lo hace compatible con la fabricación en serie. Por consiguiente, el dispositivo de espectrometría está perfectamente adaptado al entorno de un motor térmico y de un vehículo.
- 35

- Para los especialistas en la técnica será evidente que se pueden llevar a cabo diversas variantes de realización y de aplicación de la presente invención. En particular, la invención no se limita al uso de fibras ópticas para la conexión de los diferentes elementos (dispositivo de iluminación, sonda y dispositivo de análisis espectral) del dispositivo de espectrometría. La invención tampoco se limita a un dispositivo que incluye una sola fibra óptica para la conexión del dispositivo de iluminación a la sonda y al dispositivo de análisis espectral, ni a una o siete fibras ópticas para la conexión de la sonda al dispositivo de análisis espectral. En efecto, estas conexiones se pueden realizar igualmente mediante guías de luz constituidas por haces de fibras ópticas.
- 40

- La invención tampoco se limita a una guía de luz 21, 21' en forma de lámina. También pueden ser convenientes otras formas dependiendo de la forma y la distribución de las células fotosensibles. La previsión de una guía de luz de este tipo permite distribuir un haz luminoso de manera esencialmente homogénea entre todas las células del sensor fotosensible.
- 45

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de espectrometría que comprende:
- un dispositivo de iluminación (LSRC, LSRC1) configurado para generar un haz luminoso que abarca un rango de longitudes de onda,
- 5 una sonda (PRB, PRB1-PRB4) configurada para que el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación interactúe con un fluido a analizar (20), y
- un dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1) configurado para recibir el haz luminoso después de que éste haya interactuado con el fluido a analizar y para suministrar medidas en función de la cantidad de luz recibida para diferentes intervalos de longitudes de onda,
- 10 caracterizado porque el dispositivo de iluminación (LSRC, LSRC1) comprende varios componentes emisores de luz (1a-1g) que incluyen en cada caso una superficie emisora y emiten luz en intervalos de longitudes de onda diferentes incluidos en el rango de longitudes de onda, y un componente óptico mezclador (3) fijado en la superficie emisora de los componentes emisores de luz (1a-1g) para combinar los flujos luminosos emitidos por los componentes emisores de luz en un haz luminoso resultante que abarca el rango de longitudes de onda y para guiar el flujo luminoso resultante hacia
- 15 la sonda (PRB, PRB1-PRB4).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el componente óptico mezclador (3) presenta una cara de entrada que recibe la luz procedente de los componentes emisores de luz (1a-1g), una cara de salida acoplada a una guía de luz de iluminación (4) y esencialmente tiene una forma de revolución optimizada para concentrar y transmitir un máximo de luz desde los componentes emisores de luz hacia la sonda (PRB, PRB1-PRB4), componente óptico
- 20 mezclador (3) que cubre una superficie emisora de luz de cada uno de los componentes emisores de luz (1a-1g) o que está acoplado mediante una o varias fibras ópticas (7a, 7b, 7c) a una superficie emisora de luz de cada uno de los componentes emisores de luz (1a-1c).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque el dispositivo de iluminación (LSRC, LSRC1) presenta al menos una de las siguientes características:
- 25 produce un haz luminoso que abarca un rango de longitudes de onda comprendido entre 700 nm y 1.100 nm,
- varios componentes emisores de luz emiten luz esencialmente en el mismo intervalo de longitudes de onda y los componentes emisores de luz (1a-1g) son diodos electroluminiscentes.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la sonda (PRB, PRB1-PRB4) comprende una guía de luz de iluminación (4) de fibra óptica que transmite el haz luminoso procedente del dispositivo de
- 30 iluminación (LSRC, LSRC1) al fluido a analizar (20) y una guía de luz de recogida (12, 12') de fibra óptica que recoge al menos parcialmente el haz luminoso que ha atravesado el fluido a analizar y lo transmite al dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1).
5. Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque comprende un reflector (13, 13') acoplado ópticamente a la sonda para reflejar el haz luminoso después de que éste haya atravesado el fluido a analizar (20), hacia la guía de luz
- 35 de recogida a través del fluido a analizar, comprendiendo la guía de luz de recogida bien varias fibras ópticas de recogida (12) repartidas alrededor de la guía de luz de iluminación (4), bien un acoplador óptico en Y (25) para transmitir al fluido a analizar (20) el haz luminoso que sale de la guía de luz de iluminación (4) y para transmitir el haz luminoso al dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1).
6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque el reflector (13, 13') está realizado de modo que refleja
- 40 cada rayo luminoso incidente de un haz luminoso esencialmente en una dirección opuesta a la del rayo luminoso incidente.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque el reflector (13, 13') es de tipo Scotchlite® o catadióptrico de prismas retrorreflectores.
8. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque el reflector presenta la forma de un casquete esférico centrado esencialmente sobre el centro de una cara de salida de la guía de luz de iluminación (4).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado porque la sonda (PRB2) comprende una lente
- 45 convergente (19) dispuesta entre la salida de la guía de luz de iluminación (4) y el fluido a analizar (20).
10. Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque la sonda (PRB3, PRB4) comprende una lente convergente (19) dispuesta entre la salida de la guía de luz de iluminación (4) y el fluido a analizar (20) y una lente
- 50 convergente (19') dispuesta entre la guía de luz de recogida (12) y el fluido a analizar.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1) comprende una primera guía de luz (21) acoplada a la sonda (PRB, PRB1-PRB4) y que recibe el haz

luminoso después de que éste haya interactuado con el fluido a analizar (20) y lo difunde hacia un primer conjunto de células fotosensibles (24, 24') a través de un primer dispositivo de filtrado óptico (22), dispuesto para transmitir a cada una de las células fotosensibles de al menos una parte del conjunto de células fotosensibles una parte del haz luminoso que abarca un intervalo de longitudes de onda correspondiente situado dentro del rango de longitudes de onda.

- 5 **12.** Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque la guía de luz de recogida (12, 12') está acoplada a la primera guía de luz (21) para transmitir a ésta el haz luminoso.
- 10 **13.** Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado porque el dispositivo de análisis espectral (SPAN1) comprende una segunda guía de luz (21') que toma una parte del haz luminoso directamente a la salida del dispositivo de iluminación (LSRC, LSRC1) y transmite una parte del haz luminoso a un segundo conjunto de células fotosensibles (24') a través de un segundo dispositivo de filtrado óptico (22'), dispuesto para transmitir a cada una de las células fotosensibles una parte del haz luminoso que abarca un intervalo de longitudes de onda correspondiente situado dentro del rango de longitudes de onda.
- 15 **14.** Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado porque comprende una guía de luz de fibra óptica (4) acoplada a la segunda guía de luz (21') para transmitir el haz luminoso procedente del dispositivo de iluminación (LSRC, LSRC1) a la segunda guía de luz (21').
- 20 **15.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado porque cada guía de luz (21, 21') del dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1) presenta la forma de una lámina de un material transparente que recibe el haz luminoso por una sección (210) de la lámina y lo difunde propagándolo hacia una sección opuesta (211) de la lámina, frente a la cual están dispuestos un dispositivo de filtrado óptico (22, 22') y un conjunto de células fotosensibles (24, 24').
- 16.** Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado porque el dispositivo de análisis espectral (SPAN, SPAN1) comprende una regleta de fotodetectores (24, 24') que incluye el conjunto de células fotosensibles fijado a la sección (211) de cada lámina o de las dos láminas de la primera y la segunda guías de luz (21, 21') por medio de un dispositivo de filtrado óptico (22, 22').
- 25 **17.** Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 16, caracterizado porque cada dispositivo de filtrado óptico (22, 22') presenta al menos una de las siguientes características:
- comprende un filtro de tipo interferencial de transmisión espectral linealmente variable en su longitud, y abarca un rango de longitudes de onda comprendido entre 700 nm y 1.100 nm.

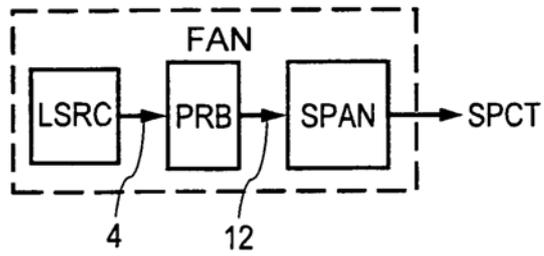


Fig. 1

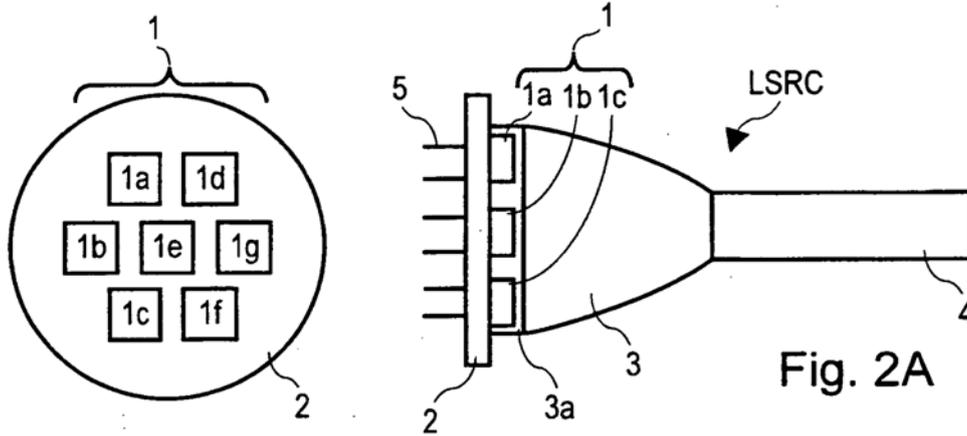
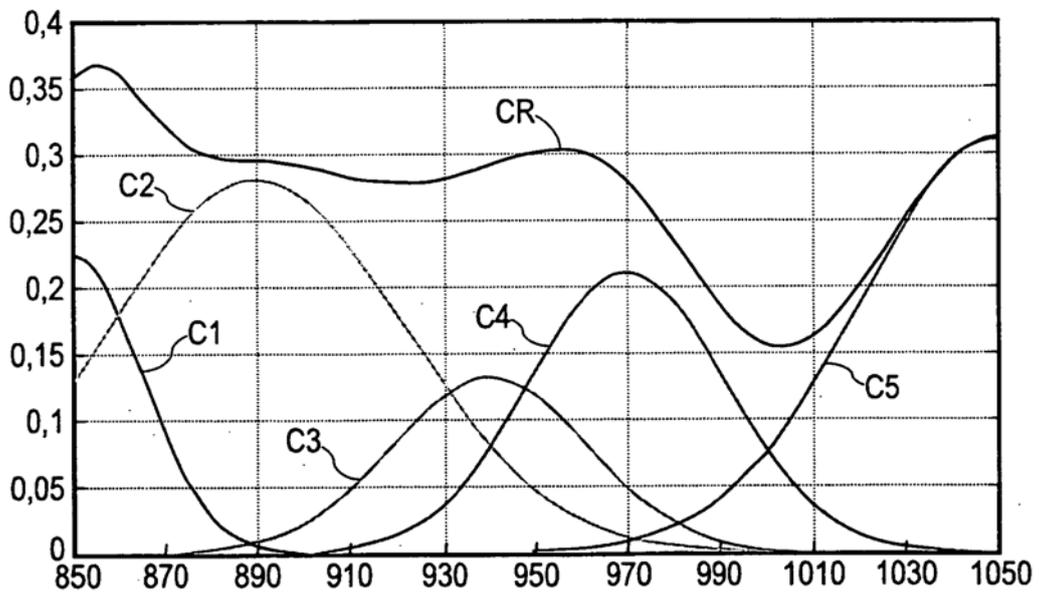
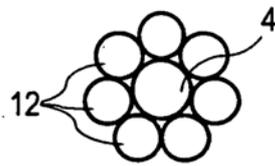
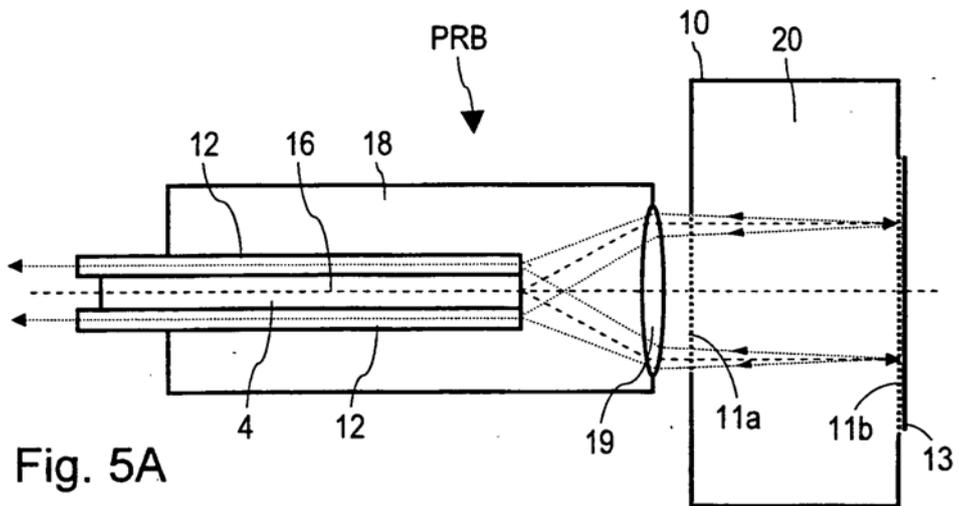
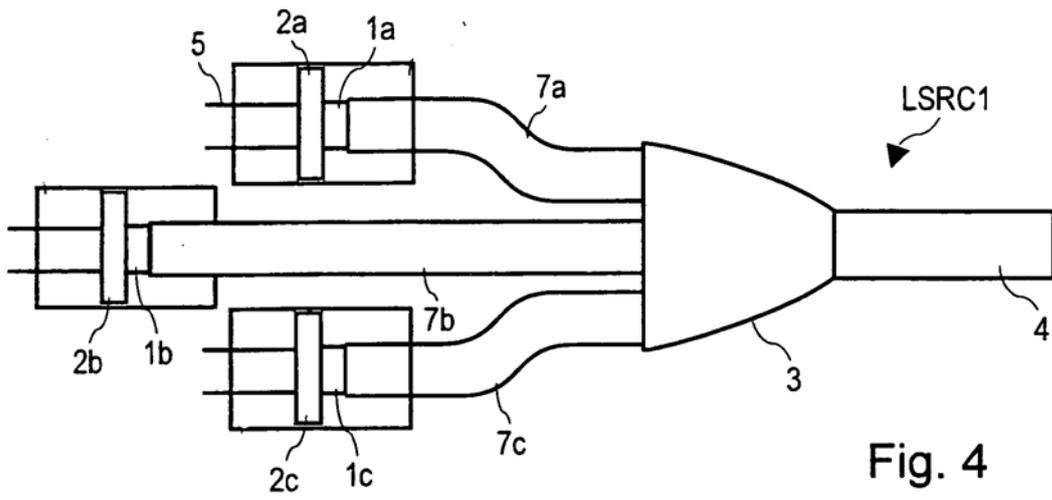


Fig. 2B

Fig. 2A

Fig. 3





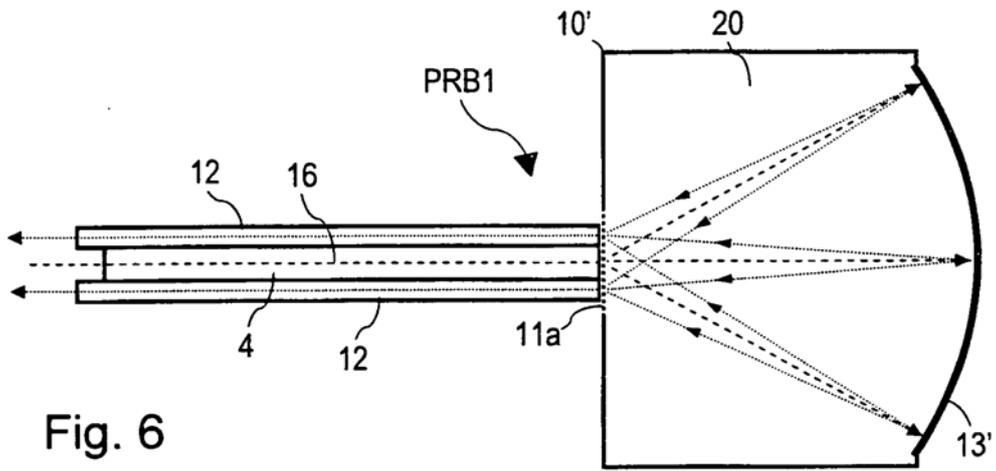


Fig. 6

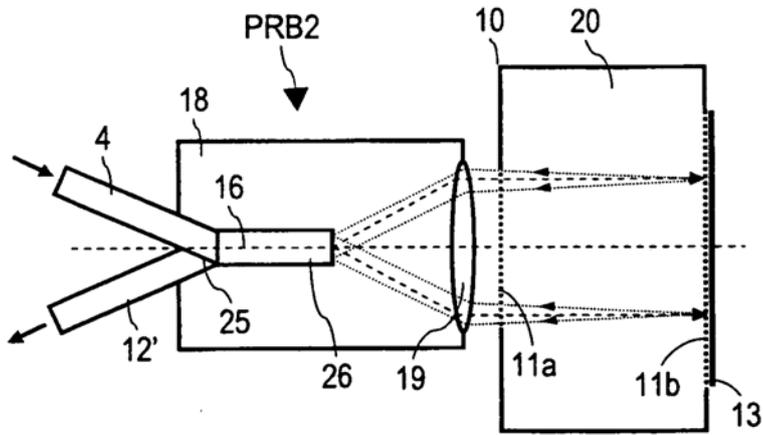
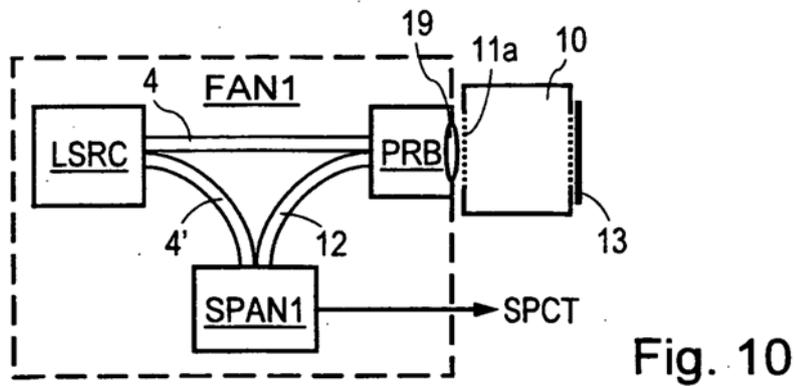
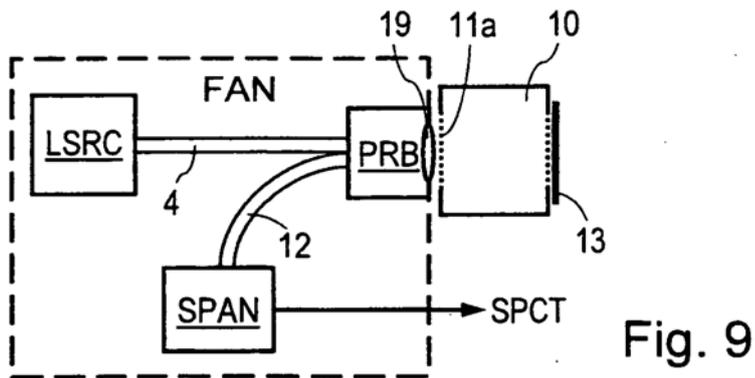
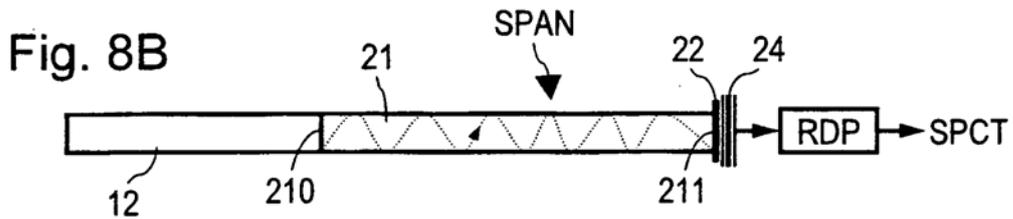
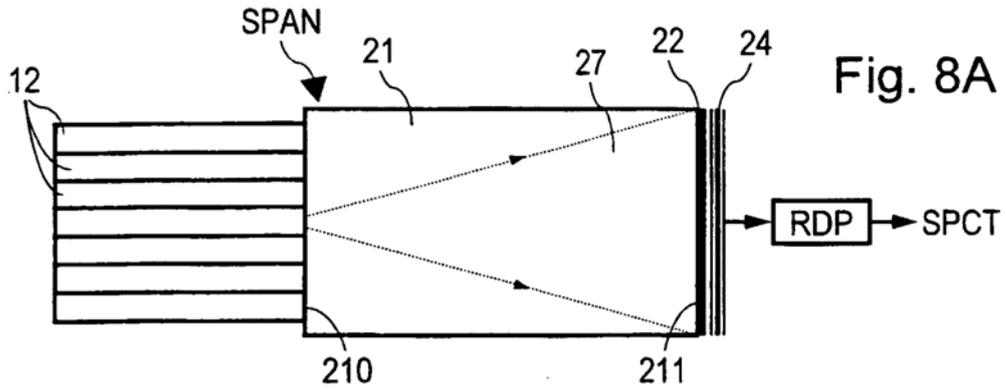


Fig. 7



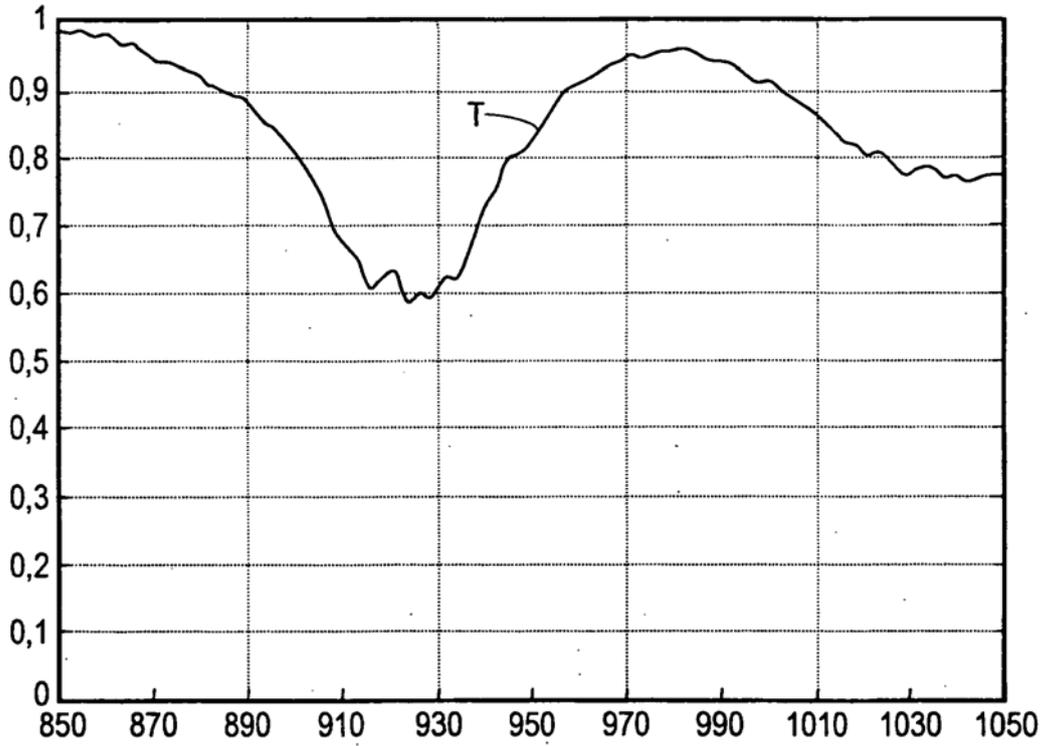
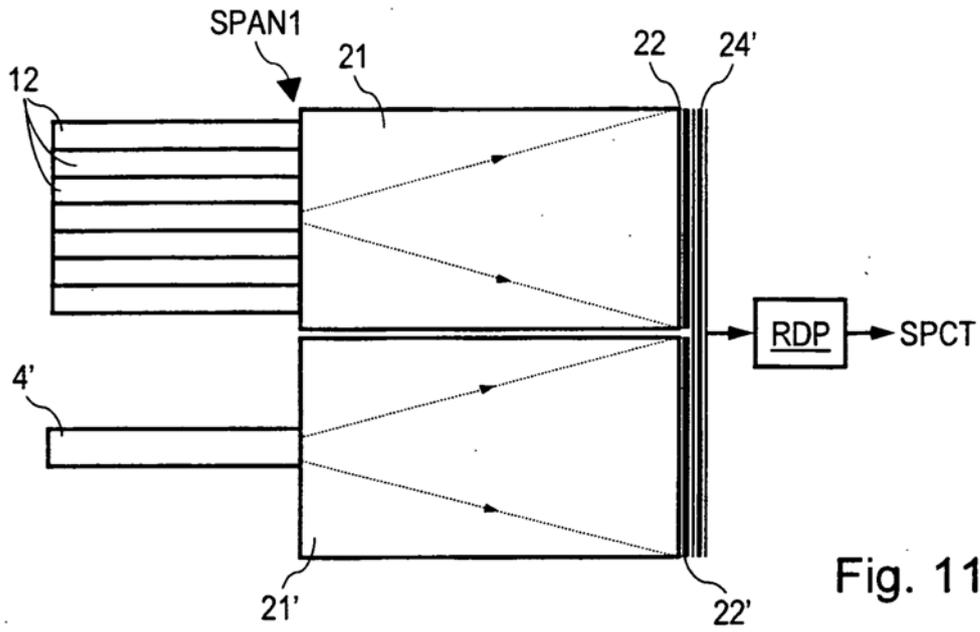


Fig. 12

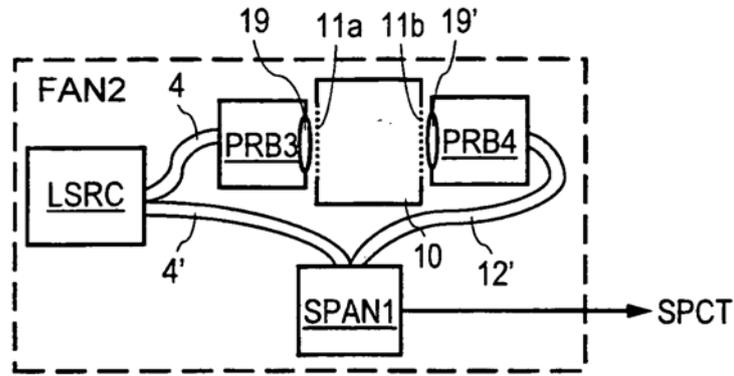


Fig. 13

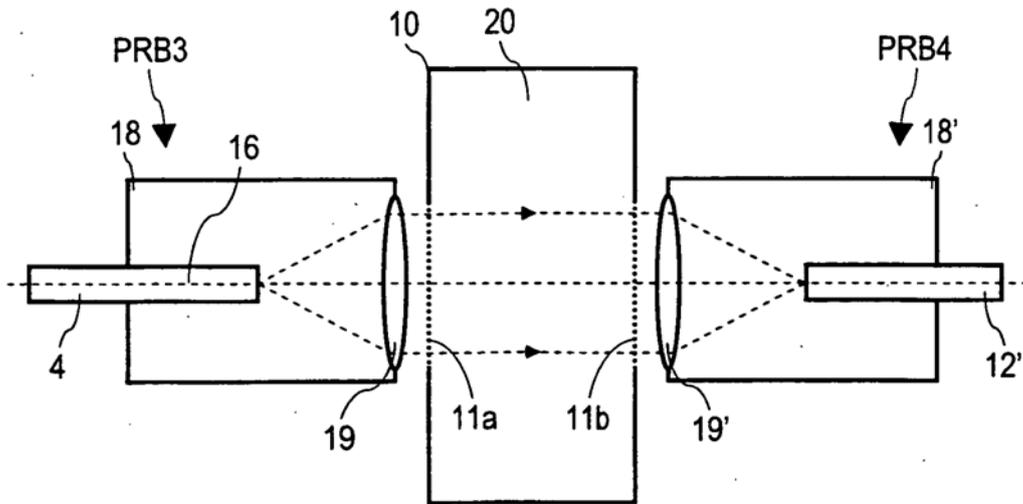


Fig. 14