

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 270**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/28** (2006.01)

**G01N 21/35** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008 E 08803365 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2191265**

54 Título: **Sistema de combustible para una unidad flotante y procedimiento para su funcionamiento**

30 Prioridad:

**19.09.2007 DE 102007044970**  
**02.05.2008 DE 102008021899**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.02.2013**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**WITTELSBACHERPLATZ 2**  
**80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**MÜLLER-SCHWENN, HANS BERNHARD;**  
**FLEISCHER, MAXIMILIAN;**  
**LAMPE, UWE y**  
**WIESNER, KERSTIN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 396 270 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

Sistema de combustible para una unidad flotante y procedimiento para su funcionamiento

La presente invención hace referencia a un sistema de combustible para una unidad flotante y un procedimiento para hacerla funcionar.

- 5 Las unidades flotantes en el sentido del presente documento son, por ejemplo, vehículos acuáticos como por ejemplo barcos o sumergibles, o también instalaciones offshore que consuman combustible, como plataformas de extracción o equipos de energía eólica. Por razones de simplicidad, a continuación se hablará genéricamente de barcos.

10 Los combustibles para barcos (en este contexto denominados también “carburantes”) se destacan por un elevado contenido de azufre de hasta un 5 % en peso. Debido a que el tráfico de barcos ha aumentado considerablemente en los últimos años por el creciente comercio a nivel mundial, su participación en la contaminación del medio ambiente en puertos y aguas cercanas a la costa también se ha incrementado notoriamente. Los componentes del gas de escape que contienen azufre como el SO<sub>2</sub> son especialmente dañinos. Es por ello que hace un tiempo se vienen realizando esfuerzos para limitar las emisiones de azufre por parte de los barcos, mediante una limitación del contenido de azufre de los combustibles. Para las áreas denominadas SECAS (SOxEMISSIONS CONTROLLED AREAS: áreas de emisión de SOx controladas) del Mar del Norte y del Mar Báltico está prescrito por ejemplo que solo pueden utilizarse combustibles con un contenido de azufre máximo de 1,5 % en peso y en puertos solamente combustibles libres de azufre (contenido < 0,1 % en peso). En la costa occidental de los EE.UU. rigen las mismas regulaciones. En la navegación por esas aguas, los barcos son controlados para ver si solo se están utilizando combustibles con un contenido de azufre por debajo de los límites preestablecidos. En caso de infracción se corre peligro de tener que pagar importantes multas.

25 En los océanos lejos de las áreas marinas reguladas por ley se puede seguir utilizando combustible con cualquier contenido de azufre. Como el combustible con bajo contenido de azufre es más caro que el combustible con elevado contenido de azufre, los barcos se hacen funcionar la mayoría de las veces con combustible barato que contiene azufre y solamente en determinadas áreas con combustible con bajo contenido de azufre. Esto significa que los barcos a partir de unas fechas cargarán combustibles de diferentes calidades.

La directiva de UE 2005/33/EG prevé

- 30 - a partir del 11 de agosto de 2006, la introducción de un valor límite de azufre de 1,5% para los combustibles que son utilizados por barcos en el Mar Báltico y, desde el 11 de agosto de 2007, en el Mar del Norte y en el Canal de la Mancha, para reducir la acidificación y mejorar la calidad del aire,
- a partir del 11 de agosto de 2006, la introducción de un valor límite de azufre de 1,5% para combustibles de barcos que sean utilizados por buques de pasajeros en líneas regulares desde o hacia un puerto de la Comunidad, para mejorar la calidad del aire y para asegurar una demanda suficiente en toda la EU para un abastecimiento de combustibles para barcos con bajo contenido de azufre,
- 35 - la introducción de un valor de azufre de 0,1% a partir del primero de enero de 2010 para combustibles de barcos que sean utilizados en las vías fluviales y en atracaderos para motores Diesel, para mejorar la calidad del aire en los puertos y en las vías fluviales,
- en discrepancia con los valores límites para combustibles pesados descritos arriba, se prevé la concesión de un permiso a ciertos barcos para el uso de una tecnología aceptada que disminuya las emisiones, siempre que esos barcos logren constantemente disminuciones de las emisiones, manteniéndolas en el mismo valor, y éstas sean documentadas con detalle; y que todas las corrientes de material agotado que se evacuen en puertos cerrados y desembocaduras de ríos no tengan ningún efecto sobre los ecosistemas,
- 40 - que la escritura reglamentaria de cuadernos de bitácora con datos sobre la readaptación de combustibles se convierta en un requisito obligatorio para que los barcos puedan ingresar a los puertos de la Comunidad Europea.
- 45 - que el contenido de azufre de los combustibles vendidos en el territorio de los Estados miembro de la EU sean anotados por el proveedor en un albarán de entrega acompañado de una muestra,
- que se tomen las muestras de combustibles para barcos y se controlen respecto a su contenido de azufre.

50 Un grave problema es que la calidad del combustible es muy diferente en todo el mundo y no puede fijarse mediante reglas o normas de validez general. Sobre todo en los puertos en Asia, Sudamérica o África, por ejemplo, es de esperar que el combustible sea vendido con certificados falsos, es decir que el contenido de azufre por lo general es

mayor a lo que se indica en el certificado. Debido a que en los controles en las áreas de emisión limitada no solo se tienen en cuenta los certificados, sino que también se toman muestras directas de los combustibles para ser estudiadas, se pueden producir problemas graves para el capitán del barco cuando se determina un contenido de azufre demasiado alto (multas pecuniarias, eliminación del combustible falso, etc.).

5 Para hacer funcionar un barco, hasta ahora no era necesario el conocimiento acerca del contenido de azufre del combustible, ya que la limitación de las emisiones de azufre para barcos se aplica en determinadas áreas marítimas hace relativamente poco tiempo. La UE ha tomado recientemente en 2003 medidas para la limitación del contenido de azufre, cuya aplicación está prevista de manera progresiva hasta el año 2010. Para el año 2007 está prevista una  
10 disminución del contenido de azufre a un 1,5% en peso para el combustible de buques de altura (para las áreas SECAS del Mar del Norte y el Mar Báltico). Hoy en día, el contenido de azufre es medido por lo general solamente durante la producción del combustible en la refinería. El capitán debe confiar entonces en la exactitud del certificado, pero sin poder controlarla por él mismo.

15 Por el documento [InnovXSystems / Maersk Fluid Technology, "OnBoard Elemental XRF Analysis of Oils & Additives", 2006] se conoce un dispositivo denominado "SeaMate (TM)", el cual se puede utilizar, por ejemplo, en un barco y puede controlar muestras de combustible respecto a su contenido de azufre. La toma de pruebas y el análisis que se realiza a continuación son, sin embargo, muy complicados y requieren mucho tiempo.

Por la solicitud WO 2007/093500 A1 se conoce un sistema de combustible para un barco con un trayecto de combustible y un dispositivo de medición ubicado allí para determinar el contenido de azufre del combustible.

20 Por lo tanto, es objeto de la presente invención indicar un sistema de combustible mejorado para una unidad flotante y un procedimiento mejorado para su funcionamiento.

Respecto al sistema de combustible, el objeto se logra mediante un sistema de combustible para la propulsión de una unidad flotante, es decir un barco, con las siguientes características: el sistema de combustible abarca un trayecto de combustible que se extiende desde una boca del tanque para abastecer al barco hasta un motor que se encuentra en el barco. Acorde a la invención, en el trayecto de combustible está ubicado un dispositivo de medición.  
25 Éste es atravesado por al menos una parte del combustible que se mueve en el trayecto de combustible. En otras palabras, el dispositivo de medición está conectado de manera serial en el trayecto del combustible o paralelo a éste, en forma de bypass. El dispositivo de medición es o puede ser atravesado por el combustible que fluye a lo largo del trayecto de combustible. El dispositivo de medición está ideado para la medición de un contenido de azufre del combustible que pasa por dicho dispositivo de medición.

30 El sistema de combustible acorde a la invención presenta por lo menos dos tanques de combustible para combustibles con diferente contenido de azufre, un dispositivo de mezcla para la mezcla de los combustibles de los tanques y un dispositivo de regulación que actúa en conjunto con el dispositivo de medición, para la regulación de la proporción de mezcla del combustible.

35 Mediante la invención, en el trayecto de combustible del barco se puede realizar, por lo tanto, una medición constante o, en otras palabras, una medición online de la calidad del combustible respecto al contenido de azufre. De esta manera, el capitán está informado respecto a la calidad del combustible en aquella sección del trayecto del combustible donde se realiza la medición. Para el lugar de la medición existen varias posibilidades, explicadas más adelante, que también se pueden combinar entre sí. No es necesario realizar ninguna toma de muestras costosa en una posición determinada del trayecto del combustible y un análisis en otro lugar, por ejemplo en un laboratorio. El  
40 contenido de azufre se puede determinar directamente in situ y de manera constante.

Ya que con el sistema de medición online se puede determinar de manera simple y en cualquier momento el contenido de azufre del combustible, es posible cumplir sin grandes costos con las exigencias de calidad y los controles de calidad del combustible del barco acorde a la normativa de la UE 2005/33/EG.

45 Gracias al equipamiento del sistema de combustible con por lo menos dos tanques de combustible para combustibles con diferente contenido de azufre, se puede realizar un cambio entre ambos combustibles, por ejemplo entre el océano abierto y las aguas cercanas a la costa.

50 Mediante el dispositivo para la mezcla de combustibles de los tanques de combustible y el dispositivo de regulación que actúa en conjunto con el dispositivo de medición para la regulación de la proporción de mezcla de los combustibles se puede lograr, por ejemplo, una mezcla de combustibles de manera tal que el contenido de azufre del combustible que va a ser consumido se encuentre siempre por debajo de los valores límite permitidos.

El mezclador puede consistir también en un simple conmutador para los dos combustibles diferentes, cuando no se desea una mezcla variable.

5 En una forma de realización ventajosa de la invención, el dispositivo de medición abarca una fuente de luz para la iluminación del combustible. Además, abarca un detector para la luz que, partiendo de la fuente de luz, ha irradiado el combustible o fue reflejada por éste. En otras palabras, el contenido de azufre es determinado mediante una medición de la transmisión o de la reflexión en el combustible. Una disposición de medición de ese tipo es muy fácil de montar en el trayecto del combustible, por ejemplo en una tubería de combustible.

Para la medición mencionada es apropiada, por ejemplo, la espectroscopia IR. En un diseño ventajoso de la invención, la fuente de luz puede ser una fuente de luz IR. Sobre todo, la fuente de luz puede irradiar en el rango de infrarrojo cercano (NIR) o medio (MIR).

10 En otra forma de realización preferida, el detector es un espectrómetro IR. Éste es adecuado sobre todo para actuar en conjunto con la fuente de luz mencionada anteriormente.

15 La base de la espectroscopia IR es la absorción de la luz IR, donde se estimula la oscilación y/o rotación de las moléculas. Se diferencian los rangos del infrarrojo lejano (FIR, longitud de onda: 30 3000 nm), del infrarrojo medio (MIR, longitud de onda: 2,5 30 nm) y del infrarrojo cercano (NIR, longitud de onda: 0,8 2,5 nm). En el rango del FIR se estimulan las rotaciones de las moléculas, en el rango del MIR, las oscilaciones moleculares fundamentales y en el rango del NIR, las oscilaciones superiores y las combinaciones de oscilaciones. Para fines de la analítica se utilizan sobre todo la espectroscopia MIR y NIR. La base para esto es que principalmente la frecuencia de oscilación y, con ella, la longitud de onda, de la luz IR absorbida depende de la potencia específica del enlace químico y de la masa de los átomos o grupos de átomos que oscilan.

20 La intensidad depende de la potencia del momento dipolar del grupo de átomos que se va a estimular y de la concentración. La espectroscopia IR informa acerca de la naturaleza cualitativa de la especie absorbente y su porción cuantitativa en una mezcla.

25 La espectroscopia MIR tiene la ventaja de que puede dar información acerca de grupos de átomos localizados, la cual se puede adjudicar a una determinada especie química. Esto facilita su identificación. En especial los compuestos orgánicos de azufre se pueden identificar fácilmente, sobre todo debido a la elevada masa del átomo de azufre en comparación con los átomos de otro compuesto orgánico (desplazamiento de la absorción a longitudes de onda mayores). La desventaja de la espectroscopia MIR es que este procedimiento se puede realizar como procedimiento de medición online solamente con un gran costo. Esto incluye sobre todo las celdas de medición y las fibras ópticas necesarias.

30 La espectroscopia NIR permite sólo excepcionalmente una adjudicación de las absorciones medidas a determinadas moléculas o grupos moleculares, además, la absorción de la radiación NIR es notoriamente menor a la radiación MIR. Esto es ventajoso, sin embargo, porque la absorción menor puede ser compensada mediante una longitud de onda óptica mayor. La ventaja es que la espectroscopia NIR se puede realizar como método online con un costo notoriamente menor frente al método MIR. Esto incluye sobre todo las celdas de medición y las fibras ópticas. También las longitudes de onda óptica mayores que se necesitan son ventajosas, ya que permiten una estructura que es menos sensible a la suciedad y más fácil de limpiar.

35 Como el contenido de azufre en los combustibles de barcos es generado por una serie de compuestos orgánicos de azufre, sobre todo tiofenos ( $C_xH_ySH$ ), tioéter ( $C_{x1}H_{y1}SC_{x2}H_{y2}$ ), heteroaromas (por ej.  $C_4H_4S$  tiofeno) o disulfuros ( $C_{x1}H_{y1}SSC_{x2}H_{y2}$ ), se incluyen preferentemente la posición y las intensidades de varias bandas de absorción en una determinación cuantitativa del contenido total de azufre. Esto es posible utilizando procedimientos de análisis de múltiples variables o una combinación de métodos de múltiples variables con redes neuronales. Una calibración de los espectros IR se puede realizar con la ayuda de concentraciones de azufre en el combustible del barco determinadas en el laboratorio con métodos estándar.

En otra forma de realización ventajosa, el dispositivo de medición puede abarcar una unidad de análisis para el análisis de múltiples variables de la luz que irradia el combustible o que es reflejada por el combustible.

45 La espectroscopia IR, sobre todo en combinación con el análisis de múltiples variables (quimiometría, ANN) de los espectros permite una medición online del contenido de azufre del combustible del barco al realizar la carga del combustible, así como también durante el funcionamiento del barco.

50 En otra forma de realización ventajosa, el dispositivo de medición puede estar ubicado en una sección del trayecto del combustible que, por lo menos durante el funcionamiento de un motor de la unidad flotante, es atravesado por combustible. Con una medición online durante el funcionamiento, el capitán puede comprobar que antes del ingreso en el área de emisión limitada se pueda conmutar a tiempo el abastecimiento de la máquina al combustible de bajo contenido de azufre.

En otra forma de realización ventajosa de la invención, en el sistema de combustible puede existir un dispositivo de protocolo para realizar protocolos del contenido de azufre detectado por el dispositivo de medición. Un protocolo de ese tipo puede ser utilizado por el capitán como prueba, por ejemplo frente a autoridades, para demostrar la calidad de combustible correcta.

- 5 La medición online de la calidad del combustible permite así una forma de funcionamiento en la cual se mezclan de manera rentable el combustible de bajo contenido de azufre y el de alto contenido de azufre, por lo que finalmente se consume un combustible con la concentración máxima de azufre permitida. Los datos medidos online se pueden utilizar directamente para la regulación del proceso y también pueden ser protocolados para las comprobaciones requeridas por ejemplo por las autoridades.
- 10 Acorde a la invención se puede instalar una sonda de medición para la determinación del contenido de azufre, es decir, por ejemplo en las tuberías del tanque de fuel oil o diesel aproximadamente 1m después de la brida del tanque, en la tubería de combustible antes del motor principal, en las tuberías de combustible antes de los juegos de generadores diesel y eventualmente antes y después de los dispositivos o equipos de mezcla y fundido en sistemas de combustible para fuel oil.
- 15 La presente invención posibilita, por lo tanto, un control directo del contenido de azufre del combustible al realizarse la carga del tanque. Esto es importante sobre todo en los puertos fuera de la UE y de EE.UU. El capitán puede interrumpir inmediatamente el suministro de combustible con un contenido de azufre demasiado elevado. El capitán puede probar frente a las autoridades por medio del protocolo del tanque realizado automáticamente que a bordo hay combustible con un contenido de azufre por debajo de los límites legales. En el funcionamiento mezclado (combustible con azufre en mar abierto, combustible con bajo contenido de azufre en las aguas cercanas a las costas) la conmutación de los tipos de combustibles realizada se puede controlar al ingreso en áreas con limitación de las emisiones y ser certificada por medio del protocolo. De esta manera es posible recorrer grandes trayectos con combustibles económicos que contienen azufre y al mismo tiempo certificar el uso del combustible preestablecido para las aguas cercanas a la costa con limitación de las emisiones. Sobre la base de la medición online se puede realizar una mezcla de combustibles (mezcla de combustible con azufre / combustible con bajo contenido de azufre) para el funcionamiento del barco. Esto hace posible que sean necesarios básicamente solo dos tipos de combustible (con azufre y con bajo contenido de azufre).
- 20
- 25

Todos los niveles intermedios de concentraciones de azufre permitidos se pueden utilizar de manera económica mediante la mezcla correspondiente de los combustibles.

- 30 La aplicación de la espectroscopia IR en el uso como método online para la determinación de la concentración de azufre en el combustible tiene la ventaja de que así se puede certificar el uso del combustible correcto. De esta forma se evitan los costosos análisis de control en el laboratorio. El armador se puede proteger de las consecuencias negativas de una carga del tanque con combustible falso (entre otras cosas, pago de multas, eliminación del combustible falso). El barco puede funcionar siempre con los combustibles más económicos. Se puede disminuir la contaminación ambiental por emisiones de azufre en las aguas cercanas a las costas y en los puertos.
- 35

- Respecto al procedimiento, el objeto se logra mediante un procedimiento para el funcionamiento de un sistema de combustible de una unidad flotante que presenta un trayecto de combustible que se extiende desde una boca del depósito hasta un motor. En el procedimiento se mide, con un dispositivo de medición ubicado en el trayecto del combustible, el contenido de azufre en aquella parte del combustible que atraviesa el dispositivo de medición. Para esto, el dispositivo de medición es atravesado por al menos una parte del combustible que fluye a lo largo del trayecto de combustible. Además, en el funcionamiento de la unidad flotante se mezclan por lo menos dos combustibles de diferente contenido de azufre y el contenido de azufre del combustible se mantiene en un nivel que se puede predeterminar por medio del contenido de azufre medido.
- 40

- 45 El procedimiento junto con sus ventajas ya fue explicado en relación con el sistema de combustible.

Aplicaciones preferidas del procedimiento acorde a la invención o del dispositivo acorde a la invención se encuentran, por ello, en la medición de combustibles en el funcionamiento de un barco con diferentes combustibles y en la mezcla de combustibles durante el funcionamiento de un barco.

- 50 Para otra descripción de la invención se indican los ejemplos de realización de los dibujos. Se muestran, siempre en un croquis básico esquemático:

Figura 1: El espectro MIR de diesel marino con 0,16% de contenido de azufre.

Figura 2: El espectro NIR del diesel marino de la figura 1.

Figura 3: Una sección del trayecto de combustible de un barco con un dispositivo de medición acorde a la invención con una celda de flujo de transmisión.

Figura 4: Un sistema acorde a la figura 3 con una celda de inmersión de reflexión (a) y una celda de medición ATR (b).

5 Figura 5: Un diagrama de secuencia para un modelo de calibración necesario para el cálculo del contenido de azufre en el combustible del barco.

Figura 6: Un sistema de mezcla para fuel oil con gasoil.

10 La figura 1 muestra un diagrama 2, el cual representa el espectro MIR del diesel marino con 0,16% de azufre. El espectro se tomó con un dispositivo FTIR (tanque ifs 66v) en el rango de un valor de onda de entre 4000 - 500  $\text{cm}^{-1}$  en una resolución de 4  $\text{cm}^{-1}$  con la técnica ATR, aplicada sobre la abscisa del diagrama 2. La ordenada muestra la absorción en unidades arbitrarias. Se ven en particular las valencias OH y NH 4, la valencia C=CH<sub>2</sub> 6, la valencia CH 8, la posición de CO<sub>2</sub> 10, es decir aire, la valencia C=O 12 o cetona aldehído, la posición C=C 14, aromático 16, la deformación CH 18 y la deformación simétrica CH<sub>3</sub> 20.

15 La figura 2 muestra en un diagrama 22 el espectro NIR de la misma muestra que en la figura 1. El espectro se tomó con un equipo NIR de la empresa Boehringer Ingelheim MicroParts en el rango de una longitud de onda (abscisa) entre 1100 - 1700 nm como medición de la transmisión. También aquí la ordenada muestra la absorción.

20 La figura 3 muestra un trayecto de combustible 50 muy simplificado en un barco 52, el cual se extiende desde una boca del tanque 54 del barco 52 hasta su motor 58 accionado con diesel 56 como representante de cualquier combustible como por ejemplo diesel, fuel oil, gasoil, etc. En el barco 52 está instalado un sistema de medición 90. Éste está diseñado de la siguiente manera: en el trayecto de combustible está ubicada una celda de medición 60 diseñada como una celda de flujo de transmisión. En el ejemplo se muestra el sector del tubo de flujo 86 que es atravesado por el combustible en el proceso de carga. Éste se encuentra en la corriente principal del combustible 56 o, de manera alternativa, representado en línea de trazos, en una conducción de bypass 62 y es atravesado por el diesel (o de manera alternativa por una parte de éste). La flecha 78 muestra la dirección de flujo de este diesel 56.

25 La celda de medición 60 presenta dos ventanas ubicadas una frente a otra 64a, b. Éstas están compuestas preferentemente por vidrio cuarzoso o zafiro, el recorrido óptico se ajusta preferentemente entre 0,1 y 10 mm, según la longitud de onda de la luz 66 utilizada. Ésta es generada por una fuente de luz 68 que está ubicada de un lado de la celda de medición 60. La fuente de luz 68 irradia en rango NIR. Para esto se utiliza, preferentemente, una lámpara halógena Wolfram y de manera alternativa para el rango del MIR, por ej. una Global. Frente a la fuente de luz 68 está ubicado un espectrómetro IR 70, preferentemente un micro-espectrómetro para el rango NIR o el rango MIR.

30 La luz es conducida preferentemente a través de fibras ópticas 72a, b desde la fuente de luz 68 hasta la celda de medición 60 y desde allí hasta el espectrómetro 70. De manera alternativa, la fuente de luz 68 y el espectrómetro 70 pueden estar embridados a la celda de medición, de manera que no sean necesarias las fibras ópticas 72a, b. Un ordenador 74 sirve para el control del espectrómetro 70 y para el análisis de los espectros 76 medidos por éste.

35 La figura 4a muestra un sistema de medición 90 alternativo al de la figura 3, en el cual como celda de medición 60 se utiliza una celda de inmersión de reflexión. El trayecto óptico 80 a través del diesel 56 se ajusta aquí mediante la distancia entre la ventana de salida 82 de la celda de medición 60 y el espejo 84.

40 La figura 4a muestra un sistema de medición alternativo al de la figura 3 y 4a, en el cual como celda de medición 60 se utiliza una celda ATR. Allí, la celda de medición ATR se sumerge en el trayecto de combustible 50 o en el diesel 56. El trayecto óptico 80 se determina mediante el número de reflexiones, que son específicamente por lo menos tres.

Como micro-espectrómetro 70 se pueden utilizar dos tipos de equipos diferentes:

45 - Espectrómetros de línea, en los cuales con una rejilla reflectora micromecánica fija se logra la dispersión espectral de la luz. Un ejemplo es el equipo NIR de Böhringer Ingelheim MicroParts, en el cual la rejilla reflectora es fabricada mediante la técnica LIGA (moldeado galvánico inducido por luz).

- Micro-espectrómetros con micro-espejos móviles (MOEMS: sistema eléctrico micro óptico), en los cuales la dispersión de la luz se logra mediante una rejilla reflectora de silicio azogado. Un ejemplo es el equipo MOEMS IR de la empresa ColourControl.

En las figuras 3 o 4a, b la medición se desarrolla de la siguiente manera:

1. Antes del inicio del proceso de carga, es decir, de la carga de diesel 56 en el barco a través de la boca del tanque 54, se determina la intensidad  $I_0$  (espectro de lámpara) en el tubo de alimentación 86 vacío. Se controla si se alcanza una intensidad de luz mínima necesaria de  $I_0 > I_{0, \text{mín}}$ . Si no se alcanza esta intensidad mínima, el ordenador controlador 74 da un mensaje de error y solicita un cambio de la fuente de luz 68 o la limpieza del trayecto óptico 80.

5 2. Luego del inicio del flujo del diesel 56, comienza la medición de la intensidad  $I$ , que con ayuda de la magnitud  $I_0$  es convertida en la absorción.

3. A partir de la absorción medida y del modelo de calibración 88 guardado en el ordenador 74 se calcula el contenido de azufre  $C_S$  del diesel 56. Este valor puede ser mostrado inmediatamente y/o ser guardado en un protocolo del tanque 90. De manera alternativa se puede prever que en caso de que se supere un valor límite preestablecido  $C_S > C_{S, \text{max}}$  se interrumpa automáticamente el proceso de carga del tanque.

10

El modelo de calibración 88 necesario para el cálculo del contenido de azufre  $C_S$  en el diesel 56 puede ser elaborado de la siguiente manera, mostrada en la figura 5:

15 1. Se determinan los espectros de absorción 76a-c de diferentes combustibles de barco; es decir del diesel 56. El contenido de azufre  $C_S$  de estos combustibles ya se ha determinado anteriormente por medio de métodos de laboratorio conocidos, es decir que ya era conocido y fue guardado en valores de laboratorio 92a-c. La estructura óptica (tipo de sonda de medición, longitud de trayecto óptico, espectrómetro y tipo de fuente de luz) y las condiciones ambientales (temperatura, presión) deben ser comparables con aquellas en las que el sistema de medición 90 será utilizado en barcos 52. El tipo de análisis de laboratorio utilizado como referencia, es decir los valores de laboratorio 92a-c, deben tener un error de medición lo más bajo posible, ya que este error de medición

20

2. Ahora comienza un preproceso 94. Aquí se separan las mediciones fallidas.

3. Los espectros 76a-c son igualados o bien se forman derivaciones.

4. Los espectros 76a-c se dividen también en varios rangos espectrales.

25 5. Los espectros 76a-c se reparten en juegos de entrenamiento y de validación según los métodos comunes (por ej. Venetian, Blind, Leaveone-out).

6. Los espectros 76a-c se normalizan. Se pueden aplicar, por ejemplo, los siguientes procedimientos: Escalado, centrado, mínimo-máximo, normalización de vectores, corrección de señal ortogonal. Los factores de normalización del juego de entrenamiento se utilizan para convertir los espectros del juego de validación.

30 7. En un análisis 104 se analizan los espectros 76a-c. Entre los espectros de absorción normalizados 76a-c y las concentraciones de azufre de los valores de laboratorio 92a-c se calculan modelos de correlación a partir de la analítica de referencia en un paso de correlación 96. Para ello se pueden utilizar los métodos de la regresión de componentes principales (PCR) o del procedimiento PLC (Parcial Least Square) lineal o no lineal.

8. Los componentes principales calculados con el procedimiento PCR o PLS pueden ser utilizados como magnitudes de entrada de una red neuronal 98.

35 9. A partir de las concentraciones calculadas 100a-c del juego de validación y de los valores de laboratorio 92a-c se calculan las magnitudes estadísticas para la descripción del error de predicción (RMSEP, RMSECV, BIAS). Éstos forman las bases del modelo de calibración 88 óptimo que se utiliza para la aplicación en el sistema de medición 90.

10. Se prueban todas las combinaciones (preprocesado, normalización, rangos espectrales, proceso de correlación) a partir de las cuales se selecciona el modelo de calibración 88 óptimo en el paso de comprobación 102.

40 El modelo de calibración 88 puede estar compuesto por las siguientes prescripciones de cálculo:

- Tipo de preprocesado

- Dato de los rangos espectrales

- Proceso de normalización y coeficientes de normalización

- Tipo de proceso de correlación y componentes principales a partir del procedimiento PCR o PLS

45 - En la utilización del procedimiento ANN, los datos de la red neuronal.

## ES 2 396 270 T3

- El resultado de los cálculos es el contenido de azufre  $C_S$  del combustible del barco, por ejemplo del diesel 56.

5 La figura 6 muestra la utilización de un sistema de medición 90 a bordo de un barco 52 para la mezcla propia de fuel oil (HFO) con gasoil. El objetivo es la fabricación de un combustible 110 con un contenido de azufre  $C_S$  de 1,49% para el uso en un área marítima con un contenido de azufre permitido del 1,5%, es decir para navegar en las áreas SECA (Mar del Norte, Mar Báltico y costa occidental de los EE.UU.).

Se muestran un tanque de servicio de fuel oil 112, que tiene combustible con un contenido de azufre  $C_S \gg 1,5\%$  y un tanque de servicio de gasoil 114 para un combustible con un contenido de azufre  $C_S$  en un rango de 0,2-03,%, con el respectivo filtro 116a, b.

10 Ambos tanques están equipados con bombas de frecuencia controlada por un microprocesador 118a, b con medidores de flujo post-conectados 120a, b para fuel oil y gasoil.

15 Las dos conexiones de los tanques desembocan luego en un homogeneizador 122 para la mezcla de ambos carburantes en combustible 110. Al homogeneizador 122 está post-conectado el sistema de medición 90 para la determinación del contenido actual de azufre  $C_S$ . El sistema de medición 90 abarca un medidor de flujo post-conectado, que no está representado y un equipo de protocolado o dispositivo indicador que puede escribir, reconocido por las autoridades.

Para la medición de todo el caudal volumétrico del combustible 110 a lo largo de la flecha 111 con  $C_S=1,49\%$  hay otra bomba 124 con medidor de flujo, post conectada, un tubo vertical 126 como recipiente de compensación, una bomba 128 con precalentador final y filtro.

20 La tubería de combustible desemboca finalmente en un viscosímetro 130, que regula la potencia de precalentamiento del precalentador final 128 con el fin de alcanzar la viscosidad de inyección o la temperatura final del combustible necesarias antes de que lleguen a las bombas de inyección del motor. El combustible llega luego al motor 58. Una combinación de bombas 118a, b con medidores de flujo 120a, b y homogeneizador 122 ya ha sido introducida con una sonda de viscosidad como combinación de agregados por la empresa SIT.

25



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de combustible para el funcionamiento de una unidad flotante (52) con un trayecto de combustible (50) que se extiende desde una boca del tanque (54) hasta un motor (58) y con un dispositivo de medición (90) que está ubicado en el trayecto del combustible (50) y que es atravesado por el combustible por lo menos en parte a lo largo del trayecto del combustible (50), para la medición de un contenido de azufre ( $C_S$ ) del combustible (56) que atraviesa el dispositivo de medición (90), caracterizado porque presenta
- por lo menos dos tanques de combustible (112, 114) para combustibles (56) con diferente contenido de azufre ( $C_S$ ),
  - un dispositivo de mezclado (122) para la mezcla de combustibles (56) de los tanques de combustible (112, 114) y un dispositivo de regulación que actúa en combinación con el dispositivo de medición (90) para la regulación de la proporción de mezcla de los combustibles.
- 10 2. Sistema de combustible acorde a la reivindicación 1, en el cual el dispositivo de medición (90) presenta una fuente de luz (68) para la irradiación del combustible (56) con luz (66) y un detector (70) para la luz (66) que irradia el combustible (56) o que es reflejada por el combustible (66).
3. Sistema de combustible acorde a la reivindicación 2, en el cual la fuente de luz (68) es una fuente de luz IR.
- 15 4. Sistema de combustible acorde a las reivindicaciones 2 ó 3, en las cuales el detector (70) es un espectrómetro IR.
5. Sistema de combustible acorde a una de las reivindicaciones 2 a 4, en el cual el dispositivo de medición (90) abarca una unidad de análisis para el análisis de variables múltiples de la luz (66) que irradia el combustible (56) o que es reflejada por el combustible (56).
- 20 6. Sistema de combustible acorde a una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el sistema de medición (90) está ubicado en una sección del trayecto del combustible (50) que es atravesada por el combustible (56) por lo menos durante el funcionamiento de un motor (58) de la unidad flotante (52).
7. Sistema de combustible acorde a una de las reivindicaciones anteriores, con un dispositivo de protocolado para la realización de protocolos del contenido de azufre ( $C_S$ ) detectado por el dispositivo de medición (90).
- 25 8. Sistema de combustible acorde a una de las reivindicaciones anteriores en el cual la unidad flotante (52) es un barco.
9. Procedimiento para el funcionamiento de un sistema de combustible de una unidad flotante (52), donde éste presenta trayecto de combustible (50) que se extiende desde una boca del tanque (54) hasta un motor (58), en el cual, con un dispositivo de medición (90) que está ubicado en el trayecto del combustible (50) y que es atravesado por el combustible por lo menos en parte a lo largo del trayecto del combustible (50), se mide el contenido de azufre ( $C_S$ ) del combustible (56) que atraviesa el dispositivo de medición (90), caracterizado porque durante el funcionamiento de la unidad flotante (52) se mezclan por lo menos dos combustibles (56) con diferente contenido de azufre ( $C_S$ ), y en el cual por medio del contenido de azufre ( $C_S$ ) medido, el contenido de azufre ( $C_S$ ) del combustible mezclado (56) se mantiene en un valor que se puede predeterminar.
- 30 10. Procedimiento acorde a la reivindicación 9, en el cual el contenido de azufre ( $C_S$ ) se determina en el dispositivo de medición (90) con ayuda de una espectroscopia IR.
11. Procedimiento acorde a la reivindicación 10, en el cual el contenido de azufre ( $C_S$ ) se determina a partir de los espectros detectados con la espectroscopia IR (76) por medio del análisis de múltiples variables.
- 40 12. Procedimiento acorde a una de las reivindicaciones 9 a 11, en el cual el contenido de azufre ( $C_S$ ) se determina en el combustible (56) que está siendo suministrado durante el funcionamiento de un motor (58) de la unidad flotante (52).
13. Procedimiento acorde a una de las reivindicaciones 9 a 12 en la cual el contenido de azufre ( $C_S$ ) medido es protocolado.

FIG 1.

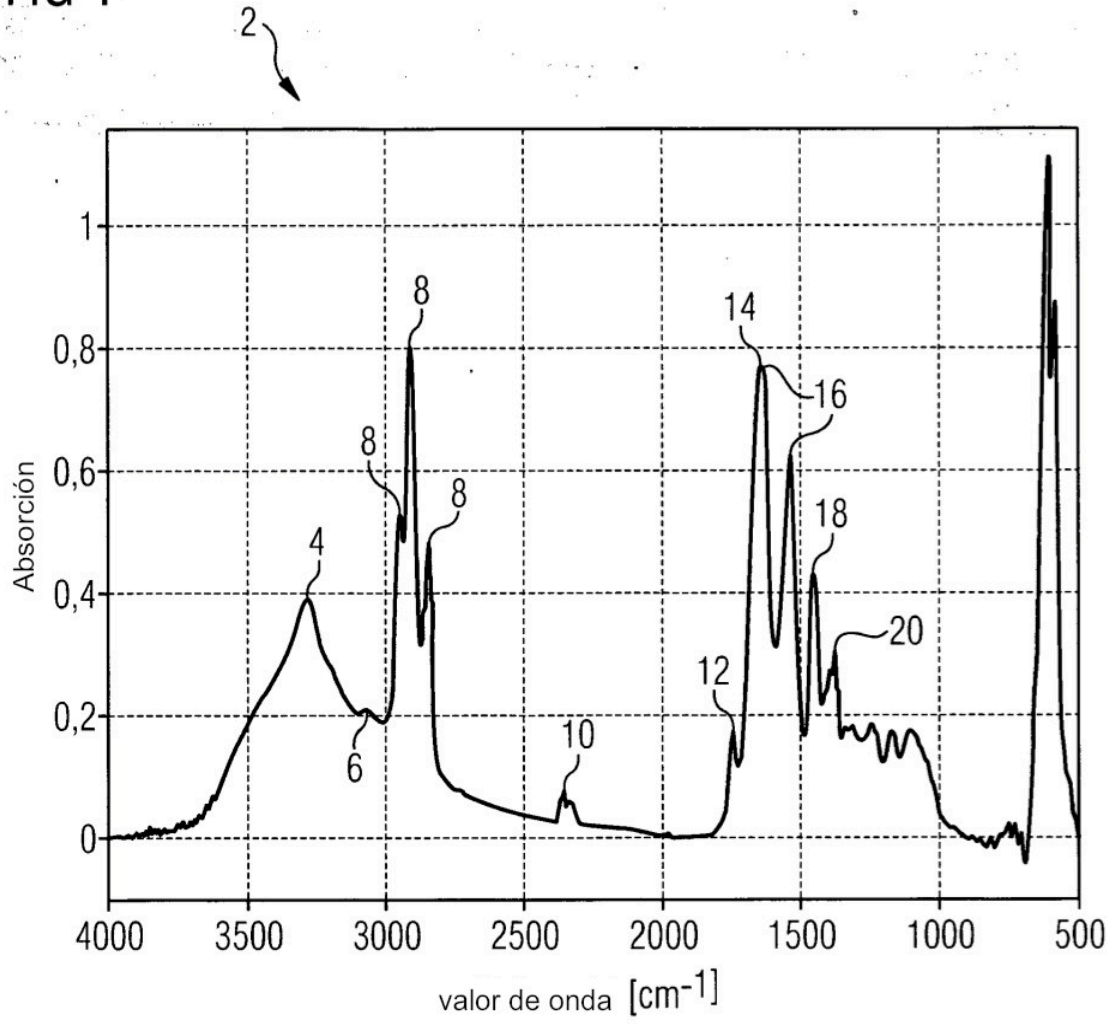


FIG 2

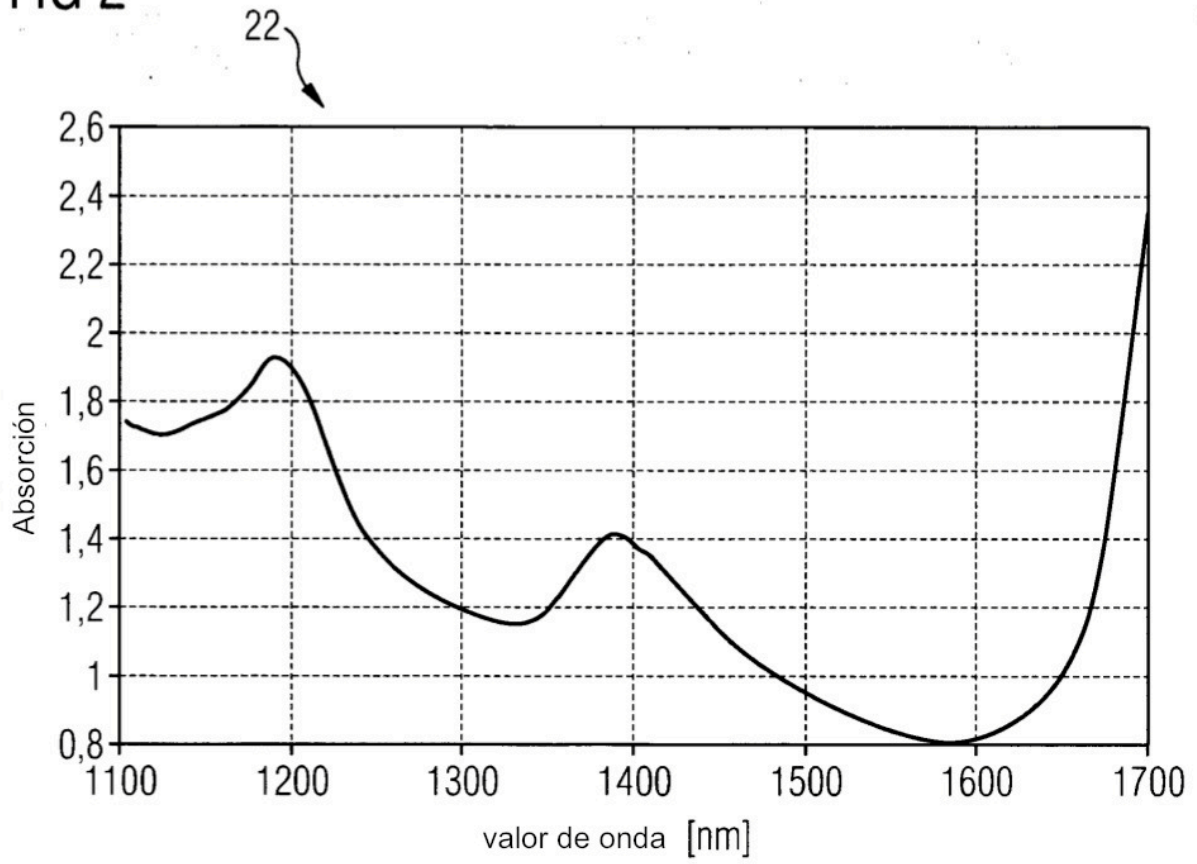


FIG 3

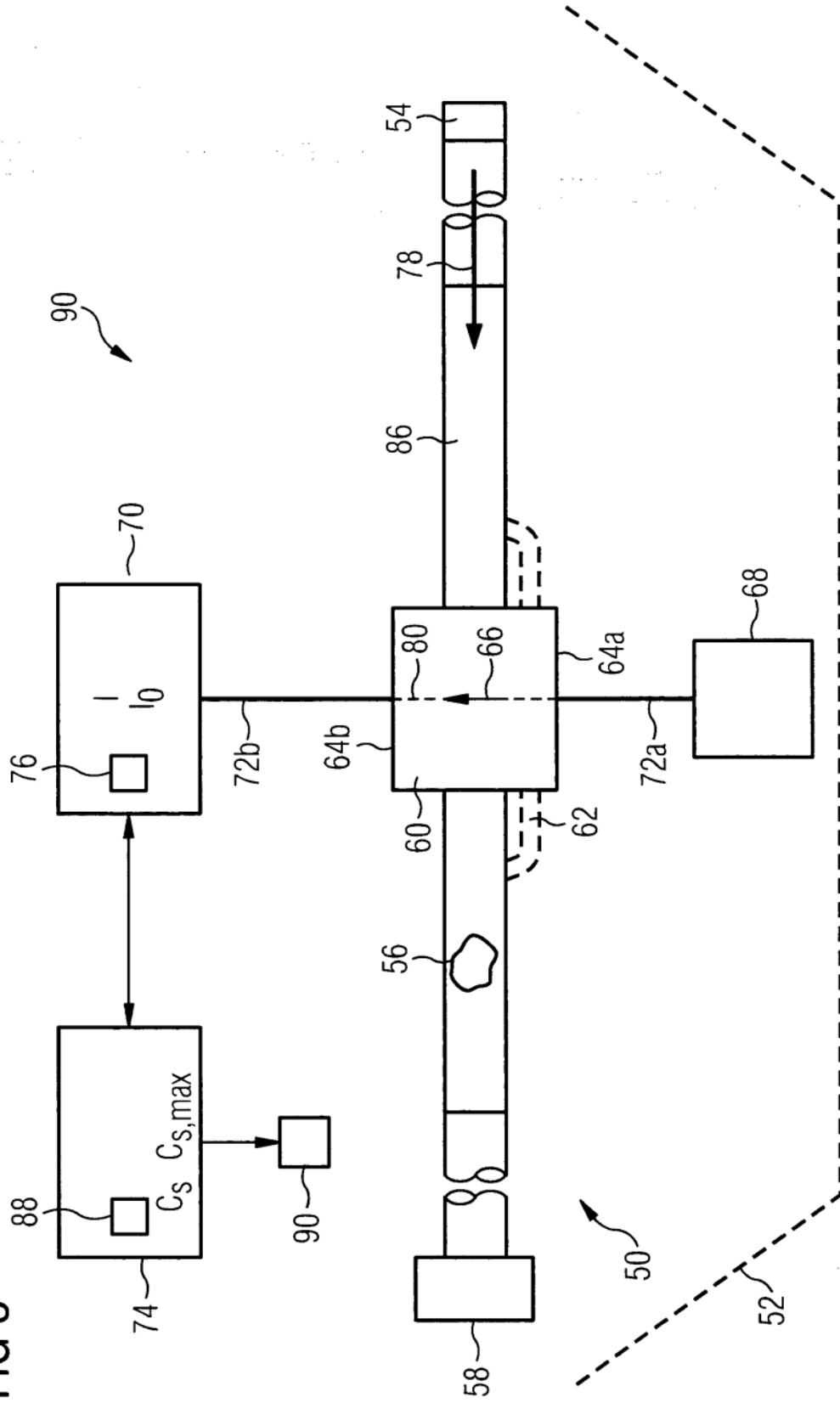


FIG 4A

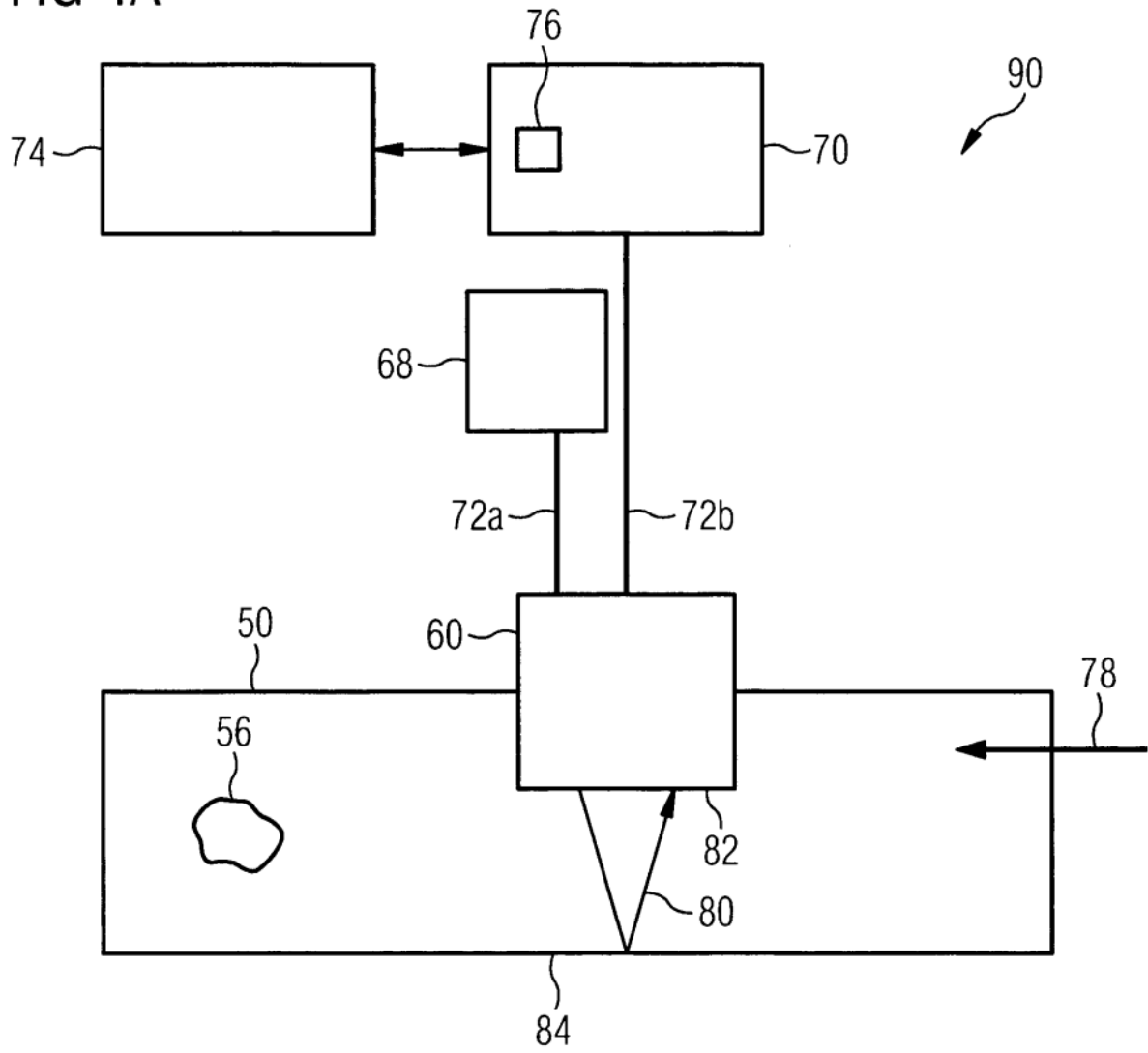
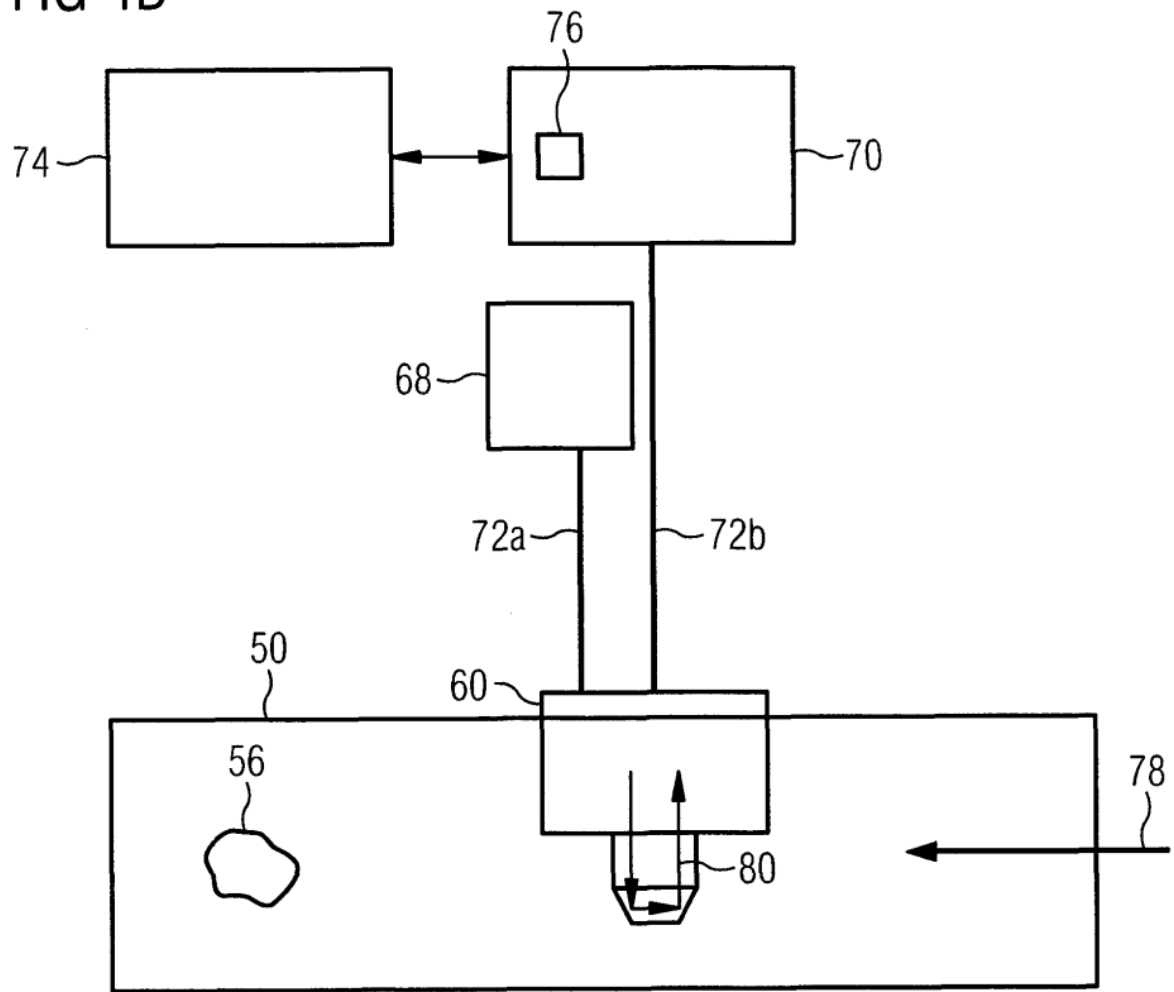


FIG 4B



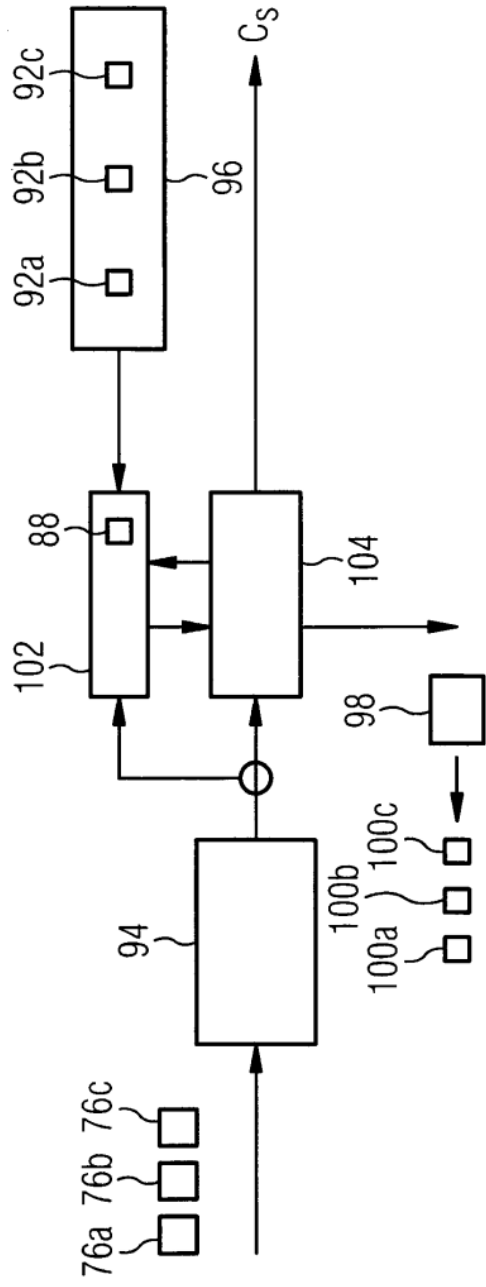


FIG 5

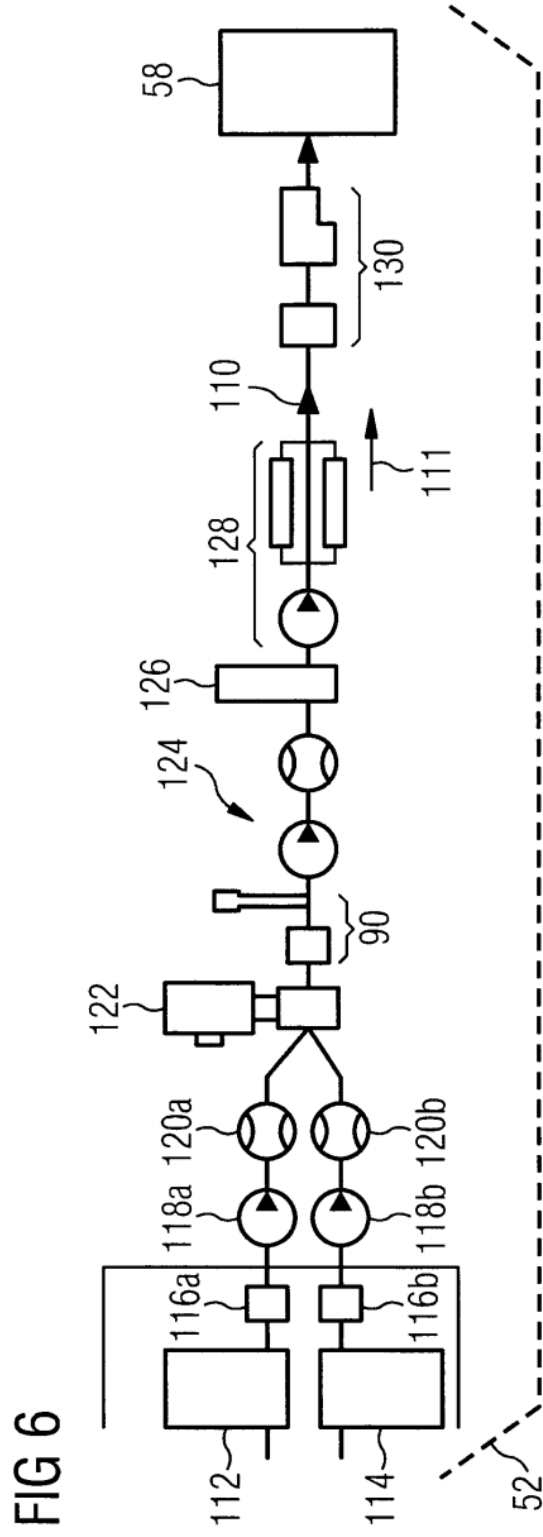


FIG 6