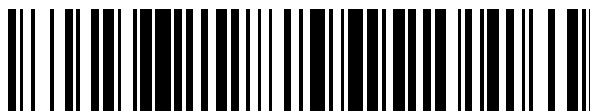


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 840**

51 Int. Cl.:

F23N 5/08	(2006.01)
G01N 21/00	(2006.01)
F24H 9/20	(2006.01)
G01N 21/39	(2006.01)
F23M 5/08	(2006.01)
G01N 21/84	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.01.2010 PCT/US2010/020345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2010 WO10080892**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2010 E 10729501 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2376840**

54 Título: **Método y aparato para la monitorización de las propiedades de combustión en un interior de una caldera**

30 Prioridad:

09.01.2009 US 143732 P
13.01.2009 US 144384 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2019

73 Titular/es:

JOHN ZINK COMPANY, LLC (100.0%)
11920 East Apache St.
Tulsa, OK 74116, US

72 Inventor/es:

ESTES, MICHAEL JOHN;
SAPPEY, ANDREW D.;
HOFVANDER, HENRIK;
MOLITORIS, ALLEN;
MASTERSON, BERNARD PATRICK y
HUANG, PEI

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 704 840 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

Método y aparato para la monitorización de las propiedades de combustión en un interior de una caldera

5

Campo técnico

La presente descripción está dirigida a un método y un aparato para medir las propiedades de combustión en un interior de una caldera y, más particularmente, a un método y aparato para medir las propiedades de combustión en una caldera del tipo que tiene paredes que comprenden una pluralidad de tubos de vapor paralelos separados por una membrana metálica sin reconfigurar los tubos de vapor.

Antecedentes

La patente US-7 469 092 B2, titulada "Method and Apparatus For The Monitoring And Control Of A Process", describe un método y un aparato para monitorizar y controlar un proceso mediante el uso de tunable diode laser absorption spectroscopy (espectroscopía de absorción de láser de diodo sintonizable - TDLAS). Dicho documento enseña un método de monitorización de las propiedades de combustión en un interior de una caldera del tipo que tiene paredes que comprenden una pluralidad de tubos de vapor paralelos separados por una membrana de metal. El método comprende: proporcionar una primera y una segunda penetraciones en la membrana metálica entre tubos adyacentes en lados opuestos de la caldera; proyectar un haz de luz a través de una óptica de inclinación que comprende una lente de colimación de inclinación que reside fuera del interior de la caldera; recibir el haz de luz con una óptica de captura que reside fuera del interior de la caldera, comprendiendo la óptica de captura una lente de colimación de captura acoplada ópticamente a la lente de relé de captura; determinar una fuerza del haz de luz recibido colimado; y alinear al menos una de las lentes de colimación de inclinación y la lente de colimación de captura para maximizar la fuerza del haz colimado recibido. En resumen, el método y aparato TDLAS implica dirigir un haz de luz, que puede ser un haz multiplexado de un número de longitudes de onda distintas, dentro de una cámara de combustión de una caldera para medir las propiedades de combustión de la caldera, tales como la temperatura y la concentración de diferentes especies de combustión que incluyen CO, CO₂, O₂ y H₂O. Esta técnica requiere una línea de visión a través de la caldera. De hecho, generalmente, se requieren muchas líneas de visión ya que con frecuencia es deseable medir las propiedades de combustión en múltiples lugares de la caldera. De forma típica, un haz de láser multiplexado de longitud de onda se transmite desde una óptica de inclinación a una óptica de captura en el lado opuesto de la caldera. Ciertas aplicaciones requieren hasta 15 recorridos de medición, por lo que requieren 15 pares ópticos de inclinación/captura y 30 penetraciones de calderas.

Las calderas de carbón típicas comprenden paredes hechas de una serie de tubos de vapor paralelos separados por una membrana metálica. Los tubos de vapor por lo general tienen un diámetro de aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas) y se producen en centros de aproximadamente 6,35 cm (2,5 pulgadas). La membrana metálica entre los tubos es, por lo general, de aproximadamente 1,27 cm (0,5 pulgadas) de ancho y 0,9525 cm (0,375 pulgadas) de espesor. Para obtener el acceso óptico para mediciones utilizando un haz de láser multiplexado de longitud de onda, se debe proporcionar acceso óptico a través de la pared de la caldera. El aparato conocido como TDLAS requiere un orificio de aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas) de diámetro en la pared de la caldera para proporcionar un acceso óptico adecuado.

La Fig. 1 ilustra el estado actual de la técnica para proporcionar acceso óptico al interior de una caldera. Haciendo referencia a la Fig. 1, la pared 10 de la caldera comprende una serie de tubos 12 de vapor paralelos separados por una membrana metálica 14. Para proporcionar el agujero de 2,08 cm (2 pulgadas) requerido para el acceso óptico, los tubos deben ser desviados usando curvas de tubo como se ilustra en la Fig. 1. Una vez completado, el uso de curvas de tubo para proporcionar el acceso óptico funciona bien. Sin embargo, es difícil y costoso proporcionar el número requerido de curvas de tubo para una monitorización satisfactoria de la combustión. El problema se deriva principalmente del hecho de que, para instalar incluso una sola curva de tubo, la caldera debe apagarse durante un período de tiempo significativo. Como resultado, las curvas de tubo y, por lo tanto, el monitor TDLAS solamente se pueden instalar durante una interrupción prolongada programada. Las interrupciones programadas se producen solamente cada uno o dos años. Por lo tanto, elegir el momento oportuno puede suponer tener que esperar hasta dos años para que una central eléctrica en particular esté en posición de comprar e instalar un monitor TDLAS. Así pues, es muy deseable disponer de un aparato para monitorizar las propiedades de combustión dentro de una caldera que elimina la necesidad de curvas de tubo.

La presente invención está dirigida a superar uno o más de los problemas discutidos anteriormente.

Sumario de las realizaciones

Un primer aspecto de la descripción es un método de monitorización de las propiedades de combustión en un interior de una caldera del tipo que tiene paredes que comprende una pluralidad de tubos de vapor paralelos separados por una membrana de metal. El método comprende la provisión de una primera y segunda penetraciones en la membrana metálica entre tubos adyacentes en lados opuestos de la caldera sin reubicar los tubos adyacentes. A continuación, se proyecta un haz de luz a través de una óptica de inclinación que comprende una lente de colimación de inclinación y una lente de relé de inclinación, ambas ubicadas fuera del interior de la caldera. La lente de relé de inclinación se acopla ópticamente a la primera penetración para proyectar el haz en el interior de la caldera. El método además

comprende recibir el haz de luz con una óptica de captura que reside fuera del interior de la caldera. La óptica de captura comprende una lente de relé de captura acoplada ópticamente a la segunda penetración y una lente de colimación de captura acoplada ópticamente a la lente de relé de captura. Se determina la fuerza del haz de luz recibido colimado. Al menos una de las lentes de colimación de inclinación y la lente de colimación de captura pueden después alinearse para maximizar la fuerza del haz colimado recibido y la lente de relé de inclinación se alinea de tal manera que un haz de luz recibido por la lente de relé de inclinación atraviesa la primera penetración en el punto focal de la lente de relé de inclinación. Las realizaciones pueden incluir tanto la lente de colimación de inclinación como la lente de colimación de captura que se alinean para maximizar la fuerza del haz recibido. La primera y segunda penetraciones pueden alargarse paralelas a los tubos de vapor. El método puede también comprender el montaje de la óptica de inclinación en un alojamiento de óptica de inclinación y la óptica de captura en un alojamiento de óptica de captura, con las lentes de relé de inclinación y de captura ocupando un orificio en una pared principal del alojamiento de la óptica de inclinación y del alojamiento de la óptica de captura, respectivamente. En una realización de este tipo, el método puede también comprender unir los extremos proximales del primer y segundo tubos de observación a una pared exterior de la caldera con las penetraciones primera y segunda que se comunican con un interior del primer y segundo tubos de observación, respectivamente. El alojamiento de la óptica de inclinación puede estar unido al extremo distal del primer tubo de observación con la lente de relé en comunicación óptica con el interior del primer tubo de observación y el alojamiento de la óptica de captura puede estar unido al extremo distal del segundo tubo de observación con la lente de relé de captura en comunicación óptica con el interior del segundo tubo de observación.

Otro aspecto de la descripción consiste en un aparato para detectar las propiedades de combustión en un interior de una caldera, comprendiendo la caldera una pluralidad de tubos de vapor paralelos separados por una membrana metálica. El aparato comprende un láser de diodo que tiene una frecuencia de láser seleccionada. Una lente de colimación de inclinación está acoplada ópticamente a un láser de diodo generador de haz. Una lente de relé de inclinación está acoplada ópticamente a la lente de colimación de inclinación, con la lente de relé de inclinación configurada para proyectar el haz desde el láser a una primera penetración en una primera membrana entre tubos adyacentes. Una lente de relé de captura está configurada para recibir un haz proyectado a través de una segunda penetración en una segunda membrana sustancialmente opuesta a la primera membrana. Una lente de colimación de captura está acoplada ópticamente a la lente de relé de captura y una fibra óptica está acoplada ópticamente a la lente de colimación de captura. Un detector sensible a la frecuencia de láser seleccionada está acoplado ópticamente a su vez a la fibra óptica. Un mecanismo de alineación está asociado operativamente con al menos una de las lentes de colimación de inclinación y captura para proporcionar la alineación de las lentes de colimación con respecto al haz para maximizar la cantidad de luz recibida por el detector y la lente de relé de inclinación está alineada de tal manera que un haz de luz recibido por la lente de relé de inclinación atraviesa la primera penetración en el punto focal de la lente de relé de inclinación. La lente de colimación de inclinación y la lente de relé de inclinación y la lente de colimación de captura y la lente de relé de captura pueden estar contenidas dentro de un alojamiento de inclinación y un alojamiento de captura, respectivamente, como se ha descrito anteriormente con respecto al primer aspecto. Las realizaciones pueden incluir además un primer y segundo tubo de observación unidos por sus extremos proximales a la caldera exterior con las penetraciones comunicándose con el interior de los tubos de observación. En una realización de este tipo, los alojamientos de inclinación y los alojamientos de captura pueden unirse a los extremos distales de los tubos de observación primero y segundo, respectivamente, con las lentes de relé en comunicación óptica con el interior de los tubos de observación. Las realizaciones pueden incluir mecanismos de alineación asociados operativamente con cada una de las lentes de colimación de inclinación y captura. El mecanismo de alineación puede comprender medios para inclinar la lente de colimación a lo largo del primer y segundo ejes ortogonales con ambos ejes ortogonales primero y segundo siendo sustancialmente ortogonales al haz de proyección. Un sistema de procesamiento de datos puede asociarse operativamente con el detector y el mecanismo de alineación. El sistema de procesamiento de datos recibe datos del detector y hace que los mecanismos de alineación alineen las lentes de colimación asociadas operativamente para maximizar la fuerza del haz.

El método y el aparato para medir las propiedades de combustión en el interior de una caldera descrito en la presente memoria permite la detección de las propiedades de combustión sin tener que apagar la caldera para instalar curvas de tubo para permitir el acceso óptico. El método y el aparato permiten, por tanto, que las numerosas ventajas de la monitorización de la combustión se disfruten de forma rápida y económica en comparación con los sistemas que requieren la instalación de curvas de tubo.

Descripción detallada

Salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades de ingredientes, dimensiones, condiciones de reacción y así sucesivamente usados en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones deben entenderse como modificados en todos los casos por el término “aproximadamente”.

En esta solicitud y en las reivindicaciones, el uso del singular incluye el plural salvo que se indique lo contrario de forma específica. Por otra parte, el uso de “o” significa “y/o” salvo que se indique lo contrario. Además, el uso del término “incluyendo”, así como de otras formas, tales como “incluye” e “incluido/a/s”, no es limitativo. También, términos como “elemento” o “componente” abarcan tanto elementos como componentes que comprenden una unidad y elementos y componentes que comprenden más de una unidad salvo que se indique lo contrario de forma específica.

La patente US-7 469 092 B2 describe un método y aparato para monitorizar y controlar un proceso de combustión del tipo que requiere la instalación de curvas de tubo en la pared de una caldera para proporcionar acceso óptico a la caldera. La patente US-7 469 092 B2 describe un sistema de detección que incorpora una característica de alineación automática que permite que las ópticas de inclinación y captura mantengan la alineación óptica, aunque estén atornilladas a una caldera o cámara de proceso hostil que, por sí misma, está sujeta a movimiento proveniente de efectos térmicos o el viento y la vibración.

El sistema descrito proporciona ópticas de inclinación y de captura, incluidas las lentes de colimación de inclinación y de captura que se montan en las plataformas de inclinación de control de retroalimentación. La luz multiplexada se lanza a través de la región de medición mediante una lente de inclinación de colimación acoplada directamente a una fibra de entrada y la lente de colimación de captura se acopla ópticamente a una fibra de salida que es, de forma típica, una fibra multimodal. Como resultado, la óptica de captura debe estar orientada de modo que sea colineal con el haz que emana de la óptica de inclinación. Esto es necesario para que el haz transmitido enfocado llegue dentro del cono de aceptación de la fibra multimodo. El sistema descrito en la patente US-7 469 092 B2 también contempla una penetración en la pared de la caldera en el orden de 5,08 cm (2 pulgadas) de diámetro. El sistema descrito funciona con una tolerancia de 1 cm sobre una distancia de transmisión típica de 10 metros, o de 1 milirradián. Sin embargo, esta tolerancia no es adecuada si se va a proporcionar la penetración de la caldera en la membrana metálica entre tubos de vapor adyacentes para eliminar la necesidad de disponer de curvas de tubo. Dicha penetración se ilustra en la Fig. 2. La penetración 16 tiene un ancho de aproximadamente 1,27 cm (½ pulgada) (igual al ancho de la membrana) y se alarga en una dirección paralela a las tuberías de vapor. El alargamiento de la penetración de esta manera ayuda de alguna manera en términos de eficacia de recolección de luz. Sin embargo, la alineación y el mantenimiento de la alineación son significativamente más difíciles de lo requerido con una penetración de 5,08 cm (2 pulgadas) soportada por el método de curvado de tubo. A modo de ejemplo, la tolerancia de alineación lateral, suponiendo una caldera de 15 metros de ancho, es de aproximadamente 1,25 cm sobre 14 metros, o de aproximadamente 0,8 miliradianes. Para proporcionar la resolución de alineación requerida, se requiere un incremento de alineación de al menos un factor de 10 más pequeño (es decir, 0,08 miliradianes). Dichas tolerancias no pueden obtenerse con el método y el aparato descritos en la patente US-7 469 092 B2.

Para cumplir con la tolerancia de alineación más estricta, se requiere una configuración de óptica de inclinación y de captura modificada. Esta configuración se ilustra en las Figs. 3 y 4. La lente 18 de colimación está montada en una plataforma 19 de inclinación, lo que permite inclinarla a lo largo de los ejes ortogonales de 90° como se describe con mayor detalle más adelante y en la patente US-7.469.092. En lugar de lanzar directamente el haz dentro de la caldera desde una lente de colimación, se proporciona una lente 20 de relé en comunicación óptica con la lente 18 de colimación. La lente de relé se alinea durante la construcción en el eje de la penetración de la membrana ranurada. Como resultado, el haz recibido por la lente de relé debe pasar a través de la penetración ranurada 16 en lo que es el punto focal de la lente de relé. Véase la Fig. 4. El ángulo en que el haz atraviesa la penetración ranurada se puede ajustar en dos dimensiones dirigiendo el haz desde la lente de colimación a diferentes ubicaciones en la lente de relé. Esto permite que el haz sea dirigido a través de la penetración ranurada en el lado de inclinación para incidir en la penetración ranurada en el lado de captura de la caldera. En el lado de captura de la caldera, la óptica de captura incorpora una lente 20 de relé y una lente 18 de colimación de inclinación de la misma manera que se muestra en las Figs. 3 y 4. El uso de la plataforma de inclinación en la lente de colimación de captura asegura que un haz colimado recibido de fuerza máxima se transmite a una fibra multimodo acoplada ópticamente. Para proporcionar además un acoplamiento óptico efectivo, el haz de inclinación se colima a un diámetro de aproximadamente 5 mm, en oposición al orden de 20 mm en los sistemas del estado de la técnica.

La Fig. 5 ilustra esquemáticamente una realización de ópticas de inclinación y captura alineables. El transmisor y el receptor son similares en su diseño: el transmisor genera un haz colimado de luz láser que sale de una fibra óptica, y el receptor captura un haz colimado de luz y lo enfoca en una fibra. (Es posible enviar la luz hacia atrás a través de este sistema óptico, y la mayoría de los elementos del transmisor y del receptor son idénticos). La siguiente descripción se aplica al módulo del transmisor o del receptor.

Las ópticas de inclinación y captura pueden montarse en un alojamiento 100 con el lado frontal 102 que tiene un orificio 104 ocupado por la lente 20 de relé. El alojamiento puede ser un espacio cerrado NEMA 4 para proteger las ópticas de inclinación y de captura del entorno. Como se muestra en la Fig. 5, una lente 18 de colimación está unida a una plataforma 106 de inclinación cinética para inclinar la lente 18 de colimación sobre ejes ortogonales perpendiculares hasta un eje óptico de la óptica de inclinación. Dos motores 108 paso a paso de accionamiento directo llevan a cabo la inclinación. Estos motores son controlados por un ordenador a través de una conexión Ethernet o similar. Esta conexión puede ser a través de una fibra óptica para evitar la interferencia eléctrica. Los motores 108 paso a paso mantienen sus posiciones cuando se quita la energía, por lo que la alineación óptica no se ve afectada por interrupciones de energía. Los motores paso a paso son impulsados por un motor 110 de accionamiento.

Durante la alineación periódica o continua del sistema, el ordenador de control monitoriza la cantidad de luz láser que se transmite y se detecta. Preferiblemente, se puede proporcionar una longitud de onda de alineación discreta tal como una luz visible o casi infrarroja para la alineación continua o periódica. Cualquier desalineación reducirá esta señal detectada. En el modo de alineación automática, el ordenador mide la señal detectada, dirige uno de los dos motores paso a paso para mover una pequeña cantidad en una dirección y a continuación vuelve a medir la señal detectada. Si la señal aumenta, el ordenador dirige el motor paso a paso para moverse de nuevo en la misma

5 dirección hasta que la señal no aumenta. El ordenador dirige después al otro motor paso a paso para moverse a lo largo del eje ortogonal para maximizar la señal detectada, a continuación repite todo el proceso para el otro cabezal sensor. A medida que aumenta la señal detectada, la ganancia del amplificador del detector se reduce automáticamente, de modo que la alineación automática continúa a lo largo de varias variaciones del tamaño de la señal. El sistema de alineación automática puede funcionar con las potencias detectadas de nanovatios a milivatios.

10 Este algoritmo de “escalada” es capaz de alinear el sistema después de una pérdida casi total de la señal, en presencia de un ruido sustancial, y es tolerante a los bloqueos del haz, interrupciones de energía, choques mecánicos y otras perturbaciones que podrían causar que otros sistemas de alineación se desalineen con los límites de la electrónica de control. Todo lo que se requiere para la alineación automática es una señal finita con un máximo global en espacio de posición. Dependiendo de las condiciones de instalación específicas, la alineación automática puede ocurrir periódicamente en intervalos establecidos, tales como cada hora o según sea necesario después de un período prolongado, tal como los días de funcionamiento. El ordenador de control puede monitorear la señal dirigida y alinear automáticamente solo cuando la señal cae por debajo de un umbral preestablecido.

15 En una realización, un tubo 112 de observación tiene un extremo proximal y un extremo distal. El extremo proximal está unido para extenderse normalmente desde una pared exterior 114 de la caldera con una penetración alargada 16 que se comunica con el interior del tubo 112 de observación. Una brida 116 se proporciona en un extremo distal del tubo 112 de observación. La brida 116 permite que el alojamiento 100 se fije con el extremo anterior 102 en contacto con la brida de la caldera con la lente 20 de relé en comunicación óptica con la penetración 16. De esta manera, se puede transmitir un haz al interior 118 de la caldera a través de la penetración 16 y a través de la caldera hasta un receptor que contiene ópticas de captura sustancialmente idénticas a las descritas anteriormente con respecto a la Fig. 5.

20 La Fig. 6 ilustra una realización alternativa de las ópticas 200 de inclinación y captura alineables. La Fig. 6 se describirá como un transmisor y un receptor tiene un diseño similar. En la realización alternativa 200 una lente 202 se acopla ópticamente a una fibra óptica 204. En la presente memoria, la lente 202 se denomina lente de “colimación” y puede ser una verdadera lente de colimación (que produce un haz de un diámetro prácticamente constante). De forma alternativa, la lente 202 de colimación puede ser una lente “casi” de colimación que proporciona una ligera expansión del haz 206. La fibra 204 y la lente 202 están unidas mecánicamente entre sí en una relación fija y móvil mediante “traslación” a lo largo de los ejes 208 ortogonales X-Y mediante un mecanismo 210 de traslación. El haz emitido 206 es móvil por traslación para incidir en las partes seleccionadas de la lente 212 de relé, que dirige el haz a través de la ranura de la membrana y enfoca el haz alrededor de la óptica de recepción o captura (correspondiente a la lente 202 de la óptica de captura). Los motores paso a paso, un equipo de control por ordenador y un algoritmo de “escalada” similar al descrito anteriormente con respecto a la realización de la Fig. 5, están asociados operativamente con el mecanismo 210 de traslación para proporcionar una corrección de alineación sustancialmente continua.

25 30 35 Varias realizaciones de la descripción también podrían incluir permutaciones de los diversos elementos enumerados en las reivindicaciones como si cada reivindicación dependiente fuera múltiples reivindicaciones dependientes que incorporan las limitaciones de cada una de las reivindicaciones dependientes precedentes, así como las reivindicaciones independientes. Dichas permutaciones se encuentran expresamente dentro del alcance de esta descripción.

40 45 Aunque la invención ha sido especialmente mostrada y descrita con referencia a varias realizaciones, los expertos en la técnica entenderán que los cambios en la forma y detalles pueden realizarse a las diversas realizaciones descritas en la presente memoria sin abandonar el ámbito de la invención y que las diversas realizaciones descritas en la presente memoria no pretenden actuar como limitaciones en el ámbito de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de monitorización de las propiedades de combustión en un interior de una caldera del tipo que tiene paredes que comprenden una pluralidad de tubos (12) de vapor paralelos separados por una membrana metálica (14), comprendiendo el método:
 - a) la provisión de una primera y una segunda penetraciones (16) en la membrana metálica entre tubos adyacentes en lados opuestos de la caldera sin reubicar los tubos adyacentes;
 - b) la proyección de un haz de luz a través de una óptica de inclinación que comprende una lente (18) de colimación de inclinación y una lente (20) de relé de inclinación ambas ubicadas fuera del interior de la caldera, estando la lente de relé de inclinación acoplada ópticamente a la primera penetración (16) para proyectar el haz en el interior de la caldera;
 - c) la recepción del haz de luz con una óptica de captura que reside fuera del interior de la caldera, comprendiendo la óptica de captura una lente (20) de relé de captura acoplada ópticamente a la segunda penetración (16) y una lente (18) de colimación de captura acoplada ópticamente a la lente de relé de captura;
 - d) la determinación de una fuerza del haz de luz recibido colimado; y
 - e) la alineación de al menos una de las lentes (18) de colimación de inclinación y la lente (18) de colimación de captura para maximizar la fuerza del haz colimado recibido, en donde la lente (20) de relé de inclinación se alinea de tal manera que un haz de luz recibido por la lente de relé de inclinación atraviesa la primera penetración en el punto focal de la lente de relé de inclinación.
2. El método de la reivindicación 1 en donde la primera y segunda penetraciones (16) son alargadas paralelas a los tubos (12) de vapor.
3. El método de la reivindicación 1 que además comprende unir un extremo proximal del primer y segundo tubos (112) de observación a un exterior de la caldera con la primera y segunda penetraciones (16) que se comunican con un interior del primer y segundo tubos de observación, respectivamente.
4. El método de la reivindicación 3 que además comprende unir un alojamiento (100) de óptica de inclinación y un alojamiento (100) de óptica de captura a un extremo distal del primer y segundo tubos de observación, respectivamente, con la lente (20) de relé de inclinación y la lente (20) de relé de captura adyacentes al extremo distal del primer y segundo tubos (112) de observación, respectivamente.
5. El método de la reivindicación 1 en donde la etapa e) además comprende inclinar las lentes (18) de colimación de inclinación y de captura a lo largo del primer y segundo eje ortogonal.
6. El método de la reivindicación 5 en donde la etapa e) además comprende la inclinación secuencial de las ópticas de inclinación y captura para maximizar la fuerza del haz.
7. El método de la reivindicación 1 en donde la etapa e) además comprende la traslación de las ópticas de inclinación y captura a lo largo del primer y segundo eje ortogonal.
8. El método de la reivindicación 7 en donde la etapa e) además comprende la traslación secuencial de las ópticas de inclinación y captura para maximizar la fuerza del haz.
9. El método de la reivindicación 7 que además comprende las lentes (18) de colimación de inclinación y captura que son lentes casi de colimación que proporcionan una ligera expansión del haz correspondiente.
10. Un aparato para detectar la propiedad de combustión en el interior de una caldera, comprendiendo la caldera una pluralidad de tubos (12) de vapor paralelos separados por una membrana metálica (14), comprendiendo el aparato:
 - un láser de diodo que tiene una frecuencia de láser seleccionada;
 - una lente (18) de colimación de inclinación acoplada ópticamente a un haz generado por un láser de diodo;
 - una lente (20) de relé de inclinación acoplada ópticamente a la lente de colimación de inclinación, estando la lente de relé de inclinación configurada para proyectar el haz desde el láser a una primera penetración (16) en una primera membrana (14) entre tubos adyacentes;
 - una lente (20) de relé de captura configurada para recibir el haz proyectado a través de una segunda penetración (16) en una segunda membrana (14) sustancialmente opuesta a la primera membrana;
 - una lente (18) de colimación de captura acoplada ópticamente a la lente de relé de captura;
 - una fibra óptica acoplada ópticamente a la lente de colimación de captura;
 - un detector sensible a la frecuencia de láser seleccionada acoplado ópticamente a la fibra óptica; y
 - un mecanismo (106) de alineación asociado operativamente con al menos una de las lentes de colimación de inclinación y captura para proporcionar la alineación de las lentes de colimación con respecto al haz para maximizar una cantidad de luz recibida por el detector,

en donde la lente de relé de inclinación se alinea de tal manera que un haz de luz recibido por la lente de relé de inclinación atraviesa la primera penetración en el punto focal de la lente de relé de inclinación.

- 5 11. El aparato de la reivindicación 10 que además comprende un alojamiento (100) de inclinación que contiene la lente (18) de colimación de inclinación y la lente (20) de relé de inclinación con la lente de relé de inclinación que ocupa un orificio en una pared principal (102) del alojamiento de inclinación y un alojamiento (100) de captura que contiene la lente (18) de colimación de captura y la lente (20) de relé de captura, con la lente de relé de captura que ocupa un orificio en una pared principal (102) del alojamiento de captura.
- 10 12. El aparato de la reivindicación 11 que además comprende un primer y segundo tubos (112) de observación, cada uno de los cuales tiene un extremo proximal y otro distal, estando unido el extremo proximal del primer y segundo tubos de observación a un exterior de la caldera (114) con la primera y segunda penetraciones (16) que se comunican con un interior del primer y segundo tubos de observación, respectivamente, y el alojamiento (100) de inclinación y el alojamiento (100) de captura unidos a los extremos distales del primer y segundo tubos de observación, respectivamente, con la lente (20) de relé de inclinación y la lente (20) de relé de captura respectivas en comunicación óptica con los interiores del tubo de observación.
- 15 13. El aparato de la reivindicación 10, que además comprende un mecanismo (106) de alineación asociado operativamente con cada una de las lentes (18) de colimación de inclinación y captura, en donde cada mecanismo de alineación comprende medios para inclinar la lente de colimación a lo largo del primer y segundo ejes ortogonales, en donde ambos ejes ortogonales primero y segundo son sustancialmente ortogonales al haz de proyección.
- 20 14. El aparato de la reivindicación 13 en donde los medios para inclinar la lente (18) de colimación comprenden un motor (108) paso a paso.
- 25 15. El aparato de la reivindicación 10 que además comprende:
un sistema de procesamiento de datos asociado operativamente con el detector y el mecanismo de alineación, el sistema de procesamiento de datos recibe datos del detector y hace además que el mecanismo (106) de alineación alinee la lente (18) de colimación asociada operativamente para maximizar la fuerza del haz.
- 30

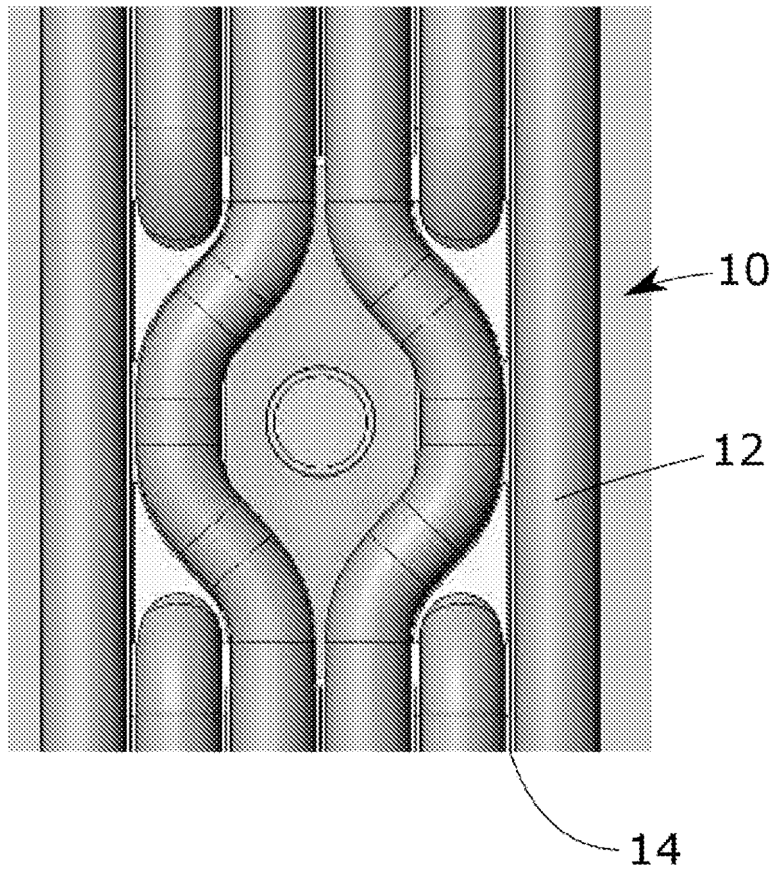


FIG. 1

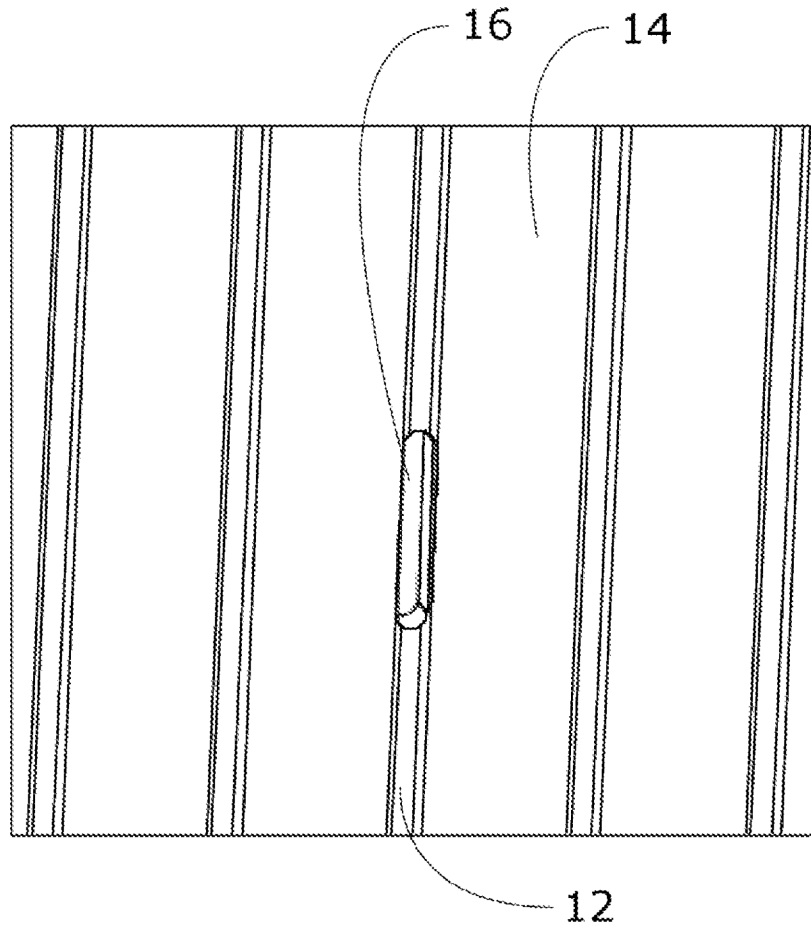


FIG. 2

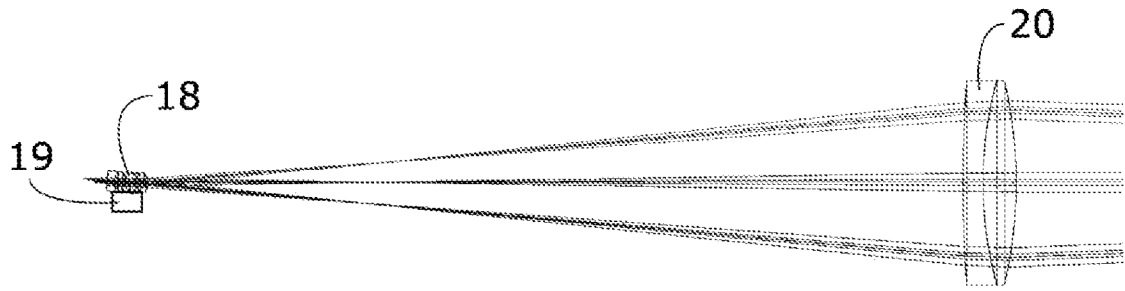


FIG. 3

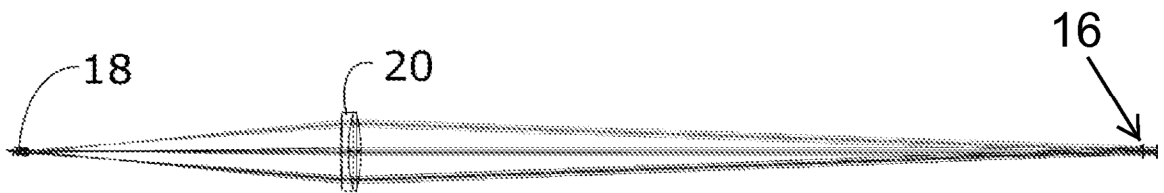


FIG. 4

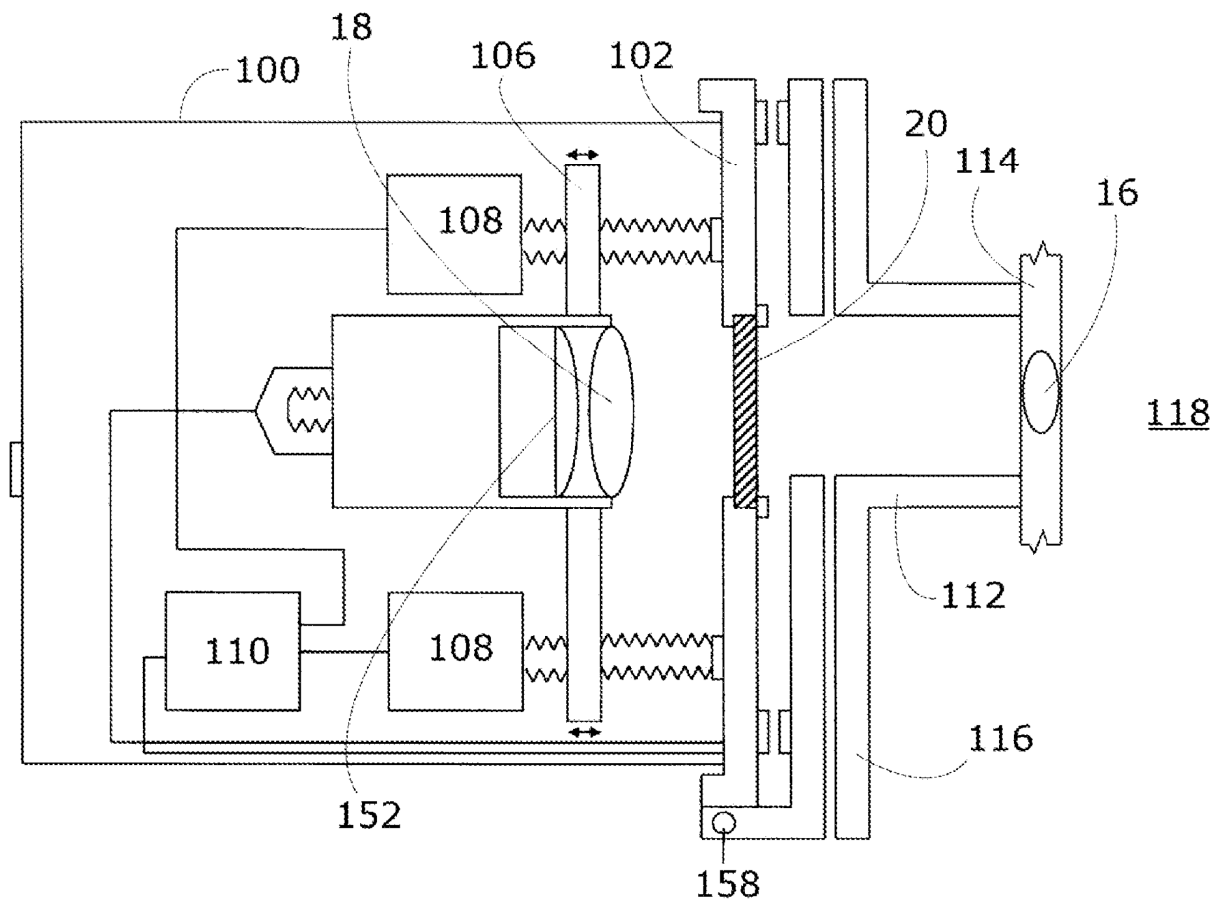


FIG. 5

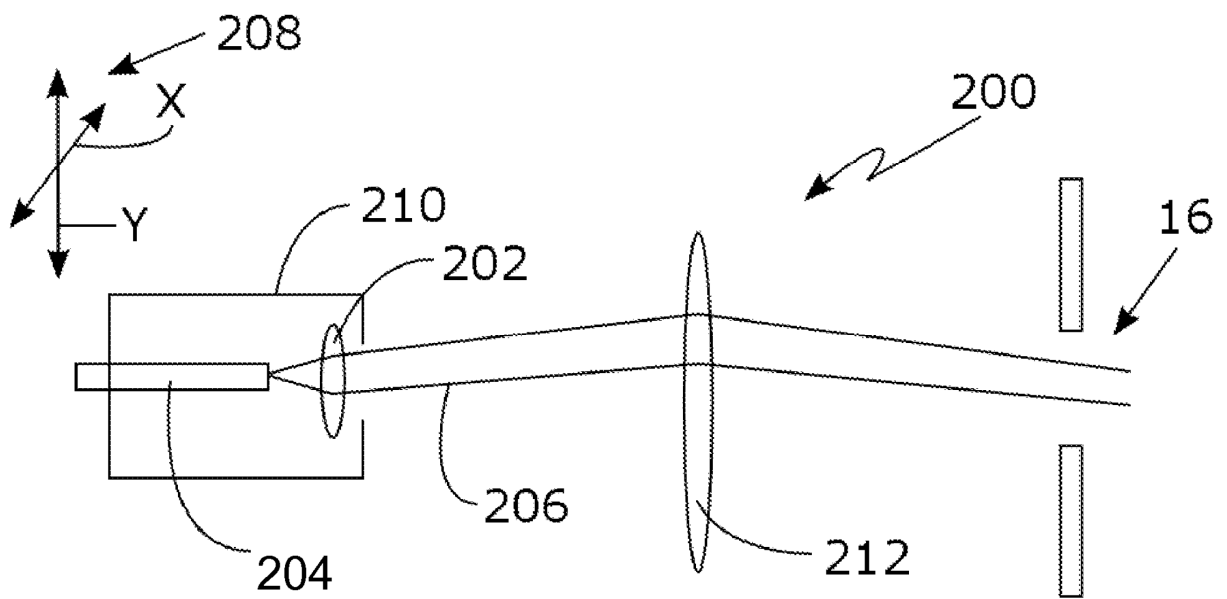


FIG. 6