(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 589 964**

(21) Número de solicitud: 201530521

(51) Int. CI.:

F24J 2/14 (2006.01)
G01L 21/00 (2006.01)
F24J 2/46 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

17.04.2015

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

17.11.2016

(56) Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/070250

(71) Solicitantes:

ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A. (100.0%)
Calle Energia Solar nº 1
41014 SEVILLA ES

(72) Inventor/es:

ESPINOSA RUEDA, Guillermo;
MARTÍNEZ SANZ, Noelia;
NAVARRO HERMOSO, Jose Luis;
CASTILLERO DURÁN, Pedro;
YUBERO VALENCIA , Francisco;
BARRANCO QUERO, Ángel;
COTRINO BAUTISTA, José;
ESPINÓS MANZORRO, Juan Pedro y
RODRÍGUEZ GONZÁLEZ-ELIPE , Agustín

(74) Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

(54) Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE ANÁLISIS DEL GAS PRESENTE EN EL ESPACIO INTERANULAR DE RECEPTORES SOLARES DE TUBO**

(57) Resumen:

Sistema y método de análisis del gas presente en el espacio interanular de receptores solares de tubo.

La presente invención se refiere a un método y sistema no invasivo de evaluación del estado de vacío y detección del tipo de gas existente en la cavidad interanular de tubos receptores (1) presentes en colectores cilindroparabólicos. El método comprende la ignición de un plasma en la cavidad interanular de dicho tubo receptor (1), y la posterior evaluación del espectro emitido por el plasma excitado mediante un subsistema de análisis óptico. El sistema de la invención comprende, asimismo, una fuente de radiofrecuencia (2), un acoplador de impedancias (3) y un aplicador de radiofrecuencia (4) mediante los cuales se aplica energía de radiofrecuencia sobre la cubierta exterior (1") de vidrio del tubo (1). El subsistema de análisis óptico está equipado un espectrómetro (7) que, conectado a un ordenador (10), realiza el análisis del espectro del gas presente en el tubo receptor (1).

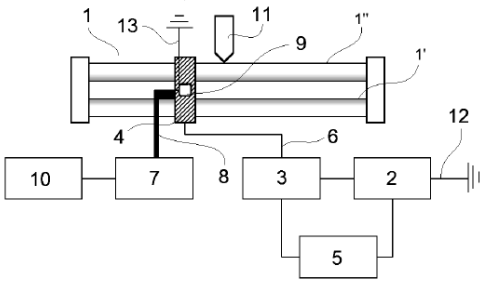

FIG. 1

ES 2 589 964 A1

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y MÉTODO DE ANÁLISIS DEL GAS PRESENTE EN EL ESPACIO INTERANULAR DE RECEPTORES SOLARES DE TUBO

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca en el ámbito de las tecnologías de equipos o instrumentos de caracterización óptica, aplicables a tubos receptores de radiación solar. Más concretamente, la invención se refiere a un sistema portátil, para la evaluación no destructiva del vacío del tubo receptor de colectores cilindroparabólicos, así como para la identificación de los posibles gases que contribuyen a la presión residual detectada en dicho tubo. Este sistema incluye todos los componentes necesarios para realizar esta medida, incluyendo el procesado de los datos asociados y su almacenamiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Dentro del campo técnico relacionado con la obtención de energías renovables, es conocida la captación de energía solar térmica (conocida también como energía termosolar), que resulta de gran importancia tecnológica y económica, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Dentro de los medios de generación termosolar, son conocidos los sistemas de generación de energía solar termoeléctrica, que producen electricidad con un ciclo termoeléctrico que precisa del calentamiento de un fluido a alta temperatura, mediante la absorción de energía radiante. Estos sistemas requieren un máximo de absorción de la energía solar y las menores pérdidas energéticas posibles.

Un tipo de centrales termosolares de especial relevancia son las llamadas centrales de colectores cilindroparabólicos (CCP), en las que la luz se concentra mediante espejos cilindroparabólicos en sistemas colectores, comprendiendo dichos sistemas una pluralidad de tubos de vacío, o estructuras similares. Estos componentes constan esencialmente de un tubo interior absorbedor y de un tubo exterior, generalmente de vidrio. En el diseño de estos tubos, se persigue disminuir las pérdidas por conducción, convección y radiación de energía. Específicamente, para minimizar o interanular las pérdidas convectivas entre el tubo interior y el tubo exterior, las técnicas conocidas comprenden la aplicación de vacío en el espacio existente entre ellos, denominado comúnmente espacio interanular.

Por tanto, un problema que es necesario diagnosticar y solventar, para garantizar una vida útil y eficiente de estos tubos receptores, es la eventual pérdida de vacío que se da por la incorporación de gases en el espacio entre el tubo de vidrio y el tubo de acero. Con la pérdida de vacío, aparecen pérdidas térmicas por convección, las cuales disminuyen la eficiencia global de la planta formada por los colectores termosolares que, típicamente, comprende varios miles de ellos, donde ha de garantizarse una vida útil de, al menos, 20-25 años.

Considerando un vidrio en estado íntegro y con el nivel de vacío garantizado por el suministrador, existen varias posibles causas para la pérdida de este vacío: la incorporación de hidrógeno o alguna otra molécula gaseosa proveniente de la degradación del aceite térmico, que logra difundir a través de la pared del tubo de acero; la incorporación de gas exterior en el interior del tubo, por difusión a través del tubo exterior, o bien por algún defecto en dicho tubo, como pudiera ser algún poro o grieta, o como consecuencia de una soldadura defectuosa entre el vidrio y los componentes metálicos con los que se une; y también puede ocurrir que el estado de vacío de un tubo suministrado por un fabricante sea defectuoso en origen. En cualquier caso, no es evidente, partiendo de las tecnologías del estado de la técnica, cómo identificar el estado de vacío de estos tubos receptores de una forma no intrusiva, identificando los gases presentes en los mismos.

Con el fin de minimizar los efectos de una posible pérdida de vacío, se han desarrollado soluciones consistentes en la incorporación de elementos afinadores de vacío introducidos en la cavidad interanular de los tubos receptores. Varios ejemplos en esta línea se encuentran en las solicitudes de patente US 2007/0034204 A1, WO 2011131456 A1, WO 2011051298 A1 o CA 2754797 A1. No obstante, la introducción de elementos afinadores, aunque ayudan a limitar la pérdida de vacío de los tubos, no sirven para diagnosticar el estado de vacío de los mismos.

Una posible evaluación de mal funcionamiento de los tubos receptores en el campo solar es mediante el uso de cámaras térmicas sensibles a la radiación infrarroja. Debido a pérdidas de calor por convección, en los tubos que pierdan su condición de vacío se producirá un calentamiento mayor de sus paredes, lo cual se puede diagnosticar con una cámara térmica. Sin embargo, esta solución no permite identificar ni el grado de pérdida de vacío ni el tipo de gas que la provoca. Su sensibilidad en las etapas iniciales de degradación del vacío es, por tanto, limitada.

Existen muchos sistemas de detección de vacío basados en métodos intrusivos (la parte activa del sensor está situada en la zona de vacío a detectar), pero estos sistemas no son de aplicación en el ámbito de la invención. El método de diagnóstico de vacío a utilizar debe ser, preferentemente, no intrusivo, es decir, debe operar sin necesidad de intervenir ni modificar la estructura o diseño del tubo receptor. Hay que tener en cuenta que existen muchas instalaciones de aprovechamiento solar basadas en la utilización de tubos receptores en colectores cilindroparabólicos, cada una de ellas con miles de unidades de tubos, y que estos elementos no incorporan ningún sistema de detección de presión o tipo de gas en su cavidad interanular, si estuviera presente.

Dentro de los dispositivos para identificar fugas de vacío en tubos de vidrio, son conocidos los detectores basados en el uso de bobinas de Tesla (por ejemplo, como el descrito en la patente US 4,471,309) las cuales, a partir de una descarga de varias decenas de miles de voltios y corriente de hasta algunos miliamperios, en frecuencias de centenares de kilohercios, son capaces de producir una descarga luminosa en el interior de tubos de vidrio con un gas a baja presión. Este tipo de instrumento se utiliza como detector de fugas, dado que la descarga al aire se concentra en el posible poro de la cámara de vidrio. Sin embargo, como sucede con las tecnologías previamente descritas, estas bobinas no permiten determinar ni el grado de vacío ni el tipo de gas residual dentro de los tubos.

La presente invención está orientada a resolver los problemas del estado de la técnica antes citados, mediante un novedoso método y un sistema no invasivo de detección del estado de vacío, así como del tipo de gas presente en la cavidad interanular de tubos instalados en colectores solares cilindroparabólicos.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCIÓN

Según la información planteada en el apartado anterior, un objeto de la presente invención es, pues, la obtención de medios de evaluación no invasiva del gas existente en el espacio interanular de tubos concentradores termosolares, de modo que dichos medios resulten fiables, robustos y que permitan identificar la composición de gas que hay en el interior, así como la presión a la que se encuentra.

Dicho objeto se realiza, preferentemente, mediante un sistema que comprende los siguientes elementos:

- Una fuente de radiofrecuencia cuya salida de potencia está conectada a un acoplador de impedancias.

- Un acoplador de impedancias cuya función es la de ajustar la impedancia total del sistema completo, de modo que se transmita de forma eficiente la mayor cantidad de energía posible desde la fuente de radiofrecuencia al aplicador y al objeto final analizado, es decir, que la potencia de radiofrecuencia absorbida por el objeto sea máxima y que la reflejada a la fuente de radiofrecuencia sea mínima.

- Un controlador electrónico interconectado entre la fuente de radiofrecuencia y el acoplador de impedancias, cuya función es la de leer la cantidad de energía reflejada por el objeto final en relación a la energía emitida por la fuente, y modificar en consecuencia la configuración del acoplador de impedancias, de forma que la energía reflejada sea mínima.

- Un aplicador de radiofrecuencia que se coloca en contacto con la cubierta de vidrio del tubo caloportador. Su finalidad es transmitir a la cavidad interanular del tubo la energía suministrada por la fuente de radiofrecuencia, con el fin de producir la ignición de un plasma con el gas presente en el interior de la cavidad. Este aplicador puede tener varias configuraciones geométricas como pudieran ser: un anillo, una bobina o serie de espiras, etc. Este aplicador consta de una conexión eléctrica para que sea posible aplicar la energía en forma de radiofrecuencia, y por otro lado de un sistema de detección óptico para poder analizar la luz generada por el plasma en el gas.

- Un cable de radiofrecuencia que conecta el acoplador de impedancias con el aplicador de radiofrecuencia y por el que circula la energía de radiofrecuencia.

- Un sistema de detección óptico compuesto por un espectrómetro, fibra óptica y una lente colimadora (integrada en el aplicador de radiofrecuencia), y un ordenador de control. La lente colimadora está orientada hacia el centro del tubo, en la zona donde se enciende el plasma. La fibra óptica conecta la lente colimadora con el espectrómetro y éste último se conecta al ordenador.

- Un sistema activador de plasma (por ejemplo una bobina Tesla), que permite ampliar el rango de presiones en las que el equipo es capaz de encender plasma sobre un cierto gas.

- Dos conexiones a tierra. La primera se conecta a la fuente de potencia y protege por tanto a dicho equipo así como al acoplador de impedancia y al controlador de electrónica. La segunda se conecta en la conexión entre la lente colimadora y la fibra óptica, protegiendo al sistema óptico y al ordenador.

El aplicador de radiofrecuencia se coloca rodeando la zona de vidrio del tubo caloportador. El sistema de detección óptico consiste en una lente colimadora a la cual se conecta una

fibra óptica que transporta hasta el espectrómetro óptico la luz generada por la excitación de la descarga. Además, el espectrómetro óptico está conectado a un ordenador a través del cual es posible visualizar el espectro de luz excitado en la descarga luminosa. El espectro de luz excitado será característico del tipo de gas presente en la cavidad interanular del tubo receptor así como de su presión. La lente colimadora se encuentra en una posición radial orientada hacia el centro del tubo receptor y sirve para obtener una señal luminosa de una mayor calidad además de minimizar ruidos o interferencias luminosas provenientes de otras fuentes tales como, por ejemplo, la luz ambiental, permitiendo de ese modo hacer medidas durante el día.

El sistema de detección descrito permite analizar tanto tubos en almacén, como los instalados en un campo solar de tubos receptores, presentes en los colectores cilíndrico-parabólicos.

Otro objeto de la invención se refiere a un método de análisis de gases presentes en tubos de colectores solares, basado dicho método en el sistema descrito en el presente documento, y comprendiendo los siguientes pasos:

- Se monta el sistema de análisis, fijando sus elementos de medida e ignición de plasma sobre el tubo del colector.
- Con el sistema montado, se inicia el software de adquisición de imágenes y se hace una calibración de la luz (ruido) captada por el sistema, para restarlo a la señal registrada más adelante.
- Se aplica potencia de radiofrecuencia al aplicador, estando éste colocado en contacto íntimo con la cubierta de vidrio del tubo receptor.
- La frecuencia de radiofrecuencia a considerar deberá estar, preferentemente, entre 30 kHz y 300 MHz.
- La potencia de radiofrecuencia a aplicar debe ser suficiente para producir la ignición de un plasma en la cavidad interanular del tubo receptor, lo cual se consigue, en general, con potencias aplicadas de radiofrecuencia mayores de 5 vatios, en el caso de los tubos caloportadores.
- Se configura el acoplador de impedancias para conseguir que la potencia de radiofrecuencia reflejada sea nula. El acoplador de impedancias consiste, preferentemente, en un sistema eléctrico de condensadores y bobinas, cuya finalidad es conseguir la máxima trasferencia de energía entre la fuente de potencia y el aplicador de radiofrecuencia. Los valores de capacidad de los condensadores e

inductancia de las bobinas adecuados para este fin se seleccionan bien de forma manual, o automática. Este proceso lo realiza de forma automática la electrónica de control.

- Se captura el espectro registrado por el espectrómetro y se analizan los picos característicos e intensidad de los mismos, para identificar la composición y presión del gas.

Si en las condiciones anteriores no se produjera una descarga luminosa en la cavidad interanular del tubo receptor en las proximidades del aplicador de radiofrecuencia, se puede aplicar el activador de plasma, preferentemente durante 1-2 segundos, con el fin de intentar ayudar a la ignición de la descarga luminosa.

Las condiciones en que se produce la ignición de plasma pueden variar dependiendo de factores geométricos (distancia entre la pared interna de la cubierta de vidrio y la superficie del tubo interior, espesor de la cubierta de vidrio, geometría del aplicador, alineamiento entre tubo central absorbedor y cubierta de vidrio, etc.), del tipo de gas o mezcla de gases presente en la cavidad interanular del tubo receptor, y de la presión a la que se encuentre dicho gas.

Es conocido que la utilización de energía en forma de radiofrecuencia (frecuentemente 13,56 MHz) es capaz de producir la ignición de plasmas en tubos dieléctricos conteniendo una presión reducida de gas, bien por aplicación de la energía de radiofrecuencia mediante bobinas exteriores al tubo dieléctrico, bien por aplicación de la potencia de radiofrecuencia en el interior del tubo. Esta tecnología es ampliamente utilizada en procesos de deposición de recubrimientos por plasma a presión reducida o de ataques químicos por plasma. Sin embargo, la ignición de un plasma en la cavidad interanular de un tubo dieléctrico (vidrio) con un tubo metálico en su interior, como es el caso de los tubos de colectores solares, con el fin de evaluar el estado de vacío de los mismos a partir de las características de la descarga luminosa (espectro de emisión óptica en función de la longitud de onda, color, tamaño) no está reportado en la literatura. Hay que hacer notar que las características de la descarga luminosa (espectro de emisión óptica en función de la longitud de onda, color, tamaño) están íntimamente ligadas al tipo y presión de gas residual en la cavidad interanular de los tubos receptores.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características principales de la invención, se incluye a continuación una serie de figuras que se aportan con carácter ilustrativo, y no limitativo, del objeto de la misma.

La Figura 1 muestra la configuración del sistema de medida de la invención según una realización preferente de la misma, aplicado a un tubo colector para determinar su estado de vacío.

La Figura 2 muestra una vista ampliada del sistema de la invención según una realización preferente de la misma.

La Figura 3 muestra un espectro de emisión del gas hidrógeno, en función de la longitud de onda (en nm).

La Figura 4 muestra el espectro de emisión del gas nitrógeno, en función de la longitud de onda (en nm).

La Figura 5 muestra el espectro de emisión del gas argón, en función de la longitud de onda (en nm).

Referencias numéricas de las figuras 1-4:

(1) - Tubo del colector cilindroparabólico.
(1') - Tubo absorbedor interior, tubo absorbedor central.
(1'') - Tubo exterior de vidrio, cubierta de vidrio.
(2) - Fuente de radiofrecuencia.
(3) - Acoplador de impedancias.
(4) - Aplicador de radiofrecuencia.
(5) - Controlador de electrónica.
(6) - Cable de radiofrecuencia
(7) - Espectrómetro.
(8) - Fibra óptica.
(9) - Lente colimadora embebida en una pieza con rosca en ambos extremos.
(10) - Ordenador de control.

(11) - Activador de plasma.

(12) - Primera conexión a tierra de protección del subsistema óptico.

(13) - Segunda conexión a tierra de protección de la fuente de radiofrecuencia.

(14) - Primer conector para acoplar la lente colimadora del subsistema óptico.

(15) - Segundo conector basado en una pieza cilíndrica, sobre la que se inserta el cable de radiofrecuencia.

(16) - Tornillo para fijar el cable de radiofrecuencia una vez insertado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Se expone, a continuación, una descripción detallada de la invención referida a una realización preferente de la misma, basada en los esquemas de las Figuras 1 y 2 del presente documento. Dichas figuras muestran un tubo (1) de colector cilindroparabólico, compuesto por un tubo interior metálico (1') y otro tubo exterior (1'') de vidrio. Sobre dicho tubo (1) se aplica, exteriormente y de forma no invasiva, el sistema de la invención, que comprende preferentemente los siguientes elementos:

- Una fuente de radiofrecuencia (2) que se utilizará para generar y aplicar radiación ionizante al espacio interanular del tubo (1).

- Un acoplador de impedancias (3) conectado a la salida de potencia de la fuente de radiofrecuencia (2), cuya función es la de ajustar la impedancia total del sistema completo de modo que, por medio de un aplicador de radiofrecuencia (4), se transmita de forma eficiente la mayor cantidad de energía posible desde la fuente de radiofrecuencia (2), al espacio interanular del tubo (1), es decir, que la potencia de radiofrecuencia absorbida por dicho espacio sea máxima y que la reflejada a la fuente de radiofrecuencia sea mínima.

- Un controlador electrónico (5) interconectado entre la fuente de radiofrecuencia (2) y el acoplador de impedancias (3), cuya función es la de leer la cantidad de energía reflejada por el espacio interanular del tubo (1) en relación con la energía emitida por la fuente (2), y modificar en consecuencia la configuración del acoplador de impedancias (3), de forma que la energía reflejada sea mínima.

El aplicador de radiofrecuencia (4) se coloca, preferentemente, en contacto con la cubierta de vidrio (1'') del tubo caloportador (1'). Su finalidad es transmitir a la cavidad interanular del tubo (1) la energía suministrada por la fuente de radiofrecuencia (2), con el fin de producir la ignición de un plasma con el gas presente en el interior de la cavidad. Este aplicador (4) puede tener varias configuraciones geométricas como pudieran ser: un anillo, una bobina o serie de espiras, etc. (las Figuras 1 y 2 del presente documento muestran una realización

preferente donde el aplicador (4) es un anillo que rodea el tubo exterior (1'') de vidrio). Este aplicador (4) consta de una conexión eléctrica para que sea posible aplicar la energía en forma de radiofrecuencia, y por otro lado de un subsistema de detección óptico para poder analizar la luz generada por el plasma.

Dicha conexión eléctrica se proporciona, preferentemente, mediante un cable de radiofrecuencia (6) que conecta el acoplador de impedancias (3) con el aplicador de radiofrecuencia (4) y por el que circula la energía de radiofrecuencia.

Por su parte, el subsistema de detección óptico está compuesto por un espectrómetro (7), una fibra óptica (8) y una lente colimadora (9) (preferentemente integrada en el aplicador de radiofrecuencia (4)), junto con un ordenador de control (10). La lente colimadora (9) está preferentemente orientada hacia el centro del tubo (1), en la zona donde se enciende el plasma. Asimismo, la fibra óptica (8) conecta la lente colimadora (9) con el espectrómetro (7) y éste último se conecta al ordenador (10), por ejemplo mediante un cable USB.

En una realización preferente, el sistema de la invención comprende un activador de plasma (11) que, ventajosamente, permite ampliar el rango de presiones en las que el equipo es capaz de encender plasma sobre un cierto gas.

Más preferentemente, el sistema de la invención comprende dos conexiones a tierra (12, 13), donde la primera conexión a tierra (12) se conecta a la fuente de radiofrecuencia (2) y protege, por tanto, a dicho equipo, así como al acoplador de impedancia (3) y al controlador de electrónica (5). La segunda conexión a tierra (13) se conecta, preferentemente, entre la lente colimadora (9) y la fibra óptica (8), protegiendo así el subsistema óptico y el ordenador (10).

Como ejemplo de una realización preferente de la invención, el aplicador de radiofrecuencia (4) puede ser una cinta de cobre, de 1-2 cm de anchura y 0,3-0,7 mm de espesor, que se coloca abrazando el exterior de vidrio (1'') del tubo receptor (1). Con estas dimensiones y configuración, se consigue un rango de presiones de encendido óptimo (desde 10^{-3} hasta 200 mbar) para la aplicación de los tubos receptores (1) de colectores termosolares cilindroparabólicos. La utilización del cobre como material del aplicador y las dimensiones mencionadas garantizan una buena conductividad de la corriente de radiofrecuencia, así como la instalación del aplicador (4) de forma cómoda. Este aplicador (4) (Figura 2 del presente documento) tiene dos conectores (14, 15) unidos de forma solidaria a la cinta de

cobre. Un primer conector (14) es para el subsistema óptico, en concreto para acoplar la lente colimadora (9). Consiste, por ejemplo, en una pieza circular con rosca sobre la que se enrosca la lente (9), quedando así en una posición fija. El segundo conector (15) consiste, por ejemplo, en una pieza cilíndrica solidaria a la cinta de cobre, sobre la cual se inserta el cable de radiofrecuencia (6), proveniente de la fuente de radiofrecuencia (2), y se fija mediante el apriete de un tornillo (16).

En el conector (14) del sistema óptico se ubica, así, la lente colimadora (9), tras la cual se conecta la fibra óptica (8) que dirigirá la señal luminosa hasta el espectrómetro óptico (7). El espectrómetro (7) se conecta al ordenador (10) que permite, mediante un software específico, la adquisición y tratamiento del espectro luminoso detectado.

En una realización preferente de la invención, se utiliza una fuente de radiofrecuencia (2) de 13,56 MHz, junto con un acoplador de impedancias (3) cuya salida se conecta, como se ha mencionado, al aplicador (4) mediante un cable de radiofrecuencia (6). El controlador de la electrónica (5) se conecta entre ambos equipos, y permite ajustar de forma automática la configuración del acoplador de impedancias (3).

Como elemento complementario para ampliar el rango de presiones de encendido del plasma, se utiliza una bobina Tesla como activador (11) de dicho plasma. Este dispositivo se coloca, preferentemente, próximo al tubo exterior (1'') a una distancia óptima de entre 5 y 10 cm. Su activación es manual y se ha de aplicar su descarga de forma simultánea a la aplicación de radiofrecuencia.

La conexión a tierra (12) protectora de la fuente de radiofrecuencia (2) se clava en el suelo mediante, por ejemplo, una pica de cobre. La conexión a tierra (13) protectora del subsistema óptico se conecta, por ejemplo, a la estructura de soporte del colector.

Ejemplo de aplicación 1: tubo receptor (1) con 1 mbar de H_2 en su cavidad interanular:

En esta realización preferente de la invención, la prueba se realiza en un tubo receptor (1) de tipo SCHOTT PTR70, donde se ha introducido de forma controlada 1 mbar de hidrógeno en su cavidad interanular.

Condiciones en las que se realizó la prueba:

- Diámetro externo del tubo central (1') absorbedor del tubo (1) receptor: 7 cm.
- Diámetro externo de cubierta (1'') de vidrio del tubo (1) receptor: 12,5 cm.

- Tubo absorbedor central (1') y cubierta de vidrio (1'') alineados con el eje axial del tubo receptor (1).
- Anchura del aplicador de radiofrecuencia (4): 2 cm.
- Frecuencia y potencia de radiofrecuencia aplicada: 13,56 MHz; 50W.
- Tipo de gas y presión en cavidad interanular: Hidrógeno, 1 mbar.

Siguiendo el protocolo descrito anteriormente, se produce la ignición, sin necesidad de usar el activador de plasma (11), de una descarga luminosa, cuya extensión será de aproximadamente 10 cm en torno a la posición del aplicador de radiofrecuencia (4), cuyo espectro de emisión óptica es el reportado en la Figura 3 del presente documento. Este espectro identifica de forma inequívoca la presencia de hidrógeno en la cavidad interanular del tubo receptor (1). La línea de emisión más intensa a 656 nm es característica de la excitación H_alpha el átomo de hidrógeno. Por otro lado, la línea de emisión a 456 nm es característica de la emisión H_beta del átomo de hidrógeno. El cociente de intensidades de estas líneas (y el tamaño de la descarga luminosa) es característico de la presión de hidrógeno en la cavidad interanular del tubo receptor (1).

Ejemplo de aplicación 2: tubo receptor (1) con 1 mbar de aire en su cavidad interanular:

En esta realización preferente de la invención, la prueba se realiza en un tubo receptor (1) de tipo SCHOTT PTR70, donde se ha introducido de forma controlada 1 mbar de aire en su cavidad interanular.

Condiciones en las que se realizó la prueba:

- Diámetro externo tubo central (1') absorbedor: 7 cm.
- Diámetro externo cubierta (1'') de vidrio: 12,5 cm.
- Tubo absorbedor central (1') y cubierta de vidrio (1'') alineados con el eje axial del tubo receptor (1).
- Anchura del aplicador de radiofrecuencia (4): 2 cm.
- Frecuencia y potencia de radiofrecuencia aplicada: 13,56 MHz; 50W.
- Tipo de gas y presión en cavidad interanular del tubo receptor (1): Aire, 1 mbar.

Siguiendo el protocolo descrito en el apartado, se produce la ignición, sin necesidad de usar el activador de plasma (11), de una descarga luminosa, cuya extensión será de aproximadamente 10 cm en torno a la posición del aplicador de radiofrecuencia (4), cuyo espectro de emisión óptica será el reportado en la Figura 4 del presente documento. Este

espectro identifica de forma inequívoca la presencia de nitrógeno (principal componente del aire) en la cavidad interanular del tubo receptor. Entre otras líneas características de la emisión de nitrógeno, se observan los sistemas de emisiones a 700-760 nm y 300-400 nm correspondientes a dicho átomo. El cociente de intensidades de las líneas más intensas de estos sistemas (y el tamaño de la descarga luminosa) es característico de la presión de nitrógeno en la cavidad interanular del tubo receptor (1).

Ejemplo de aplicación 3: tubo receptor (1) con $5 \cdot 10^{-3}$ mbar de argón en su cavidad interanular:

En esta realización preferente de la invención, la prueba se realiza en un tubo receptor (1) de tipo SCHOTT PTR70, donde se ha introducido de forma controlada $5 \cdot 10^{-3}$ mbar de argón en su cavidad interanular.

Condiciones en las que se realizó la prueba:

- Diámetro externo tubo central absorbedor (1'): 7 cm.
- Diámetro externo cubierta de vidrio (1''): 12,5 cm.
- Tubo absorbedor central (1') y cubierta de vidrio (1'') alineados con el eje axial del tubo receptor (1).
- Anchura aplicador radiofrecuencia (4): 2 cm.
- Frecuencia y potencia de radiofrecuencia aplicada: 13,56 MHz, 50 W.
- Tipo de gas y presión en cavidad interanular del tubo receptor: Argón, $5 \cdot 10^{-3}$ mbar.

Siguiendo el protocolo descrito en el apartado se producirá la ignición, siendo necesario el uso del activador de plasma (11), de una descarga luminosa cuya extensión será de aproximadamente 10 cm en torno a la posición del aplicador de radiofrecuencia, cuyo espectro de emisión óptica será el reportado en la Figura 5 del presente documento. Entre otras líneas características de la emisión de argón, se observan las emisiones del primer (810 nm), segundo (750 nm) y tercer (763 nm) sistemas positivos de emisión del átomo de argón. El cociente de intensidades de las líneas más intensas de estos sistemas (y el tamaño de la descarga luminosa) es característico de la presión de argón en la cavidad interanular del tubo receptor.

Sobre este mismo escenario y tomando como parámetro variable la presión, se exponen algunos ejemplos en los que también se conseguirá encender plasma sobre argón (Tabla 1, a continuación):

Presión (mbar)	Potencia radiofrec. (W)	Activador de plasma necesario
$3 \cdot 10^{-3}$	50	SÍ
$4 \cdot 10^{-3}$	50	SÍ
$5 \cdot 10^{-3}$	50	SÍ
$1 \cdot 10^{-2}$	50	SÍ
$3 \cdot 10^{-2}$	50	NO
$1 \cdot 10^{-1}$	50	NO
$3 \cdot 10^{-1}$	50	NO
1	50	NO
3	50	NO
6	50	SÍ
7	50	SÍ

Tabla 1. Análisis del uso del activador de plasma (11) en medidas realizadas en presencia de gas argón.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de análisis del gas presente en el espacio interanular de un tubo (1) de colector cilindroparabólico, del tipo de los que comprenden un tubo interior metálico (1') y otro tubo exterior (1'') de vidrio, caracterizado dicho sistema por que comprende:

- una fuente de radiofrecuencia (2);

- un aplicador de radiofrecuencia (4) adaptable al contorno exterior (1'') del tubo (1) del colector cilindroparabólico;

- un acoplador de impedancias (3) conectado a la salida de potencia de la fuente de radiofrecuencia (2) y conectado, asimismo, al aplicador de radiofrecuencia (4);

- un controlador electrónico (5) del aplicador de radiofrecuencia (4), interconectado entre la fuente de radiofrecuencia (2) y el acoplador de impedancias (3);

- un subsistema (7, 8, 9, 10) de detección óptica de las propiedades de los gases presentes en el espacio interanular del tubo (1), conectado al aplicador de radiofrecuencia (4);

- un activador de plasma (11) equipado con medios de encendido de plasma sobre el gas presente en el espacio interanular del tubo (1).

2.- Sistema según la reivindicación anterior, donde el aplicador de radiofrecuencia (4) es un anillo, una bobina o una serie de espiras.

3.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una primera conexión a tierra (12) conectada a la fuente de radiofrecuencia (2).

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el subsistema (7, 8, 9, 10) de detección óptica comprende un espectrómetro (7), fibra óptica (8), una lente colimadora (9) y un ordenador (10).

5.- Sistema según la reivindicación anterior, donde la lente colimadora (9) está orientada hacia el centro del tubo (1).

6.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 4-5, que comprende una segunda conexión a tierra (13) conectada entre la lente colimadora (9) y la fibra óptica (8).

7.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el aplicador de radiofrecuencia (4) es una cinta de cobre con una anchura comprendida entre 1-2 cm y con un

espesor comprendido entre 0,3-0,7 mm, colocado abrazando el exterior de vidrio (1'') del tubo receptor (1).

8.- Sistema según la reivindicación anterior, donde el aplicador de radiofrecuencia (4) tiene dos conectores (14, 15) unidos de forma solidaria a la cinta de cobre, donde un primer conector (14) se aplica al subsistema de detección óptica, y donde el segundo conector (15) comprende una pieza cilíndrica solidaria a la cinta de cobre, sobre la cual se inserta el cable de radiofrecuencia (6) conectado a la fuente de radiofrecuencia (2) y fijado mediante el apriete de un tornillo (16).

9.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la fuente de radiofrecuencia (2) posee un régimen de trabajo de frecuencia 13,56 MHz y potencia de radiofrecuencia 50 W.

10.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el activador de plasma (11) comprende una bobina Tesla.

11.- Método de análisis del gas presente en el espacio interanular de un tubo (1) de colector cilindroparabólico, del tipo de los que comprenden un tubo interior metálico (1') y otro tubo exterior (1'') de vidrio, caracterizado por que comprende el uso de un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y la realización de al menos los siguientes pasos:

- se fija el aplicador de radiofrecuencia (4) y el activador de plasma (11) del sistema al tubo exterior (1'');
- se aplica potencia de radiofrecuencia a dicho aplicador (4) por medio de la fuente de radiofrecuencia (2), hasta producir la ignición de un plasma en la cavidad interanular del tubo (1);
- se captura el espectro registrado por el espectrómetro (7) y se analizan los picos característicos, la intensidad de los mismos, y el tamaño de la descarga luminosa, para identificar la composición y presión del gas.

12.- Método según la reivindicación anterior, donde se aplica el activador de plasma (11) al espacio interanular del tubo (1) para la ignición de plasma en el gas.

13.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 11-12, donde se regula el acoplador de impedancias (3) hasta conseguir que la potencia de radiofrecuencia reflejada por el tubo (1) sea nula.

14.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 11-13, donde la frecuencia de la fuente de radiofrecuencia (2) a aplicar está comprendida entre 30 kHz y 300 MHz.

15.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 11-14, donde el activador de plasma (11) está situado a una distancia de entre 5 y 10 cm del tubo exterior (1'').

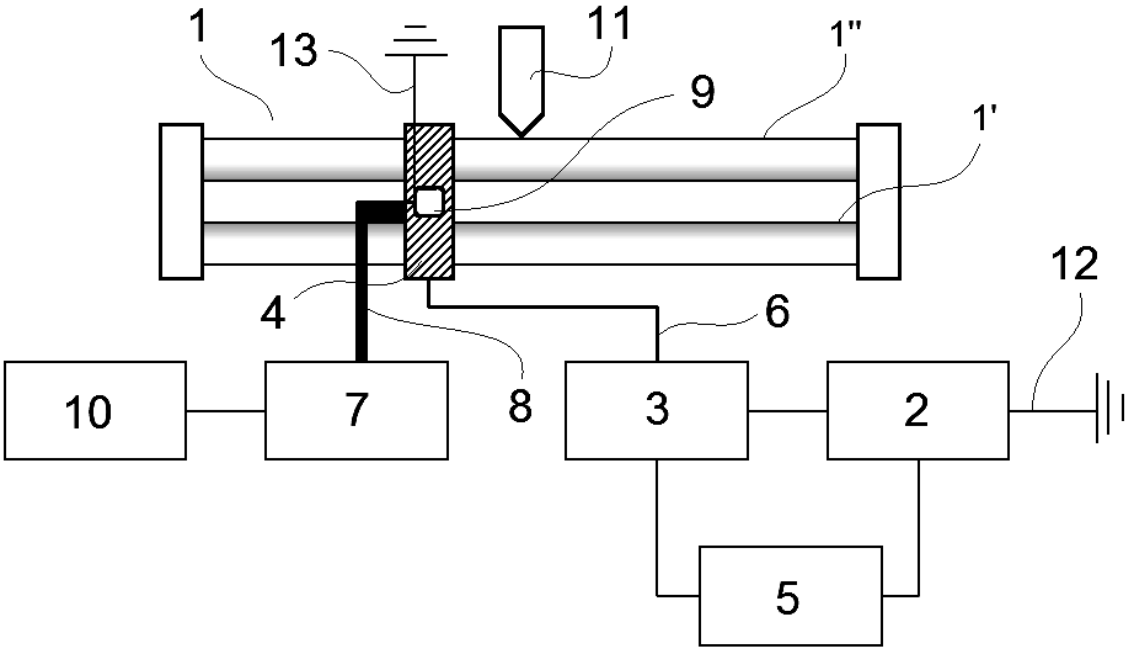

FIG. 1

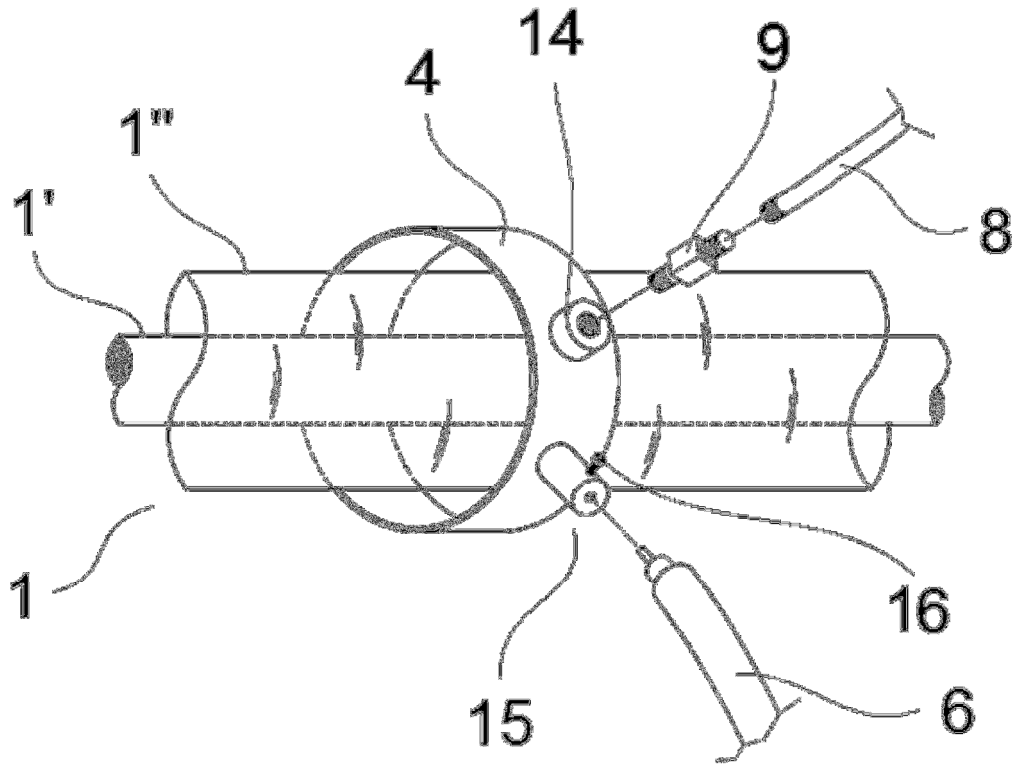

FIG. 2

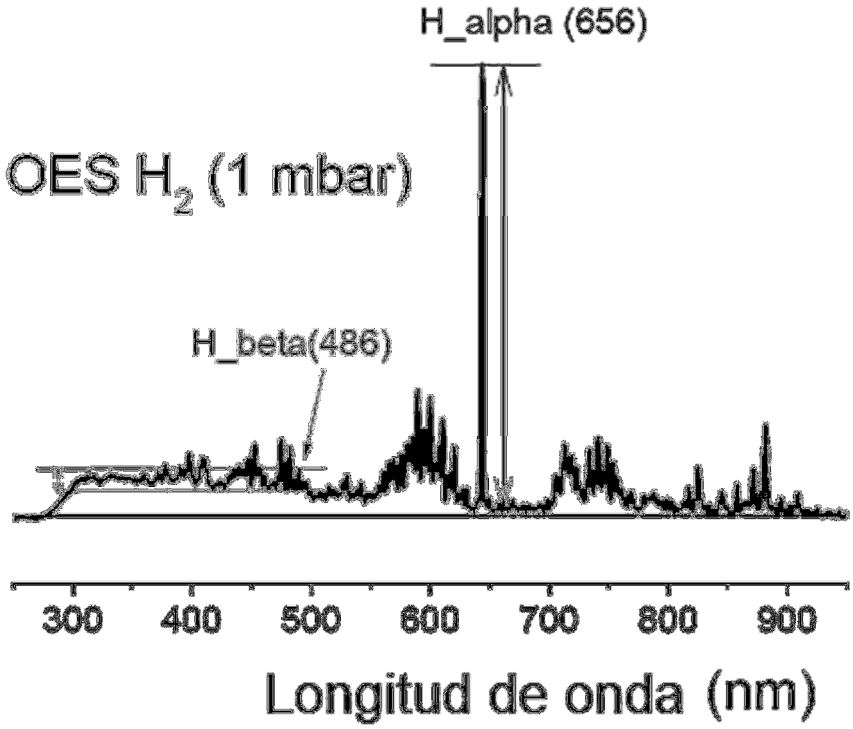
H_alpha (656)
OES H2 (1 mbar)
H_beta(486)
300
400
500
600
700
800
900
Longitud de onda (nm)

FIG. 3

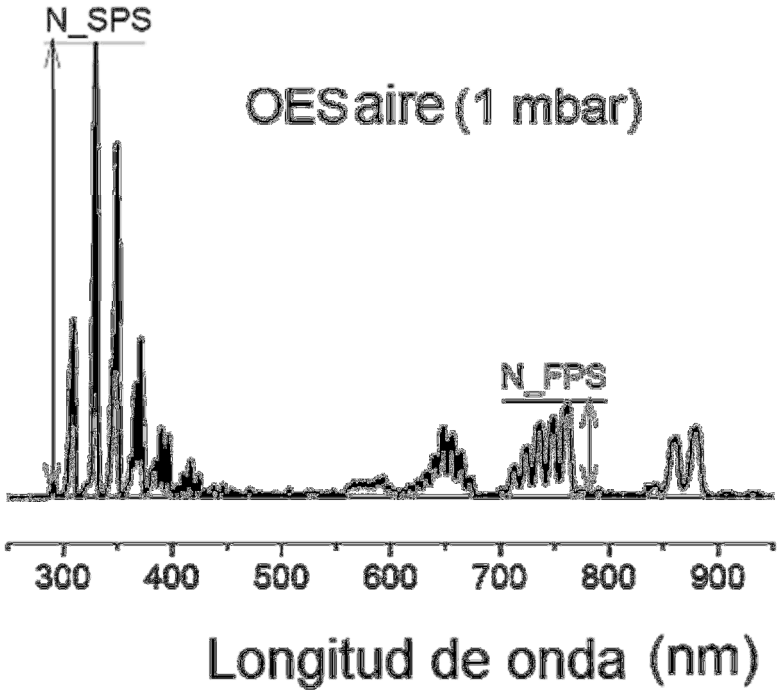
N_SPS
OES aire (1 mbar)
N_FPS
300
400
500
600
700
800
900
Longitud de onda (nm)

FIG. 4

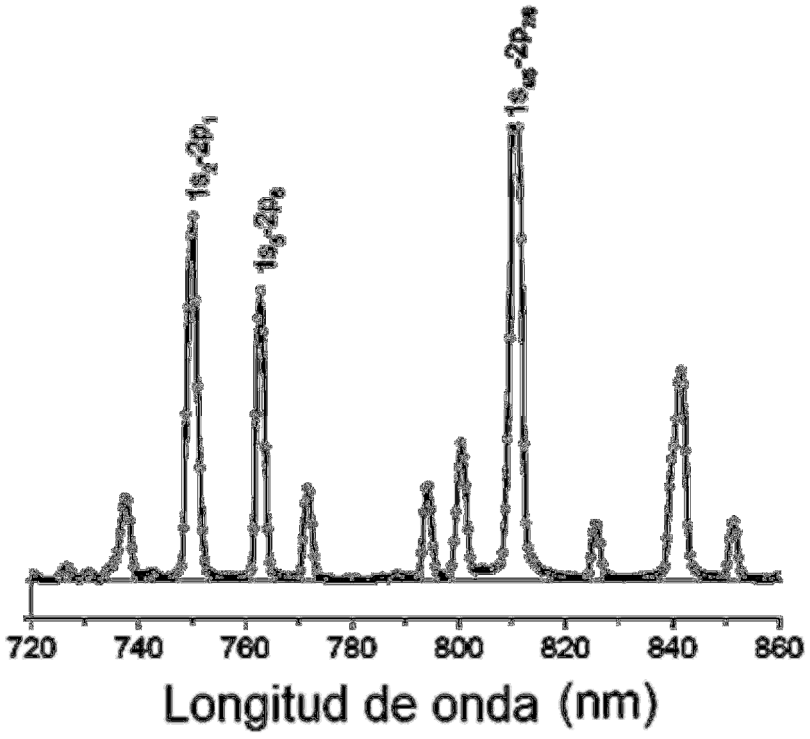

FIG. 5