

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 601**

21 Número de solicitud: 201631217

51 Int. Cl.:

H02S 10/30 (2014.01)

F02B 45/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

19.09.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.04.2017

Fecha de concesión:

18.09.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

25.09.2017

73 Titular/es:

VALLS GUIRADO, Juan Francisco (90.0%)

Avda. Andalucía nº4

04200 TABERNAS (Almería) ES y

VALLS GUIRADO, Emilio Antonio (10.0%)

72 Inventor/es:

VALLS GUIRADO, Juan Francisco

54 Título: **MOTOR TERMOFOTOVOLTAICO DE COMBUSTIBLE METÁLICO**

57 Resumen:

Motor termofotovoltaico de combustible metálico.

Motor de combustión de magnesio y aluminio a alta temperatura utilizando oxígeno como sustancia oxidante, y que convierte la generación de radiación infrarroja media y lejana de dicha combustión en generación eléctrica a partir de una microturbina de vapor, e infrarroja cercana, visible y ultravioleta también en energía eléctrica a través del uso de células fotovoltaicas multicapa de alto rendimiento alojadas en la cámara de combustión. La energía térmica no útil en las células es reciclada por el circuito térmico de una turbina de vapor. Esta electricidad puede servir para proporcionar energía eléctrica a un vehículo híbrido de motor combustión-eléctrico o alimentar de electricidad y calor a una vivienda. La cámara está conformada por dos elipsoides huecos con eje de revolución común cuya intersección es una circunferencia con centro situado en un punto focal común. Gracias a alojar las células fotovoltaicas dentro de la cámara de combustión se logra un aprovechamiento de la radiación directa producida en la combustión con un notable aumento del rendimiento de las células.

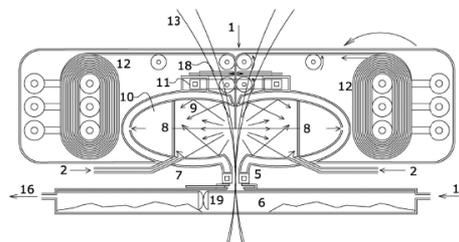


FIG. 2

ES 2 608 601 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

Motor termofotovoltaico de combustible metálico.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un motor de combustión de magnesio y aluminio a alta temperatura utilizando oxígeno como sustancia oxidante, y que convierte la generación de radiación infrarroja media y lejana de dicha combustión en generación eléctrica a partir de una microturbina de vapor, e infrarroja cercana, visible y ultravioleta también en energía eléctrica a través del uso de células fotovoltaicas multicapa de alto rendimiento. La energía térmica no útil en las células es reciclada por el circuito térmico de una microturbina de vapor. Esta electricidad sirve para proporcionar energía eléctrica a un vehículo híbrido de motor combustión-eléctrico o alimentar de electricidad y calor a una vivienda.

Antecedentes y estado actual de la técnica

Existe una rama de la ingeniería fotovoltaica conocida como termofotovoltaica, consistente en el calentamiento de una sustancia que desprende radiación que se encuentra mayoritariamente en un estrecho intervalo del espectro electromagnético. Esta radiación es captada por células fotovoltaicas con energía de gap apropiadas a la longitud de onda de la luz recibida. Las células trabajan en el infrarrojo recibiendo radiación de cuerpos que sitúan su temperatura de emisión hasta un máximo de 1600-1700°C lo que supone una energía fotónica que no supera 0,8 eV, perdiéndose buena parte de la radiación en el infrarrojo medio y lejano que son longitudes de onda poco aprovechables.

Existen además células fotovoltaicas capaces de soportar concentraciones lumínicas de hasta 1500 soles, esto es 150 W/cm² utilizadas en energía solar fotovoltaica de concentración. Se encuentran refrigeradas por agua o aire para hacer descender su temperatura de trabajo a 100°C o menos.

En lo referente a la eficiencia, las placas solares para fines espaciales, que operan en condiciones de vacío con alta presencia de luz ultravioleta y visible, y han sido expuestas a degradación por oxígeno, disponen de eficiencias entre 42 y el 56 %. Aunque según algunas fuentes se llega ya a 60%.

Por otro lado, se comercializan paneles solares híbridos que por la cara expuesta al sol se trata de un panel fotovoltaico y por la cara con sombra se trata de un panel térmico cuyo fluido de trabajo, en este caso agua o aire, refrigera al panel fotovoltaico y capta el calor de éste.

El uso de metales fundidos en estado puro como combustible para ser oxidados se conoce desde hace muchas décadas. Se trata de captar el calor desprendido en una reacción redox exotérmica o de aprovechar el desprendimiento de hidrógeno. Se han identificado las siguientes patentes: US2011/0005472A1; US6627340B1, US6007699, US4412421, US4248048, EP2912375A1, CN102623735A y US5728464.

Se han encontrado las patentes US7,963,115 B1 y sus predecesoras US7,900,453B1 y US7,430,866 B1, donde en una cámara de combustión interna, se oxidan metales tales

como Magnesio, Aluminio y Silicio a la vez que se genera hidrógeno (usado posteriormente en una célula de combustible) y vapor por la incorporación de agua en el interior del reactor. Por otro lado, se hace circular agua que se vaporiza en el espacio comprendido entre la pared de esta cámara interna y la pared interna de una cámara externa (ambas son concéntricas), debido al calor desprendido por las paredes de este reactor o cámara interna. Este vapor es usado para mover una turbina. Existe un conducto de salida de la cámara interna para evacuar gases y un depósito inferior para captar la sustancia sólida formada. Se propone como combustible $Mg_2Al_4Si_5$. En las paredes de la cámara de combustión se colocan células termoeléctricas y en las paredes internas de la cámara externa se colocan células fotovoltaicas para captar estas últimas la radiación infrarroja desprendida por la pared de la cámara interna y por el vapor caliente. Siendo el resultado final la generación de corriente eléctrica.

Sin embargo, pese a que las patentes US7,963,115 B1, US7,900,453B1 y US7,430,866 B1 disponen células fotovoltaicas existen claras e importantes diferencias entre lo que divulgan dichas patentes y lo que ahora se propone. En dichas patentes se disponen las células fotovoltaicas en el espacio comprendido entre la cámara interna y la cámara externa, particularmente en la cara interior de la cámara externa lo que implica un espectro electromagnético de recepción por las células completamente diferente al de la presente invención.

El modelo de utilidad Condensation Type Thermophotovoltaic System CN 204206105 U capta la radiación infrarroja desprendida no sólo por concentración solar, sino que establece la posibilidad que dicho calor sea procedente de la quema de un combustible y entre en el dispositivo de generación fotovoltaica a través de la pared de un radiador o condensador.

La patente japonesa JP2004364483 también está referida al uso de energía calorífica e hidrógeno a partir de la reacción de oxidación del magnesio, empleando así mismo una electroturbina y una pila de combustible para la generación de energía eléctrica.

La introducción de oxígeno en horno a alta temperatura mediante la llamada lanza de oxígeno se realiza para el procesado de acero en los denominados hornos de acero al oxígeno, que alcanzan altas eficiencias. La tubería de inyección es refrigerada por agua. También se utilizan lanzas térmicas de oxígeno para cortar acero, hormigón, rocas, etc. En este caso la propia varilla de emisión se va fundiendo y oxidando. En el interior de ella se suele colocar, magnesio, aluminio y silicio pulverizados, con el fin de elevar la temperatura. Según la patente W 2015103715A1 se suelen alcanzar temperaturas comprendidas entre 3500°C y 5530°C. Trabajando entre 0,5 y 10 Kg/cm² consiguen espectaculares profundidades de corte y penetración de varios mm/s incluso en materiales cerámicos.

El magnesio se emplea para fines lumínicos en pirotecnia (dar intensidad de luz y producir una luz brillante), bengalas y en el siglo XIX se empleaba como flash para las fotografías. También se empleó antiguamente para construir lámparas. Es un metal puro que posee excelentes propiedades quimioluminiscentes. La quimioluminiscencia del magnesio es de las más elevadas entre las sustancias conocidas motivo por el que se usa para dar luz en los fuegos artificiales. Las bengalas de infrarrojo de magnesio y aluminio son utilizadas en tecnología militar aérea en los llamados sistemas de contramedida.

En la actualidad lámparas flash de xenón son usadas para testear y calibrar la eficiencia de las placas fotovoltaicas. Las lámparas de xenón sustituyeron al magnesio en los flash fotográficos.

5 En los orígenes de la ingeniería automovilística en el siglo XIX. se construyeron vehículos de vapor. En los años sesenta del siglo XX se construyeron algunos prototipos a cohete que llegaron a alcanzar los 200 Km/h. Especialmente significativa es la patente US3861150 (A) del genial Seifi Ghasemi y patentada por Lear Motors Corporation, que utilizaba un motor de turbina de vapor que pretendía conseguir altas potencias y cuyo vapor de agua trabajaba a más de 65 Kg/cm² y 537,77°C.

10 Por otro lado, del coche termofotovoltaico es un hito la construcción del Viking 29 que disponía de un generador termofotovoltaico de 6,5 Kw que actuaba conjuntamente con una turbina de gas. Se han encontrado las siguientes patentes de automóviles de generación termofotovoltaica CN104802652 (A). US9296288 (B2), JP2014171301 (A), CN103244271 (B), CN101420195 (A) y US9376214 (B2).

15 La conjunción de células termofotovoltaicas y turbina de vapor se presenta en la patente JP2015159715 Metamaterial Expanded Thermophotovoltaic Converter. El dispositivo recibe radiación solar como input energético.

20 En la actualidad, la tecnología de la pila de combustible es más cara y menos duradera que un motor a turbina. La turbina de vapor es una tecnología sobradamente conocida, la mayor parte de la electricidad mundial se genera por este medio, en tanto que las pilas de combustible están aún en fase experimental. Por el contrario la turbina tiene el inconveniente de la contaminación acústica. Para uso residencial, puede resolverse este inconveniente si el dispositivo se construye subterráneo o con debidos aislamientos acústicos. Las células fotovoltaicas mejoran constantemente su eficiencia y abaratan cada vez más sus precios de venta y tienen una vida útil más elevada que una pila de combustible.

Descripción de la invención

25 En la presente invención se prescinde del uso de agua para la oxidación del magnesio y/o del aluminio, por este motivo no se genera hidrógeno y en consecuencia no se hace uso de célula de combustible ni de cámara para la combustión de hidrógeno.

30 En un reactor donde previamente se ha realizado el vacío se introduce el combustible en forma de lámina de pequeño espesor. Se trata de o bien aluminio, o bien magnesio o bien una aleación con matriz de magnesio y micropartículas de aluminio, calentada por encima de 600°C cuando ésta alcanza el centro geométrico de la cámara. Se prescinde del uso de metal en polvo. Aunque éste es más reactivo que las láminas, tiene el inconveniente de producir esparcimiento de las partículas. Éstas salen radialmente despedidas de la zona focal y su transporte a la cámara de residuos sólidos constituye un problema, además de la necesidad de evitar que dichas partículas no dañen las paredes del reactor dado su carácter abrasivo.

35 Este calentamiento es llevado a cabo mediante bobinas de inducción de AC que enrollan alrededor de la citada cinta de aluminio-magnesio. Esta es introducida en la cámara a velocidad tal que proporciona un caudal máximo de aportación al reactor proporcional a la potencia demandada.

Al mismo tiempo, mediante una o varias conducciones se vierte oxígeno, a presión inferior a la atmosférica para evitar atmósferas explosivas, a alta velocidad en el interior de la cámara de combustión. Las desembocaduras de las conducciones de oxígeno al reactor apuntan directamente al foco de combustión donde se sitúa el metal a oxidar que se encuentra a alta temperatura, de tal forma que la energía cinética inicial de las partículas de oxígeno a la entrada al reactor, hace que no modifiquen sustancialmente su trayectoria, sin que puedan difundir por la cámara que tiene practicado un vacío parcial. Éstas chocan directamente con la lámina metálica oxidándola o con el vapor de magnesio formado alrededor, y por consiguiente formando residuo sólido, o bien calentando el propio óxido metálico hasta colocarlo en incandescencia. Se cuenta con la experiencia de la tecnología ya existente de las lanzas térmicas o de oxígeno para el corte a altas temperaturas, donde como se ha indicado se pueden alcanzar temperaturas muy superiores a 3500°C.

La ausencia de otros gases y vapor de agua en la cámara impide que pueda existir transmisión de calor por conducción y por convección de fluidos hacia las paredes externas. La casi totalidad de la energía de la reacción es despedida de la zona interna de la cámara, donde se va introduciendo el combustible, hacia las paredes, por exclusiva radiación electromagnética.

La radiación es mayoritariamente infrarroja cercana por debajo de 1900 nm. Según estimaciones se sitúa en 65% del total de la radiación desprendida. Si bien el porcentaje de radiación visible (15%) y ultravioleta (2%) es considerable. dado que la combustión se realiza a temperaturas medias de 4000°K, el resto de la radiación (18%) corresponden a longitudes de onda superiores a 1900 nm. En comparación, la radiación solar en la superficie terrestre recibe longitudes de onda más energéticas: 3% de radiación ultravioleta, 38% de radiación visible y 59% de radiación infrarroja.

Las partículas de magnesio, aluminio y sus óxidos entran en incandescencia emitiendo una fuerte e intensa luz blanca, composición de toda la radiación del espectro visible. Para el óxido de magnesio la temperatura de disociación-recombinación en el vacío es de 3700°K y para el óxido de aluminio está por encima de 4000°K.

Para las temperaturas dadas para aluminio y magnesio el valor máximo de intensidad radiada se sitúa cerca de la frontera entre el rango visible e infrarrojo. Según la Ley de desplazamiento de Wien para la radiación del cuerpo negro (Ver figura 2)

$$\lambda_{\max} = \frac{0,0028976 \text{ m} \cdot \text{K}}{T}$$

la longitud de onda expresada en nanómetros para 4000°K es 724,40 que corresponde a una energía lumínica de 1,71 eV, muy por encima de los tradicionales métodos termofotovoltaicos que trabajan a un máximo de 0,8 eV y normalmente operan a 0,5 eV. Además esta emisión se encuentra concentrada en el punto focal de combustión. Si se pretende subir por encima de 4000°K la temperatura de la reacción, se puede añadir silicio y zirconio en proporciones minoritarias. El añadido de estas partículas aumenta así mismo el brillo de la emisión.

La radiación del cuerpo negro es una aproximación al espectro real. En figura 4 se ha representado el espectro de emisión de magnesio y de óxido de magnesio a 3250°K. Puede observarse que el máximo de emisión se alcanza en el intervalo 700-750 nm (a

excepción del pico en 670 nm no siempre presente). Dicho ensayo está realizado para velocidades de combustión de 2 gramos/s de Mg.

5 Se anexa a continuación el espectro electromagnético de emisión del óxido de magnesio a 5000°K que permite también dar otra referencia de la radiación previsible, Figura 3 (gráfica según Department of Mechanical Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology) Puede verse que ahora el máximo de emisión está aproximadamente a 500-520 nm y tal y como establece la teoría del cuerpo negro y la función de desplazamiento de Wien, al crecer la temperatura, se desplaza éste hacia longitudes de ondas más
10 cortas.

En ambas gráficas se pueden observarse las líneas espectrales del óxido de magnesio a 500 nm y del magnesio puro a 518 nm.

15 Se emite luz blanca muy brillante y radiación ultravioleta En el espectro de emisión del magnesio puro, existen líneas espectrales para el magnesio sumamente intensas en el visible 517 y 518 nm, 383 nm UVA, 275, 280 y 285 nm UVB, y en el uve. La alta eficiencia de las células fotovoltaicas se consigue gracias a las condiciones óptimas de trabajo: recepción de luz muy energética que corresponde a picos de intensidad en líneas
20 espectrales de longitud de onda exacta, presencia de vacío en la trayectoria que describe la luz (por lo que ésta no disipa energía calentando gases a excepción del propio oxígeno reactivo) e intensa refrigeración de las células. Se está en unas condiciones de trabajo mucho más favorables que en células solares expuestas al medio exterior en la superficie terrestre.

25 Las células fotovoltaicas tradicionales, con energías de gap de 1,1 eV para el Silicio y sobretodo 1,4 eV para GaAs, adquieren buenos rendimientos para una radiación cuya curva espectral alcanza su máximo de intensidad en longitud de onda asociada a 1,7 eV En la presente invención se adopta un sándwich de células "4-junction solar cells" de energías de gap 0,65-0,7 eV (Ge); 1 eV (GaInAs); 1,4 e V (GaAs) y 1,7-1,9 eV (GaInP). El introducir un nivel más (capa de 1 eV) respecto a las tradicionales células multicapa, permite captar de forma más exacta la radiación del infrarrojo cercano, aspecto importante a tener en cuenta dado que el espectro de emisión durante la combustión de
30 magnesio y aluminio se encuentra más desplazado hacia el infrarrojo que el espectro solar en la superficie terrestre.

35 En el resto del reactor la presión por debajo de la presión atmosférica se mantiene porque el producto resultante de la reacción es exclusivamente sólido. Se trata de óxido de magnesio y óxido de aluminio también conocidos como magnesia y alúmina. Al igual que ocurre con otros reactores para la oxidación de metales, el producto sólido resultante cae por gravedad a una cámara subyacente donde se almacena. Al no haber vapor de agua ni aire, el polvo resultante no puede quedar en suspensión y cae hacia la mencionada cámara guiado por las líneas de flujo magnético de un electroimán que rodea la embocadura de acceso al depósito de dicho residuo. Se evita así que los óxidos
40 a alta temperatura dañen las paredes de la cámara.

45 La geometría de la cámara de combustión está formada por dos elipsoides de revolución, con eje de revolución común y que intersectan en la sección perpendicular al eje y que pasa por uno de sus puntos focales. Por tanto, ambos elipsoides comparten un punto focal común situado en el área de intersección. Las paredes de la cámara son internamente reflectantes (a excepción de la superficie de las células fotovoltaicas) y esta
50

capa a su vez está internamente cubierta de otra capa fabricada de material cerámico transparente resistente a altas temperaturas (también las células para evitar su oxidación). La zona focal de emisión de la radiación electromagnética, centro geométrico de la reacción de combustión, se sitúa en el citado punto focal común de los dos elipsoides, en tanto que las células fotovoltaicas se encuentran en una sección transversal al eje y próxima al centro de los elipsoides. La luz es trasladada de la zona focal de combustión a la zona de absorción donde se sitúan las células fotovoltaicas, o bien gracias a la reflexión que produce la geometría de revolución de las paredes de superficie reflectante, o bien gracias a la radiación directa del punto focal de combustión a las células.

En una geometría alternativa la cámara de combustión tiene simetría de revolución, siendo la sección radial una elipse truncada en su centro (que es el lugar de disposición de las células colocadas éstas también transversalmente al radio) y en uno de sus puntos focales (zona de emisión electromagnética), estando la citada elipse excéntrica al centro de revolución. Las placas se disponen como un prisma de base octogonal, con sus caras receptoras expuestas hacia el centro de combustión. Dicha geometría de revolución es interrumpida solamente donde se encuentran las embocaduras de entrada de combustible, de comburente y salida de residuo sólido.

Es posible también contar con células fotovoltaicas en el rango del infrarrojo dispuestas en la cámara de condensación de la turbina y en el tanque de almacenamiento del residuo sólido.

En la presente patente, se presentan dos dispositivos esquemáticos, uno para una irradiancia media de 100 W/cm² y otra para 30 W/cm². Las células fotovoltaicas de concentración pueden alcanzar irradiancias límite de 150 W/cm², que para el caso de la presente invención correspondería a potencias punta. Alejar a las células del punto focal de emisión permite expandir la luz y disminuir concentración y por tanto alcanzar los límites de irradiancia previstos.

El magnesio tiene una densidad energética de casi 6,86 Kwh/Kg (21% menos que el carbón) y el aluminio de 9,3 Kwh/Kg. El conjunto de células fotovoltaicas y turbina de vapor alcanza una eficiencia final superior a 50% y por tanto se puede aprovechar una densidad energética de 3,5-4,0 Kwh/Kg de una aleación magnesio-aluminio (magnesio en proporción mayoritaria), muy superior al valor de las actuales baterías eléctricas que aún no alcanzan 1 Kwh/kg. La densidad del magnesio es 1,74 gr/cm³. Con aportación de caudal másico en magnesio y/o aluminio de 2,0 a 4 gr/s al reactor, dependiendo de la potencia de proyecto del automóvil, se tiene una aportación energética suficientemente garantizada. Este caudal se puede distribuir en varios minireactores, al igual que un motor de combustión interna trabaja con varios cilindro-pistones, o bien realizar toda la combustión mediante un sólo reactor de mayor tamaño.

En el estado actual de la técnica las células fotovoltaicas multicapa superan un rendimiento de 40% (en lo sucesivo cada vez que se hace referencia a alta eficiencia o alto rendimiento de las células fotovoltaicas se refiere a células con rendimiento igual o superior a 40%), y los sistemas de microturbinas de vapor disponen de un rendimiento en el circuito térmico de 20%. En la presente invención la eficiencia es igual o superior a 50% dependiendo del rendimiento intrínseco de la microturbina como máquina. Para una eficiencia global de 50% en el sistema conjunto fotovoltaico más térmico de vapor, se precisan 460 wh/km en consumo energético para igualar la potencia de las actuales

células de combustible para automóviles híbridos, en una situación de velocidad media de 120 Km/h. Estos números determinan el caudal másico a introducir en los reactores. La fracción de energía bruta utilizable por la turbina es la mayor parte de la fracción no absorbida por las células fotovoltaicas. Por tanto la potencia bruta entrante al circuito térmico es muy inferior a los números indicados, pues es necesario descontar la potencia ya captada por las células fotovoltaicas.

Por otro lado la patente US 3861150 indica que para un motor de turbina de vapor de 120CV = 88,20 Kw el diámetro del tambor de la cámara de combustión necesario es de 66 cm, suficiente para el espacio disponible en un coche de dimensiones medias, más aún si se tiene en cuenta lo indicado en el párrafo anterior.

A diferencia de las patentes, US7,963,115 B1, US7,900,453B1 y US7,430,866 B1, donde las células fotovoltaicas son colocadas externamente a la cámara de combustión y en las paredes de ésta sólo se colocan células termoeléctricas (que funcionan según el fenómeno termoeléctrico), en la presente invención son colocadas las células fotovoltaicas (que funcionan según el fenómeno fotoeléctrico) disponiendo sus caras receptoras en la pared interna de dicha cámara para captar no sólo la radiación infrarroja, también la radiación visible de la luminiscencia del magnesio y del aluminio. Se prescinde de la producción de hidrógeno y del uso de celda de combustible, pues las placas fotovoltaicas por si solas han llegado a un grado de desarrollo en su eficiencia que son competitivas con estos sistemas. Como se ha indicado, esto es posible debido a la ausencia de gases residuales y de partículas abrasivas en la cámara de combustión, gracias al uso de láminas metálicas en vez de finas partículas de polvo metálico, como combustible imput en el reactor.

En las patentes US7,963,115 B1, US7,900,453B1 y US7,430,866 B1, la cámara de combustión está constituida de paredes aislantes refractarias fabricadas de Renio y/o Tungsteno. En dichas patentes, la radiación directa de la oxidación de los metales no llega a las células fotovoltaicas dada la presencia de los materiales opacos mencionados.

Estas reciben el espectro de emisión propio del calentamiento de estas paredes y del vapor de agua circundante y no el espectro de emisión de la oxidación de los metales tal y como ocurre en la presente invención.

En lo referente al coste de las células fotovoltaicas multicapa, se dimensiona el sistema para que se alcance la máxima eficiencia cuando el motor del automóvil trabaja a potencia media. Se han alcanzado record de eficiencias tanto para concentraciones de 300 soles o 30 W/cm² (Fraunhofer-Institute de Alemania) como para concentraciones próximas a 1000 soles o 100 W/cm² (NREL de USA). El elevado precio de las células multiunión debido a sus materiales constitutivos (se trata de materiales escasos), puede ser compensado por la elevada vida útil de las células. En tecnología solar se estima una vida útil de 100.000 horas. Además el material puede ser reciclado.

Por otro lado, en el estado actual de la técnica existen patentes para captar el calor de una cámara de condensación de agua en un circuito de Rankine, lo que incrementa la eficiencia del radiador, para esta tipología de vehículo. En el presente motor se adopta esta medida y así mismo se capta la radiación térmica de los residuos sólidos mediante placas infrarrojas en la cámara de residuos.

Para el caso del uso de motor en una vivienda, el agua caliente resultante de la refrigeración de las células fotovoltaicas puede ser aprovechada, lo que hace crecer la eficiencia muy por encima de 50%. En una vivienda media sólo se precisan 4,5 KW de potencia eléctrica punta (si se dispone de medios no eléctricos para producir el calor de la calefacción de la vivienda), lo que puede ser resuelto con un pequeño reactor y sin necesidad de usar turbina, quedando el agua caliente proveniente de la refrigeración para uso doméstico.

La principal ventaja de la presente invención es el uso del combustible propuesto por causa de su curva espectral de emisión. que lleva a una eficiencia en la conversión de las células fotovoltaicas por encima de los valores tradicionales en energía termofotovoltaica. Hasta ahora la oxidación de los metales ha sido considerada una desventaja en dispositivos termofotovoltaicos, si bien la presente patente pretende demostrar lo contrario. Además el motor termofotovoltaico no requiere mantenimiento mecánico. a excepción de los rodillos para la lámina a introducir y de las válvulas reductoras de presión en la alimentación de oxígeno. Y por otro lado, es una ventaja el crecimiento de la eficiencia global respecto a un sistema simple de combustión para vaporizar agua, dado que las célula fotovoltaicas aportan incremento en la eficiencia global sin pérdidas, debido a que el calor que desprenden es captado casi en su totalidad por el agua de refrigeración, que es utilizada en el circuito térmico de la turbina. Esto repercute en una dimensiones suficientemente reducidas para la implementación de la turbina en un vehículo automóvil.

El oxígeno entrante se puede almacenar previamente licuado en una o varias bombonas destinadas a tal fin. Para una autonomía de 500 Km de un vehículo automóvil de características medias en peso, unas cantidades aproximadas en peso de los reactantes son 30-35 Kg de magnesio-aluminio y 20-25 Kg de oxígeno líquido. La densidad energética es algo más pobre si comparamos con la gasolina pero con la ventaja de una eficiencia mayor que un motor de gasolina

La ventaja de introducir en la cámara de combustión oxígeno puro respecto a hacerlo con aire, es que el nitrógeno del aire se lleva parte de la energía de la radiación en forma de calor cuando es despedido por el tubo de escape, en tanto que utilizando oxígeno puro no requiere tubo de evacuación de gases, esto implica contaminación inexistente y mejora de la eficiencia al no existir gases que disipen calor al exterior. Al tener una cámara de combustión con vacío parcial, no se requiere de compresor como ocurre en cámaras de combustión de turbinas de gas, lo que repercute sustancialmente en la mejora de la eficiencia.

Es posible prescindir del almacenamiento de oxígeno líquido en el automóvil y utilizar el oxígeno ambiental, pero actualmente aún no es posible la eliminación completa del nitrógeno del aire con los caudales de inyección de oxígeno que requiere el motor. Existen patentes para segregar el oxígeno del aire basadas en magnetohidrodinámica y en centrifugación, pero tan sólo dan un aire enriquecido en oxígeno. Además la presencia de nitrógeno produce la reacción de este con el magnesio creando nitruro de magnesio, reacción mucho menos energética que con el oxígeno puro. lo que hace caer la eficiencia. Además se requeriría evacuar el nitrógeno no reactivo lo que necesitaría de filtros para retener las partículas del residuo sólido arrastradas.

Finalmente, el gran argumento contra esta patente es que el aluminio tienen un precio actual de 1,4 €/kg. Esto supone 0,15 €/Kwh. Por tanto, comparando con la gasolina con

precio actual de 1,14 €/L, esto es 0,114 €/Kwh, resulta aparentemente un combustible 1.31 veces más caro.

5 Para el magnesio, el precio es de 2,25 €/kg, lo que supone un precio de 0,35 €/Kwh, que es 3,07 veces más caro que el Kwh procedente de la gasolina.

10 Los números anteriores no son definitivos en la comparación pues hay que tener en cuenta que el motor de gasolina es menos eficiente que el presente motor. Para un vehículo que recorre 20.000 Km/año, el coste monetario para el motor de gasolina, supuesto un consumo de 7.0 L/100Km, sería de 1.600,0 € /año aproximadamente. Para el magnesio, supuesto un consumo de 6,7 Kg/100 Km, sería de 3000 €/año aproximadamente. Ahora la relación es 1,88 veces más caro el combustible magnésico que el gasto del motor de gasolina.

15 Para el aluminio, si se tiene en cuenta que la densidad energética en peso del aluminio es igual a la densidad energética de la gasolina en volumen y que el motor de la presente invención dispone de una eficiencia de 50% frente al 30% del de gasolina, la comparación termina en victoria para el aluminio.

20 Para el magnesio, los 2,25 €/Kg utilizados como precio inicial para la comparación, están referidos al coste de producción que incluye todo el proceso desde la extracción minera del mineral impuro hasta su disposición en lingotes. Por el contrario la disociación y reducción del óxido de magnesio para el reciclaje del residuo sólido del presente motor, puede hacerse simplemente incrementando su temperatura hasta llegar al valor de
25 disociación en un sólo paso o proceso.

Este incremento de temperatura. en general para los óxidos metálicos, puede llevarse a cabo mediante el uso de energías renovables y en especial mediante el uso de energía solar, lo que abarata sustancialmente las cantidades anterior hasta niveles competitivos
30 Existen patentes en este sentido tales como JP2015101765A, JP2014231917A. JP2014084501A. Más aún si empiezan a tener los estados europeos excedentes de producción en energía eléctrica por causa de la aportación de las energías renovables y según indican existe un problema en el almacenamiento de dicha energía. La energía potencial hidráulica es una buena opción para este almacenamiento pero no siempre hay
35 disponibles saltos de agua, como es el caso de un país con su territorio mayoritariamente seco como es España. La reducción de óxidos metálicos es una alternativa viable para el almacenamiento energético según pretende demostrar las citadas patentes y la presente invención.

40 El magnesio tiene las siguientes propiedades ventajosas como combustible:

1.- Gran abundancia. Es el elemento número 8 por orden de abundancia en la superficie de la corteza terrestre. Se trata de 2,1% del total de su masa.

45 2.- Uniforme distribución geográfica. Es por tanto accesible a la mayor parte de los países del mundo pues se encuentra presente en los océanos en una proporción de 1300 ppm.

3.- Facilidad de obtención y reciclado. El óxido de magnesio tiene la gran virtud de disociarse antes de gasificar, lo que supone una gran ventaja respecto a otros óxidos
50 metálicos. Por tanto, facilidad de reciclaje.

4.- Baja temperatura de combustión. De cara a un reactor es una buena propiedad en el proceso de inicialización de la combustión u oxidación.

5 5.- Dúctil y manejable. Para su introducción en el reactor como lámina supone una ventaja.

10 6.- Densidad energética. Se trata del 70% de la densidad energética de la gasolina, por tanto una magnitud aceptable. Especialmente significativo este aspecto en lo referente al peso a transportar.

7.- Reactividad con el oxígeno. Para láminas delgadas el oxígeno llega a la penetración o difusión total sin quedar partículas en su interior sin reaccionar.

15 8.- Quimioluminiscencia Junto con el aluminio y el zirconio, es de los metales de mayor emisión electromagnética en el rango del visible cuando se oxida, y su temperatura de reacción muy alta.

20 9.- No contaminante. El residuo tras su combustión es sólido y por tanto puede permanecer almacenado en un tanque dispuesto a tal fin. Por tanto garantiza emisiones cero.

10.- Buena conductividad eléctrica. Esto permite calentarlo hasta la temperatura de combustión utilizando métodos eléctricos.

25 En comparación el aluminio es superior al magnesio en los puntos 1, 6 y 8, pero inferior en 2, 3, 5 y sobretodo 7. El aluminio finamente molido y esparcido en una matriz de magnesio puede así suplir su falta de reactividad por causa de la formación de la problemática película de Al_2O_3 no reactiva en su superficie durante su combustión.

30 En definitiva, se trata pues de un auténtico motor de impulsión solar, porque el combustible puede ser de origen solar y el motor se apoya parcialmente en la tecnología de las placas fotovoltaicas, que son convertidores eléctricos nacidos de la ingeniería solar y por otro lado la tecnología de las turbinas de vapor también son utilizadas en las centrales solares en este caso térmicas.

35

Explicación de las figuras

Figura 1. Muestra una representación de la planta del motor fotovoltaico.

40 Figura 2. Muestra la representación de la sección realizada en la planta por el plano A-A.

Figura 3. Muestra una representación de la planta del motor en una ejecución alternativa

45 Figura 4. Muestra una representación de la sección realizada en la planta del motor por el plano B-B.

Figura 5, Muestra la curva espectral del cuerpo negro según temperatura.

Figura 6. Espectro de emisión del óxido de magnesio y magnesio a 5000°K.

50

Figura 7. Espectro de emisión del óxido de magnesio y magnesio a 3250°K.

Realización preferente de la invención

Entre las figuras 1 a 4 puede verse la entrada del combustible (1) al reactor. Se trata de láminas o cintas de 0,15-0,3 mm o de magnesio, o de aluminio o de aleación de magnesio y aluminio.

La cinta se encuentra enrollada en un carrete o tambor (12) rotatorio de accionamiento eléctrico, que desenrolla hacia la cámara de combustión mediante rodillos que actúan de guideras. La velocidad de avance determina el caudal másico introducido en la cámara de combustión.

En las proximidades de la entrada a la cámara de combustión, la conducción aislante por donde avanza dicha lámina está rodeada de un recinto estanco en el que se encuentra una bobina de inducción (11), internamente refrigerada por agua, que precalienta el combustible durante el arranque. Por otro lado, el electroimán (5) hace que las líneas de campo magnético se densifiquen al paso a través de la superficie que envuelve. Cuando la lámina llega al centro geométrico de la cámara de combustión, las corrientes inducidas elevan la temperatura en la superficie del combustible a más de 600°C, alcanzando así las condiciones de combustión de magnesio y aluminio. Antes de alcanzar el centro geométrico de la cámara la temperatura es inferior al valor de combustión y por tanto ésta no es posible. De esta forma, la entrada de oxígeno en el conducto de guiado de la lámina no implica el peligro de combustión prematura en lugar no apropiado

No obstante la cámara de almacenamiento del carrete de metal se encuentra sellada, aislada y carente de oxígeno.

Una vez agotado un carrete (12) se procede a su reposición mediante un automatismo que puede apreciarse en la figura 1. Una vez agotado el primer carrete, el siguiente desliza hasta colocarse en la posición exacta alineada con el eje del reactor. Los tambores o rodillos de apoyo del carrete, totalmente desenrollados, se trasladan a través de sus deslizaderas de apoyo permitiendo el paso al siguiente carrete con sus respectivos tambores. Existen carretes tanto del lado derecho como del izquierdo. Se produce un agotamiento alternativo para mantener equilibrio de pesos en el conjunto.

Una vez iniciada la combustión en la zona central de la cámara, la velocidad de avance de la lámina y el caudal de entrada de oxígeno son tales que el punto focal de combustión permanece estático en el centro de la cámara, sin que la combustión avance ascendiendo por el conducto de entrada del combustible.

Para el transporte del oxígeno, de sus depósitos de almacenamiento a la cámara de combustión, se cuenta con los dispositivos característicos de la manipulación del oxígeno (no dibujados) de una lanza térmica para el corte de materiales de alta resistencia térmica, esto es: bombonas de oxígeno licuado, regulador de presión dotado de válvula reductora de presión y manómetros (uno antes de la válvula y otra detrás en el sentido de avance del oxígeno), a su salida dispositivos de seguridad de antirretroceso de flujo y bloqueadores de llama, tubo flexible de alta presión, el llamado portamangueras dotado de válvula antirretorno y válvula reguladora de caudal y presión. En el caso de la presente invención, se sustituye la parte final o manguera colocando un tubo (2) no oxidable y hueco en sustitución del tubo de acero relleno de material metálico de esta tecnología. Dicho tubo (2) dispone de sus paredes refrigeradas por agua (refrigeración no dibujada) para evitar que éstas se vuelvan reactivas al oxígeno. También a la salida de la botella de

oxígeno existe una válvula de seguridad o de alivio de presión. Este dispositivo también es similar al utilizado para la soldadura de oxiacetileno en lo que respecta al suministro de oxígeno.

5 El interior de la cámara de combustión se encuentra globalmente por debajo de la presión atmosférica mediante un vacío parcial en el que fuera del área de combustión el único gas presente es oxígeno gaseoso a muy baja presión. Una bomba de vacío conectada a la cámara de combustión y otra a la cámara de residuos sólidos entran en funcionamiento en caso de subir la presión de oxígeno por encima del valor de trabajo establecido,
10 siendo este muy por debajo de la presión atmosférica (no dibujadas). La cámara de combustión dispone también de una válvula de alivio de presión (no dibujada), con el fin de evitar un accidente en caso de crecer la presión por encima de la presión atmosférica.

15 Para la parada del motor, o en caso de detención del descenso de la lámina metálica, se corta automáticamente, mediante dispositivos de seguridad electrónicos, el suministro de oxígeno.

20 En caso de avería, detención del descenso de la lámina y permanencia de suministro de oxígeno hasta la apertura de la válvula de alivio de presión, actúa también la válvula (18). Se trata de una válvula de cierre que se activa si se eleva la temperatura por encima de valores no admisibles cuando el centro de combustión asciende erróneamente por el conducto de suministro. En este caso, al incrementarse la ductilidad de la lámina por el incremento de la temperatura, dicha válvula de cierre dotada de cuchillas cortan la lámina o cinta y cierran la posible entrada de algo de oxígeno al depósito donde se encuentra
25 ubicado el carrete.

30 La cámara de combustión interna dispone de sus paredes reflectantes (9). a excepción de la superficie de las células fotovoltaicas multicapa de alto rendimiento (8) que es refractante. La geometría de la cámara de combustión, en una primera configuración, para células trabajando a 100 W/cm² de irradiancia media, está formada por dos elipsoides de revolución huecos y de secciones truncadas por sus puntos focales comunes. En el punto geométrico focal común a ambas se encuentra la zona focal de combustión y por tanto de emisión de radiación. En las secciones transversales al eje de revolución próximas al centro de cada elipsoide se encuentran las células fotovoltaicas
35 (8), siendo estas planas y circulares, multicapa y de alto rendimiento. La geometría de elipsoide de revolución permite que las superficies reflectantes transporten la luz de la zona focal central a las placas fotovoltaicas (8), para aquella radiación no directa.

40 En una segunda configuración o disposición, al objeto de incrementar la superficie de recepción, para células trabajando a 30 W/cm² de irradiancia media, la cámara de combustión o cámara interna, dispone de una geometría con simetría de revolución, siendo la sección radial una elipse truncada en su centro (que es el lugar de disposición de las células colocadas éstas también transversalmente al radio) y en uno de sus puntos focales (zona de emisión electromagnética), estando la citada elipse excéntrica al centro
45 de revolución. Las placas se disponen como un prisma de base octogonal, al objeto de aprovechar la fabricación actualmente existente en forma de superficie plana. Tras las placas fotovoltaicas, la geometría que separa la cámara interna de la externa se trata de un semielipsoide de revolución. Esta disposición permite decrecer en algunos centímetros la altura del motor. Las superficies reflectantes (9) están constituidas por una primera
50 capa interna de material cerámico transparente muy fina y resistente a muy altas temperaturas, que tiene por fin proteger al metal de la corrosión debida a las altas

temperaturas en la cámara interna, tal como óxido de magnesio cristalizado en el sistema cúbico y que funde a 2852°C. Cuarzo y otras cerámicas técnicas resistentes a altas temperaturas también son de aplicación. Por debajo o externamente a esta capa transparente se encuentra una superficie del mencionado metal reflectante tal como

5 acero revestido de aluminio o también acero al cromo.

Existe una retícula o entramado de tramex a modo de miniestructura en la cara no expuesta a la luz y del lado del agua, al objeto de dar apoyo y resistencia estructural a la placa sobre la que apoyan la célula fotovoltaica. Este es un aspecto importante a tener en

10 cuenta, dado que del lado del agua hay una presión de varias decenas de atmósferas, en tanto que del lado de la radiación incidente existe un vacío parcial. Por simplicidad de dibujo no se ha indicado en las figuras esta estructura. La dorsal (10) de la célula fotovoltaica como se ha indicado apoya en una placa y ésta está fabricada de un material de alta conductividad térmica y resistencia mecánica. Cumplen esta propiedad las

15 aleaciones de aluminio, cobre y magnesio, donde el aluminio es el elemento mayoritario y cobre y magnesio minoritarios.

El agua entrante para la refrigeración de la zona dorsal (10) procede de la cámara de condensación del circuito térmico de Rankine propio de la turbina de vapor.

20

La reacción es fuertemente exotérmica en el interior del reactor y se desprende la casi totalidad de la energía almacenada en forma de radiación electromagnética como se ha comentado. Las radiaciones con longitudes de onda útiles 82% pretenden ser aprovechadas en las células fotovoltaicas multicapa (8). El calor no útil que se genera es

25 captado por el agua de refrigeración (4), gracias a la placa dorsal (10) de las células fotovoltaicas de alto rendimiento (8) y la retícula de tramex que desprende el calor excedente, y transportado al interior de una cámara exterior (17) mediante la conversión de agua líquida a vapor (14). Este alimenta una electroturbina (15) (figura 2). La cámara de combustión interna está rodeada de otra cámara externa (17) por donde fluye el agua,

30 que calentada pasa a estado de vapor. En el esquema se han dibujado los conductos de entrada del agua de refrigeración (4) a las células fotovoltaicas. Este agua de refrigeración procede de la cámara de condensación del vapor que atraviesa la turbina, cerrando así el circuito.

El residuo final es Óxido de Magnesio y Óxido de Aluminio que son almacenados en un tanque (6). Aprovechando el carácter magnético del óxido de magnesio, el electroimán (5) con forma de cilindro hueco o anillo, crea un campo cuyas isolíneas de flujo (13) se abren en embudo, confinando y guiando las partículas sólidas hacia la boquilla del depósito de almacenamiento.

40

En esta situación se necesita una entrega energética del electroimán (5) durante el funcionamiento estable, inferior a la situación de inicialización. La bobina del electroimán (5) es refrigerada por agua. Su paramento externo forma parte de las paredes de la cámara de combustión, evitando de esta forma que contribuya al calentamiento de otras

45 piezas metálicas que no sea la propia lámina de metal a calentar.

En las paredes internas de la zona superior del tanque de residuos se colocan también células infrarrojas (no dibujadas) al objeto de captar las radiaciones infrarrojas de la ceniza. El polvo o ceniza del depósito de residuos sólidos, una vez que el tanque de

50 almacenamiento (6) está lleno, es aspirado mediante los conductos (16), previo cierre de la válvula compuerta (7) y llenando a continuación de aire la parte vacía del depósito.

Existe una pala automatizada (19) para redistribuir el residuo sólido por la cámara de almacenamiento e impedir que tapone la embocadura de entrada.

5 Las células fotovoltaicas envían la energía eléctrica a un regulador, posteriormente a una batería y de esta a un inversor de corriente continua en alterna, lo que da electricidad a la vivienda o al motor eléctrico de un automóvil híbrido.

10 En lo referente al circuito térmico del agua, para mejorar la eficiencia de la microturbina de vapor. su eje se encuentra flotando sobre campos magnéticos, evitándose así la fricción del eje con partes sólidas de apoyo.

El circuito térmico del vapor no ha sido dibujado.

REIVINDICACIONES

1. Un método de producción eléctrica termofotovoltaica de combustible metálico **caracterizado** por captar mediante placas fotovoltaicas de alto rendimiento radiación electromagnética proveniente de la combustión de o Magnesio o Aluminio o ambos conjuntamente aleados, al entrar en contacto con Oxígeno.
- 5
- Dicho método comprende las etapas de:
- 10 - Iniciación. Comprende las siguientes fases:
- Realización de vacío parcial en el interior de un reactor o cámara de combustión donde sólo hay oxígeno.
 - 15 - Introducción de Magnesio o Aluminio o una aleación de ambos en dicho reactor, y calentamiento de este metal hasta alcanzar temperatura de combustión.
 - Introducción de Oxígeno y proyección de este sobre el metal calentado. Inicio de la reacción de combustión.
 - 20 - Introducción continua de Oxígeno al mismo tiempo que el citado metal en el mencionado reactor y proyección o lanzamiento de Oxígeno sobre el metal. Reacción de combustión entre estas sustancias reactivas.
 - 25 - Captación de radiación ultravioleta, visible e infrarroja cercana. resultado de la combustión de dicho metal, por medio de células fotovoltaicas de alto rendimiento situadas en el interior de la cámara de combustión con sus caras receptoras en la pared interna de dicha cámara.
 - 30 - Evacuación del residuo sólido resultante de la combustión del citado reactor.
 - Almacenamiento del residuo resultante de la combustión en un tanque o recinto estanco.
- 35 2. Método de producción eléctrica termofotovoltaica de combustible metálico según la reivindicación 1, **caracterizado** por realizar una refrigeración de las células fotovoltaicas y la cámara de combustión mediante agua, u otro líquido refrigerante, siguiendo este fluido un circuito térmico cerrado vaporización-condensación-vaporización tipo Rankine.
- 40 3. Método de producción eléctrica termofotovoltaica de combustible metálico, según la reivindicación 1 **caracterizada** porque el combustible entrante se calienta mediante corrientes eléctricas de inducción que colocan hasta temperatura de combustión al mencionado metal a calentar.
- 45 4. Método de producción eléctrica termofotovoltaica de combustible metálico. según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el residuo sólido es evacuado de la cámara de combustión mediante gravedad, guiado por campos magnéticos.
- 50 5. Motor termofotovoltaico de combustible metálico en el que se lleva a cabo el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado** porque comprende:

- un recinto estanco en cuyo interior se aloja:
 - al menos un carrete o tambor (12) rotatorio de combustible metálico
 - 5 - una cámara de combustión provista de paredes reflectantes (9) y que tiene alojadas en su interior unas células fotovoltaicas de alto rendimiento (8)
 - una bobina de inducción (11) dispuesta en las proximidades de la entrada a la cámara de combustión
 - 10 - un electroimán (5) a la salida de este recinto estanco o cámara de combustión
 - unos conductos de introducción de Oxígeno (2) a este recinto estanco o cámara de combustión
 - 15 - un tanque (6) de almacenamiento de residuos colocado a continuación del electroimán (5).
6. Motor termofotovoltaico de combustible metálico. según la reivindicación 5 **caracterizado** porque el combustible metálico son láminas o cintas constituida de Aluminio o Magnesio o ambos conjuntamente aleados.
7. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 5 **caracterizado** porque las células fotovoltaicas son multicapa constituidas por un sándwich de 4 células. "4-junction solar cells", de energías de gap 0,65-0.7eV (Ge); 1 eV (GaInAs); 1,4 eV (GaAs) y 1,7-1.9eV (GaInP) de alta eficiencia para la transformación de radiación electromagnética, ultravioleta, visible e infrarroja cercana, emitida en la cámara de combustión, en energía eléctrica.
8. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 5 **caracterizada** porque la cámara de combustión consiste en dos elipsoides huecos con eje de revolución común cuya intersección es una circunferencia con centro situado en un punto focal común, siendo este punto el centro de combustión y por tanto también el punto focal de emisión de la radiación electromagnética, y estando sendas células fotovoltaicas situadas perpendicularmente al eje de los elipsoides, con sus caras receptoras expuestas hacia el centro de combustión, donde dicha geometría de revolución es interrumpida solamente donde se encuentran las embocaduras de entrada de combustible, de comburente y salida de residuo sólido.
9. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 5 **caracterizada** porque la cámara de combustión consiste en un elipsoide hueco, presentando simetría de revolución, disponiéndose las células transversalmente al radio y adoptando estas geometría de prisma de base octogonal, con sus caras receptoras expuestas hacia el centro de combustión, donde la geometría de revolución es interrumpida solamente donde se encuentran las embocaduras de entrada de combustible, de comburente y salida de residuo sólido.
10. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 5 u 8 ó 9 **caracterizada** porque dispone la pared interna de su cámara de combustión de un revestimiento transparente y resistente a altas temperaturas de material no reactivo con el oxígeno, tal como Magnesia de estructura cúbica, Cuarzo o Cerámica Térmica y

externamente a dicho material transparente, las paredes de los elipsoides indicados están constituidas de Acero al Cromo, o Acero revestido de Aluminio. resistente a la corrosión.

5 11. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 **caracterizado** porque las células fotovoltaicas están soportadas por una lámina de aleación de Aluminio, Cobre y Magnesio, de alta resistencia y alta transmisividad térmica, situada en la cara no expuesta a la radiación electromagnética de la combustión y que a su vez apoya sobre un entramado reticular que constituye su estructura soporte y que permite el paso de agua a través de éste.

10 12. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 5 **caracterizado** porque las células fotovoltaicas están refrigeradas mediante un circuito térmico cerrado en el que el calor captado por el fluido de refrigeración es empleado en mover una turbina de vapor que produce electricidad.

15 13. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 11 **caracterizado** porque la cámara de combustión se encuentra rodeada de otra cámara externa (17) que transporta agua vaporizada a alta temperatura y presión como resultado de recibir el calor excedente de las placas fotovoltaicas y de las superficies reflectantes de los elipsoides.

20 14. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 12 **caracterizado** porque cuenta con una turbina del circuito térmico que apoya su eje sobre campos magnéticos.

25 15. Uso del motor termofotovoltaico de combustible metálico, según la reivindicación 13 **caracterizado** porque, el agua caliente resultado de la refrigeración de la cámara de combustión es usada en aportar calor y agua caliente de aplicación residencial.

30 16. Uso del motor termofotovoltaico de combustible metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14 **caracterizado** porque el motor de combustión es empleado en mover un automóvil híbrido, enviando la energía de las placas fotovoltaicas a un regulador, posteriormente a una batería, y finalmente un inversor para convertir la corriente continua en alterna alimentando finalmente el motor eléctrico del vehículo.

35 17. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14 **caracterizado** porque células fotovoltaicas en el rango del infrarrojo están colocadas en la cámara de condensación de la turbina y en el tanque de almacenamiento del residuo sólido.

40 18. Motor termofotovoltaico de combustible metálico, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14 **caracterizado** porque las láminas de combustible metálico de magnesio, aluminio o ambos conjuntamente tienen partículas de Zirconio y Silicio.

45

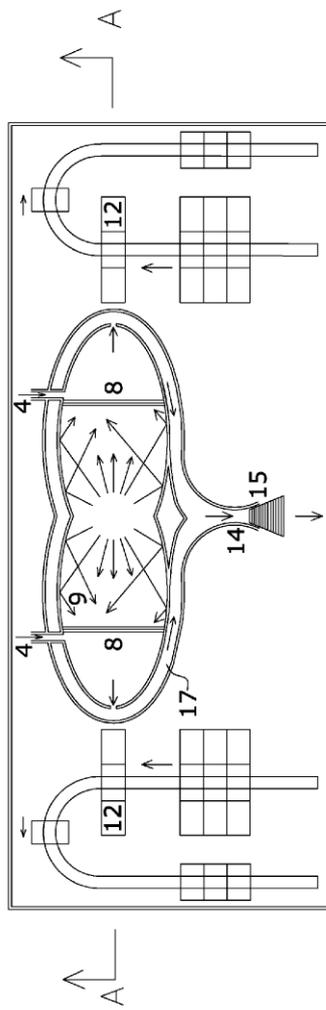


FIG.1

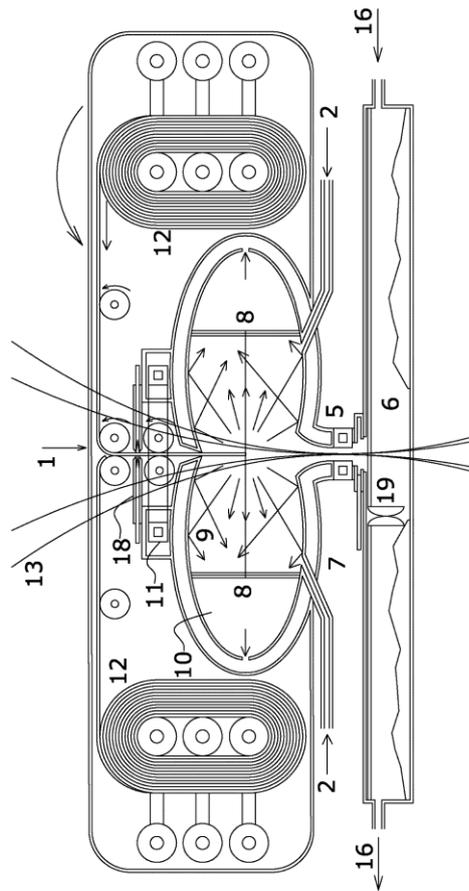


FIG.2

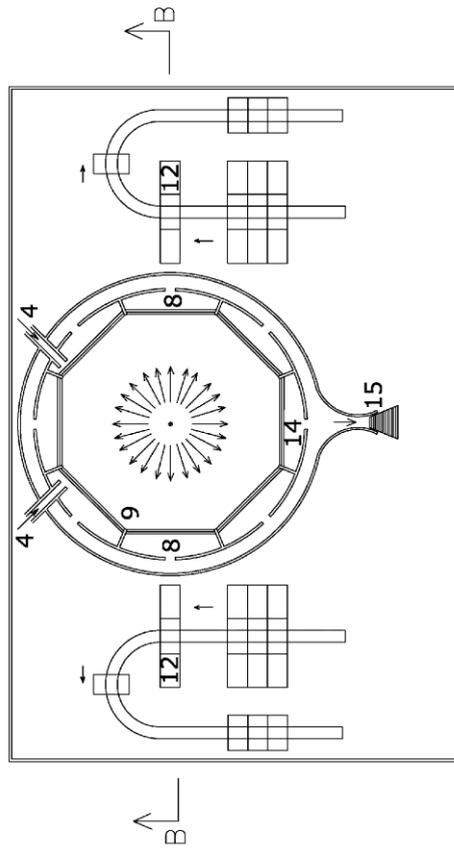


FIG.3

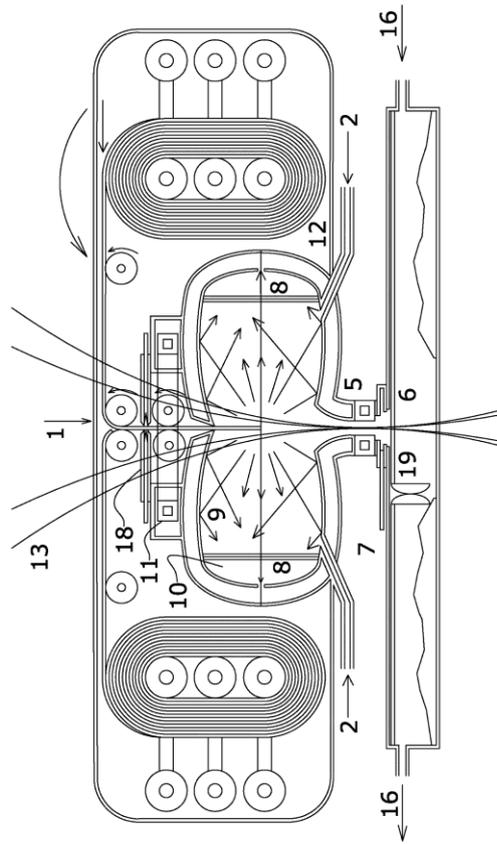
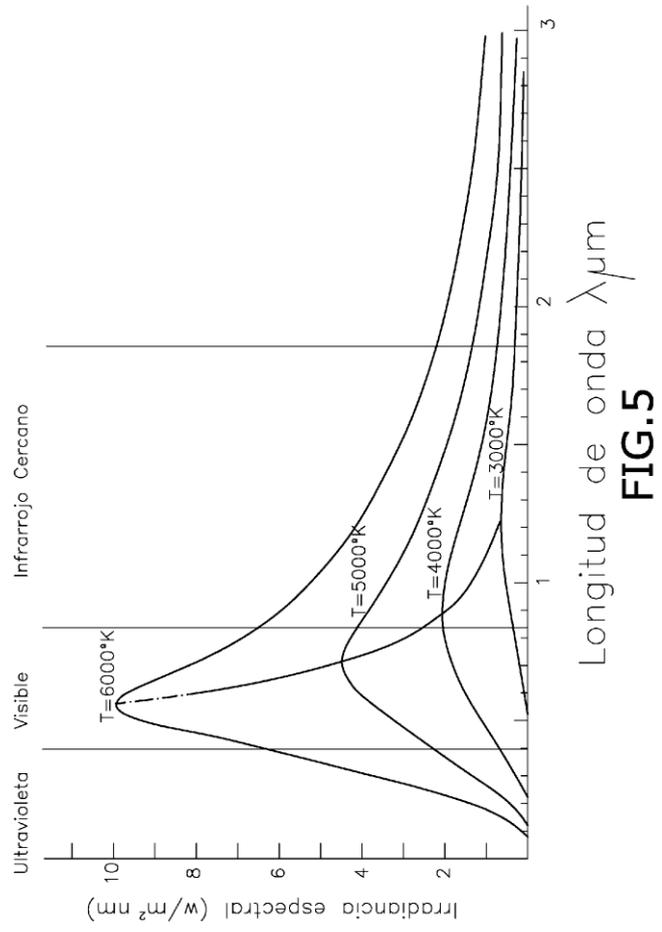


FIG.4



Longitud de onda λ μm
FIG.5

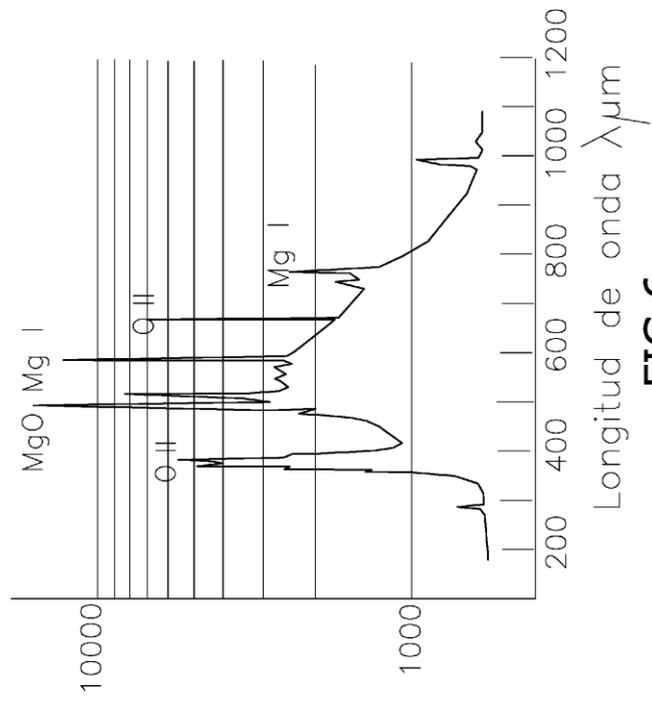


FIG.6

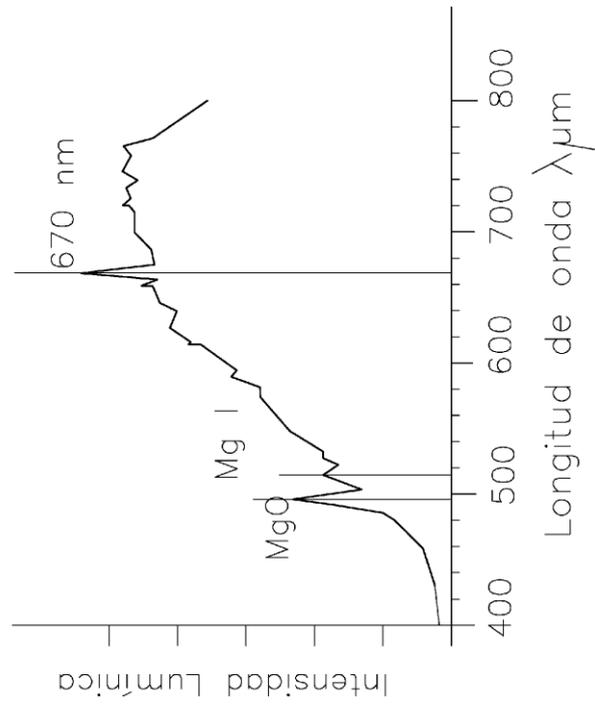


FIG.7



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201631217

②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.09.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H02S10/30** (2014.01)
F02B45/08 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| A | US 4776895 A (GOLDSTEIN MARK K) 11/10/1988, Todo el documento. | 1-18 |
| A | US 7900453 B1 (LYNCH WILLIAM A et al.) 08/03/2011, Todo el documento. | 1-18 |
| A | US 5865906 A (FERGUSON LUCIAN G et al.) 02/02/1999, Todo el documento. | 1-18 |
| A | US 5503685 A (GOLDSTEIN MARK K) 02/04/1996, Todo el documento. | 1-18 |
| A | US 7963115 B1 (SONDERGAARD NEAL A et al.) 21/06/2011, Todo el documento. | 1-18 |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.03.2017

Examinador
M. P. Prytz González

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F02B, H02S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.03.2017

Declaración

| | | |
|---|-----------------------|-----------|
| Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones 1-18 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |
| Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986) | Reivindicaciones 1-18 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|---|-------------------|
| D01 | US 4776895 A (GOLDSTEIN MARK K) | 11.10.1988 |
| D02 | US 7900453 B1 (LYNCH WILLIAM A et al.) | 08.03.2011 |
| D03 | US 5865906 A (FERGUSON LUCIAN G et al.) | 02.02.1999 |
| D04 | US 5503685 A (GOLDSTEIN MARK K) | 02.04.1996 |
| D05 | US 7963115 B1 (SONDERGAARD NEAL A et al.) | 21.06.2011 |

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud de patente hace referencia a un motor termofotovoltaico de combustible metálico. Consta la solicitud de 18 reivindicaciones, siendo las reivindicaciones 1 y 5 independientes.

La reivindicación 1 se refiere a un método de producción eléctrica de combustible metálico y la reivindicación 5 se refiere a un motor termofotovoltaico en donde se lleva a cabo el método de la reivindicación 1.

Los documentos D01 a D05 constituyen una representación del estado de la técnica al que pertenece la invención reivindicada en las reivindicaciones 1 y 5 de la solicitud. Ninguno de los documentos citados tomados de forma aislada o en combinación divulga una invención como la reivindicada en las reivindicaciones 1 y 5 de la solicitud.

En particular, no se ha encontrado un método de producción de energía eléctrica de combustible metálico en una cámara o reactor en cuyo interior se hay realizado primeramente el vacío parcial y donde únicamente se utilice oxígeno como combustible. Esta característica técnica que implica la ausencia de otros gases y de vapor de agua en la cámara, impide que pueda existir transmisión de calor por conducción y por convección de fluidos hacia las paredes externas. La casi totalidad de la energía de la reacción es despedida de la zona interna de la cámara, donde se va introduciendo el combustible, hacia las paredes, por exclusiva radiación electromagnética. El documento D01 divulga un sistema termofotovoltaico donde se coloca un colector fotovoltaico alrededor del emisor de radiación electromagnética, pero no divulga un reactor o cámara de combustión donde se realice previamente un vaciado parcial y donde solo haya oxígeno previamente. Esta característica técnica particular junto con la cámara de combustión dotada de células fotovoltaicas en el interior de la misma otorgan un carácter novedoso a la invención con respecto al estado de la técnica encontrado, pues si bien en otros documentos, como el documento D02, se disponen las células fotovoltaicas en el espacio comprendido entre la cámara interna y la cámara externa, particularmente en la cara interior de la cámara externa, ello implica un espectro electromagnético de recepción por las células completamente diferente al de la presente invención.

Debido principalmente a estas características técnicas, se considera, que el experto en la materia, partiendo de los documentos citados, tomados de forma aislada o en combinación, no podría reproducir la invención reivindicada en las reivindicaciones 1 y 5 de la solicitud sin el ejercicio de actividad inventiva. Por tanto, las invenciones reivindicadas en las reivindicaciones 1 y 5 de la solicitud, pueden considerarse nuevas y que implican actividad inventiva, todo ello en el sentido de los Artículos 6 y 8 de la Ley 11/1986 de Patentes.

Las reivindicaciones 2 a 4, al ser dependientes de la reivindicación 1 y las reivindicaciones 6 a 18, al ser dependientes de la reivindicación 5, pueden considerarse igualmente nuevas y que implican actividad inventiva.