

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 014**

21 Número de solicitud: 201430542

51 Int. Cl.:

**B82Y 30/00** (2011.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**11.04.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.11.2015**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2015/070270**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (100.0%)**  
**C/ Baltasar Gracián, nº 1, Entlo.**  
**50005 Zaragoza ES**

72 Inventor/es:

**SANTAMARIA RAMIRO, Jesús M;**  
**GRACIA BUDRIA, José;**  
**ESCUIN MELERO, Miguel;**  
**NAVASCUES GARCIA, Nuria y**  
**MALLADA VIANA, Reyes**

74 Agente/Representante:

**TEMIÑO CENICEROS, Ignacio**

54 Título: **MEDIO DE CALENTAMIENTO SENSIBLE A LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA BASADO EN MATERIALES DE MOTT**

57 Resumen:

Medio de calentamiento sensible a la radiación electromagnética basado en materiales de Mott.

La presente invención se refiere a medios de calentamiento que permiten una absorción óptima de una radiación electromagnética no ionizante cuya energía o información asociada, se transforma en calor. El objeto de la invención consiste en una composición y una arquitectura basada en micro y nanopartículas capaces de resonar con la radiación externa. Como entidades sensibles a la radiación, dichas partículas comprenden preferentemente materiales de Mott. En términos de eficiencia, las partículas de materiales de Mott deben dispersarse en una matriz espaciadora cuya carga máxima la determinará de forma exacta el límite de percolación eléctrica del nanocompuesto. La invención puede usarse para generar calor de forma selectiva, para la activación catalítica o como material que evite la propagación de una señal electromagnética.

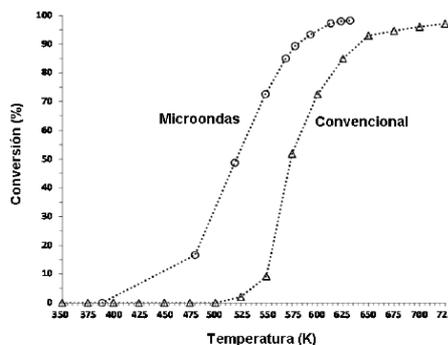


FIG. 4

**DESCRIPCIÓN**

**MEDIO DE CALENTAMIENTO SENSIBLE A LA RADIACIÓN  
ELECTROMAGNÉTICA BASADO EN MATERIALES DE MOTT**

5

**CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a medios capaces de disipar energía a través de la absorción de radiación electromagnética no ionizante, susceptibles de ser utilizados como  
10 medios de calentamiento y/o como catalizadores. Más concretamente, la invención se enmarca dentro del campo técnico correspondiente a medios de calentamiento basados en nanopartículas que presentan resonancia al someterse a radiación externa, comprendiendo dichos medios, preferentemente, materiales de Mott sensibles a la radiación no ionizante de microondas y/o radiofrecuencia.

15

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los materiales de Mott son objeto de un fenómeno de disipación de energía único que resulta de su interacción con la radiación electromagnética. La naturaleza de la interacción  
20 está asociada con los portadores de carga libres, relativamente lentos, por lo que la mayor eficiencia de absorción electromagnética coincide con la transición de aislante o semiconductor a metal correlacionado (A-MC) del material de Mott. En el rango de temperaturas donde la transición A-MC tiene lugar, los portadores de carga del material se autoajustan para resonar con la radiación externa aplicada. Tras la absorción de energía, los  
25 electrones libres y las vibraciones elementales de la red cristalina del material interaccionan, resultando en la deposición de energía electromagnética.

La conversión eficiente de radiación electromagnética no ionizante en calor a escala micro y nanométrica ha sido descrita para nanopartículas metálicas de tipo plasmónico. La  
30 fototermia conducida por nanopartículas plasmónicas metálicas en el infrarrojo cercano es de utilidad, por ejemplo, en aplicaciones biomédicas. Sin embargo, la respuesta frente a una radiación electromagnética en materiales de Mott permite ampliar el espectro a mayores longitudes de onda, como por ejemplo microondas y radiofrecuencia. La respuesta de estos materiales a la radiación electromagnética ha sido estudiada, tradicionalmente, bajo el  
35 principio de prueba, encontrándose que ciertos materiales de Mott, principalmente magnetita, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, y óxido de vanadio (VO<sub>2</sub>), pueden ser utilizados en aplicaciones

tecnológicas basadas en el empleo de radiación electromagnética no ionizante. No son conocidas, sin embargo, referencias en el estado de la técnica que generalicen y ejemplifiquen los requisitos para un aprovechamiento energético óptimo de las partículas nanométricas de Mott para la atenuación de radiación incidente. En este sentido, es conocido, por ejemplo, el uso de nanoestructuras de carbono (por ejemplo, nanotubos de carbono) dispersas en matrices espaciadoras como medio sensible a la radiación electromagnética. Sin embargo, dicho uso no hace distinciones entre nanotubos conductores o semiconductores, y tampoco contempla cuáles son las condiciones que permiten una disipación máxima de la radiación electromagnética absorbida, tales como la temperatura del material, la concentración de las nanopartículas o las propiedades de conducción de las matrices espaciadoras.

Otros estudios ejemplifican el uso particular de ciertas composiciones que entran dentro de la familia de materiales de Mott, tales como las perovskitas. No obstante, tal y como sucede con los usos relativos a los nanotubos de carbono, dichos estudios no especifican cuáles son las propiedades físicas necesarias ni la arquitectura del compuesto que garanticen un comportamiento óptimo asociado al máximo rendimiento energético.

La presente invención propone una solución al problema técnico antes citado, a través de medios de calentamiento novedosos, basados en materiales de Mott.

### **DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCION**

Un objeto de la presente invención es, pues, un medio de calentamiento basado en materiales de Mott, en combinación con matrices espaciadoras donde se depositan micro o nanopartículas de dichos materiales. El objetivo de dicha combinación es dar lugar a medios de calentamiento que, por su composición y arquitectura, resulten altamente disipativos ante la absorción de radiación electromagnética no ionizante, preferentemente en la banda de frecuencias de las microondas y/o radiofrecuencia. Adicionalmente, otro objeto de la invención es obtener medios cuyo calentamiento pueda llevarse a cabo de forma selectiva en su volumen o superficie, dando lugar a focos de calentamiento en puntos nanométricos o regiones específicas de los materiales que los componen.

Dichos objetos de la invención se consiguen mediante un medio de calentamiento sensible a la radiación electromagnética, que comprende micropartículas y/o nanopartículas de un material de Mott, dispuestas en la superficie y/o el volumen de una matriz espaciadora de

dichas partículas, donde la concentración en volumen de dicho material de Mott en la matriz espaciadora es igual o inferior a su límite de percolación. Preferentemente, el material de Mott presenta una concentración de entre el 1% y el 30% en volumen en dicha matriz espaciadora; dependiendo de la forma y composición de las partículas del material de Mott y de la matriz. Más preferentemente, la concentración del material es de entre el 5% y el 20% (por ejemplo para partículas esféricas de óxidos metálicos). Se consigue con ello un medio de calentamiento eficaz, que permite además obtener rampas muy elevadas de calentamiento.

10 Preferentemente pero no necesariamente, el material de Mott del medio de calentamiento se encuentra a una temperatura  $T_T$  en el rango  $X_T = |(T_T - T_{A-MC})|/T_{A-MC} \leq 20\%$ , donde la temperatura  $T_{A-MC}$  es la correspondiente al inicio de la progresiva transición A-MC del material. Más preferentemente,  $X_T \leq 10\%$  y, aún más preferentemente,  $X_T \leq 5\%$ . Se consigue con ello obtener medios de calentamiento cuyos materiales de Mott se encuentran en la región de transición A-MC, obteniéndose las condiciones óptimas para aumentar sus capacidades disipativas.

Preferentemente, la invención se refiere a medios de calentamiento que comprenden materiales de Mott de diferente naturaleza, tanto orgánica como inorgánica. Entre otros, los materiales de Mott más destacados son: semiconductores de carbono (nanotubos, fulerenos, grafeno), óxidos metálicos (óxidos de vanadio, cobalto o níquel) y óxidos complejos (perovskitas). No obstante, cualquier material de Mott presenta características análogas en mayor o menor grado. La elección del soporte y material de Mott más adecuado dependerá del uso específico que se dé a la invención.

25 Los materiales de Mott de la invención pueden ser, por ejemplo, uno o más de los siguientes: óxidos simples, cobaltitas, perovskitas, magnetita, nanoestructuras de carbono. Más preferentemente, dichos materiales pueden ser NiO, VO<sub>2</sub>, CuO, LaCoO<sub>3</sub>, PrCoO<sub>3</sub>, NdCoO<sub>3</sub>, SmCoO<sub>3</sub>, EuCoO<sub>3</sub>, GaCoO<sub>3</sub>, La<sub>0,9</sub>Sr<sub>0,1</sub>CoO<sub>3</sub>, SmNiO<sub>3</sub>, EuNiO<sub>3</sub>, LaMnO<sub>3</sub>, La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>NiO<sub>3</sub>, comprendiendo opcionalmente sustancias dopantes o fases activas en su entorno.

35 Por su parte, la matriz espaciadora del medio de calentamiento de la invención puede comprender un material no conductor transparente a la radiación electromagnética, por ejemplo basado en monolitos de cordierita, KBr, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, un óxido metálico formalmente sin electrones *d* o *f* en la capa de valencia, alúmina, una zeolita ácida, cálcica o

intercambiada con cationes divalentes, o un fluido dieléctrico. Alternativamente, la matriz espaciadora puede comprender un material capaz de absorber radiación electromagnética, tal como una zeolita sódica.

5 Otro objeto de la invención se refiere a un método de calentamiento de materiales que comprende la aplicación de radiación no ionizante a un medio de calentamiento según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento. Preferentemente, dicha radiación comprende radiación de microondas y/o radiofrecuencia, opcionalmente operada de forma pulsada.

10

En una realización preferente del método de la invención, los materiales de Mott se disponen de forma inhomogénea en la matriz espaciadora, de forma que se generen gradientes térmicos ante la aplicación de radiación, para producir un calentamiento superficial o volumétrico selectivo de dichos materiales.

15

Un tercer objeto de la invención se refiere al uso de un medio de calentamiento según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento.

20 Las ventajas que aporta la invención propuesta son, principalmente: elevada velocidad de calentamiento, elevada temperatura máxima alcanzada y calentamiento selectivo, localizado en las regiones donde se concentran los materiales de Mott.

25 Como posibles aplicaciones de estos sistemas de calentamiento, se plantea su utilización en síntesis SHS (“Self propagating High temperature Synthesis”) para la generación de calor y obtención de determinados compuestos que requieran alcanzar altas temperaturas para ser sintetizados. Otros ejemplos de aplicación se refieren, por ejemplo, a la industria del vidrio, que precisa elevadas temperaturas para fundir la arena (cuarzo) utilizada. Asimismo, se plantea también la utilización de la invención propuesta para su uso en medios de eliminación de residuos presentes en efluentes gaseosos. En este caso, el calor generado  
30 por las realizaciones de la invención serviría para activar un catalizador.

## **DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

35 Las Figuras 1a-1b muestran gráficas que ilustran el calentamiento selectivo de nanopartículas de perovskita y nanotubos de carbono para láminas. En la Figura 1a se muestra la evolución de la temperatura con el tiempo para pastillas de 200 mg con un 2% de nanopartículas de tipo LaBO<sub>3</sub> perovskita (donde B = Cr, Mn, Fe, Co, Ni), o nanotubos de

carbono (CNTs) sobre KBr como aglutinante. La Figura 1b muestra el comportamiento de láminas con un 20% en peso de perovskita. Las muestras se encuentran dentro de una guía de ondas monomodal a 2.45 GHz y una potencia de 60W.

- 5 La Figura 2 ilustra el calentamiento selectivo de nanopartículas de  $\text{LaCoO}_3$  dispersas en placas de cuarzo, en dos dimensiones (2D), obtenido por termografía. Las Figuras 2a y 2b se refieren a una muestra de 0,18 mg de  $\text{LaCoO}_3$  depositada en dos canales de una placa de cuarzo, con densidad superficial de aproximadamente 0,10 mg/cm<sup>2</sup>, donde la Figura 2a se refiere concretamente a un sistema estable a 645 K a 65 W, y la Figura 2b muestra las rampas de temperatura trabajando con pulsos de potencia a 150 W.

- La Figura 3 muestra fotografías que ilustran el calentamiento selectivo de nanopartículas de  $\text{LaMnO}_3$  y  $\text{LaCoO}_3$  dispersas en en monolitos de cordierita, en tres dimensiones (3D). Concretamente, las Figuras 3a y 3b muestran dos imágenes de microscopio electrónico de barrido junto a imágenes de termografía infrarroja para nanopartículas de  $\text{LaMnO}_3$  y  $\text{LaCoO}_3$  (20 mg, aproximadamente 5% en peso) dispersas en monolitos de cordierita, con un régimen estable de temperaturas a 30 W.

- La Figura 4 muestra una gráfica que ilustra la combustión de hexano con nanopartículas de  $\text{La}_{0,95}\text{Ce}_{0,05}\text{CoO}_3$ . En ella, se compara la combustión de hexano en un horno convencional o en una guía de ondas a 2,45 GHz, donde aproximadamente 20 mg de nanopartículas de  $\text{La}_{0,95}\text{Ce}_{0,05}\text{CoO}_3$  se depositan sobre un monolito de cordierita, con 200 ppm en aire y 4 ml/min·mg.

- 25 La Figura 5 ilustra la amortiguación de un campo electromagnético a partir de una monocapa de  $\text{VO}_2$  sobre alúmina. Las líneas punteadas de color negro denotan las caras de alúmina sobre las que se han depositado las partículas de  $\text{VO}_2$ . El experimento consta de dos bloques de  $\text{VO}_2$  depositados sobre alúmina, donde se altera el orden de los mismos (Figuras 5a y 5b) con respecto a la fuente de microondas (cuya dirección es la indicada por la flecha en las Figuras). En ambos casos, el apantallamiento del campo electromagnético por parte de la primera superficie de  $\text{VO}_2$  hace que el segundo bloque no disipe apenas energía en la imagen termográfica.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

35

Tal y como se ha descrito en párrafos precedentes, la presente invención se refiere a un medio de calentamiento que comprende una composición capaz de atenuar de forma

eficiente la radiación electromagnética no ionizante. El medio de calentamiento de la invención permite, pues, disipar energía mediante el calentamiento selectivo de los portadores de carga de un material sensible, concretamente de un material de Mott. Para ello, se requiere que el material de Mott se encuentre en un rango de temperatura que proporcione un aumento de su conductividad eléctrica. Siempre y cuando el compuesto en su conjunto no se vuelva conductor, ello permite, para porcentajes de carga del material de Mott que sean inferiores o sustancialmente iguales al límite de percolación eléctrica, una atenuación óptima y volumétrica a escala micro y nanométrica de la radiación externa. De este modo, el medio de calentamiento de la invención comprende, preferentemente, micro o nanopartículas de un material de Mott, que presentan una transición A-MC a un determinado rango de temperaturas.

Asimismo, dichas partículas están preferentemente dispuestas superficial o volumétricamente en una matriz espaciadora, por ejemplo una matriz no conductora transparente a la radiación electromagnética a aplicar sobre el medio. La matriz espaciadora podrá ser, pues, un soporte bidimensional, tridimensional o una carcasa sobre las partículas del material de Mott. Igualmente, como matriz espaciadora puede utilizarse un fluido no sensible, como el aire. En una realización preferente de la invención, la matriz espaciadora es aislante, con una pérdida dieléctrica baja y estable con la temperatura en la frecuencia de radiación a utilizar. No obstante, en realizaciones alternativas de la invención, es también posible utilizar otros materiales, tales como materiales absorbentes de la radiación electromagnética (por ejemplo, zeolitas sódicas), que sirvan como agente concentrador y que puedan calentarse rápidamente bajo irradiación de microondas. Esta arquitectura posee la ventaja de que permite trabajar con radiación pulsada, con etapas de baja temperatura en las que se adsorberían los reactantes. El rápido calentamiento de las zeolitas sensibles a la radiación y de los materiales de Mott es capaz de producir corrientes disipativas concentradas, lo que favorece su aplicación como catalizadores.

Para cada aplicación concreta de la invención, es posible realizar diferentes elecciones del material de Mott y de la matriz de soporte. Para ello, es necesario conocer, por ejemplo, las propiedades del material de Mott, temperatura de transición A-MC, estabilidad, y posible actividad catalítica. Si la aplicación se orienta a reacciones de oxidación total, es posible utilizar composiciones formadas por óxidos mixtos, por ejemplo con estructura base de perovskita:  $A_1-XA'XMnO_3$  para metano o  $A_1-XA'XCoO_3$  para otros hidrocarburos. En aplicaciones para reformado en seco de metano, se puede partir de perovskitas de níquel o NiO. En el caso general de buscar una respuesta térmica a temperatura ambiente, se puede

trabajar con micro o nanoestructuras de carbono u óxidos de vanadio. A temperaturas más altas, también se pueden utilizar óxidos mixtos en la composición. Finalmente, en aplicaciones para el uso de atenuación de la radiación como fuente de información, es posible partir de grafeno dispuesto en multicapas, así como otras nanoestructuras de carbono.

Complementariamente, para aplicaciones dirigidas a catálisis, el medio de calentamiento de la presente invención puede comprender micro o nanopartículas catalíticas metálicas, soportadas sobre el material de Mott.

Para poder maximizar el fenómeno de disipación electromagnética de forma volumétrica en una muestra macroscópica, es necesario un porcentaje de micro o nanopartículas de Mott en el límite de percolación eléctrica del compuesto. Dicho límite se encuentra, preferentemente, en una concentración del material de Mott comprendida entre un 1 % y un 30 % en volumen total y, más preferentemente entre un 5% y un 20%. Por encima del límite de percolación, llegada la transición A-MC, toda la muestra se volverá conductora, y se comporta como un espejo que refleja la radiación electromagnética.

El medio de calentamiento de la invención, según las composiciones y aplicaciones descritas en el presente documento, permite la concepción de estructuras que absorban de forma volumétrica una radiación electromagnética no ionizante. En cualquier caso la energía, o información que transporta la radiación, genera inicialmente electrones calientes. Este tipo de compuestos es de gran interés para aplicaciones que requieren respuestas térmicas locales localizadas, en general para aplicaciones que demanden un micro o nanocompuesto muy eficiente para la absorción de radiación no ionizante, o directamente en catálisis, electrones calientes. Como aplicación significativa, se destaca la mejora en la eficiencia energética de procesos de la industria química y en particular procesos catalíticos. Dado el alcance y las escalas de consumo del sector energético, dicha mejora de eficiencia energética asociada a procesos químicos particulares puede tener un impacto tecnológico y económico considerable.

El rango de temperaturas óptimo en términos de eficiencia energética en el calentamiento selectivo aparece a partir de aquellas temperaturas próximas a la región de transición A-MC en las micro o nanopartículas del material de Mott, pero es posible obtener calentamientos intensos a otras temperaturas. Preferentemente, la temperatura ( $T_T$ ) del material de Mott de la presente invención con la que se consigue un aprovechamiento óptimo de disipación

energética, está comprendida en un rango  $X_T = |(T_T - T_{A-MC})|/T_{A-MC} \leq 20\%$ , donde la temperatura  $T_{A-MC}$  es la correspondiente a la transición A-MC del material. Más preferentemente,  $X_T \leq 10\%$  y, aún más preferentemente,  $X_T \leq 5\%$ . Como referencia de los valores de temperatura  $T_{A-MC}$  de diferentes materiales de Mott, se aporta la Tabla 1 del presente documento.

	<b>Material</b>	<b>Temperatura (A→MC) (K)</b>
Óxidos Simples	NiO	525
	VO <sub>2</sub>	340
	CuO	293
	LaCoO <sub>3</sub>	490
	PrCoO <sub>3</sub>	525
Cobaltitas	NdCoO <sub>3</sub>	575
	SmCoO <sub>3</sub>	610
	EuCoO <sub>3</sub>	625
	GaCoO <sub>3</sub>	650
Cobaltita dopada	La <sub>0,9</sub> Sr <sub>0,1</sub> CoO <sub>3</sub>	400
Perovskitas Ni Mn	SmNiO <sub>3</sub>	400
	EuNiO <sub>3</sub>	420
	LaMnO <sub>3</sub>	750
Nanoestructuras de carbono	C	300

**Tabla 1.** Temperatura  $T_{A-MC}$  de diferentes materiales de Mott.

10 En otras realizaciones preferentes de la invención, el material de Mott y/o la matriz espaciadora de soporte del medio de calentamiento pueden ser modificados para una respuesta térmica y/o catalítica particular, mediante la introducción de dopantes o fases activas. Dichos dopantes o fases activas, especialmente para óxidos mixtos, pueden mejorar la respuesta específica del material de Mott, siempre y cuando no se destruya el carácter correlacionado de los portadores de carga. La familia La<sub>1-x</sub>Ce<sub>x</sub>CoO<sub>3</sub> es un ejemplo adecuado de sistemas dopados de este tipo. La introducción de Ce u otros donadores de carga permiten adelantar la transición A-MC. A su vez, es posible combinar varios materiales de Mott en la matriz espaciadora, por ejemplo con el objeto de que la disipación térmica se produzca por fases.

20 Típicamente, para obtener una absorción de energía homogénea a nivel macroscópico, las nanopartículas están distribuidas sobre la matriz de forma uniforme, para evitar la formación de áreas calientes macroscópicas. No obstante, como realización complementaria de la invención, el medio de calentamiento de la invención puede comprender una arquitectura específica, donde las micro o nanopartículas sensibles se disponen según una determinada organización espacial no homogénea en la matriz espaciadora, a fin de introducir gradientes

térmicos controlados. En algunas realizaciones preferidas, las micro o nanopartículas de Mott pueden estar distribuidas en gradiente, es decir, que en ciertas regiones de la matriz de soporte haya un mayor número de nanopartículas y que este número vaya disminuyendo en otras zonas a lo largo de cualquier dirección, lo que permitiría inducir gradientes térmicos controlados en el medio de calentamiento.

De este modo, se consigue que la respuesta volumétrica o superficial del medio posea un comportamiento selectivo, lo que permite generar focos de disipación en el medio de calentamiento. Esta aplicación puede resultar de gran utilidad en determinadas aplicaciones de la invención en las que se requiera crear puntos específicos de calor dentro del medio.

En otras realizaciones de la invención, los materiales de Mott se pueden disponer específicamente formando múltiples capas, en espesor suficiente como para producir una barrera que impida tanto la penetración de la radiación microondas al seno del material, una vez producida la transición A-MC, así como la reflexión de la radiación.

#### **- Ejemplos de realizaciones de la invención:**

1. Calentamiento de láminas planas. Muestras dispuestas dentro de una guía de ondas monomodal, a 2,45 GHz y una potencia de 60W:

La Figura 1a presenta la evolución de la temperatura obtenida por termografía en láminas conteniendo un 2% en peso de nanopartículas de perovskita  $\text{LaBO}_3$  ( $B = \text{Cr, Mn, Fe, Co, Ni}$ ) o de nanotubos de carbono (CNTs), sobre KBr como aglutinante en una matriz transparente. En cualquiera de los casos mostrados, no se supera el límite de percolación para la muestras. Se observa cómo la disipación de energía para  $\text{LaCoO}_3$  crece exponencialmente a partir de los 500 K. Comenzando en 500 K se inicia la transición A-MC, y a la vista del crecimiento de la disipación dieléctrica, se ejemplifica que  $\text{LaCoO}_3$  es una material de Mott muy eficiente para aplicaciones por encima de la temperatura de transición. En cambio los materiales basados en carbono son ejemplos muy útiles para aplicaciones a temperatura ambiente. La Figura 1b muestra una termografía en láminas conteniendo un 20% en peso de nanopartículas de perovskita  $\text{LaBO}_3$ . En caso de que suceda una transición A-MC, se ha superado el límite de carga necesario para la percolación eléctrica. En este caso,  $\text{LaMnO}_3$  es el material que más se calienta, puesto que su estado metálico se manifiesta por encima de los 750 K. Para el resto de las composiciones, las muestras se comportan como un espejo, propiciando que la radiación/información se refleje y no se disipe.

## 2. Respuesta térmica ultrarrápida en microrreactores asistidos mediante microondas:

Un segundo ejemplo de los medios de calentamiento de la invención son partículas de LaCoO<sub>3</sub> dispuestas sobre una placa de cuarzo, para lograr un calentamiento selectivo en dos dimensiones. El ejemplo muestra la estabilidad de las nanopartículas LaCoO<sub>3</sub> bajo irradiación de microondas en varios soportes planos. Para canales de cuarzo de 2 x 0,2 cm, se logra contar con sistemas estables con sólo 0,18 mg de LaCoO<sub>3</sub> (Figura 2a). Además, se observa una respuesta ultrarrápida del sistema bajo pulsos con rampas de temperatura de aproximadamente 500 K/s, ver Figura 2b. El gradiente de temperatura entre la superficie de los catalizadores y el medio es muy acusado. En este caso particular, la invención permite una respuesta térmica ultrarrápida en microsistemas, sólo accesible bajo excitación electromagnética.

## 3. Nanopartículas de perovskita con composición base LaCoO<sub>3</sub> y LaMnO<sub>3</sub> dispersadas en cordierita:

Como ejemplo de aplicaciones catalíticas de la invención, se han utilizado monolitos de cordierita en cuya superficie se han dispersado nanopartículas de Mott, en este caso LaCoO<sub>3</sub> y LaMnO<sub>3</sub>. La carga de las partículas MFC es inferior al límite de percolación, aproximadamente en un 20%-30% de área superficial (5% en peso). Los monolitos sembrados se introducen en la guía de ondas a 30W. El material LaMnO<sub>3</sub> apenas genera electrones calientes, al contrario que la muestra de LaCoO<sub>3</sub> (ver Figura 3). La Figura 4 muestra un ahorro en torno al 10% para la combustión de hexano en la comparación activación electromagnética, frente a calentamiento convencional.

## 4. Apantallamiento:

La Figura 5 muestra de perfil dos placas de alúmina, 4 x 4 x 0,5 cm, donde se ha depositado una capa de partículas de óxido de vanadio, VO<sub>2</sub>. Una placa está situada dentro de la guía de ondas, apantallando el paso de la radiación desde la fuente, por lo que sólo se observa la disipación por parte de la primera de las capas de VO<sub>2</sub>.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Medio de calentamiento sensible a la radiación electromagnética caracterizado por que comprende micropartículas y/o nanopartículas de un material de Mott, dispuestas en la superficie y/o el volumen de una matriz espaciadora de dichas partículas, donde la concentración en volumen de dicho material de Mott en la matriz espaciadora es igual o inferior a su límite de percolación.
- 2.- Medio según la reivindicación anterior, donde el material de Mott presenta una concentración de entre el 1% y el 30% en volumen en dicha matriz espaciadora.
- 3.- Medio según la reivindicación anterior, donde el material de Mott presenta una concentración de entre el 10% y el 20% en volumen en dicha matriz espaciadora.
- 4.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material de Mott se encuentra a una temperatura  $T_T$  en el rango  $|(T_T - T_{A-MC})/T_{A-MC}| \leq 20\%$ , donde la temperatura  $T_{A-MC}$  es la correspondiente a la transición A-MC del material.
- 5.- Medio según la reivindicación anterior, donde el material de Mott se encuentra a una temperatura  $T_T$  en el rango  $|(T_T - T_{A-MC})/T_{A-MC}| \leq 10\%$ .
- 6.- Medio según la reivindicación anterior, donde el material de Mott se encuentra a una temperatura  $T_T$  en el rango  $|(T_T - T_{A-MC})/T_{A-MC}| \leq 5\%$ .
- 7.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material de Mott comprende uno o más de los siguientes: óxidos simples, cobaltitas, perovskitas, magnetita, nanoestructuras de carbono.
- 8.- Medio según la reivindicación anterior, que comprende uno o más de los siguientes compuestos: NiO, VO<sub>2</sub>, CuO, LaCoO<sub>3</sub>, PrCoO<sub>3</sub>, NdCoO<sub>3</sub>, SmCoO<sub>3</sub>, EuCoO<sub>3</sub>, GaCoO<sub>3</sub>, La<sub>0,9</sub>Sr<sub>0,1</sub>CoO<sub>3</sub>, SmNiO<sub>3</sub>, EuNiO<sub>3</sub>, LaMnO<sub>3</sub>, C, La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>NiO<sub>3</sub>.
- 9.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende sustancias dopantes o fases activas en el entorno del material de Mott.

- 10.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la matriz espaciadora comprende un material no conductor transparente a la radiación electromagnética.
- 5 11.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la matriz espaciadora comprende una estructura basada en uno o más de los siguientes: monolitos de cordierita, KBr, zeolitas ácidas y cálcicas, alúmina, TiO<sub>2</sub>, CeO<sub>2</sub>, un óxido metálico formalmente sin electrones *d* o *f* en la capa de valencia, un fluido dieléctrico.
- 10 12.- Medio según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde la matriz espaciadora comprende un material capaz de absorber radiación electromagnética.
- 13.- Medio según la reivindicación anterior, donde el material capaz de absorber radiación electromagnética comprende una zeolita sódica.
- 15 14.- Método de calentamiento de materiales que comprende la aplicación de radiación no ionizante a un medio de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-13.
- 20 15.- Método según la reivindicación 14, donde la radiación se encuentra en el rango de frecuencias de las microondas y/o radiofrecuencia.
- 25 16.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 14-15, donde las partículas del material de Mott se disponen de forma inhomogénea en la matriz espaciadora, de forma que se generen gradientes térmicos ante la aplicación de radiación, para producir un calentamiento superficial o volumétrico selectivo.
- 17.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 14-16, donde la aplicación de la radiación se opera de forma pulsada mediante absorción-irradiación.
- 30 18.- Uso de un medio de calentamiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-13 en un reactor catalítico.

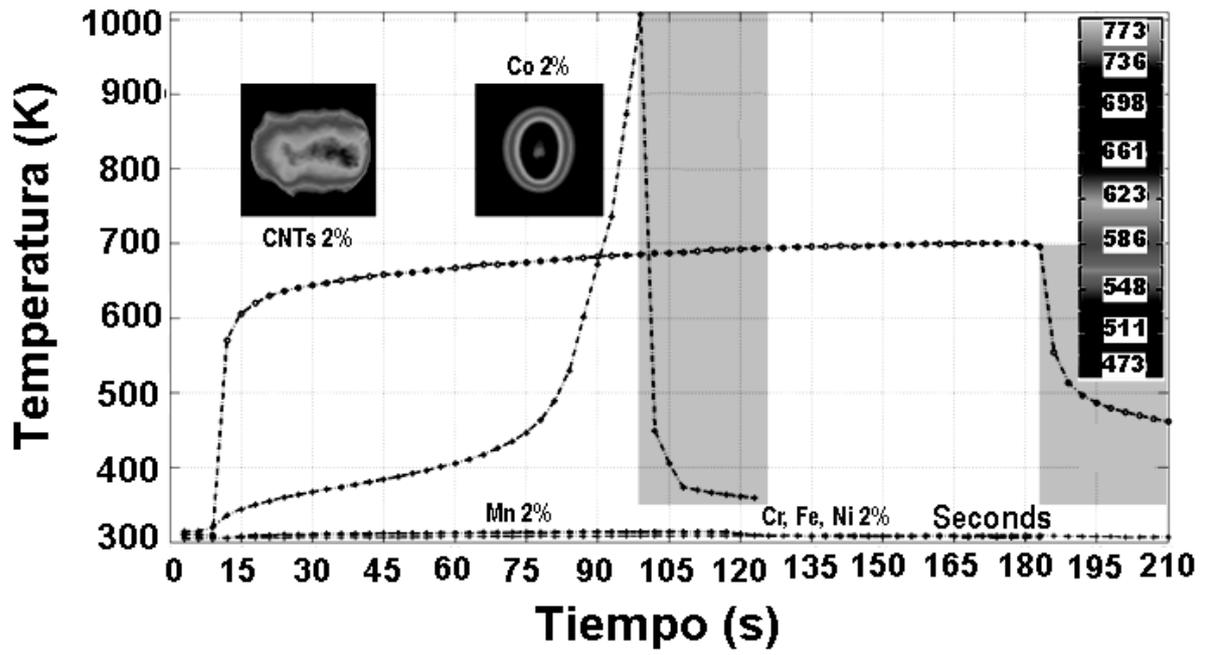


FIG. 1a

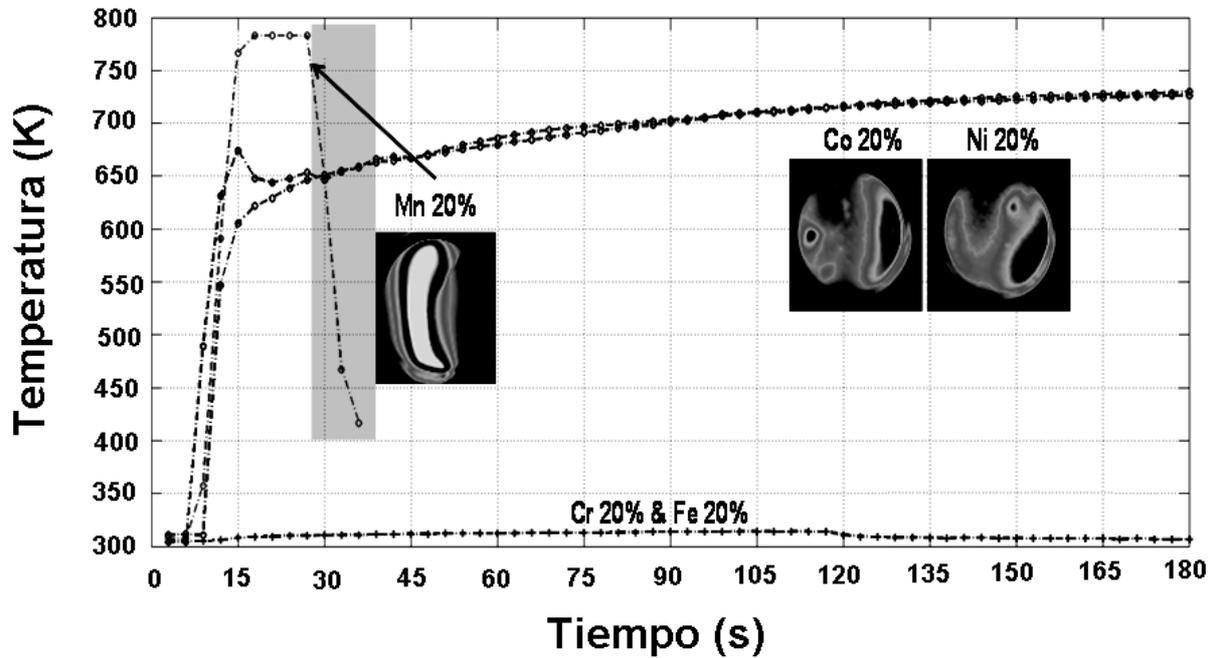


FIG. 1b

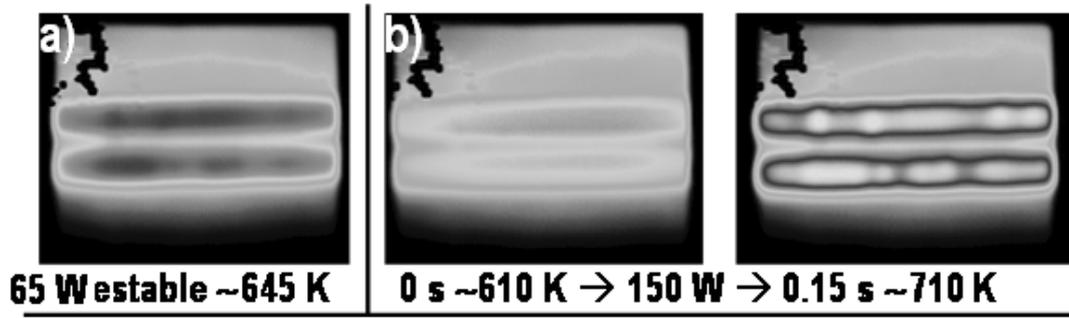


Fig. 2a

Fig. 2b

FIG. 2

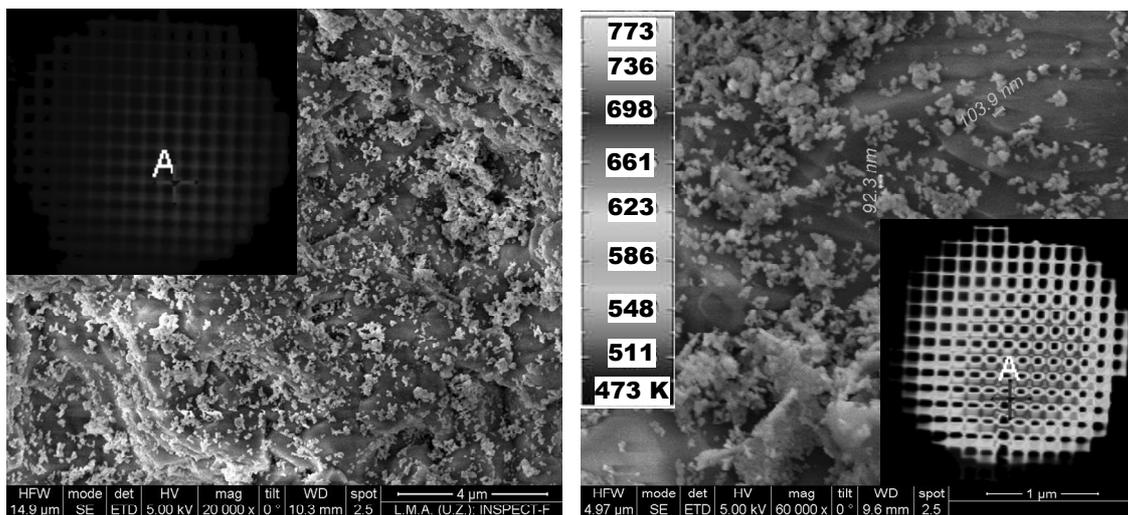
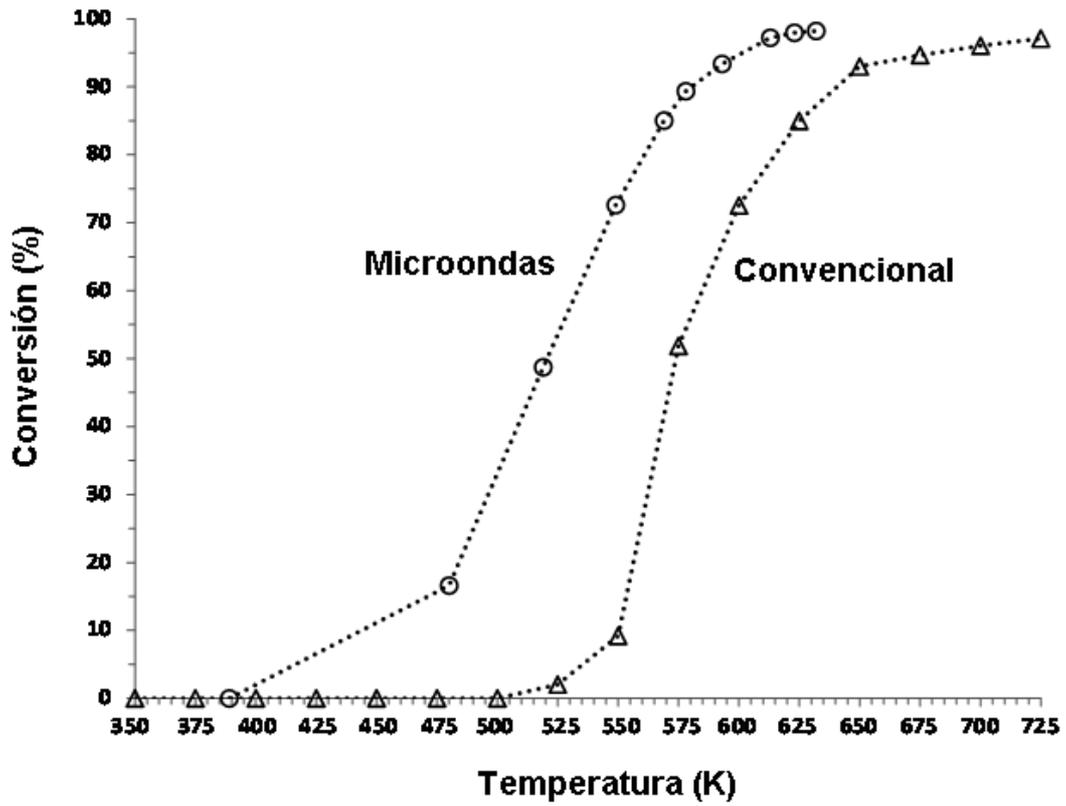


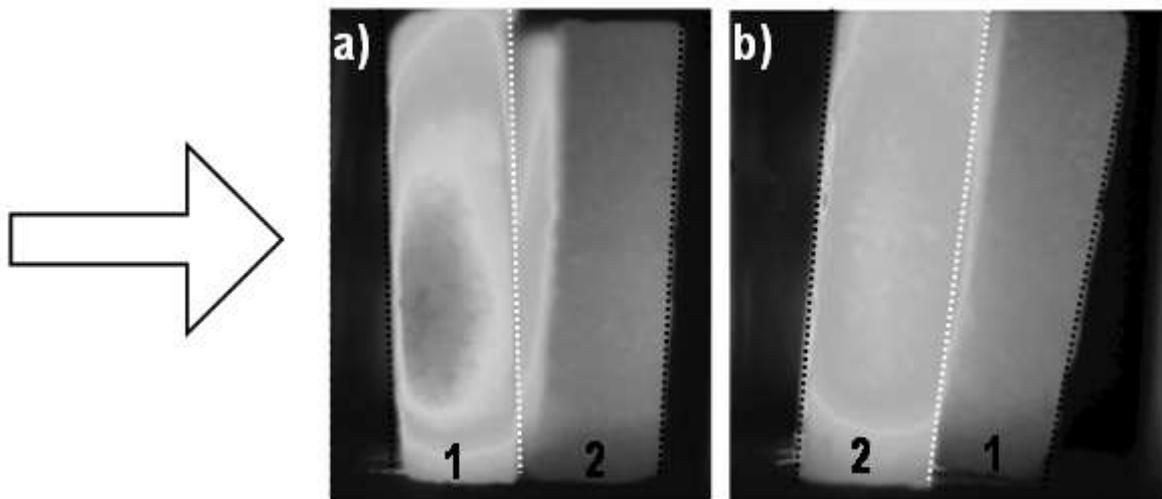
Fig. 3a

Fig. 3b

FIG. 3



**FIG. 4**



**Fig. 5a**

**Fig. 5b**

**FIG. 5**