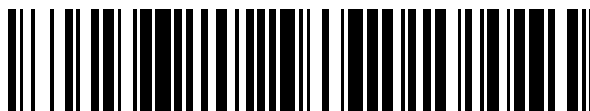


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 339**

51 Int. Cl.:

**G21B 3/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2016** **E 16000767 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018** **EP 3076396**

54 Título: **Método para producir electrones pesados**

30 Prioridad:

**02.04.2015 IT UB20150068**

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

**13.11.2018**

73 Titular/es:

**SCHIAVON, MAURO (50.0%)**

**Via Luxardo 38/4**

**35129 Padova (PD), IT y**

**GIACON, STEFANO (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SCHIAVON, MAURO**

ES 2 689 339 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método para producir electrones pesados.

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método para producir electrones pesados y la relativa utilización de dicha producción de electrones pesados con el fin de desencadenar y mantener una reacción nuclear baja.

10

**Antecedentes de la invención**

Recientemente se avanzó una teoría que combina la energía desarrollada por las "Reacciones Nucleares de Baja Energía (LENR - Low Energy Nuclear Reactions) con la producción de electrones pesados. En resumen, esta teoría propuesta por Widom y Larsen, establece que en la base del desarrollo de reacciones nucleares de baja energía existen condiciones de resonancia de energía de "polaritones plasmodios superficiales" (Surface Plasmon Polariton - SPP) capaces de producir electrones pesados que interactúan con iones de hidrógeno en un cristal de un híbrido metálico o de un material conductor de la electricidad que tenga iones de hidrógeno en la superficie.

20

La teoría describe cómo los electrones pesados producidos están sujetos posteriormente a una captura electrónica por los iones de hidrógeno.

Esta actividad de interacción entre electrones pesados e iones de hidrógeno produce neutrones que son capturados por átomos de los llamados materiales "objetivo" que están cerca, transformándolos en nuevos isótopos que posteriormente, mediante reacciones nucleares con una energía de desintegración baja, libera energía positiva neta en el proceso. Véase L. Larsen et al. "Ultra Low Momentum Neutron Catalyzed Nuclear Reactions on Metallic Hydride Surface", European Physical Journal C-Particles and Fields, 46 p. 107-112, 2006, y la patente de EE.UU. núm., 893, 414 expedida en la misma fecha que Larsen y otros.

30

Posteriormente, la solicitud de patente US 2011/0255645 A1 propuesta por Zawodny, incorpora por referencia la patente de EE.UU. núm. N.º 7, 893, 414, expedida a favor de Larsen et al., y propone la superación de sus inconvenientes y desventajas. La solicitud de patente US 2011/0255645 A1 carece sin embargo, de aspectos específicos más sustanciales y de aspectos prácticos.

35

En concreto, la solicitud de patente US 2011/0255645 A1 prevé el uso de materiales eléctricamente conductores "(por ejemplo, metales, nanotubos de carbono, grafeno, materiales superconductores, etc.)"

40

Dicha solicitud de patente indica que estos materiales eléctricamente conductores también pueden presentarse en forma de partículas o fibras.

45

La misma solicitud de patente también tiene en cuenta que los nanotubos son nanopartículas.

Los nanotubos, sin embargo, no son efectivos en la producción de grandes cantidades de electrones pesados con valores de masa extra para que puedan ser capturados por iones de hidrógeno para formar neutrones.

50

Por lo tanto, el estado de la técnica muestra los límites tanto en la producción de electrones pesados con valores de masa extra, que pueden ser capturados por iones de hidrógeno para

formar neutrones, pero, sobre todo, porque no muestra un dispositivo que utilice dicha producción y que pueda desencadenar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

### **Objetos de la invención**

5 En consecuencia, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para la producción de electrones pesados para la utilización de dicha producción de electrones pesados con el fin de activar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

10 La presente invención logra estos propósitos, y es una mejora sustancial en el estado general de la técnica.

### **Descripción detallada de la invención**

15 En primer lugar, se presenta el método, de acuerdo con esta invención, para producir electrones pesados para la utilización de dicha producción de electrones pesados con el fin de desencadenar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

20 Dicho método se basa generalmente en el fenómeno físico de la Resonancia de Plasmones Superficiales (Surface Plasmon Resonance - SPR), que se resume brevemente a continuación. Este fenómeno físico causa la oscilación colectiva resonante de los electrones de conducción en la superficie de contacto entre un material conductor, con una parte real de la constante dieléctrica negativa, y un material dieléctrico con una permisividad eléctrica positiva, si es estimulada por radiación electromagnética incidente a una frecuencia de resonancia adecuada.

La condición de resonancia se establece cuando la frecuencia de la radiación electromagnética incidente se sintoniza con la frecuencia de oscilación natural de los electrones superficiales, que oscilan contra la fuerza de retracción de los núcleos positivos fijos.

30 Más concretamente, el método que se presenta se basa en el fenómeno de Resonancia de Plasmones Superficiales Localizados (LSPR), que es una variante del fenómeno físico llamado SPR; de hecho, cuando los plasmones superficiales están localizados en una nanoestructura, a su vez rodeados por un medio Dieléctrico, y dicha nanoestructura es más pequeña que la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente, los plasmones oscilan coherentemente alrededor de la nanoestructura a una frecuencia de resonancia específica, si son estimulados por un radiación electromagnética incidente en consonancia con la frecuencia de oscilación natural de los electrones cercanos a la superficie de la nanoestructura.

40 El fenómeno físico LSPR, descrito hasta ahora, ya formaba parte de la descripción de la solicitud de patente US 2011/0255645 A1; dicha solicitud de patente, sin embargo, fue genérica y se describió de manera inadecuada.

45 En la presente invención, se usa un tipo particular de nanopartícula, que debido a su tamaño, su forma geométrica, conformación y características físicas particulares es con mucho la más apropiada y efectiva, en comparación con las mencionadas, para producir dichos electrones pesados en tales cantidades, como para desencadenar y sostener una reacción nuclear de baja energía.

50 De hecho, con dicho tipo especial de nanopartículas se ha observado que, usando un método adecuado expuesto en la presente invención, es posible producir electrones pesados con valores de masa extra tales que pueden ser capturados por iones de hidrógeno y dar lugar a un flujo de neutrones que desencadena y mantiene una reacción nuclear de baja energía.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para la producción de electrones pesados para la utilización de dicha producción de electrones pesado con el fin activar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

- 5 Este método para la producción de electrones pesados utiliza los siguientes elementos que tienen propiedades y características particulares.

1- Nanopartículas eléctricamente conductoras pertenecientes a un tipo particular de nanopartículas, los nanocuernos. Se usan, en concreto, en la presente invención para la  
10 producción de nanocuernos de carbono de electrones pesados con un tamaño de entre 30 y 120 nm. Dichos nanocuernos de carbono tienen una forma simétrica casi esférica, y una superficie corrugada con presencia de un gran número de protuberancias y prominencias/hendiduras con pequeños radios de curvatura. Dichos nanocuernos de carbono,  
15 de hecho, tienen, en la superficie, nanoestructuras de forma cónica de la variedad de grafeno de pared cónica, que poseen una alta movilidad de electrones capaz de amplificar considerablemente el campo eléctrico incidente en la frecuencia de resonancia. De nuevo, dichos nanocuernos de carbono presentan valores de superficie exterior muy altos por unidad de peso, con valores de producción típicos de entre 150 y 450 m<sup>2</sup>/gramo;

20 2- Un líquido dieléctrico transparente a la radiación electromagnética y que tiene iones de hidrógeno y/o hidroxonio dispersos en su interior; preferiblemente agua sin elementos que alterarían las características de transparencia a la radiación electromagnética. Si es necesario, el agua puede ser agua desmineralizada o agua desionizada o agua destilada o agua pesada o una mezcla de dichos tipos de agua.

25 3- Un nanofluido obtenido por la dispersión uniforme de dichos nanocuernos de carbono en dicho líquido dieléctrico transparente a la radiación electromagnética. Dicho nanofluido puede obtenerse dispersando los nanocuernos de carbono en dicho líquido dieléctrico transparente a la radiación electromagnética por medio de sonicación o mediante otros métodos de dispersión  
30 mecánica.

Preferiblemente, dicho nanofluido tiene una concentración de nanocuernos de carbono en dicho líquido dieléctrico de entre 20 miligramos y 20 gramos por litro.

35 4- Una fuente de radiación electromagnética que irradia dicho nano fluido con un haz de radiación electromagnética pulsada, coherente, monocromática, en la frecuencia de resonancia natural del plasmones superficiales de dicho nanofluido. Dicho haz de radiación electromagnética impulsiva tiene pulsos con una duración de entre 100 nanosegundos y 10 picosegundos, y con una frecuencia de repetición de pulsos de entre 1 Hz y 10000 Hz.

40 Dicho haz de radiación electromagnética tiene una irradiancia de entre 10<sup>10</sup> y 10<sup>13</sup> W / cm<sup>2</sup>.

De acuerdo con la invención, la frecuencia natural de resonancia de plasmones de dicho nanofluido, compuesto por dicho líquido dieléctrico y dichos nanocuernos de carbono, se  
45 detecta con un espectrofotómetro. Con este instrumento se ejecuta el espectro de transmitancia de dicho nanofluido para diferentes concentraciones de nanocuernos de carbono en el espectro electromagnético del ultravioleta cercano, el visible y el infrarrojo cercano (longitudes de onda de entre 200 nm y 1.2  $\mu$ m). A partir del análisis de dicho espectro de transmitancia, parece que, para diferentes concentraciones de dicho nanofluido, la  
50 transmitancia mínima de la radiación electromagnética incidente, en el espectro de longitudes de onda consideradas, se produce en correspondencia con la longitud de onda de aproximadamente 260 nm. Por lo tanto, a la longitud de onda de aproximadamente 260 nm, hay una absorción máxima de energía electromagnética incidente sobre las nanopartículas uniformemente dispersas en dicho nanofluido.



Basándonos en el espectro de transmitancia, también resulta evidente que variar la concentración de dicho nanofluido no cambia apreciablemente la frecuencia natural de la resonancia de plasmones superficiales de dicho nanofluido.

5 La frecuencia natural de la resonancia de plasmones superficiales de dicho nanofluido está por lo tanto en la banda de la región del ultravioleta cercano del espectro electromagnético, en concreto, en la frecuencia natural de resonancia de plasmón de dicho nanofluido, aproximadamente a  $1,15 \times 10^{15}$  Hz, existe una alta amplificación superficial del campo electromagnético de excitación incidente sobre las nanopartículas.

10 La teoría de Widom Larsen, citada en la técnica anterior, para la producción de reacciones nucleares de baja energía proporciona un primer paso esencial que consiste precisamente en la producción de electrones pesados.

15 Para producir electrones pesados es necesario proporcionar energía/masa extra a los electrones que en reposo tienen una energía/masa de aproximadamente 0,51 MeV.

Esta energía/masa extra está disponible como resultado de los fuertes campos eléctricos que se establecen en las proximidades de la superficie de separación entre las nanoestructuras y el fluido dieléctrico en el que están uniformemente dispersos para formar un nanofluido.

20 Aunque el voltaje asociado con estos campos eléctricos inducidos en la superficie de las nanopartículas es modesto, en el orden de magnitud de unas pocas docenas de voltios, los campos eléctricos relativos en juego se manifiestan en una escala tan pequeña de dimensiones físicas que dichos campos eléctricos pueden ser extremadamente intensos.

Una vez producidos estos fuertes campos eléctricos de superficie, tan pronto como un electrón absorbe energía de dichos campos eléctricos, una energía/masa para superar al menos en un factor de 2.53 su energía/masa en reposo, se convierte en un electrón pesado con una masa que puede ser capturada rápidamente por un ion de hidrógeno que se encuentre presente muy cerca de dichos electrones pesados.

30 Para que esto ocurra, una fuente de radiación electromagnética debe irradiar la nanopartícula a un valor de frecuencia, en sintonía con la frecuencia natural de resonancia de plasmones superficiales, durante un corto periodo de tiempo y con la energía adecuada para realizar, después de la amplificación de superficie, un campo eléctrico de valor RMS alrededor de la nanopartícula de al menos  $10^{11}$  V / m.

40 De hecho, cuando el campo eléctrico, con una frecuencia en el espectro ultravioleta, alrededor de la nanopartícula alcanza y permanece, aunque sea por un periodo de tiempo muy corto, en valores RMS superiores a  $10^{11}$  V / m, la energía/masa adicional está disponible para los electrones que se convierten en electrones pesados, de modo que pueden ser capturados rápidamente por iones de hidrógeno en el líquido dieléctrico cercano a la superficie de las nanopartículas.

45 Para llevar a cabo la producción de electrones pesados con altos valores de masa extra, de acuerdo con la presente invención, se usa una fuente de radiación electromagnética que irradia el nanofluido, previamente descrito, con un haz de radiación electromagnética impulsivo, coherente y monocromático en la frecuencia natural de la resonancia de plasmones superficiales de dicho nanofluido.

Dicho haz de radiación se pulsa y los pulsos tienen una duración de entre 100 nanosegundos y 10 picosegundos, con una frecuencia de repetición de pulsos de entre 1 Hz y 10000 H.

Dicho haz de radiación tiene una irradiancia de entre  $10^{10}$  y  $10^{13} \text{ W / cm}^2$ .

De forma ventajosa, para los fines de la resonancia de plasmones superficiales de dicho nanofluido, dicho haz de radiación electromagnética coherente, monocromático y colimado debe tener una frecuencia en torno a  $1,15 \times 10^{15} \text{ Hz}$ . Teniendo en cuenta, como se describió anteriormente, que la amplificación del campo eléctrico inducida en la superficie de las nanopartículas sobre el valor efectivo de  $10^{11} \text{ V/m}$  es esencial para la producción de electrones pesados para que puedan ser capturados por iones de hidrógeno, es importante considerar cuales son los parámetros que, de acuerdo con el fenómeno físico LSPR, en el que se basa la presente invención, contribuyen a la amplificación de la superficie del campo eléctrico; estos parámetros se consideran a continuación.

1- Nanopartículas con tamaños inferiores a la longitud de onda de la radiación electromagnética incidente, por lo tanto, nanopartículas con dimensiones en un rango bien determinado de valores; de hecho, la radiación electromagnética incidente considerada este en la banda de frecuencia que afecta al infrarrojo cercano y al ultravioleta cercano y al visible, y por lo tanto las dimensiones de las nanopartículas son generalmente de entre unos pocos nanómetros y un poco mas de 100 nanómetros.

2- Nanopartículas con una forma superficial que siempre es capaz de recibir la cantidad máxima de radiación de excitación electromagnética incidente, independientemente de la orientación.

3- Nanopartículas que tienen superficies corrugadas con la presencia de protuberancias, prominencias/hendiduras con pequeños radios de curvatura, como para constituir "puntos calientes" para la amplificación del campo electromagnético superficial.

4- Nanopartículas que tienen en la superficie nanoestructuras de grafeno de pared única que tienen, por lo tanto, una alta movilidad de electrones superficiales.

5- Nanopartículas con una gran superficie externa expuesta al movimiento de los plasmones y que, por lo tanto, implican grandes cantidades de plasmones por unidad de volumen en un movimiento constante en la superficie de dichas nanopartículas.

De acuerdo con lo anterior, un método para obtener la producción de electrones pesados emplea, como nanopartículas, nanocuernos de carbono que tienen las siguientes propiedades.

1- Dimensiones de entre 30 y 120 nm.

2- Simetría casi esférica capaz de recibir la misma radiación electromagnética independientemente de la dirección incidente de la misma.

3- Superficie corrugada externa con la presencia de un gran número de protuberancias, prominencias/hendiduras con pequeños radios de curvatura, tales que constituyen "puntos calientes" para la amplificación del campo electromagnético superficial;

4- Nanopartículas con alta movilidad electrónica de superficie, una característica típica de las nanoestructuras de grafeno de pared única, que, cuando se someten al fenómeno de Resonancia de Plasmones Superficiales Localizados (LPSR), pueden amplificar en gran medida el campo eléctrico incidente en superficie.

5- Nanopartículas que tienen valores de superficie exterior muy altos por peso unitario de 150 a  $450 \text{ m}^2 / \text{ gramo}$ .

Por otro lado, las nanopartículas (nano-tubos) indicadas en la solicitud de patente US 2011/0255645 A1, propuesta por Zawodny, no tienen tales características óptimas para el objetivo de una alta amplificación del campo eléctrico superficial.

- 5 De hecho, los nanotubos parecen ser nanopartículas muy alargadas con diámetros del orden de pocos nanómetros, pero con longitudes normalmente más altas que el micrómetro.

Considérese que para las nanopartículas que tienen dimensiones mucho más altas que 100nm, el movimiento de los electrones de conducción no puede seguir la oscilación de la radiación electromagnética incidente, los electrones se mueven fuera de fase, lo que resulta en un considerable ensanchamiento del espectro de absorción, y en un desplazamiento adicional hacia una frecuencia más baja de la resonancia de plasmones.

- 10 Además, los nanotubos, que tienen la forma de tubos, de acuerdo con su orientación en el medio dieléctrico, no siempre reciben la máxima radiación electromagnética incidente.

De nuevo, los nanotubos, dada su forma, tienen dos bandas distintas de absorción de plasmones superficiales, asociadas con las oscilaciones electrónicas transversales y longitudinales; la banda con longitudes de onda más cortas se origina en el modo de oscilación transversal, mientras que la banda con la longitud de onda más larga desde la oscilación longitudinal; a medida que aumenta la relación entre el diámetro y la longitud del nanotubo, podemos observar un cambio en la longitud de onda y de la banda de absorción.

- 20 Si se desea utilizar el grafeno en forma de plaquetas de nano grafeno, dada la forma plana y el tamaño de producción generalmente mucho mayor a 100 nm, para las nanoplacas de grafeno se aplican las mismas consideraciones previamente expuestas para los nanotubos.

Además, las plaquetas de nanografeno, si se irradian con una radiación electromagnética a su frecuencia de fenómenos LSPR, es decir, en el campo de frecuencias que incluye el infrarrojo cercano, el visible y el ultravioleta cercano, los plasmones superficiales excitados por la radiación se propagan en la superficie de las nanoplacas de grafeno dando lugar, sin embargo, a los fenómenos de reflexión, interferencia y amortiguación en los bordes y en los límites entre las diversas capas de nanografeno.

- 30 Dichos fenómenos de reflexión, interferencia y amortiguación causarían la atenuación del movimiento coherente de los polaritones de plasmón en la superficie de las nanoplacas de grafeno.

Otro aspecto a considerar en el uso de nanocuernos de carbono, se refiere al efecto de amplificación del campo eléctrico localizado en la superficie de las nanopartículas para el acoplamiento que surge de las nanopartículas que se acercan. De hecho, con el acercamiento progresivo de las nanopartículas, especialmente a distancias de menos de unos pocos nanómetros, se produce una mayor amplificación del campo eléctrico en las superficies de las zonas de las nanopartículas que están enfrentadas.

- 45 Esta amplificación adicional se debe a un aumento en la carga superficial inducida, debido a cargas opuestas en las aéreas que enfrentan las nanopartículas.

La amplificación localizada del campo eléctrico superficial es mayor en el caso de nanopartículas con una superficie externa corrugada con presencia de salientes y prominencias/hendiduras, una característica que no se encuentra en nanotubos ni en nanoplaquetas de grafeno, mientras que es típico de las nanopartículas utilizadas en este método.

Las ventajas del método expuestas anteriormente, de acuerdo con la invención, se pueden observar a continuación:

De forma ventajosa, el presente método, para producir grandes cantidades de electrones pesados, prevé el uso preferente, como nanopartículas, eléctricamente conductoras, de nanocuernos de carbono de tipo dahlia; el término) nanocuernos de carbono en la literatura, de hecho, indica una familia de nanopartículas de carbono formadas a su vez por diferentes tipos de nanopartículas; de hecho, pertenecen a la familia de los nanocuernos de carbono las nanopartículas llamadas nanocuernos de carbono del tipo "seed", "bud", "dahlia" y "petal-dahlia"; ventajosamente, los nanocuernos de carbono del tipo dahlia tienen un tamaño  $d$  entre 30 nm y 120 nm; de forma ventajosa, dicho tipo dahlia de los nanocuernos de carbono tiene una forma casi esférica capaz de recibir la misma radiación electromagnética, independientemente de la dirección incidente de la misma; de forma ventajosa, dichos nanocuernos de carbono "dahlia" tienen una conformación superficial formada por nanoconos con estructura de grafeno de pared única con altos valores de movilidad de electrones y con la presencia también de protuberancias y prominencias/indentaciones, tales que constituyen "puntos calientes" para una mayor amplificación superficial del campo electromagnético; de forma ventajosa, el presente método implica el uso de un líquido dieléctrico que es transparente a la radiación electromagnética en la frecuencia de resonancia de plasmones superficiales de aproximadamente  $1.15 \times 10^{15}$  Hz; de forma ventajosa, el presente método, usando técnicas conocidas, prevé la dispersión de los nano cuernos de carbono dentro del líquido dieléctrico que es transparente a la radiación electromagnética para formar un coloide; de forma ventajosa, por lo tanto, el método para la producción de electrones pesados considera el uso de un nanofluido en el que no se produce la formación de agregación de las nanopartículas; de hecho, la agregación y el contacto entre las nanopartículas reducirían significativamente la amplitud de los campos eléctricos en la superficie de nanopartículas agregadas en contacto, comprometiendo la formación de electrones pesados con altos valores de masa extra; de forma ventajosa, de acuerdo con la presente invención, el nano fluido tiene una concentración que varía entre 20 miligramos por litro y 20 gramos por litro; de forma ventajosa, de acuerdo con la presente invención, el método para la producción de electrones pesados con altos valores de masa extra permite, dados los valores de energía por impulso, la duración del impulso y la longitud de onda descritos en este método, el uso de fuentes de radiación electromagnética impulsiva, coherente y monocromática, que se encuentran entre las fuentes laser producidas para aplicaciones industriales y científicas; de forma ventajosa, el dispositivo que usa el método descrito en la presente invención, preferiblemente emplea, entre las varias posibles, sales de litio en solución como "materiales objetivo" dispuestos alrededor del nanofluido. Dichas sales de litio, con altos valores de secciones transversales, tienen la función de absorber los neutrones producidos y dar lugar a un ciclo natural de reacciones posteriores de transmutaciones nucleares de baja energía, con el posterior desarrollo de energía térmica.

Se pueden usar otros tipos de materiales como materiales objetivo.

#### Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 representa de manera simple y esquemática el fenómeno físico de la Resonancia de Plasmones Superficiales Localizados (Localized Surface Plasmon Resonance - LSPR).

La figura 2 representa esquemáticamente el dispositivo según la presente invención, para la producción de electrones pesados capaces de desencadenar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

La fig. 3 es una imagen SEM de un conjunto de nanocuernos de carbono tipo dalia.

La fig. 4 es una imagen TEM de un conjunto de nanocuernos de carbono de tipo dahlia.

La fig.5 es una imagen TEM de nanocuernos de carbono tipo dalia.

- 5 La fig. 6 muestra dos matraces de nanofluidos que contienen agua desionizada y nanocuernos de carbono tipo dahlia con diferentes concentraciones.

La figura 7 muestra el espectro de transmitancia de un nanofluido que consiste en agua desionizada y nanocuernos de carbono tipo dahlia para diferentes concentraciones de nanocuernos de carbono tipo dalia.

### Descripción detallada de los dibujos

15 La presente invención es un método para la producción de electrones pesados con altos valores de masa extra donde la producción relativa de estos electrones pesados se usa en aplicaciones enfocadas a la generación de neutrones que posiblemente pueden usarse para desencadenar y mantener una reacción nuclear de baja energía.

20 A continuación se expone una descripción general de un ejemplo no limitativo de una forma de realización preferida de la presente invención.

En la fig. 1 se muestra, de forma simplificada y esquemática, un sistema físico basado en el fenómeno de Resonancia de Plasmones Superficiales Localizados (Localised Surface Plasmon Resonance - LSPR).

25 Con referencia a la fig. 1, el sistema físico LSPR tiene los siguientes elementos esenciales: las nanopartículas conductoras de electricidad sumergidas en un medio dieléctrico, no mostrado, y una radiación electromagnética incidente sobre las nanopartículas conductoras de la electricidad.

30 La presente invención se basa en el fenómeno físico de LSPR, del que presenta los elementos característicos, revisados y reconsiderados, para lograr el objetivo de la presente invención.

35 Con referencia a los dibujos, y más concretamente a la fig. 2, se muestra esquemáticamente un dispositivo 1 para producir electrones pesados de acuerdo con la presente invención.

40 Para lograr el propósito de la presente invención, se emplea un líquido dieléctrico 2, transparente a la radiación electromagnética y que tiene iones de hidrógeno y/o hidroxonio dispersos en su interior; en concreto, se usa preferiblemente agua desionizada.

Dentro de dicho líquido dieléctrico 2, se encuentran nanopartículas conductoras de electricidad uniformemente dispersas.

45 Las nanopartículas utilizadas son nanocuernos de carbono 3.

De los cuatro tipos de nanocuernos de carbono 3 indicados previamente, de forma ventajosa en el presente ejemplo detallado del método, se emplean nanocuernos de carbono tipo dahlia 3 para la producción de electrones pesados con un tamaño de entre 30 y 120 nm. Dichos nanocuernos de carbono tipo dalia 3 se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

50 Dichos nanocuernos de carbono tipo dalia 3 se dispersaron de manera uniforme en el líquido dieléctrico 2 que consistía en agua desionizada con una concentración de 500 mg/l de acuerdo con el siguiente procedimiento.

Los nanocuernos de carbono 3 tipo dahlia se dispersaron mecánicamente en una solución compuesta por el líquido dieléctrico 2 que consistía en agua desionizada. Se llevó a cabo una primera dispersión de los nanocuernos de carbono tipo dahlia 3 en el líquido dieléctrico transparente a la radiación electromagnética 2 usando un sonicador; luego se llevó a cabo una segunda dispersión empleando un homogeneizador de alta presión para optimizar la dispersión final. Con este procedimiento, se garantiza la estabilidad a largo plazo de la dispersión.

Como resultado de estas operaciones de dispersión uniforme, se obtuvo un nanofluido 4. La fig. 6 muestra dos ejemplos de matraces de nanofluido 4 que consisten en agua desionizada y nanocuernos de carbono tipo dahlia 3 con dos concentraciones diferentes. Para determinar la frecuencia natural de la resonancia de plasmones superficiales del nanofluido 4 a diferentes concentraciones, el espectro de transmitancia se llevó a cabo a temperatura ambiente para varias muestras de nanofluido 4.

Se verificó que con una concentración de 500 mg/l, la frecuencia natural de resonancia de plasmones del nanofluido 4 no cambia y permanece entorno a  $1.15 \times 10^{15}$  Hz, igual a una longitud de onda de aproximadamente 260 nm.

Como se desprende del espectro de transmisión de luz de la fig. 7, para la longitud de onda de aproximadamente 260 nm (ultravioleta cercano), encontramos la transmitancia mínima de la radiación electromagnética incidente en el nanofluido 4. Por lo tanto, a la frecuencia de aproximadamente 260 nm, se produce la absorción máxima de energía electromagnética incidente en el nanofluido 4.

Con 500 gramos de dicho nanofluido 4, que tiene una concentración de nanocuernos de carbono tipo dalia 3 igual a 500 mg/l, se llenó un recipiente aislado 5. El recipiente aislado 5 se colocó dentro de otro recipiente aislado 6.

En el espacio intermedio 7, definido entre los dos recipiente aislados, se introdujo una solución de cloruro de litio dispersada en agua con una concentración igual a 800 gramos/litro; dicha solución no se muestra en la figura 2; dicha solución de cloruro de litio dispersada en agua con una concentración casi saturada igual a 800 gramos/litro tenía un peso de aproximadamente 900 gramos (500 gramos de agua y aproximadamente 400 gramos de cloruro de litio).

Una vez introducida, en el espacio intermedio 7, la solución de cloruro de litio dispersada en agua con un peso de 900 gramos, se esperó un tiempo suficiente para permitir que dicha solución entrara en equilibrio térmico con la temperatura ambiente. En el dispositivo se había hecho previamente un conducto con una ventana transparente a la radiación electromagnética 8.

A través de dicho conducto con la ventana transparente a la radiación electromagnética 8, se hicieron pulsos de un haz de radiación electromagnética 9 para impactar en el nanofluido 4, dentro del recipiente metálico 5, que tenía un diámetro de aproximadamente 0,3 mm, generado por una fuente de radiación electromagnética de tipo láser 10 con una longitud de onda de 266nm.

Dicha radiación electromagnética de tipo láser 9 a una frecuencia de 266 nm tenía una duración de aproximadamente 2 ns, una frecuencia de repetición de aproximadamente 1 Hz, una irradiancia de aproximadamente  $5 \times 10^{11}$  W / cm<sup>2</sup>.

Los 500 gramos de nanofluido 4, inicialmente a 21 °C de temperatura ambiente, encerrados en el recipiente aislado 5, fueron irradiados por el haz de radiación electromagnética 9, de tipo láser, que tenía un diámetro de 0.3 mm, y una frecuencia de 266 nm, con un pulso de duración de aproximadamente 2 ns, una frecuencia de repetición de aproximadamente 1 Hz y con una

energía de pulso igual a aproximadamente 0.35 J con una irradiancia de alrededor de  $5 \times 10^{11} \text{W/cm}^2$  durante unos 3600 segundos.

5 Durante este periodo de tiempo de 3600 segundos, la bobina metálica para el intercambio de calor 11 estaba vacía sin circulación de agua de refrigeración. Al final del periodo de 3600 segundos hubo una medición de la temperatura de la solución de cloruro de litio dispersada en agua con una concentración de 800 gramos/litro contenida en el espacio intermedio 7 y que tenía un peso de aproximadamente 900 gramos.

10 Dicha temperatura era de 33 °C; por lo tanto, hubo un aumento de temperatura de 12 °C por encima de la temperatura ambiente.

15 Si bien la energía transferida en 3600 segundos desde el haz de radiación electromagnética 9, de tipo láser, con las características indicadas anteriormente, era aproximadamente de 1260 J, se produjo una cantidad neta de energía térmica que fue aproximadamente 23 veces la energía suministrada a través del haz de radiación electromagnética 9, colimado y de tipo láser.

20 El dispositivo 1 permite la recuperación de la energía térmica neta producida mediante la circulación de agua en la bobina de intercambio de calor.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la producción de electrones pesados que comprende al menos un primer paso de fabricación de un nanofluido (4) por dispersión, mediante sonicación, o bien por otros métodos de dispersión mecánica en un líquido dieléctrico (2) transparente a la radiación electromagnética (9), y que tiene dispersos en su interior iones de hidrógeno y/o iones hidroxonio, nanopartículas conductoras de electricidad en que dichas nanopartículas pertenecen al tipo definido como nanocuernos; y en el que el método comprende al menos una  
10 segunda etapa de irradiación de dicho nanofluido (4) con una fuente de radiación electromagnética (10), a la frecuencia natural de resonancia de plasmones superficiales de dicho nanofluido (4).
- 15 2. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dichos nanocuernos son nanocuernos de carbono (3).
3. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que dichos nanocuernos son de la variedad dalia.
- 20 4. Método para la producción de electrones pesados según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que dichos nanocuernos tienen un tamaño de entre 30 y 120 nm.
5. Método para la producción de electrones pesados según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que dichos nanocuernos poseen valores de la superficie exterior  
25 por unidad de peso de alrededor de 140-450 m<sup>2</sup>/gramo.
6. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho líquido dieléctrico (2) transparente a la radiación electromagnética (9) está compuesto de agua.  
30
7. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho líquido dieléctrico (2) transparente a la radiación electromagnética (9) está compuesto de agua desmineralizada o agua desionizada o agua destilada o agua pesada o una mezcla de dichos tipos de agua.  
35
8. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la concentración de dichos nanocuernos en dicho líquido dieléctrico (2) transparente a la radiación electromagnética (9) se encuentra entre 20 miligramos y 20 gramos por litro.  
40
9. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicha fuente de radiación electromagnética (10) irradia dicho nanofluido (4) con un haz de radiación electromagnética (9) pulsado, coherente y monocromático a la frecuencia natural de la resonancia de plasmones superficiales de dicho nano fluido (4).  
45
10. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 9, caracterizado por el hecho de que los pulsos de dicho haz de radiación electromagnética impulsiva (9) tienen una duración de entre 100 nanosegundos y 10 picosegundos con una frecuencia de repetición de los pulsos de entre 1 Hz y 10000 Hz.  
50
11. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1 o 9, caracterizado por el hecho de que dicho haz de radiación electromagnética tiene una irradiancia de entre 10<sup>10</sup> y 10<sup>13</sup>W/cm<sup>2</sup>.



12. Método para la producción de electrones pesados según la reivindicación 1 o 9 caracterizado por el hecho de que dicho haz de radiación electromagnética (9) debe tener una frecuencia alrededor de  $1.15 \times 10^{15}$  Hz, con un líquido dieléctrico como en la reivindicación 6 o 7.

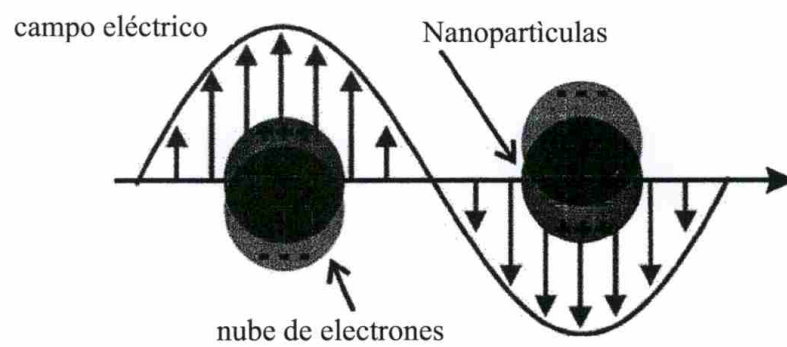


Fig. 1

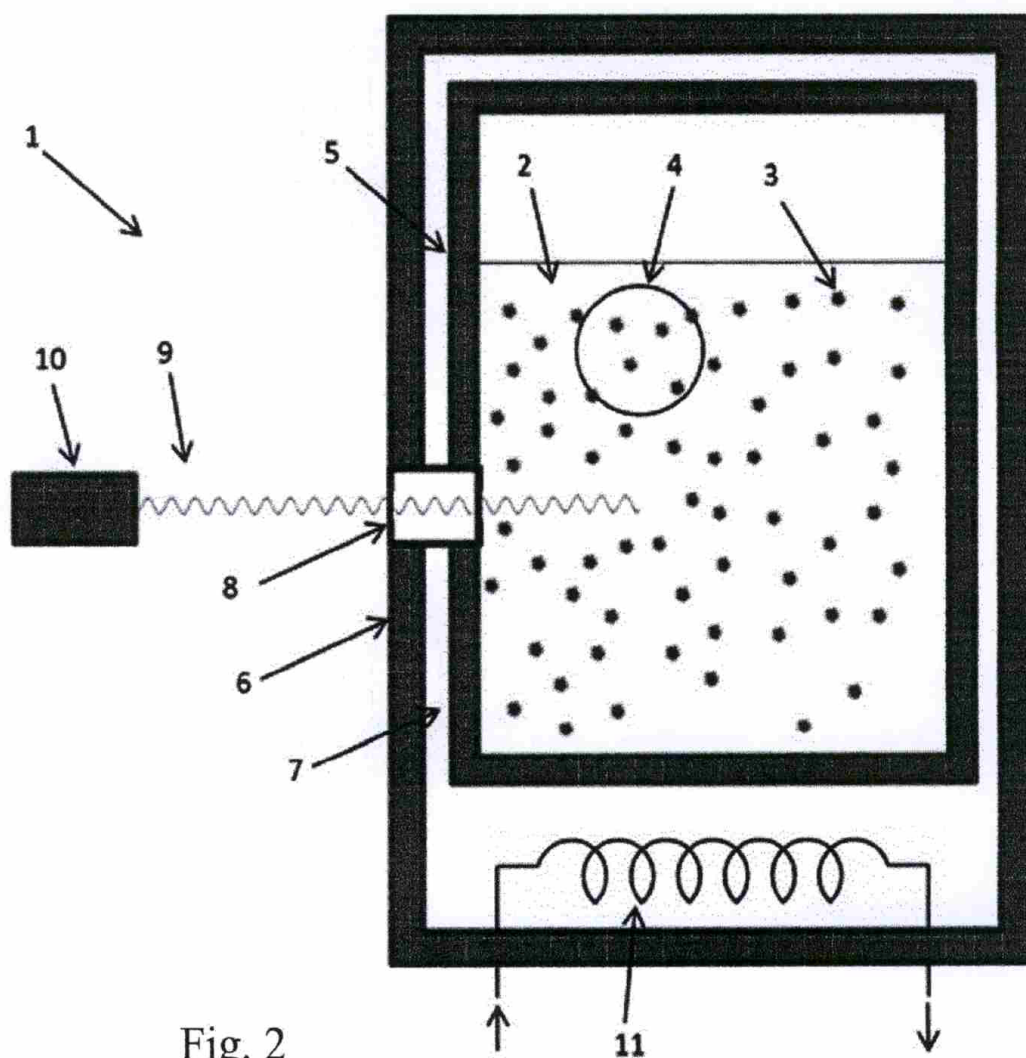
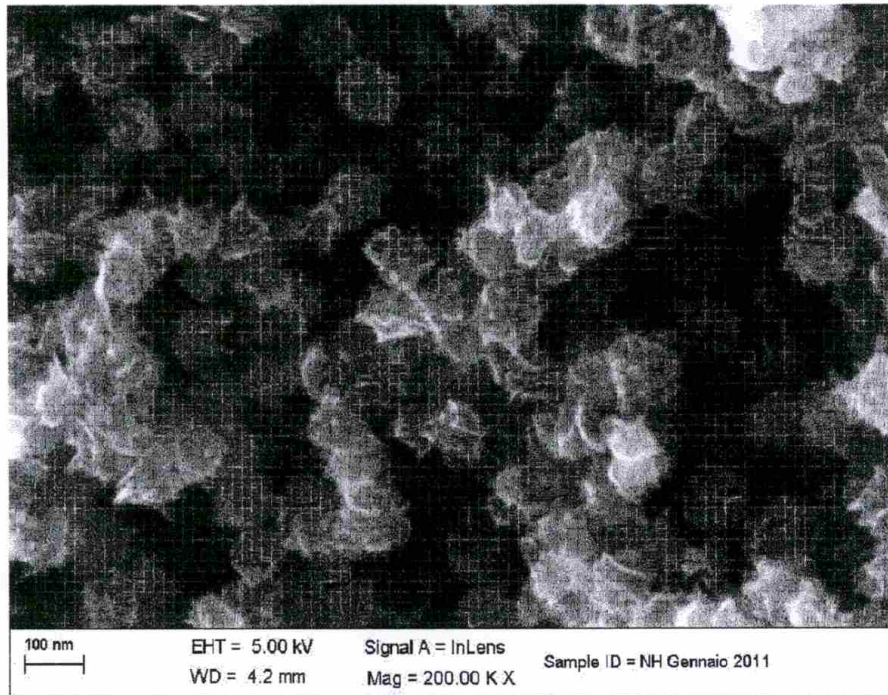
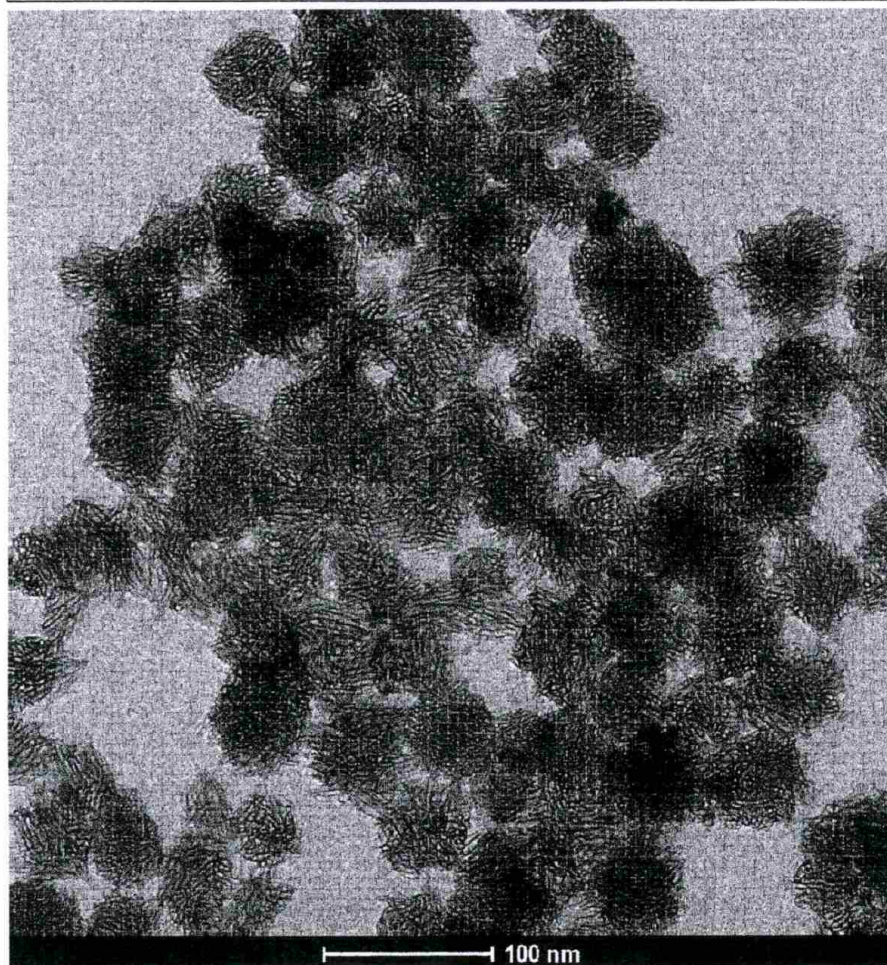


Fig. 2



**Fig. 3**

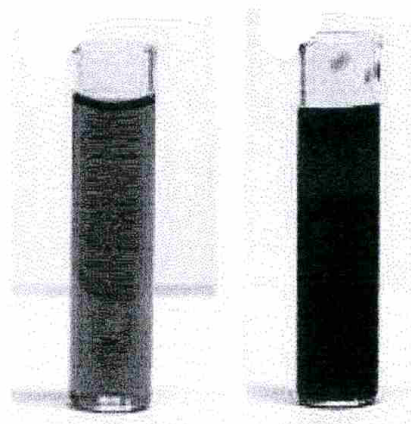


**Fig. 4**

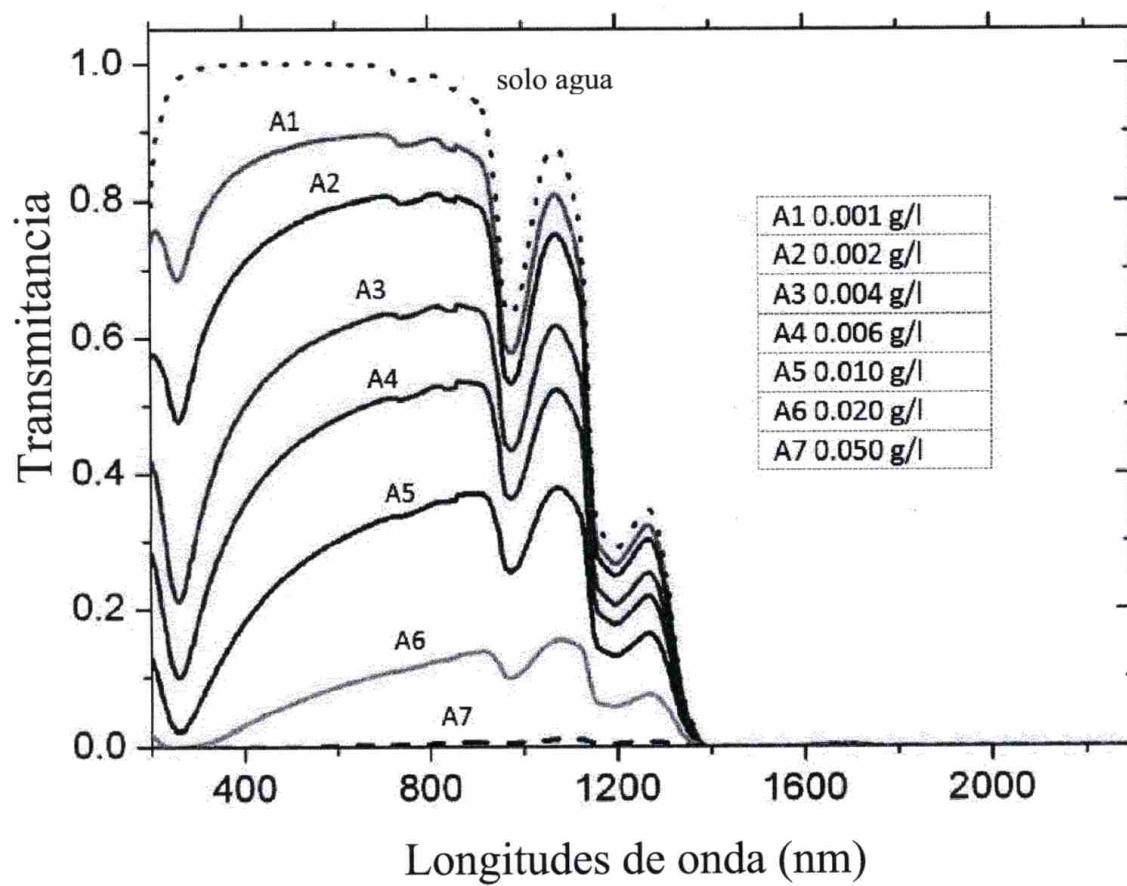




**Fig. 5**



**Fig. 6**

**Fig. 7**

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

- Esta lista de referencias citadas por el solicitante es sólo para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de patente europea. Si bien se ha realizado un esfuerzo considerable para recopilar estas referencias, no se excluyen errores ni omisiones, y la OEP declina cualquier responsabilidad a este respecto.*
- 5

Documentos de patente citados en la descripción

- 10 US 7893414 B [0004] [005] US 20110255645 A1, Zawodny [005][006][0017][0038]

Literatura distinta de la patente citada en la descripción

- 15 L. LARSEN et al. Ultra Low Momentum Neutron Catalyzed Nuclear Reactions on Metallic Hydride Surface. European Physical Journal C-Particles and Fields, 2006, vol 46, 107-112 [004]