

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 717**

51 Int. Cl.:

C09K 11/02	(2006.01) C23C 14/16	(2006.01)
C09K 11/62	(2006.01) C23C 14/24	(2006.01)
C09K 11/66	(2006.01) C23C 14/30	(2006.01)
C09K 11/67	(2006.01)	
C09K 11/69	(2006.01)	
C09K 11/72	(2006.01)	
C09K 11/74	(2006.01)	
C23C 14/58	(2006.01)	
C09K 11/61	(2006.01)	
C23C 14/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2007** **E 07759029 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015** **EP 2004775**

54 Título: **Materiales luminiscentes que emiten luz en el intervalo visible o en el intervalo infrarrojo cercano**

30 Prioridad:

21.03.2006 US 784863 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.08.2015

73 Titular/es:

OMNIPV, INC. (100.0%)
2711 Centerville Road, Suite 400
City of Wilmington, County of New Castle, DE
19808, US

72 Inventor/es:

VARADARAJAN, JOHN;
RESAN, MIRNA;
WU, FANXIN;
PFENNINGER, WILLIAM M.;
VOCKIC, NEMANJA y
KENNEY, JOHN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 543 717 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

Materiales luminiscentes que emiten luz en el intervalo visible o en el intervalo infrarrojo cercano

5 Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad del documento de Solicitud Provisional de Estados Unidos con número de Serie 60/784.863, presentado el 21 de marzo de 2006.

10 Campo de la invención

La invención se refiere generalmente a materiales luminiscentes. Más particularmente, la invención se refiere a materiales luminiscentes que emiten luz en el intervalo visible o el intervalo infrarrojo cercano y al uso de tales materiales en aplicaciones de antifalsificación, inventario, fotovoltaicas y otras aplicaciones.

15 Antecedentes de la invención

En ocasiones, un objeto que se tiene que autenticar o identificar se proporciona con una marca específica, que puede ser parte del propio objeto o puede estar acoplada al objeto. Por ejemplo, una marca usada habitualmente es un código de barras, que incluye un conjunto lineal de elementos que se imprimen directamente sobre el objeto o sobre etiquetas que se acoplan al objeto. Estos elementos incluyen por lo general barras y espacios, representando las barras de longitudes variables cadenas de unos binarios, y representando los espacios con longitudes variables cadenas de ceros binarios. Aunque los códigos de barras son útiles para rastrear localizaciones o identidades de objetos, estas marcas se pueden reproducir fácilmente y, de ese modo, tienen una eficacia limitada en términos de prevención de falsificación.

A la vista de estos antecedentes surge la necesidad de desarrollar los materiales luminiscentes que se describen en el presente documento.

Scaife, D. E. et. al.: "Crystal preparation and properties of cesium tin(II) trihalides", Journal of Solid State Chemistry, vol. 9, nº 3, 1 de marzo de 1974, páginas 308-314, ISSN: 0022-4596 describen métodos de síntesis para haluros de cesio y estaño(II) a través de una solución acuosa y a partir de los fundidos de los aluminos anhídros. Se describe que todos los compuestos de haluro CsSnCl_3 , CsSnBr_2Cl , CsSnBr_3 , CsSnBr_2I y CsSnI_3 tienen una estructura cúbica de perovskita a temperatura elevada, y que todos menos los dos primeros son buenos conductores eléctricos en esta forma.

Yamada, K. et. al.: "127I-NQR, 119Sn Mossbauer effect, and electrical conductivity of MSnI_3 ($M = \text{K}, \text{HN}_4, \text{Rb}, \text{Cs}$ y CH_3NH_3)", Zeitschrift fur Naturforschung. Teil A, Physik, Physikalischechemie, Kosmophysik, Verlag der Zeitschrift fur Naturforschung, Tubingen, DE, vol. 45a, 1 de enero de 1990, páginas 307-312, ISSN: 0340-4811 describen que en una serie de compuestos de MSnI_3 ($M = \text{K}, \text{HN}_4, \text{Rb}, \text{Cs}$ y CH_3NH_3) se descubrieron dos tipos de coordinación alrededor del Sn(II) central mediante técnicas de ^{127}I -NQR y difracción de rayos X de polvo.

Mauersberger, P. et. al.: "Structure of caesium triiodostannate(II)", Acta Crystallographia. Sección B, Structural Science, Munksgaard, Copenhagen, DK, vol. 36, nº 3, 1 de marzo de 1980, páginas 683-684, ISSN: 0108-7681 describen experimentos que incluyen la obtención e investigación de la estructura de $\text{Cs}[\text{SnI}_3]$.

Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un material luminiscente como se expone en la reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para formar un material luminiscente como se expone en la reivindicación 8.

Los materiales luminiscentes de acuerdo con diversas realizaciones de la invención pueden exhibir diversas características deseables. En algunas realizaciones, los materiales luminiscentes pueden exhibir fotoluminiscencia con una elevada eficacia cuántica, con una estrecha anchura espectral, y con una longitud de onda de emisión de pico localizada en un intervalo deseable de longitudes de onda, tal como el intervalo visible o el intervalo infrarrojo cercano. Además, estas características fotoluminescentes pueden ser en ocasiones relativamente insensibles en un amplio intervalo de longitudes de onda de excitación. Los materiales luminiscentes pueden tener otras características deseables, tales como en lo que se refiere a sus energías de banda prohibida y conductividades eléctricas. De forma ventajosa, los materiales luminiscentes se pueden procesar fácilmente para su uso en aplicaciones de antifalsificación, inventario, fotovoltaicas y otras aplicaciones. Por ejemplo, los materiales luminiscentes se pueden usar para formar marcas de seguridad que son difíciles de reproducir y, de ese modo, se pueden usar ventajosamente en aplicaciones de antifalsificación. Con otro ejemplo, los materiales luminiscentes se pueden usar para formar marcas de identificación y, de ese modo, se pueden usar ventajosamente en aplicaciones

de inventario.

También se contemplan otros aspectos y realizaciones de la invención. El sumario anterior y la descripción detallada posterior no pretenden restringir la invención a ninguna realización particular sino que simplemente pretenden describir diversas realizaciones de la invención.

Breve descripción de las figuras

Para una mejor comprensión de la naturaleza y los objetivos de algunas realizaciones de la invención, se debería hacer referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con las figuras anexas.

La Figura 1 proporciona imágenes de replicación de figuras de líneas que se pueden obtener por irradiación de conjuntos aleatorios de nanopartículas.

La Figura 2 ilustra la codificación espectral que se puede obtener ajustando proporciones relativas de nanopartículas que tienen diferentes espectros de emisión.

La Figura 3 ilustra un sistema de seguridad.

En la Figura 4 ilustra los espectros de emisión de un material luminiscente para un intervalo de longitudes de onda de excitación, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 5 ilustra un espectro de excitación de un material luminiscente, de acuerdo con una realización de invención.

La Figura 6 ilustra espectros de emisión de un conjunto de materiales luminiscentes, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 7 ilustra espectros de emisión de otro conjunto de materiales luminiscentes, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 8 ilustra espectros de un material luminiscente, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 9 ilustra espectros de otro material luminiscente, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 10 ilustra espectros de emisión de un material luminiscente para un intervalo de temperaturas, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 11 ilustra un espectro de emisión de un material luminiscente que incluye cesio, plomo(II) y yodo.

La Figura 12 ilustra un espectro de emisión de un material luminiscente que incluye cesio, germanio(II), y yodo.

La Figura 13 ilustra un espectro de emisión de un material luminiscente que incluye cesio, indio(I), y yodo.

La Figura 14 de ilustra un patrón de difracción de rayos X ("XRD") de un material luminiscente, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 15A a la Figura 15C ilustran patrones de XRPD de diversos materiales convencionales.

Descripción detallada

Definiciones

Las siguientes definiciones se aplican a algunos de los elementos que se describen con respecto a algunas realizaciones de la invención. Estas definiciones se pueden extender del mismo modo al presente documento.

Como se usa el presente documento, los términos en singular "un", "uno", "una", "el", y "la" incluyen las referencias en plural a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Por lo tanto, por ejemplo, la referencia a un material luminiscente puede incluir múltiples materiales luminiscentes a menos que el contexto indique claramente otra cosa.

Como se usa en el presente documento, el término "conjunto" se refiere a una colección de uno o más elementos. Por lo tanto, por ejemplo, un conjunto de partículas puede incluir una partícula individual o múltiples partículas. Los elementos de un conjunto se pueden denominar miembros del conjunto. Los elementos de un conjunto pueden ser iguales o diferentes. En algunos casos, los elementos de un conjunto pueden compartir una o más características comunes.

Como se usa en el presente documento, los términos "opcional" y "opcionalmente" significan que el suceso o circunstancia descrito posteriormente puede producirse o no producirse y que la descripción incluye casos en los que el suceso o circunstancia se produce y casos en los que no se producen.

Como se usa el presente documento, la expresión "intervalo ultravioleta" se refiere a un intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 5 nanómetros ("nm") a aproximadamente 400 nm.

Como se usa en el presente documento, la expresión "intervalo visible" se refiere a un intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 400 nm a aproximadamente 700 nm.

Como se usa en el presente documento, la expresión "intervalo infrarrojo" se refiere a un intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 2 milímetros ("mm"). El intervalo infrarrojo incluye el "intervalo infrarrojo cercano", que se refiere a un intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 5 micrómetros ("μm"), el "intervalo infrarrojo medio", que se refiere a un intervalo de longitudes de

onda de aproximadamente 5 μm a aproximadamente 30 μm , y el "intervalo infrarrojo lejano", que se refiere a un intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 30 μm a aproximadamente 2 mm.

- 5 Como se usa en el presente documento, los términos "reflexión", "reflejar", y "reflectante" se refieren a una flexión o una desviación de la luz. Una flexión o una desviación de la luz puede ser básicamente en una dirección individual, tal como en el caso de una reflexión especular, o puede ser en múltiples direcciones, tal como el caso de reflexión difusa o dispersión. En general, la luz incidente en un material y la luz reflejada del material pueden tener longitudes de onda que son iguales o diferentes.
- 10 Como se usa en el presente documento, los términos "luminiscencia", "luminiscer", y "luminiscente" se refieren a una emisión de luz en respuesta a una excitación energética. La luminiscencia se puede producir basándose en la relajación de estados electrónicos excitados de átomos o moléculas y puede incluir quimioluminiscencia, electroluminiscencia, fotoluminiscencia, termoluminiscencia, triboluminiscencia, y las combinaciones de las mismas. Por ejemplo, en el caso de la electroluminiscencia, se puede producir un estado electrónico excitado basándose en una excitación eléctrica. En el caso de la fotoluminiscencia, que puede incluir fluorescencia y fosforescencia, se puede producir un estado electrónico excitado basándose en excitación luminosa, tal como absorción de luz. En general, la luz incidente en un material y la luz emitida por el material pueden tener longitudes de onda que pueden ser iguales o diferentes.
- 15
- 20 Como se usa en el presente documento con respecto a la fotoluminiscencia, la expresión "eficacia cuántica" se refiere a una proporción del número de fotones emitidos por un material con respecto al número de fotones absorbidos por el material.
- 25 Como se usa en el presente documento, la expresión "espectro de absorción" se refiere a una representación de la absorción de luz en un intervalo de longitudes de onda. En algunos casos, un espectro de absorción se puede referir a un gráfico de absorbancia (o transmitancia) de un material en función de la longitud de onda de luz incidente en el material.
- 30 Como se usa en el presente documento, la expresión "espectro de emisión" se refiere a una representación de la emisión de luz en un intervalo de longitudes de onda. En algunos casos, un espectro de emisión se puede referir a un gráfico de intensidad de luz emitida por un material en función de la longitud de onda de luz emitida.
- 35 Como se usa en el presente documento, la expresión "espectro de excitación" se refiere a otra representación de la emisión de luz en un intervalo de longitudes de onda. En algunos casos, un espectro de excitación se puede referir a un gráfico de intensidad de luz emitida por un material en función de la longitud de onda de luz incidente en el material.
- 40 Como se usa en el presente documento, la expresión "anchura a media altura" o "FWHM" se refiere a una medida de anchura espectral. En el caso de un espectro de emisión, la FWHM se puede referir a la anchura del espectro de emisión en la mitad de un valor de intensidad de pico.
- 45 Como se usa en el presente documento con respecto a un espectro de excitación, la expresión "básicamente plano" se refiere a ser básicamente invariante con respecto a un cambio en la longitud de onda. En algunos casos, se puede hacer referencia a que un espectro de excitación es básicamente plano en un intervalo de longitudes de onda si los valores de intensidad dentro del intervalo de longitudes de onda exhiben una desviación estándar de menos de un 20 por ciento con respecto al valor de intensidad promedio, tal como menos de un 10 por ciento o menos de un 5 por ciento.
- 50 Como se usa en el presente documento, la expresión "intervalo subnanométrico" o "intervalo sub-nm" se refiere a un intervalo de dimensiones menor de aproximadamente 1 nm, tal como aproximadamente 0,1 nm o ligeramente inferior de aproximadamente 1 nm.
- 55 Como se usa en el presente documento, la expresión "intervalo nanométrico" o "intervalo nm" se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 1 μm . El intervalo nm incluye el "intervalo nm inferior", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 1 nm a aproximadamente 10 nm, el "intervalo nm medio", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 10 nm a aproximadamente 100 nm, y el "intervalo nm superior", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 100 nm a aproximadamente 1 μm .
- 60 Como se usa en el presente documento, la expresión "intervalo micrométrico" o "intervalo μm " se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 1 mm. El intervalo μm incluye el "intervalo μm inferior", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 10 μm , el "intervalo μm medio", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 10 μm a aproximadamente 100 μm , y el "intervalo μm superior", que se refiere a un intervalo de dimensiones de aproximadamente 100 μm a aproximadamente 1 mm.
- 65

Como se usa en el presente documento, el término "tamaño" se refiere a una dimensión característica del objeto. En el caso de una partícula que es esférica, el tamaño de la partícula se puede referir a un diámetro de la partícula. En el caso de una partícula que no es esférica, el tamaño de la partícula se puede referir a un promedio de diversas dimensiones ortogonales de la partícula. De ese modo, por ejemplo, el tamaño de una partícula que es esferoidal se puede referir a un promedio del eje mayor y el eje menor de la partícula. Cuando se hace referencia a que un conjunto de partículas tiene un tamaño particular, se contempla que las partículas pueden tener una distribución de tamaños alrededor de ese tamaño. De ese modo, como se usa en el presente documento, el tamaño de un conjunto de partículas se puede referir a un tamaño típico de una distribución de tamaños, tal como un tamaño medio, un tamaño mediana, o un tamaño de pico.

Como se usa en el presente documento, el término "monodisperso" se refiere a ser básicamente uniforme con respecto a un conjunto de características. De ese modo, por ejemplo, un conjunto de partículas que es monodisperso se puede referir a que tales partículas tienen una distribución estrecha de tamaños alrededor de un tamaño típico de distribución de tamaños. En algunos casos, un conjunto de partículas que es monodisperso puede tener tamaños que exhiben una desviación estándar de menos de un 20 por ciento con respecto a un tamaño medio, tal como menos de un 10 por ciento o menos de un 5 por ciento.

Como se usa en el presente documento, el término "monocapa" se refiere a un revestimiento completo individual de un material sin ningún material adicional añadido por encima del revestimiento completo.

Como se usa en el presente documento, el término "dopante" se refiere a una entidad química que está presente en un material como aditivo o como impureza. En algunos casos, la presencia de un dopante en un material puede alterar un conjunto de características del material, tal como sus características químicas, magnéticas, eléctricas, u ópticas.

Como se usa en el presente documento, la expresión "aceptor de electrones" se refiere a una entidad química que tiene la tendencia de atraer un electrón de otra entidad química, mientras que la expresión "donador de electrones" se refiere a una entidad química que tienen la tendencia de proporcionar un electrón a otra entidad química. En algunos casos, un aceptor de electrones puede tener la tendencia de atraer un electrón de un donador de electrones. Se debería observar que las características de atraer electrones y proporcionar electrones de una entidad química son relativas. En particular, una entidad química que sirve como aceptor de electrones en un caso puede servir como donador de electrones en otro caso. Algunos ejemplos de aceptores de electrones incluyen entidades químicas cargadas positivamente y entidades químicas que incluyen átomos con electronegatividades relativamente elevadas. Algunos ejemplos de donadores de electrones incluyen entidades químicas cargadas negativamente y entidades químicas que incluyen átomos con electronegatividades actividad relativamente bajas.

Como se usa en el presente documento, el término "nanopartícula" se refiere a una partícula que tiene un tamaño en el intervalo nm. Una nanopartícula puede tener cualquiera de diversas formas, tal como forma de caja, forma de cubo, cilíndrica, forma de disco, esférica, esferoidal, tetraédrica, tripodal, forma de tubo, forma de pirámide, o cualquier otra forma regular o irregular, y se puede formar a partir de cualquiera de diversos materiales. En algunos casos, una nanopartícula puede incluir un núcleo formado por un primer material, cuyo núcleo puede estar opcionalmente rodeado por una capa exterior formada por un segundo material. El primer material y el segundo material pueden ser iguales o diferentes. Dependiendo de la configuración de la nanopartícula, la nanopartícula puede exhibir características dependientes del tamaño asociadas con el confinamiento cuántico. Sin embargo, también se contempla que una nanopartícula pueda carecer básicamente de características dependientes del tamaño asociadas con el confinamiento cuántico o puedan exhibir tales características dependientes del tamaño en un menor grado.

Como se usa en el presente documento, la expresión "ligando de superficie" se refiere a una entidad química que se puede usar para formar una capa exterior de una partícula, tal como una nanopartícula. Un ligando de superficie puede tener afinidad por, o puede estar unido químicamente, covalente o no covalentemente, a un núcleo de una nanopartícula. En algunos casos, un ligando de superficie puede estar unido químicamente a un núcleo en múltiples partes del ligando de superficie. Un ligando de superficie puede incluir opcionalmente un conjunto de partes activas que no interactúan específicamente con un núcleo. Un ligando de superficie puede ser básicamente hidrofílico, básicamente hidrofóbico, o básicamente anfifílico. Algunos ejemplos de ligandos de superficie incluyen moléculas orgánicas, tales como hidroquinona, ácido ascórbico, silanos, y siloxanos; polímeros (o monómeros para una reacción de polimerización), tales como polivinilfenol; y complejos inorgánicos. Algunos ejemplos adicionales de ligandos de superficie incluyen grupos químicos, tales como grupos alquilo, grupos alquenilo, grupos alquínilo, grupos arilo, grupos iminilo, grupos hidruro, grupos halo, grupos hidroxilo, grupos alcoxi, grupos alquenoxi, grupos alquinoxio, grupos ariloxi, grupos carboxi, grupos alquilcarboniloxi, grupos alquenilcarboniloxi, grupos alquililcarboniloxi, grupos arilcarboniloxi, grupos tio, grupos alquiltio, grupos alqueniltio, grupos alquíniltio, grupos ariltio, grupos ciano, grupos nitro, grupos amino, grupos amino N-sustituido, grupos alquilcarbonilamino, grupos alquilcarbonilamino N-sustituido, grupos alquenilcarbonilamino, grupos alquenilcarbonilamino N-sustituido, grupos alquililcarbonilamino, grupos alquililcarbonilamino N-sustituido, grupos arilcarbonilamino, grupos arilcarbonilamino N-sustituido, grupos sililo, y grupos siloxi.

Materiales luminiscentes

Las realizaciones de la invención se refieren a materiales luminiscentes que tienen diversas características deseables. En particular, los materiales luminiscentes de acuerdo con algunas realizaciones de la invención pueden exhibir fotoluminiscencia con una elevada eficacia cuántica, con una anchura espectral estrecha, y con una longitud de onda de emisión de pico localizada en un intervalo de longitudes de onda deseable. Además, estas características fotoluminiscentes pueden ser relativamente insensibles en un amplio intervalo de longitudes de onda de excitación. Sin quedar unidos a ninguna teoría en particular, estas características inusuales y deseables pueden derivar al menos parcialmente de una microestructura particular de los materiales luminiscentes y de la presencia de dopante en esa microestructura. De forma ventajosa, los materiales luminiscentes se pueden procesar fácilmente para formar diversos productos que, a su vez, se pueden usar en aplicaciones de antifalsificación, inventario y otras aplicaciones.

En particular, los materiales luminiscentes de acuerdo con algunas realizaciones de la invención pueden exhibir fotoluminiscencia con una elevada eficacia cuántica, facilitando de ese modo la detección o la formación de imágenes de los materiales luminiscentes tras irradiación. En algunos casos, la eficacia cuántica puede ser mayor de aproximadamente un 6 por ciento, tal como al menos aproximadamente un 10 por ciento, al menos aproximadamente un 20 por ciento, al menos aproximadamente un 30 por ciento, al menos aproximadamente un 40 por ciento, o al menos aproximadamente un 50 por ciento, y puede ser hasta aproximadamente un 90 por ciento o más. Sin embargo, también se contempla que la eficacia cuántica puede ser menor de aproximadamente un 6 por ciento, tal como menos de aproximadamente un 1 por ciento. Como se puede entender, una elevada eficacia cuántica se puede traducir en una mayor intensidad relativa para la luz emitida y en una mejora de la relación señal/ruido con respecto a la luz incidente u otro ruido de fondo.

Además, los materiales luminiscentes pueden exhibir fotoluminiscencia con una anchura espectral estrecha, facilitando además de ese modo la detección o la formación de imágenes de materiales luminiscentes tras irradiación. En algunos casos, la anchura espectral puede ser no mayor de aproximadamente 120 nm en FWHM, tal como no mayor de aproximadamente 100 nm o no mayor de aproximadamente 80 nm en FWHM. Por lo tanto, por ejemplo, la anchura espectral puede estar en el intervalo de aproximadamente 20 nm a aproximadamente 120 nm en FWHM, tal como de aproximadamente 50 nm a aproximadamente 120 nm, de aproximadamente 50 nm a aproximadamente 100 nm, o de aproximadamente 50 nm a aproximadamente 80 nm en FWHM. Como se puede entender, una anchura espectral estrecha se puede traducir en una mejora de la resolución para la luz emitida con respecto a la luz incidente u otro ruido de fondo.

Además, los materiales luminiscentes pueden exhibir fotoluminiscencia con una longitud de onda de emisión de pico localizada en un intervalo de longitudes de onda deseable, tal como el intervalo visible o el intervalo infrarrojo. En algunos casos, la longitud de onda de emisión de pico se puede localizar en el intervalo infrarrojo cercano, tal como de aproximadamente 900 nm a aproximadamente 1 μm , de aproximadamente 910 nm a aproximadamente 1 μm , de aproximadamente 910 nm a aproximadamente 980 nm, o de aproximadamente 930 nm a aproximadamente 980 nm. En otros casos, la longitud de onda de emisión de pico se puede localizar en el intervalo de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 800 nm, tal como de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 750 nm o de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 715 nm. Sin embargo, también se contempla que la longitud de onda de emisión de pico se pueda localizar en el intervalo infrarrojo medio, el intervalo infrarrojo lejano, el intervalo ultravioleta, o el intervalo visible. Como se puede entender, la emisión de luz en longitudes de onda relativamente largas puede ser particularmente útil para aplicaciones en las que es deseable distinguir características fotoluminiscentes y de dispersión tras irradiación. De ese modo, por ejemplo, puede ser deseable obtener una imagen de fotoluminiscencia mientras se reducen básicamente, retiran, o filtran las contribuciones de la luz dispersa. Dado que la dispersión de la luz se reduce para las longitudes de onda más largas, la fotoluminiscencia en el intervalo visible o el intervalo infrarrojo se puede traducir en una mayor intensidad relativa para la luz emitida y en una mejora de la relación señal/ruido con respecto a la luz dispersa u otro ruido de fondo. Además, dado que la luz emitida en el intervalo infrarrojo no es visible, los materiales luminiscentes se pueden usar ventajosamente para formar marcas encubiertas para aplicaciones de antifalsificación.

Además, las características fotoluminiscentes que se han descrito anteriormente pueden ser relativamente insensibles en un amplio intervalo de longitudes de onda de excitación. De hecho, esta característica inusual se puede entender por referencia a los espectros de excitación de los materiales luminiscentes, cuyos espectros de excitación pueden ser básicamente planos en un intervalo de longitudes de onda de excitación que incluye partes del intervalo ultravioleta, el intervalo visible, y el intervalo infrarrojo. En algunos casos, los espectros de excitación pueden ser básicamente planos en un intervalo de longitudes de onda de excitación de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 1 μm , tal como de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 980 nm o de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 950 nm. Sin embargo, también se contempla que los espectros de excitación pueden incluir un conjunto de bandas dentro de ese intervalo de longitudes de onda de excitación. Como se puede entender, la insensibilidad en un intervalo de longitudes de onda de excitación puede permitir una mejora de la flexibilidad en la selección de las fuentes de luz para irradiar los materiales luminiscentes. A su vez, este aumento de flexibilidad puede permitir el uso de fuentes de luz que son baratas y ampliamente disponibles. Además, o alternativamente, este aumento de flexibilidad puede permitir el uso de fuentes de luz que emiten luz dentro de un intervalo de

longitudes de onda deseable, tal como el intervalo visible o el intervalo infrarrojo. Dado que la dispersión de luz se reduce para longitudes de onda más largas, el uso de fuentes de luz que emiten luz en el intervalo visible o el intervalo infrarrojo puede ser particularmente útil para aplicaciones en las que es deseable distinguir las características fotoluminiscentes y de dispersión tras irradiación.

5 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, un método para formar un material luminiscente implica la conversión de un conjunto de ingredientes en el material luminiscente con altos rendimientos y a temperaturas y presiones moderadas. El método se puede representar por referencia a la fórmula:

10 Fuente(B) + Fuente(A,X) → Material luminiscente (I)

En la fórmula (I), fuente(B) sirve como fuente de B, y, en algunos casos, fuente(B) también puede servir como fuente de dopantes. B can se puede seleccionar entre elementos que tienen estados de oxidación adecuados, de modo que sus estados electrónicos de menor energía incluyen orbitales s llenos y se pueden representar como (ns)². Algunos ejemplos de B incluyen elementos del Grupo IVB, tales como estaño (por ejemplo, como Sn(II) o Sn⁺² o como Sn (IV) o Sn⁺⁴).

En el caso de que B sea estaño, por ejemplo, fuente(B) puede incluir uno o más tipos de compuestos que contienen estaño seleccionados entre compuestos de estaño(II) de la forma BY, BY₂, B₃Y₂, y B₂Y y compuestos de estaño(IV) de la forma BY₄, donde Y se puede seleccionar entre elementos del Grupo VIB, tales como oxígeno (por ejemplo, como O⁻²); elementos del Grupo VIIB, tales como flúor (por ejemplo, como F⁻¹), cloro (por ejemplo, como Cl⁻¹), bromo (por ejemplo, como Br⁻¹), y entidades químicas polielementales, tiocianato (es decir, SCN⁻¹), ortofosfato (es decir, PO₄⁻³), metafosfato (es decir, PO₃⁻¹), y pirofosfato (es decir, P₂O₇⁻⁴). Algunos ejemplos de compuestos de estaño(II) incluyen fluoruro de estaño(II) (es decir, SnF₂), cloruro de estaño(II) (es decir, SnCl₂), dihidrato de cloruro de estaño(II) (es decir, SnCl₂·2H₂O), bromuro de estaño(II) (es decir, SnBr₂), óxido de estaño(II) (es decir, SnO), ortofosfato de estaño(II) (es decir, Sn₃(PO₄)₂), metafosfato de estaño(II) (es decir, Sn(PO₃)₂), pirofosfato de estaño(II) (es decir, Sn₂P₂O₇). Algunos ejemplos de compuestos de estaño(IV) incluyen cloruro de estaño(IV) (es decir, SnCl₄) y pentahidrato de cloruro de estaño(IV) (es decir, SnCl₄·5H₂O).

En la fórmula (I), fuente(A, X) sirve como fuente de A y X, y, en algunos casos, fuente(A, X) también puede servir como fuente de dopantes. A es un metal que se puede seleccionar entre elementos del Grupo IA, tales como sodio (por ejemplo, como Na(I) o Na⁺¹), potasio (por ejemplo, como K(I) o K⁺¹), rubidio (por ejemplo, como Rb(I) o Rb⁺¹), y cesio (por ejemplo, como Cs(I) o Cs⁺¹), aunque X puede ser yodo (por ejemplo, como I⁻¹). Algunos ejemplos de fuente(A, X) incluyen haluros alcalinos de la forma AX. En el caso de que A sea cesio, por ejemplo, fuente(A, X) puede ser uno o más tipos de haluros de cesio(I), y yoduro de cesio(I) (es decir, CsI). Se contempla que se puedan usar diferentes tipos de fuente(A, X) (por ejemplo, como fuente(A, X), fuente(A, X'), y fuente(A, X'') seleccionándose X, X', y X'' independientemente entre elementos del Grupo VIIB) para formar un material luminiscente resultante que tiene haluros mixtos.

Método representado por la fórmula (I) se puede llevar a cabo mediante la mezcla de fuente(B) y fuente(A, X) en forma seca, en solución, o de acuerdo con cualquier otra técnica de mezcla adecuada. Por ejemplo, fuente(B) y fuente(A, X) se pueden proporcionar en forma de polvo, y se pueden mezclar usando un mortero y un mortero. Como otro ejemplo, fuente(B) y fuente(A, X) se pueden dispersar en un medio de reacción para formar una mezcla de reacción. El medio de reacción puede incluir un disolvente o una mezcla de disolventes, que se pueden seleccionar entre diversos disolventes convencionales, tales como alcoholes (por ejemplo, metanol, etanol, alcohol isopropílico, butanol, y etilenglicol), alcanos (por ejemplo, hexano, heptano, decano, docosano, y octadecano), arenos (por ejemplo, benceno, clorobenceno, diclorobenceno, naftaleno, tetralina, tolueno, xileno, y mesitileno), aminas (por ejemplo, trietilamina), éteres (por ejemplo, glime, diglime, triglime, y tetrahidrofurano), amidas (por ejemplo, dimetilformamida), cetonas (por ejemplo, acetona y N-metil pirrolidona), sulfóxidos (por ejemplo, dimetilsulfóxido), y agua. El medio de reacción también puede incluir uno o más de los siguientes ingredientes: un dispersante (por ejemplo, un agente de acoplamiento), un agente humectante (por ejemplo, un tensioactivo, tal como dodecil sulfato sódico, un tensioactivo polimérico, o cualquier otro tensioactivo iónico o no iónico adecuado), un aglutinante polimérico (otro vehículo), un agente antiespumante, un conservante, un estabilizante, y un agente de ajuste de pH. También se contempla que se puede usar una técnica de deposición adecuada en lugar de, o junto con, una técnica de mezcla. Por ejemplo, fuente(B) y fuente(A, X) se pueden someter a deposición al vacío para formar una película, que se puede recocer para formar el material luminiscente. En particular, fuente(B) y fuente(A, X) se pueden evaporar secuencialmente (por ejemplo, vaporizar) y depositar para formar películas adyacentes.

En algunos casos, la conversión de fuente(B) y fuente(A, X) en el material luminiscente se puede facilitar por aplicación de energía térmica.

Como otro ejemplo, fuente(B) y fuente(A, X) se pueden mezclar en forma seca, y la mezcla resultante se puede calentar a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 650 °C, tal como de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 350 °C o de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 300 °C, para formar el material luminiscente. Si se desea, el calentamiento se puede llevar a cabo en una atmósfera inerte (por ejemplo, una atmósfera de nitrógeno) o una atmósfera reducida durante un período de tiempo en el intervalo de

aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 9 horas.

El material luminiscente resultante puede incluir A , B , y X como componentes elementales principales así como componentes elementales derivados de, o correspondientes a, Y . En particular, B puede estar presente en una cantidad que es mayor de un nivel dopante típico, tal como al menos aproximadamente un 1 por ciento o al menos aproximadamente un 5 por ciento en términos de composición elemental. Además, el material luminiscente puede incluir componentes elementales adicionales, tales como carbono, cloro, hidrógeno, y oxígeno, que pueden estar presentes en cantidades que son menores de aproximadamente un 5 por ciento en términos de composición elemental, y componentes elementales adicionales, tales como sodio, azufre, fósforo, y potasio, que pueden estar presentes en cantidades traza que son menores de aproximadamente un 0,1 por ciento en términos de composición elemental.

Sin quedar unidos a ninguna teoría en particular, el material luminiscente resultante se puede representar por referencia a la fórmula:



En la fórmula (II), a es un número entero que puede estar en el intervalo de 1 a 9, tal como de 1 a 5; b un número entero que puede estar en el intervalo de 1 a 5, tal como de 1 a 3; y x es un número entero que puede estar en el intervalo de 1 a 9, tal como de 1 a 5. En algunos casos, a puede ser igual a 1, y x puede ser igual a $1 + 2b$. También se contempla que uno o más de a , b , y x puedan tener valores fraccionarios dentro de sus respectivos intervalos. Además, se contempla que X_x en la fórmula (II) se pueda representar más generalmente como $X_x X'_x X''_x$, donde X , X' , y X'' se pueden seleccionar independientemente entre elementos del Grupo VIIIB, y la suma de x , x' , y x'' puede estar en el intervalo de 1 a 9, tal como de 1 a 5. Por referencia a la versión generalizada de la fórmula (II), a puede ser igual a 1, y la suma de x , x' , y x'' puede ser igual a $1 + 2b$. De nuevo, sin quedar unidos a ninguna teoría en particular, el material luminiscente puede ser un semiconductor que tiene una resistividad y una energía de banda prohibida que se puede ajustar hasta niveles deseables mediante un ajuste de los ingredientes y las condiciones de procesamiento que se usan. Por ejemplo, la energía de la banda prohibida puede correlacionar con A , con el fin de aumentar la energía de la banda prohibida correspondiente, por ejemplo, a cesio, rubidio, potasio, y sodio. Como otro ejemplo, la energía de la banda prohibida puede correlacionar con X , con el fin de aumentar la energía de la banda prohibida correspondiente, por ejemplo, a yodo, bromo, cloro, y flúor. Este orden de aumento de la energía de la banda prohibida se puede traducir en un orden de disminución de la longitud de onda del pico de emisión. De ese modo, por ejemplo, un material luminiscente que incluye yodo puede exhibir en ocasiones una longitud de onda de emisión del pico en el intervalo de aproximadamente 900 nm a aproximadamente 1 μm , mientras que un material luminiscente que incluye bromo o cloro puede exhibir en ocasiones una longitud de onda de emisión de pico en el intervalo de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 800 nm.

En el caso de que A sea cesio, B sea estaño, y X sea yodo, por ejemplo, el material luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a una de las fórmulas:



En el caso de la fórmula III, por ejemplo, el material luminiscente resultante puede tener una microestructura basada en perovskita que está estratificada con una unión química relativamente fuerte a lo largo de una capa en particular pero una unión química relativamente débil entre las diferentes capas. Esta microestructura basada en perovskita puede experimentar transiciones entre diversas fases que tienen diferentes colores. El material luminiscente de fórmula III puede ser un semiconductor que tiene una resistividad y una energía de banda prohibida que se puede ajustar hasta niveles deseables mediante el ajuste de los ingredientes y las condiciones de procesamiento que se usan. Por ejemplo, la resistividad puede variar en un factor de 100 o más con respecto a un valor típico de aproximadamente 100 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$. De forma análoga, la energía de la banda prohibida se puede variar de aproximadamente 1,2 eV a aproximadamente 2,3 eV, y puede correlacionar con el color del material luminiscente, correspondiendo el orden de aumento de la energía de la banda prohibida, por ejemplo, a negro, naranja, y amarillo.

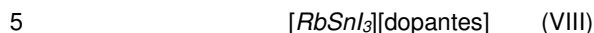
En el caso de que A sea cesio, B sea indio, y X sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



En el caso de que A sea cesio, B sea germanio, y X sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



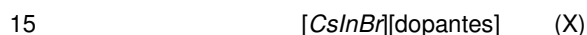
En el caso de que *A* sea rubidio, *B* sea estaño, y *X* sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



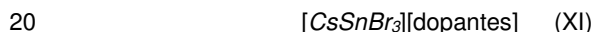
En el caso de que *A* sea potasio, *B* sea estaño, y *X* sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



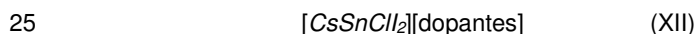
En el caso de que *A* sea cesio, *B* sea indio, y *X* sea bromo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



En el caso de que *A* sea cesio, *B* sea estaño, y *X* sea bromo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



En el caso de que *A* sea cesio, *B* sea estaño, *X* sea cloro, y *X'* sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a una de las fórmulas:



30 En el caso de que *A* sea cesio, *B* sea estaño, *X* sea bromo, y *X'* sea yodo, por ejemplo, el material* luminiscente se puede representar en ocasiones por referencia a la fórmula:



35 Los dopantes incluidos en el material luminiscente poder estar presentes en cantidades que son menores de aproximadamente un 5 por ciento, tales como menos de aproximadamente un 1 por ciento, en términos de composición elemental, y pueden derivar de fuente(A) u otros ingredientes que se usan para formar el material luminiscente. En el caso de que *A* sea cesio, *B* sea estaño, y *X* sea yodo, por ejemplo, los dopantes pueden incluir cationes derivados de, o correspondientes a, estaño (por ejemplo, cationes Sn(IV) o Sn⁺⁴ derivados de la oxidación del estaño) y aniones derivados de, o correspondientes a, *Y* (por ejemplo, como aniones F⁻¹, Cl⁻¹, Br⁻¹, I⁻¹, o CH₃SO₃⁻¹). Los cationes y los aniones pueden formar pares de aceptor de electrones/donador de electrones que están dispersos con una microestructura del material luminiscente. De nuevo, sin quedar unidos a ninguna teoría en particular, las características fotoluminiscentes del material luminiscente pueden derivar al menos parcialmente de la presencia de estos pares de aceptor de electrones/donador de electrones dentro de esa microestructura.

45 Ejemplos

Los siguientes ejemplos describen aspectos específicos de algunas realizaciones de la invención para ilustrar y proporcionar una descripción para los expertos habituales en la materia. Los ejemplos no se deberían interpretar como limitantes de la invención, ya que los ejemplos proporcionan simplemente metodología específica útil en la comprensión y la puesta en práctica de algunas realizaciones de la invención.

Ejemplo 1

Formación de material luminiscente

55 Se mezcló SnCl₂ anhidro (o SnCl₂·H₂O) con CsI en forma de polvo y a continuación se comprimió con una prensa de microgránulos convencional (5 cm de diámetro, 5 mm de espesor, 8 t de presión). La proporción de SnCl₂ (o SnCl₂·H₂O) con respecto al CsI estaba en el intervalo de un 0,1 por ciento a un 99,5 por ciento en peso. El material resultante (en forma de microgránulo o en forma de polvo) se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia.

Ejemplo 2

Formación de material luminiscente

65 Se mezcló SnBr₂ (o SnI₂) con CsI en forma de polvo. La proporción de SnBr₂ (o SnI₂) con respecto al CsI estaba en

el intervalo de un 10 por ciento a un 90 por ciento en peso. El material resultante en forma de polvo se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 3

- 5 Formación de material luminiscente

Se mezcló $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ con CsI en forma de polvo y a continuación se comprimió con una prensa de microgránulos convencional (5 cm de diámetro, 5 mm de espesor, 8 t de presión). La proporción de $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ con respecto a CsI estaba en el intervalo de un 0,1 por ciento a un 99,5 por ciento en peso. El material resultante (en forma de microgránulo o en forma de polvo) se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia.

Ejemplo 4 *

- 15 Formación de material luminiscente

Se mezcló SnI_2 anhidro con CsI en un molino de jarro convencional y a continuación se movió durante 1 hora a 24 horas. La proporción de SnI_2 con respecto a CsI estaba en el intervalo de un 1 por ciento a un 99 por ciento en peso. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 5

Formación de material luminiscente

25 Se mezcló SnCl_2 anhidro con CsI con una proporción de SnCl_2 con respecto a CsI en el intervalo de un 1 por ciento a un 20 por ciento en peso. La mezcla resultante se calentó en ausencia de oxígeno a una temperatura en el intervalo de 80 °C a 350 °C durante un periodo de ¼ de hora a 3 horas. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 6 *

Formación de material luminiscente

35 Se mezcló SnI_2 anhidro con CsI en forma sólida con una proporción de SnI_2 con respecto a CsI en el intervalo de un 1 por ciento a un 50 por ciento en peso. La mezcla resultante se calentó a una temperatura en el intervalo de 80 °C a 300 °C. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 7

- 40 Formación de material luminiscente

45 Se mezcló SnBr_2 anhidro con CsI en forma sólida con una proporción de SnBr_2 con respecto a CsI en el intervalo de un 1 por ciento a un 50 por ciento en peso. La mezcla resultante se calentó a una temperatura en el intervalo de 80 °C a 300 °C. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 8 *

- 50 Formación de material luminiscente

Se mezclaron diversos compuestos de estaño(II) con CsI mediante mezcla en seco para formar materiales coloreados, que a continuación se sometieron a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano. Los compuestos de estaño(II) incluyeron SnF_2 , SnO , SnSO_4 , $\text{Sn}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Sn}(\text{PO}_3)_2$, $\text{Sn}(\text{C}_2\text{O}_4)$, y $\text{Sn}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$, y la proporción de cada compuesto de estaño(II) con respecto a CsI estaba en el intervalo de un 1 por ciento a un 99 por ciento en peso.

Ejemplo 9 *

- 60 Formación de material luminiscente

65 Se preparó una solución mixta de $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y SnCl_2 por disolución de $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en un disolvente (etanol) con agitación constante y a continuación adición de una primera alícuota de SnCl_2 y una segunda alícuota de SnCl_2 después de que se hubiera disuelto la primera alícuota. La cantidad de $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ estaba en el intervalo de un 0,5 por ciento a un 2,5 por ciento en peso. La cantidad de SnCl_2 para cada una de las alícuotas estaba en el intervalo de un 0,5 por ciento a un 3,5 por ciento en peso. Después de la disolución, la solución resultante se agitó durante 1

hora a 1.000 horas. A continuación se añadió Csl en forma sólida a la solución con agitación constante en una proporción con respecto al SnCl_2 de un 0,2 por ciento a un 12 por ciento en peso. El disolvente se evaporó hasta sequedad usando un evaporador de vacío convencional (Rotovap) que operaba a 40 °C. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

5

Ejemplo 10 *

Formación de material luminiscente

- 10 Se disolvió SnCl_2 anhidro (o $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) en una cantidad de un 1 por ciento a un 5 por ciento en peso en un disolvente (isopropanol) con agitación constante. Después de disolución, se añadió Csl con agitación constante en una proporción con respecto al SnCl_2 (o $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) de un 1 por ciento a un 10 por ciento en peso. La solución resultante se agitó durante más de 1 hora, y el disolvente se evaporó hasta sequedad usando un evaporador de vacío convencional (Rotovap). El sólido resultante se secó en un horno de vacío o relleno de nitrógeno que operaba a una temperatura en el intervalo de 30 °C a 130 °C. El material resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

15

Ejemplo 11*

- 20 Formación de material luminiscente

Se añadieron 10 ml de una solución al 50 por ciento de $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$ a un matraz. A continuación se añadieron 20 ml de H_2O al matraz y se agitaron para mezclarse. Se disolvió Csl en 5 ml de H_2O hasta la saturación y a continuación se añadió rápidamente al matraz. Se formó un precipitado de color negro. El matraz se agitó para mezclar, y la solución se filtró a través de un embudo de fritado medio durante menos de 40 segundos. El precipitado se lavó 4 veces con isopropanol y a continuación se lavó 4 veces con hexano. El precipitado lavado se filtró seco durante 2 minutos y a continuación se secó en un desecador al vacío durante más de 4 horas. El material de color negro resultante se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

25

- 30 Ejemplo 12 *

Formación de material luminiscente

- 35 El filtrado del Ejemplo 11 se centrifugó para formar un precipitado de color amarillo. El precipitado de color amarillo se lavó dos veces con hexano y a continuación se secó durante 3 horas usando un horno de vacío que operaba a 40 °C. El material resultante de color amarillo se sometió a continuación a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano.

Ejemplo 13 *

40

Formación de material luminiscente

Se mezclaron diversos compuestos de estaño(II) con Csl en solución para formar materiales coloreados, que a continuación se sometieron a ensayo para fotoluminiscencia en el intervalo infrarrojo cercano. Los compuestos de estaño(II) incluyeron SnF_2 , SnBr_2 , SnI_2 , SnO , SnSO_4 , $\text{Sn}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Sn}(\text{PO}_3)_2$, $\text{Sn}(\text{C}_2\text{O}_4)$, $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$, y $\text{Sn}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$, y la proporción de cada compuesto de estaño(II) con respecto al Csl estaba en el intervalo de un 1 por ciento a un 99 por ciento en peso. Los disolventes que se usaron incluyeron agua, alcohol isopropílico, metanol, etanol, dimetilformamida, n-metil pirrolidona, dimetilsulfóxido, y butanol. Los materiales coloreados resultantes se separaron por filtración, centrifugación, o evaporación.

45

50

Ejemplo 14 *

Formación y caracterización de material luminiscente

- 55 Se mezclaron diversos compuestos que contienen estaño con Csl por sí mismos o junto con otros ingredientes, tales como estabilizantes, tensioactivos o aglutinantes poliméricos. La mezcla se llevó a cabo mediante mezcla en seco o en solución. Los materiales resultantes se sometieron a ensayo a continuación para fotoluminiscencia usando una longitud de onda de excitación de 532 nm. La siguiente Tabla 1 expone los ingredientes y las condiciones de procesamiento que se usaron junto con las características fotoluminiscentes de los materiales resultantes. Por referencia a la Tabla 1, se representa la cantidad del compuesto que contiene estaño como una fracción en peso con respecto al peso total del compuesto que contiene estaño y Csl que se usó. Como se puede entender por referencia a la Tabla 1, se observaron características fotoluminiscentes que variaron como resultado de usar diferentes ingredientes y condiciones de procesamiento. Por ejemplo, se observó una longitud de onda de emisión de pico que varió en el intervalo de aproximadamente 910 nm a aproximadamente 980 nm como resultado de usar diferentes compuestos de estaño(II). En particular, se observó que la longitud de onda de emisión de pico correlacionó con el tipo de anión derivado de los compuestos de estaño(II), con el orden de aumento de longitud de onda de emisión

60

65

correspondiente a F^{-1} , Cl^{-1} , Br^{-1} , I^{-1} , y $\text{CH}_3\text{SO}_3^{-1}$.

Tabla 1

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
947	6,50	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO})_2$	0,1	ninguno	ninguno	seco
911	10,03	$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
947	9,77	$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
944	6,84	$\text{Sn}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{CO})_2$	0,01	ninguno	ninguno	seco
945	6,89	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$	0,02	ninguno	H_2O /Dimetil formamida/ Etanol	solución
942	9,06	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	tripolifosfato de Na	H_2O	solución
938	9,11	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	polifosfato de Na	H_2O	solución
947	9,09	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,2	ninguno	H_2O	solución
958	10,49	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,2	ninguno	H_2O	solución
936	8,57	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	tattrato de Na	H_2O	solución
930	8,36	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	tattrato de Na	H_2O	solución
930	8,51	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
960	10,47	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
947	9,76	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
943	8,81	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,4	ninguno	H_2O	solución
943	7,41	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,3	ninguno	H_2O	solución
955	8,75	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,2	ninguno	H_2O	solución
956	10,00	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,1	ninguno	H_2O	solución
937	8,74	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
943	6,27	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Poliestireno	H_2O /Tetrahidrofurano	solución
943	7,56	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,01	I_2	Tolueno	solución
930	7,16	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución
943	7,78	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Poliestireno sulfonato de Na	H_2O	solución
943	8,36	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Docosano	H_2O /Decano	solución

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
931	8,29	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	CsI_3	H_2O	solución
958	9,74	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,1	AIBN	H_2O	solución
942	7,58	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Docosano	H_2O	solución
959	9,88	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,2	ninguno	H_2O	solución
946	7,98	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,05	AIBN	H_2O	solución
946	7,98	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,05	AIBN	H_2O	solución
947	6,25	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	K_2CO_3	CH_3CN	solución
958	8,16	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	$\text{N}(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3$ (pH = 2-3)	H_2O /Etanol	solución
958	8,16	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	$\text{N}(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3$ (pH = 2-3)	H_2O /Etanol	solución
960	10,07	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Tamices moleculares 4A	H_2O	solución
961	9,95	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	SiO_2 (JV14-223)	H_2O	solución
959	7,71	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	SiO_2 (JV14-223)	H_2O	solución
979	10,18	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	N_2	H_2O	solución
977	10,34	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	N_2	H_2O	solución
958	9,37	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,3	ninguno	CH_2Cl_2	solución
943	6,18	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,1	ninguno	N_2/H_2	solución
959	9,76	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	N_2/H_2	solución
955	9,41	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	solución
947	9,54	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,8	ninguno	H_2O	solución
948	7,62	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,7	ninguno	H_2O	solución
973	9,96	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,6	ninguno	N_2	solución
937	8,75	$\text{Sn}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$	0,7	ninguno	H_2O	solución
937	8,81	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	seco
931	8,53	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,16	ninguno	ninguno	seco
931	6,04	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	H_2O	solución
961	9,46	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,1	ninguno	ninguno	seco

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
933	6,77	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	H_2O	solución
930	7,51	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	H_2O	solución
960	9,03	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,95	ninguno	ninguno	seco
946	7,68	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	seco
933	8,27	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	seco
931	8,12	SnBr_2	0,5	ninguno	HCl conc.	solución
936	9,07	SnC_2O_4	0,01	ninguno	ninguno	seco
942	8,94	SnCl_2	0,05	ninguno	Etilenglicol	solución
948	7,63	SnCl_2	0,3	ninguno	Etilenglicol	solución
946	8,92	SnCl_2	0,05	ninguno	Etilenglicol	solución
937	9,47	SnCl_2	0,04	SnCl_4	ninguno	seco
940	9,06	SnCl_2	0,04	SnCl_4	ninguno	seco
936	8,65	SnCl_2	0,04	SnCl_4	ninguno	seco
930	6,03	SnCl_2	0,5	SnCl_4	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$	solución
956	9,26	SnCl_2	0,04	SnCl_4	ninguno	seco
932	8,60	SnCl_2	0,4	tartrato de Na	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución
931	8,45	SnCl_2	0,4	ninguno	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución
937	6,99	SnCl_2	0,4	$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	H_2O	solución
931	6,23	SnCl_2	0,4	$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	H_2O	solución
911	6,76	SnCl_2	0,4	$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	H_2O	solución
958	9,27	SnCl_2	0,1	ninguno	H_2O	solución
946	9,56	SnCl_2	0,1	ninguno	H_2O	solución
958	9,03	SnCl_2	0,06	polifosfato de Na	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución
964	9,52	SnCl_2	0,06	polifosfato de Na	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución
930	8,24	SnCl_2	0,3	Na poliestireno sulfonato	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución
930	8,07	SnCl_2	0,3	ácido p-tolueno sulfónico	$\text{H}_2\text{O}/\text{HCl}$ 2 M	solución

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
962	7,91	SnCl ₂	0,3	ácido p-tolueno sulfónico	H ₂ O	solución
930	6,63	SnCl ₂	0,4	ácido p-tolueno sulfónico	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	7,49	SnCl ₂	0,4	Poliestireno sulfonato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
942	9,82	SnCl ₂	0,01	Mn(CH ₃ CO ₂) ₂	ninguno	seco
942	9,82	SnCl ₂	0,01	Mn(CH ₃ CO ₂) ₂	ninguno	seco
932	8,76	SnCl ₂	0,01	MnSO ₄	ninguno	seco
932	8,76	SnCl ₂	0,01	MnSO ₄	ninguno	seco
932	8,34	SnCl ₂	0,02	CuBr	ninguno	seco
932	8,34	SnCl ₂	0,02	CuBr	ninguno	seco
931	7,93	SnCl ₂	0,33	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
938	9,30	SnCl ₂	0,33	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
936	8,56	SnCl ₂	0,33	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
931	8,99	SnCl ₂	0,33	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	8,55	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	seco
944	8,66	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	seco
937	8,54	SnCl ₂	0,12	SnCl ₄	ninguno	seco
931	8,82	SnCl ₂ ·2H ₂ O	0,01	ninguno	ninguno	seco
932	8,40	SnCl ₂	0,5	SnCl ₄ ·5H ₂ O	H ₂ O	solución
960	8,82	SnCl ₂	0,2	SnCl ₄ ·5H ₂ O	H ₂ O	solución
940	9,36	SnCl ₂	0,2	SnCl ₄ ·5H ₂ O	H ₂ O	solución
973	9,38	SnCl ₂	0,2	SnCl ₄ ·5H ₂ O	H ₂ O	solución
937	6,47	SnCl ₂	0,4	SnCl ₄ ·5H ₂ O	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	7,78	SnF ₂	0,2	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
937	7,51	SnF ₂	0,1	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
936	9,04	SnF ₂	0,3	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	7,30	SnF ₂	0,4	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
936	8,04	SnF ₂	0,5	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,91	SnF ₂	0,6	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
943	6,87	SnF ₂	0,7	ninguno	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	8,95	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	8,91	SnF ₂	0,15	tripolifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,56	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	9,22	SnF ₂	0,15	tripolifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	9,26	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,88	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	9,18	SnF ₂	0,15	polifosfato de citrato de Na de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	9,00	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	9,00	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	9,02	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
929	8,69	SnF ₂	0,15	Ácido ascórbico	H ₂ O/HCl 2 M	solución
936	8,96	SnF ₂	0,15	Ácido ascórbico	H ₂ O/HCl 2 M	solución
929	8,45	SnF ₂	0,15	Ácido ascórbico	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	8,80	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	8,82	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,07	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
931	8,21	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
929	9,13	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
910	8,23	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
929	8,04	SnF ₂	0,15	Na ₃ PO ₄ ; citrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
911	7,41	SnF ₂	0,15	tripolifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
937	9,23	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,92	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	8,90	SnF ₂	0,15	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
931	8,56	SnF ₂	0,15	Na ₂ HPO ₄ ; Li DodSO ₄	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	7,51	SnF ₂	0,15	Na ₂ HPO ₄ ; Li DodSO ₄	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	7,92	SnF ₂	0,15	Na ₂ HPO ₄ ; Li DodSO ₄	H ₂ O/HCl 2 M	solución
911	7,64	SnF ₂	0,9	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
911	7,64	SnF ₂	0,9	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
930	6,73	SnF ₂	0,5	polifosfato de Na tartrato de Na	H ₂ O/HCl 2 M	solución
911	6,49	SnF ₂	0,3	Na ₂ S ₂ O ₅	H ₂ O/HCl 2 M	solución
942	8,27	SnI ₂	0,6	ninguno	ninguno	seco
938	7,36	SnI ₂	0,3	ninguno	ninguno	seco
937	8,86	SnI ₂	0,4	ninguno	ninguno	seco
937	8,86	SnI ₂	0,4	ninguno	ninguno	seco
942	7,77	SnI ₂	0,6	ninguno	ninguno	seco
943	7,13	SnI ₂	0,01	ninguno	ninguno	seco
957	7,38	SnI ₂	0,5	Cs(CH ₃ SO ₃)	ninguno	seco
959	6,30	SnI ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
912	6,20	SnI ₂	0,02	ninguno	ninguno	seco
937	7,30	SnI ₂	0,01	ninguno	ninguno	seco

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
931	6,68	SnO	0,01	I ₂	ninguno	seco
929	8,06	SnO	0,01	H ₃ PO ₄	ninguno	seco
929	8,04	SnP ₂ O ₇	0,01	ninguno	ninguno	seco
930	6,96	SnP ₂ O ₇	0,01	ninguno	ninguno	seco
943	9,00	SnSO ₄	0,01	ninguno	ninguno	seco
963	9,23	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,01	ninguno	H ₂ O	solución
944	9,13	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
937	8,26	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
944	8,04	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	7,42	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
931	7,87	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,67	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,61	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
946	8,16	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
949	7,17	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
929	7,75	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	7,69	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
834	7,95	SnBr ₂	0,02	ninguno	ninguno	seco
842	7,85	SnBr ₂	0,04	ninguno	ninguno	seco
842	8,21	SnBr ₂	0,15	ninguno	ninguno	seco
818	7,91	SnBr ₂	0,2	ninguno	ninguno	seco
875	7,45	SnBr ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
843	6,87	SnCl ₂	0,01	ninguno	H ₂ O	solución
931	8,20	SnCl ₂	0,4	ninguno	H ₂ O	solución
931	8,34	SnCl ₂	0,4	ninguno	H ₂ O	solución
933	7,42	SnCl ₂	0,04	ninguno	ninguno	molino de bolas
933	8,55	SnCl ₂	0,04	ninguno	ninguno	calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
961	8,76	SnCl ₂	0,04	ninguno	ninguno	calor
939	7,41	SnCl ₂	0,06	tensioactivo P123	Alcohol isopropílico	solución
940	8,20	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	seco
942	7,74	SnCl ₂	0,02	tensioactivo P123	Alcohol isopropílico	solución
929	7,80	SnCl ₂	0,02	ácido L-ascórbico	Dimetil formamida	solución
958	8,91	SnCl ₂	0,02	ácido L-ascórbico	Dimetil formamida	solución
958	9,54	SnCl ₂	0,02	Cera de parafina	ninguno	seco
958	9,53	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor
977	9,91	SnCl ₂	0,03	ninguno	ninguno	calor
958	9,00	SnCl ₂	0,04	ninguno	ninguno	calor
946	9,47	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	seco
944	7,20	SnCl ₂	0,02	DOSS	Alcohol isopropílico	solución
945	7,88	SnCl ₂	0,02	Tween60	Alcohol isopropílico	solución
977	10,10	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor
955	9,76	SnCl ₂	0,08	ninguno	ninguno	calor
957	9,59	SnCl ₂	0,03	ácido L-ascórbico	ninguno	calor
961	7,86	SnCl ₂	0,03	ácido L-ascórbico	ninguno	calor
944	9,86	SnCl ₂	0,03	ácido L-ascórbico	ninguno	calor
961	9,56	SnCl ₂	0,03	ácido L-ascórbico	ninguno	calor
980	9,78	SnCl ₂	0,03	ninguno	ninguno	calor
977	10,27	SnCl ₂	0,03	ninguno	ninguno	calor
931	6,75	SnCl ₂	0,02	SDS	H ₂ O	solución
943	8,05	SnCl ₂	0,02	DOSS	H ₂ O	solución
977	10,06	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor
977	10,24	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor
977	10,16	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
977	10,21	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor
978	10,19	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor
945	8,78	SnCl ₂	0,05	Cera de parafina	ninguno	calor
943	9,49	SnCl ₂	0,12	ninguno	ninguno	calor
948	9,91	SnCl ₂	0,12	ninguno	ninguno	calor
961	9,82	SnCl ₂	0,16	ninguno	ninguno	calor
977	9,71	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
977	9,80	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
958	9,33	SnCl ₂	0,03	Cera de parafina	ninguno	seco
936	7,97	SnCl ₂	0,14	CTAB	ninguno	seco
936	7,99	SnCl ₂	0,17	SDS	ninguno	seco
955	7,20	SnCl ₂	0,12	tensioactivo P123	ninguno	seco
946	6,21	SnCl ₂	0,3	tensioactivo Brij76	ninguno	seco
958	7,40	SnCl ₂	0,13	DOSS	ninguno	seco
958	8,02	SnCl ₂	0,04	Cera de parafina	ninguno	seco
948	8,41	SnCl ₂	0,04	SnO ₂	ninguno	seco
932	6,26	SnCl ₂	0,05	DOSS	ninguno	seco
932	6,79	SnCl ₂	0,05	DOSS	ninguno	seco
935	9,15	SnCl ₂	0,13	ninguno	ninguno	seco
977	9,37	SnCl ₂	0,12	ninguno	ninguno	seco
943	7,78	SnCl ₂	0,08	Sulfonato de poliestireno	ninguno	seco
943	9,09	SnCl ₂	0,1		ninguno	seco
961	9,61	SnCl ₂	0,1	ácido L-ascórbico	ninguno	seco
943	8,63	SnCl ₂	0,12	ninguno	ninguno	calor
961	9,58	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
930	9,03	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	seco

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
973	9,19	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor
931	6,79	SnCl ₂	0,2	ácido L-ascórbico	ninguno	molino de bolas
943	7,90	SnCl ₂	0,2	ácido L-ascórbico	ninguno	molino de bolas
932	7,54	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	molino de bolas
933	9,16	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	molino de bolas
943	9,94	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor
961	8,81	SnCl ₂	0,16	Silice (Aldrich)	ninguno	seco
931	8,42	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	molino de jarro
961	9,74	SnCl ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
961	9,86	SnCl ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
931	8,27	SnCl ₂	0,1	SnO ₂	ninguno	seco
931	8,79	SnCl ₂	0,1	Al ₂ O ₃ (Nanoactivo)	ninguno	seco
930	8,66	SnCl ₂	0,1	Al ₂ O ₃ (Fisher)	ninguno	seco
960	8,88	SnCl ₂	0,1	SnO ₂	ninguno	calor
960	9,18	SnCl ₂	0,1	Al ₂ O ₃ (Nanoactivo)	ninguno	calor
961	10,27	SnCl ₂	0,1	Al ₂ O ₃ (Fisher)	ninguno	calor
944	8,38	SnCl ₂	0,1	Silice (EMS)	ninguno	calor
944	9,48	SnCl ₂	0,1	TiO ₂ (Nanoactivo)	ninguno	seco
973	9,69	SnCl ₂	0,1	TiO ₂ (Nanoactivo)	ninguno	seco
931	8,10	SnCl ₂	0,1	Aminopropil trimetoxi silano	ninguno	seco
957	9,19	SnCl ₂	0,1	Aminopropil trimetoxi silano	ninguno	seco
973	10,07	SnCl ₂	0,1	Al ₂ O ₃ (Fisher)	ninguno	seco
943	7,78	SnCl ₂	0,1	Ortosilicato de tetraetilo	Tolueno	solución
961	9,68	SnCl ₂	0,1	Ortosilicato de tetraetilo	Tolueno	solución
948	9,63	SnCl ₂	0,1	Ortosilicato de tetraetilo	Tolueno	seco
947	9,16	SnCl ₂	0,1	Ortosilicato de tetraetilo	Tolueno	seco

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
940	7,75	SnCl ₂	0,1	Polimetil metacrilatopoliestireno	Tolueno	seco
973	9,98	SnCl ₂	0,1	Silice (EMS)	ninguno	seco
977	9,86	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	seco
958	9,69	SnCl ₂	0,1	Polimetil metacrilatopoliestireno	Tolueno	ultrasónico
945	7,29	SnCl ₂	0,4	ninguno	H ₂ O	solución
860	7,58	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,90	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	7,43	SnCl ₂	0,5	NaBH ₄	H ₂ O	solución
931	6,91	SnCl ₂	0,5	NaBH ₄	H ₂ O	solución
930	8,97	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
932	8,74	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,30	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,37	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,16	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
966	6,18	SnCl ₂	0,5	ninguno	Heptano/Alcohol isopropílico	solución
993	6,48	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol	solución
929	7,73	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol	solución
868	6,90	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol	solución
942	8,34	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
943	9,24	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
932	8,17	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
931	7,16	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
940	8,29	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
929	7,95	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
930	8,47	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
931	6,94	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
931	8,02	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	7,76	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	7,18	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
942	8,48	SnCl ₂	0,5	ninguno	ninguno	solución
945	8,30	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol	solución
939	6,52	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
930	8,77	SnCl ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución
913	8,35	SnCl ₂	0,5	ninguno	Dimetil formamida	solución
886	6,98	SnCl ₂	0,5	ninguno	Dimetil formamida	solución
930	8,38	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol 10 ml	solución
937	8,51	SnCl ₂	0,5	ninguno	Metanol 5 ml	solución
929	7,72	SnCl ₂	0,67	ninguno	H ₂ O	solución
945	8,97	SnCl ₂	0,33	ninguno	H ₂ O	solución
931	8,05	SnCl ₂	0,9	ninguno	H ₂ O	solución
945	7,85	SnCl ₂	0,1	ninguno	H ₂ O	solución
906	7,02	SnCl ₂	0,5	ninguno	Dimetil formamida	solución
957	9,59	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
944	8,77	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
944	9,08	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
944	8,83	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
944	9,18	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
962	9,34	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
964	9,57	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
964	9,91	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
964	9,87	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
943	9,26	SnCl ₂	0,2	ninguno	ninguno	calor
931	8,13	SnCl ₂	0,2	ninguno	Dimetil formamida	seco
944	9,54	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor
958	9,79	SnCl ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
958	9,74	SnCl ₂	0,03	ninguno	ninguno	calor
964	9,90	SnCl ₂	0,005	ninguno	ninguno	calor
958	9,73	SnCl ₂	0,5	ninguno	ninguno	calor
957	9,40	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 150 °C
944	9,07	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 100 °C
944	9,27	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 125 °C
945	9,66	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 125 °C
944	9,60	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 100 °C
944	9,30	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 100 °C
944	9,65	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	9,58	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 150 °C
957	9,41	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	9,46	SnCl ₂	0,02	ninguno	ninguno	calor 125 °C
944	9,08	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 100 °C
964	9,57	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 100 °C
958	9,59	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 150 °C
957	9,53	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 150 °C
955	9,12	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	9,50	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 125 °C
964	9,83	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 125 °C
958	9,47	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 150 °C

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
957	9,46	SnCl ₂	0,01	ninguno	ninguno	calor 150 °C
957	9,76	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	8,90	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	9,28	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
955	9,69	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
948	9,09	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
942	9,42	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
959	9,71	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
955	9,58	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
958	9,58	SnCl ₂	0,1	ninguno	ninguno	calor 150 °C
930	7,10	SnCl ₄	0,5	NaBH ₄ , reducción	H ₂ O	solución
929	7,23	SnI ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
929	6,85	SnI ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
944	8,19	SnI ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
930	6,64	SnI ₂	0,02	ninguno	ninguno	seco
880	6,54	SnI ₂	0,2	ninguno	ninguno	seco
930	7,50	SnI ₂	0,3	ninguno	ninguno	seco
931	7,27	SnI ₂	0,5	ninguno	ninguno	seco
945	7,91	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
944	8,26	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
944	8,53	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
944	8,69	SnI ₂	0,1	ninguno	ninguno	foto
944	8,78	SnI ₂	0,1	ninguno	ninguno	foto
944	8,20	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
945	8,48	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
931	8,68	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
943	6,88	SnI ₂	0,1	ninguno	Dimetil formamida	calor
940	8,39	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
932	8,85	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor
944	7,85	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
944	8,59	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
944	8,68	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
944	8,58	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
945	8,00	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
945	8,54	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
938	7,90	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
941	8,11	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
940	7,80	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
936	8,29	SnI ₂	0,05	ninguno	ninguno	calor 300 °C
955	8,95	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución; molino de bolas
957	9,25	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución; molino de bolas
961	9,73	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	ninguno	H ₂ O	solución; molino de bolas
944	8,13	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	Xileno	H ₂ O	solución; molino de bolas
961	7,99	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	Docosano/Poliétileno (1:2)	H ₂ O	solución; molino de bolas
980	8,81	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	dodecil sulfato de Na	H ₂ O	solución; molino de bolas
977	8,78	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	Polimetacrilato de metilo	H ₂ O	solución; molino de bolas
931	8,25	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	0,5	CaCO ₃	H ₂ O	solución; molino de bolas

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
943	8,59	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	2,6-Di-terc-butil-4-metil piridina	H_2O	solución; molino de bolas
977	8,32	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	1,8-Bis(dimetil (amino) naftaleno	H_2O	solución; molino de bolas
977	9,05	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
977	8,74	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
977	8,15	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	H_2O	solución; molino de bolas
978	8,42	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Na_2SO_3	H_2O	solución; molino de bolas
945	8,62	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	H_2O	solución; molino de bolas
943	7,64	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
948	9,32	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Hidroquinona	H_2O	solución; molino de bolas
961	8,31	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	D-(+)-Glucosa	H_2O	solución; molino de bolas
977	9,32	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	L-cisteína	H_2O	solución; molino de bolas
977	9,60	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
958	8,92	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
936	9,08	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
936	9,04	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Tolueno	H_2O	solución; molino de bolas
955	8,83	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Catecol	H_2O	solución; molino de bolas

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
946	8,88	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido polimetil metacrílico	H_2O	solución; molino de bolas
958	9,73	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido esteárico	H_2O	solución; molino de bolas
958	9,08	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
948	9,31	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
932	9,33	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
932	9,14	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
935	8,76	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
977	9,03	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
943	10,18	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
943	8,96	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido cítrico	H_2O	solución; molino de bolas
961	9,21	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido dodecanoico	H_2O	solución; molino de bolas
943	9,15	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido benzoico	H_2O	solución; molino de bolas
961	9,68	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
930	10,33	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
973	10,17	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
931	9,64	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
943	9,39	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Poli(4-vinilfenol)	H_2O	solución; molino de bolas
932	8,96	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido 4-benzoil butírico	H_2O	solución; molino de bolas
933	9,04	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Hidroquinona	H_2O	solución; molino de bolas
943	9,94	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
961	10,05	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
931	9,65	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
961	9,62	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	ninguno	H_2O	molino de bolas; calor
961	9,09	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
931	9,09	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
931	8,37	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Ácido ascórbico	H_2O	solución; molino de bolas
930	9,65	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Solsperse 13940	H_2O	solución; molino de bolas
960	9,63	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Solsperse 13650	H_2O	solución; molino de bolas
960	9,57	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Solsperse 36000	H_2O	solución; molino de bolas
961	9,22	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Polivinil butiral)	H_2O	solución; molino de bolas
944	9,91	$\text{Sn}(\text{CH}_3\text{SO}_3)_2$	0,5	Poli(metacrilato de metilo)	H_2O	solución; molino de bolas
944	8,80	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de bolas; calor

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Intensidad (Log de cuentas por segundo)	Compuesto que contiene estaño	Cantidad de compuesto que contiene estaño	Otros ingredientes	Disolvente	Condiciones de procesamiento
973	7,78	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de bolas; calor
931	8,12	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de bolas; calor
957	9,33	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de bolas; calor
973	7,56	$\text{Sn}_x(\text{PO}_3)_y$	0,5	ninguno	ninguno	molino de bolas; calor
931	7,54	SnCl_2	0,5	$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	H_2O	solución
948	7,56	SnCl_2	0,5	$\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	H_2O	solución
911	7,80	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
929	8,02	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
930	8,21	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
939	8,54	SnCsImyO	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
931	8,56	SnCl_2	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
936	8,68	$\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro
947	8,82	SnCsImyO	0,5	ninguno	ninguno	molino de jarro

Ejemplo 15 *

Formación de material luminiscente

- 5 Se mezclaron diversos haluros de indio con haluros de cesio(I) para formar materiales coloreados, que a continuación se sometieron a ensayo para fotoluminiscencia. Los haluros de indio incluyeron InI, InBr, InCl, InCl₂, y los haluros de cesio(I) incluyeron CsI, CsBr, y CsCl.

Ejemplo 16 *

10

Formación y caracterización de material luminiscente

- Se mezclaron diversos haluros de indio con CsI para formar materiales coloreados, que a continuación se sometieron a ensayo para fotoluminiscencia. Los haluros de indio incluyeron InI, y la fracción en peso de cada haluro de indio con respecto al peso total estaba en el intervalo de un 0,01 a un 0,8. Se observó que los materiales resultantes emitían luz en el intervalo de aproximadamente 700 nm a aproximadamente 715 nm. Se observó que el calentamiento durante la formación de los materiales resultantes aumentaba la intensidad de la luz emitida. En algunos casos, el calentamiento se llevó a cabo en una atmósfera de nitrógeno a una temperatura de aproximadamente 225 °C durante un período de tiempo de aproximadamente 2 horas.

20

Ejemplo 17 *

Formación y caracterización de material luminiscente

- 25 Se mezclaron diversos compuestos que contienen plata, compuestos que contienen bismuto, compuestos que contienen cobre, compuestos que contienen germanio, compuestos que contienen indio, compuestos que contienen estaño, y compuestos que contienen vanadio con haluros alcalinos. Los materiales resultantes se sometieron a continuación a ensayo para fotoluminiscencia usando una longitud de onda de excitación de 532 nm o una longitud de onda de excitación en el intervalo ultravioleta. La siguiente Tabla 2 expone los ingredientes y las condiciones de procesamiento que se usaron junto con las características fotoluminiscentes de los materiales resultantes. Como se puede entender por referencia a la Tabla 2, se observaron características fotoluminiscentes que variaron como resultado de usar diferentes ingredientes y condiciones de procesamiento. Por ejemplo, en el caso de los compuestos de estaño (II), se observó que la longitud de onda de emisión de pico correlacionó con el tipo de metal incluido en los haluros alcalinos, correspondiendo el orden de aumento de longitud de onda de emisión con potasio, rubidio, y cesio.

35

Tabla 2

Longitud de onda de emisión de pico (nm)	Longitud de onda de excitación (nm)	Ingrediente 1	Ingrediente 2	Condiciones de procesamiento (°C)
670	532	AgNO ₃	CsI	25
~500	Ultravioleta	AgNO ₃	CsI	25
650	532	BiAc ₂	CsI	25
680	532	BiBr ₃	CsI	185
650	532	BiCl ₃	CsI	200
637	532	BiOCl	CsI	400
468	Ultravioleta	CuBr	CsI	25
468	Ultravioleta	CuBr	CsI	25
446	Ultravioleta	CuBr	CsI	350
450	Ultravioleta	CuSCN	CsI	25
680	532	CuSCN	CsI	350
737	532	Gel ₂	CsI	125
1.330	532	Gel ₂	CsI	125
727	532	Gel ₂ /Gel ₄	CsI	25
1.330	532	Gel ₂ /Gel ₄	CsI	25
650	532	InBr	CsBr	25

ES 2 543 717 T3

~500	532	InBr	CsCl	25
650	532	InBr	CsBr	225
485	Ultravioleta	InBr/CuBr	CsBr	25
810	532	InBr/CuBr	CsBr	25
710	532	InCl	CsI	25
1.445	532	InCl	CsI	25
704	532	InCl	CsI	190
640	532	InCl	CsBr	190
640	532	InCl	CsCl	190
640	532	InCl ₂	CsBr	25
640	532	InCl ₂	CsBr	225
780	532	InCl ₂	CsBr	200
680	532	InCl ₂ /Sn ₂ P ₂ O ₇	CsBr	25
660	532	InCl ₂ /Sn ₂ P ₂ O ₇	CsBr	200
650	532	InCl ₂ /SnCl ₄	CsBr	50
880	532	InCl ₂ /SnI ₂	CsBr	25
700	532	InCl ₂ /Gel ₄	CsBr	25
1340	532	InCl ₂ /Gel ₄	CsBr	25
706	532	InI	CsI	225
420	Ultravioleta	InI/CuBr	CsI	25 (Molino de bolas)
700	532	InI/CuBr	CsI	25 (Molino de bolas)
550	Ultravioleta	InI/CuBr	CsI	225
700	532	InI/CuBr	CsI	225
550	Ultravioleta	InI/Sn ₂ P ₂ O ₇	CsI	225
920	532	InI/Sn ₂ P ₂ O ₇	CsI	225
704	532	InI/SnCl ₂	CsI	225
930	532	InI/SnCl ₂	CsI	225
930	532	InI/SnCl ₂	CsI	25 (Molino de bolas)
940	532	InI ₂ /SnI ₂	CsI	25
700	532	Sn(CH ₃ SO ₃) ₂	CsBr	25 (Solución)
625	532	SnCl ₂	KI	25
680	532	SnCl ₂	RbI	25
550	532	SnF ₂	KCl	25
625	532	SnF ₂	KI	25
680	532	SnI ₂	RbI	25
725	532	VCl ₃	CsBr	25
880	532	VCl ₃	CsI	25

Ejemplo 18

Caracterización de material luminiscente

- 5 Se preparó un material luminiscente por mezcla de un compuesto de estaño(II) con CsI, y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales.

En particular, se midieron las características fotoluminiscentes usando una instalación experimental que incluyó una fuente de luz y un par de espectrómetros. El primer espectrómetro se usó para caracterizar la luz incidente en el material luminiscente, mientras que el segundo espectrómetro se usó para caracterizar la luz emitida por el material luminiscente. La Figura 4 ilustra los espectros de emisión que se obtuvieron para un intervalo de longitudes de onda de excitación. Como se puede entender por referencia a la Figura 4, el material luminiscente emitió luz con altas intensidades, con una anchura espectral estrecha de menos de aproximadamente 100 nm en FWHM, y con una longitud de onda de emisión de pico en el intervalo de aproximadamente 930 nm a aproximadamente 980 nm. Además, estas características fotoluminiscentes fueron relativamente insensibles a los cambios en la longitud de onda de excitación en el intervalo de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 950 nm. Esta insensibilidad se puede entender además por referencia a la Figura 5, que ilustra un espectro de excitación del material luminiscente. Por referencia a la Figura 5, el espectro de excitación es básicamente plano para las longitudes de onda de excitación en el intervalo de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 980 nm.

También se midieron las características de absorción del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. En particular, se obtuvo un espectro de absorción del material luminiscente y se superpuso sobre los espectros ilustrados en la Figura 4 y la Figura 5.

25 Ejemplo 19

Caracterización de material luminiscente

Los materiales luminiscentes se formaron usando diversos ingredientes y técnicas de mezcla, y se midieron las características fotoluminiscentes de estos materiales de una forma similar a como se ha descrito anteriormente para el Ejemplo 15. La Figura 6 ilustra los espectros de emisión que se obtuvieron para un subconjunto de estos materiales. Como se puede entender por referencia a la Figura 6, las características fotoluminiscentes se ajustaron fácilmente hasta niveles deseables mediante el ajuste de los ingredientes y las técnicas de mezcla que se usaron. En particular, se ajustó fácilmente la longitud de onda de emisión de pico de modo que estuviera en el intervalo de aproximadamente 910 nm a aproximadamente 980 nm. La Figura 7 ilustra los espectros de emisión que se obtuvieron para otro subconjunto de estos materiales. Como se puede entender por referencia a la Figura 7, se pudo ajustar fácilmente la longitud de onda de emisión de pico de modo que estuviera en el intervalo de aproximadamente 701 nm a aproximadamente 713 nm.

40 Ejemplo 20 *

Formación de composición de tinta

Se preparó una mezcla fundida de polietileno y docosano con una proporción en peso de 2 a 1 de polietileno con respecto a docosano. Se añadieron nanopartículas formadas por un material luminiscente a la mezcla fundida con una proporción de las nanopartículas con respecto a la mezcla fundida en el intervalo de 1 parte en peso por 1000 partes en peso hasta partes en peso iguales, tal como 1 parte el peso de las nanopartículas por 2 partes en peso de la mezcla fundida. La composición de tinta resultante se aplicó a continuación a un papel usando un revestimiento o técnica de impresión convencional

50 Ejemplo 21

Formación y caracterización de material luminiscente

55 Se prepararon materiales luminiscentes usando un sistema de deposición al vacío. Los materiales luminiscentes se formaron como películas sobre sustratos, tales como portaobjetos de vidrio de borosilicato de 25 mm cuadrados. En particular, se colocó SnCl_2 de calidad de reactivo en un primer bote evaporador térmico de campana de vidrio, y se puso CsI de calidad de reactivo en un segundo bote evaporador térmico. Ambos botes evaporadores se formaron a partir de tungsteno. El sistema se evacuó a una presión de menos de 1×10^{-5} torr. El bote evaporador térmico que contenía SnCl_2 se calentó eléctricamente para producir una velocidad de deposición de SnCl_2 en el intervalo de 0,1 nm/s a 10 nm/s, tal como 1 nm/s. La deposición de la capa que contenía SnCl_2 continuó hasta un espesor en el intervalo de 100 nm a 1.500 nm, tal como 300 nm. Después de que se obtuviera el espesor deseado, se desconectó la corriente eléctrica del bote evaporador térmico que contenía SnCl_2 , y se aplicó corriente eléctrica al bote evaporador térmico que contenía CsI. CsI tiene una presión de vapor inferior que el SnCl_2 , y, por lo tanto, se aplicó una cantidad mayor de corriente eléctrica para producir una velocidad de deposición de CsI en el intervalo de 0,1 nm/s a 10 nm/s, tal como 1 nm/s. El espesor de la capa que contenía CsI estaba en el intervalo de 100 nm a 1.500

nm, tal como 300 nm. La proporción de espesor de SnCl_2 con respecto a CsI se hizo variar en el intervalo de 0,1 a 10. Después de que se completara la deposición de las capas de SnCl_2 y CsI , el sistema se ventiló en condiciones atmosféricas. Se observó que los materiales resultantes emitían luz en el intervalo de 900 nm a 1 μm , tal como con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 930 nm o aproximadamente 950 nm. En algunos casos, la intensidad de la luz emitida se potenció por recocido, tal como por calentamiento en un horno purgado con nitrógeno durante 2 minutos a 1 hora a una temperatura en el intervalo de 120 °C a 350 °C. Un proceso de recocido habitual implicó una velocidad de rampa de 30 °C/min a 210 °C durante 10 minutos y un enfriamiento a una velocidad de rampa de 20 °C/min.

10 Ejemplo 22 *

Formación y caracterización de material luminiscente

Se preparó un material luminiscente usando un sistema de deposición al vacío. Se puso SnBr_2 de calidad de reactivos en un primer bote evaporador térmico de campana de vidrio, y se puso CsBr de calidad de reactivo en un segundo bote evaporador térmico. Las condiciones de procesamiento fueron similares a las descritas en el Ejemplo 21. Se observó que el material resultante emitía luz en el intervalo de 700 nm a 800 nm, tal como con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 700 nm.

20 Ejemplo 23 *

Formación y caracterización de material luminiscente

Se prepararon materiales luminiscentes usando un sistema de deposición al vacío. Se puso SnBr_2 de calidad de reactivo en un primer bote evaporador térmico de campana de vidrio, y se puso CsI de calidad de reactivo en un segundo bote evaporador térmico. A continuación, se evaporaron secuencialmente SnBr_2 y CsI y se depositaron sobre un sustrato. Las capas depositadas de SnBr_2 y CsI se sometieron a recocido durante menos de 20 minutos a una temperatura de menos de 200 °C. Se observó que los materiales resultantes emitían luz con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 700 nm. Se observaron temperaturas de recocido superiores y tiempos de recocido mayores para producir materiales con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 930 nm.

Ejemplo 24

35 Formación de material luminiscente

Se preparó un material luminiscente usando un sistema de deposición al vacío. Se mezclaron SnCl_2 de calidad de reactivo y CsI de calidad de reactivo, y a continuación se colocaron en un único bote evaporador térmico de campana de vidrio. A continuación, la mezcla de SnCl_2 y CsI se evaporó conjuntamente y se depositó conjuntamente sobre un sustrato para producir el material luminiscente.

Ejemplo 25

45 Formación de material luminiscente

Se preparó un material luminiscente usando un sistema de deposición al vacío. Se mezclaron SnCl_2 de calidad de reactivo y CsI de calidad de reactivo, y a continuación se fundieron previamente a una temperatura mayor de 210 °C. La mezcla fundida previamente se evaporó y se depositó sobre un sustrato para producir el material luminiscente.

50 Ejemplo 26 *

Formación y caracterización de material luminiscente

Se preparó un material luminiscente por evaporación y deposición de SnCl_2 y CsI . La deposición de SnCl_2 y CsI se llevó a cabo con un flujo de O_2 gaseoso. El caudal de O_2 gaseoso varió de 10 centímetros cúbicos estándar por minuto ("sccm") a 200 sccm. Se observó que el uso de O_2 gaseoso durante la deposición mejoraba la intensidad y la estabilidad de la fotoluminiscencia resultante.

Ejemplo 27 *

60 Formación y caracterización de material luminiscente

Se prepararon materiales luminiscentes por evaporación y deposición de SnCl_2 y CsI . La deposición de SnCl_2 y el CsI se llevaron a cabo con un flujo de O_2 gaseoso, y a continuación se depositó una capa de estaño metálico continuando el flujo de O_2 gaseoso. El espesor de la capa que contenía estaño metálico estaba en el intervalo de 10 nm a 250 nm. Las capas depositadas se recocieron a continuación en una atmósfera de nitrógeno a una temperatura

en el intervalo de 150 °C a 300 °C durante 2 minutos a 1 hora. La película metálica se volvió inicialmente transparente o semitransparente con diversos colores que variaron de oro a azul a plata. Se observó que la deposición de estaño metálico mejoró la intensidad y la estabilidad de la fotoluminiscencia resultante. Se pueden depositar otros materiales en lugar de, o junto con, el estaño metálico, tales como TiO_2 , SnO_2 , Ta_2O_5 , BaTiO_3 , Pd, Ag, Au, Cu, Sn, SiN, SiO_2N_2 , MgO, BaSi, semiconductores, polímeros, y materiales usados para revestimiento y encapsulación.

Ejemplo 28 *

10 Formación de material luminiscente

Se preparó un material luminiscente por evaporación y deposición de SnCl_2 y Csl. La deposición del SnCl_2 y el Csl se llevaron a cabo sin flujo de O_2 gaseoso, y a continuación se depositó una capa de estaño metálico con un flujo de O_2 gaseoso.

Ejemplo 29 *

Formación de material luminiscente

20 Se prepararon materiales luminiscentes usando un sistema de deposición al vacío incluyendo un bote evaporador térmico (tungsteno con o sin revestimiento de Al_2O_3) y un bote evaporador de haz de electrones (crisol de grafito). Se puso SnCl_2 de calidad de reactivo (0,25 g a 2,5 g) en el bote evaporador térmico, y se puso Csl de calidad de reactivo (0,25 g a 2,5 g) en el crisol de grafito para deposición por haz de electrones. La proporción en masa de SnCl_2 y Csl se hizo variar en el intervalo de 0,1 a 10. Se usó SnCl_2 en forma de polvo o fundido previamente. El fundido previo se preparó mediante procesamiento de SnCl_2 en polvo a una temperatura en el intervalo de 240 °C a 260 °C durante 10 minutos en una atmósfera de nitrógeno. Se usó Csl en forma de polvo o en forma de microgránulos de 1 cm^2 . Los microgránulos se prepararon con una presión en el intervalo de 2×10^8 Pa a 3×10^8 Pa usando una prensa hidráulica. El sistema se evacuó hasta una presión entre 5×10^{-6} torr y 5×10^{-4} torr, tal como menos de 2×10^{-5} torr. En primer lugar se llevó a cabo una evaporación térmica usando una corriente eléctrica en el intervalo de 5 A a 6 A, tal como 5,5 A. A continuación, se llevó a cabo deposición por haz de electrones usando una corriente eléctrica en el intervalo de 0,5 mA a 10 mA, tal como 1 mA. El ajuste de alta tensión para la deposición por haz de electrones estaba en el intervalo de 4,5 kV a 5,5 kV, tal como 5,25 kV. También se usó control de barrido del haz de electrones. La velocidad de deposición resultante fue de 0,2 nm/s a 2 nm/s para el SnCl_2 y de 0,5 nm/s a 3 nm/s para el Csl. Cuando se completó la deposición, el sistema se ventiló con aire o nitrógeno, y los materiales resultantes se dejaron en el interior del sistema durante otros 10 minutos a 15 minutos. Se midió un espesor total de 500 nm a 2.000 nm usando un sistema de perfiles.

Ejemplo 30 *

40 Formación de material luminiscente

Se prepararon materiales luminiscentes usando un sistema de deposición al vacío. El espesor de una capa que contenía SnCl_2 estaba en el intervalo de 20 nm a 1.000 nm, y el espesor de una capa que contenía Csl estaba en el intervalo de 50 nm a 1.000 nm. La proporción de espesor de SnCl_2 con respecto a Csl se hizo variar en el intervalo de 0,02 a 20. Las condiciones de procesamiento fueron similares a las descritas en el Ejemplo 29.

Ejemplo 31 *

Formación de material luminiscente

50 Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29 para formar las capas de SnCl_2 y Csl. A continuación, se puso Al_2O_3 en polvo en un crisol de grafito, y a continuación se fundió previamente usando un barrido de haz de electrones con una corriente eléctrica en el intervalo de 35 mA a 45 mA. Este proceso se llevó a cabo durante 10 minutos a 15 minutos. A continuación, se depositó un revestimiento superior de Al_2O_3 sobre las capas de SnCl_2 y Csl usando deposición por haz de electrones. La deposición por haz de electrones se llevó a cabo con una corriente eléctrica en el intervalo de 30 mA a 40 mA y un ajuste de alta tensión de 5,25 kV, que produjo una velocidad de deposición de 0,05 nm/s a 0,15 nm/s. Se obtuvo un espesor total de 50 nm a 200 nm. El revestimiento superior Al_2O_3 sirve para mejorar la intensidad y la estabilidad de la fotoluminiscencia resultante.

Ejemplo 32 *

Formación de material luminiscente

65 Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29 para formar capas de SnCl_2 y Csl. A continuación, se pusieron trozos de SiO_2 cristalino en un crisol de grafito, y a continuación se depositó SiO_2 usando deposición por haz de electrones. La deposición por haz de electrones se llevó a cabo con una corriente

eléctrica en el intervalo de 8 mA a 12 mA y un ajuste de alta tensión de 5,25 kV, que produjo una velocidad de deposición de 0,5 nm/s a 0,8 nm/s. Se obtuvo un espesor total de 50 nm a 200 nm. El revestimiento superior de SiO₂ sirve para mejorar la intensidad y la estabilidad de la fotoluminiscencia resultante. Se pueden depositar otros materiales en lugar de, o junto con, el SiO₂, tales como TiO₂, SnO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, Pd, Ag, Au, Cu, Sn, SiN, SiO_iN_j, MgO, BaSi, semiconductores, polímeros, y materiales usados para revestimiento y encapsulación.

Ejemplo 33 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29, pero con el orden de deposición de SnCl₂ y CsI invertido.

Ejemplo 34 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29, pero con múltiples capas depositadas de SnCl₂, múltiples capas depositadas de CsI, o ambas. Un período de tiempo habitual entre la deposición de cada capa es de 1 minuto a 2 minutos.

Ejemplo 35 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29, pero depositándose conjuntamente SnCl₂ y CsI. Un período de tiempo habitual entre la deposición de cada capa es de 1 minuto a 2 minutos.

Ejemplo 36 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29. Después de que se completara la deposición de SnCl₂ y CsI, el material resultante se sometió a recocido por calentamiento en un horno purgado con nitrógeno durante 5 minutos a 2 horas a una temperatura en el intervalo de 150 °C a 350 °C. Un proceso de recocido habitual implica una velocidad de rampa de 5 °C/min a 50 °C/min.

*

Ejemplo 37

Formación de material luminiscente

Se formaron materiales luminiscentes sobre diversos sustratos usando condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 29. Algunos ejemplos de sustratos incluyen obleas de sílice, obleas de germanio, obleas de GaAs, y sustratos formados por vidrio de borosilicato, vidrio micrograbado, sílice, Al₂O₃ policristalino, MgO, SrTiO₃, óxido de indio y estaño ("ITO"), zafiro, y LiF₂. Los sustratos tienen unas dimensiones de 25 mm x 25 mm o 25 mm x 75 mm.

Ejemplo 38 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 31, pero con múltiples capas de revestimiento superior de Al₂O₃. Un período de tiempo habitual entre la deposición de cada capa de revestimiento superior es de 1 minuto a 2 minutos.

Ejemplo 39 *

Formación de material luminiscente

Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 32, pero con múltiples capas de revestimiento superior de SiO₂. Un período de tiempo habitual entre la deposición de cada capa de revestimiento superior es de 1 minuto a 2 minutos.

Ejemplo 40

Caracterización de material luminiscente

5 Se preparó un material luminiscente que incluía cesio, estaño, y yodo, y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. La Figura 8 ilustra un espectro de emisión y un espectro de excitación que se obtuvieron para un intervalo de energías de fotón expresadas en electronvoltios ("eV"). Como se puede entender por referencia a la Figura 8, el material luminiscente emitió luz con altas intensidades, con una anchura espectral estrecha de menos de aproximadamente 50 meV en FWHM, y con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 930 nm. Además, estas características fotoluminiscentes fueron relativamente insensibles a los cambios en la longitud de onda de excitación desde el intervalo ultravioleta a la banda de emisión. Estas características fotoluminiscentes son distintas a las de un CsI convencional dopado con estaño, que por lo general emite luz con longitudes de onda más cortas, tales como en la región azul o el en intervalo ultravioleta. También se midieron las características de absorción del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. En particular, se obtuvo un espectro de absorción del material luminiscente y se superpuso sobre los espectros ilustrados en la Figura 8. Como se puede entender por referencia a la Figura 8, la banda de emisión del material luminiscente se localiza en, o cerca de, el borde de la banda de absorción.

Ejemplo 41

Caracterización de material luminiscente

20 Se preparó un material luminiscente que incluía cesio, estaño, y bromo, y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. La Figura 9 ilustra un espectro de emisión que se obtuvo para un intervalo de energías de fotón. Como se puede entender por referencia a la Figura 9, el material luminiscente emitió luz con altas intensidades, con una anchura espectral estrecha, y con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 700 nm. Estas características fotoluminiscentes son diferentes de las de un CsBr convencional dopado con estaño, que por lo general emite luz con longitudes de onda más cortas, tales como en la región azul o en el intervalo ultravioleta. También se midieron las características de absorción del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. En particular, se obtuvo un espectro de absorción del material luminiscente y se superpuso sobre el espectro ilustrado en la Figura 9. Como se puede entender por referencia a la Figura 9, la banda de emisión del material luminiscente se localiza en, o cerca de, el borde de la banda de absorción.

Ejemplo 42

Caracterización de material luminiscente

35 Se preparó material luminiscente que incluía cesio, estaño, y yodo, y se midieron las características ópticas del material luminiscente a diferentes temperaturas. La Figura 10 ilustra los espectros de emisión que se obtuvieron para un intervalo de temperaturas. Como se puede entender por referencia a la Figura 10, la longitud de onda de emisión de pico del material luminiscente disminuyó con el aumento de temperatura. Esta variación de la longitud de onda de emisión de pico con la temperatura es distinta que la de numerosos materiales convencionales, que por lo general tienen una longitud de onda de emisión de pico que aumenta con el aumento de temperatura.

Ejemplo 43 *

Caracterización de material luminiscente

50 Se preparó un material luminiscente que incluía cesio, plomo(II), y yodo (CsPbI_3), y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. La Figura 11 ilustra un espectro de emisión que se obtuvo para un intervalo de longitudes de onda. Como se puede entender por referencia a la Figura 11, el material luminiscente emitió luz con altas intensidades, con una anchura espectral estrecha, y con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 700 nm.

Ejemplo 44*

Caracterización de material luminiscente

60 Se preparó un material luminiscente que incluía cesio, germanio(II), y yodo, y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. La Figura 12 ilustra un espectro de emisión que se obtuvo para un intervalo de longitudes de onda. Como se puede entender por referencia a la Figura 12, el material luminiscente emitió luz con altas intensidades, con una anchura espectral estrecha, y con una longitud de onda de emisión de pico de aproximadamente 700 nm.

Ejemplo 45 *

Caracterización de material luminiscente

- 5 Se observó en ocasiones que un material luminiscente en el que *B* es un elemento que no es del Grupo IVB tiene una anchura espectral mayor. En particular, se preparó un material luminiscente que incluía cesio, indio(I), y yodo, y se midieron las características ópticas del material luminiscente de acuerdo con técnicas convencionales. La Figura 13 ilustra un espectro de emisión que se obtuvo para un intervalo de longitudes de onda. Como se puede entender por referencia a la Figura 13, el material luminiscente emitió luz con una anchura espectral que fue mayor que 100
- 10 meV. Se observó que un espectro de excitación (no se ilustra en la Figura 13) incluía un conjunto de bandas estrechas en un intervalo de longitudes de onda de excitación.

Ejemplo 46

15 Formación y caracterización de material luminiscente

- Se usaron condiciones de procesamiento similares a las descritas en el Ejemplo 21 para preparar un material luminiscente que incluía cesio, estaño, y yodo, y el material luminiscente se caracterizó de acuerdo con técnicas de difracción de rayos X ("XRD") convencionales. La Figura 14 ilustra un patrón de XRD que se obtuvo para el material
- 20 luminiscente. El patrón de XRD del material luminiscente se comparó con los patrones de XRD de diversos materiales convencionales, incluyendo un CsSnI_3 convencional (ilustrado en la Figura 15A), un CsSnCl_3 convencional (ilustrado en la Figura 15B), y un CsSnBr_3 convencional (ilustrado en la Figura 15C), y no se produjeron coincidencias. Las diferencias en los patrones de XRD indican que el material luminiscente tiene una microestructura diferente con respecto a los materiales convencionales.

- 25 El material luminiscente también se caracterizó usando un microscopio. Se observó que el material luminiscente emitía luz en el intervalo infrarrojo cercano, y tenía una apariencia cristalina al microscopio. Cuando se iluminó con luz láser de 633 nm, el material luminiscente tuvo una apariencia brillante cuando se observó con una cámara infrarroja sensible a longitudes de onda en el intervalo de 850 nm a 1000 nm.

- 30 Se debería entender que las realizaciones de la invención descritas anteriormente se proporcionan a modo de ejemplo, y la invención incluye otras diversas realizaciones. Por ejemplo, se contempla que los materiales luminiscentes que se describen en el presente documento se pueden usar para otras diversas aplicaciones. En particular, se contempla que los materiales luminiscentes que tienen energías de banda prohibida, conductividades eléctricas, y otras características hacen a los materiales luminiscentes deseables para diversas aplicaciones
- 35 fotoeléctricas, tales como las relacionadas con dispositivos fotovoltaicos, fotoconductores, fotodetectores, diodos emisores de luz, láseres, y otros dispositivos que implican fotones y portadores de carga durante su operación.

- 40 Por ejemplo, los materiales luminiscentes que se describen en el presente documento se pueden usar ventajosamente en dispositivos fotovoltaicos tales como material de conversión solar. En particular, los materiales luminiscentes pueden absorber un amplio intervalo de longitudes de onda solares y convertir la radiación solar absorbida en una longitud de onda de emisión de pico. Esta longitud de onda de emisión de pico puede tener una energía que coincide con (por ejemplo, en o cerca de) una banda prohibida de un material semiconductor, tal como silicio, en los dispositivos fotovoltaicos. Este proceso de conversión puede aumentar la eficacia teórica de un
- 45 dispositivo fotovoltaico de silicio de un 31 por ciento a un 41 por ciento. Se pueden producir mejoras adicionales en la eficacia con el uso de concentradores de conversión solar, en los que la radiación solar absorbida en una gran superficie se concentra en una pequeña superficie del material semiconductor.

- 50 Un practicante experto en la materia no requiere ninguna explicación adicional para desarrollar las realizaciones que se describen en el presente documento, pero no obstante puede encontrar algunas directrices útiles al examinar el documento de solicitud de patente de Midgley *et al.*, documento de Solicitud Provisional de Estados Unidos con Número de Serie 60/716.656, titulado "Autenticación e identificación de objetos usando nanopartículas" y presentado el 12 de septiembre de 2005, la divulgación del cual se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

- 55 Nota

* Proporcionado únicamente con fines comparativos.

REIVINDICACIONES

1. Un material luminiscente que tiene la fórmula:

5 $[A_a B_b X_x]$ [dopantes],

en la que:

A se selecciona entre potasio, rubidio y cesio;

10 B es estaño;

X es yodo;

en donde el material incluye dopantes, y

15 los dopantes se seleccionan entre oxígeno (O^{2-}), flúor (F^{-1}), cloro (Cl^{-1}), bromo (Br^{-1}), tiocianato (SCN^{-1}), ortofosfato (PO_4^{-3}), metafosfato (PO_3^{-1}) y pirofosfato ($P_2O_7^{-4}$), y los dopantes están incluidos en el material luminiscente en una cantidad menor de un 5 por ciento en términos de composición elemental;

a está en el intervalo de 1 a 9;

b está en el intervalo de 1 a 5; y

x está en el intervalo de 1 a 9.

20

2. El material luminiscente de la reivindicación 1, en el que a es 1, y b es 1.

3. El material luminiscente de la reivindicación 1, en el que a es 1, y b es 2.

25 4. El material luminiscente de la reivindicación 1, en el que A es cesio, y b es 1 o 2.

5. El material luminiscente de la reivindicación 1, en el que a está en el intervalo de 1 a 5, b está en el intervalo de 1 a 3, y x está en el intervalo de 1 a 5.

30 6. El material luminiscente de la reivindicación 1, en el que a es 1, y x es $1 + 2b$.

7. El material luminiscente de la reivindicación 1, en donde el material luminiscente tiene una microestructura basada en perovskita y los dopantes están dispersos en la microestructura basada en perovskita.

35 8. Un método para formar un material luminiscente de la reivindicación 1, que comprende:

proporcionar una fuente de A y X;

proporcionar una fuente de B, en donde al menos uno de la fuente de A y X y la fuente de B sirve como fuente de dopantes;

40 someter la fuente de A y X y la fuente de B a deposición al vacío para formar un conjunto de películas adyacentes a un sustrato; y

calentar el conjunto de películas a una temperatura en el intervalo de 120 °C a 350 °C para formar un material luminiscente adyacente al sustrato.

45 9. El método de la reivindicación 8, en el que la fuente de A y X es un compuesto que tiene la fórmula: AX.

10. El método de la reivindicación 8, en el que A es cesio.

50 11. El método de la reivindicación 8, en el que la fuente de B es un compuesto que tiene la fórmula: BY_2 y en el que Y se selecciona entre flúor, cloro, bromo y yodo.

12. El método de la reivindicación 8, en el que someter la fuente de A y X y la fuente de B a deposición al vacío incluye:

55 depositar conjuntamente la fuente de A y X y la fuente de B.

13. El método de la reivindicación 8, en el que someter la fuente de A y X y la fuente de B a deposición al vacío incluye:

60 depositar secuencialmente la fuente de A y X y la fuente de B.

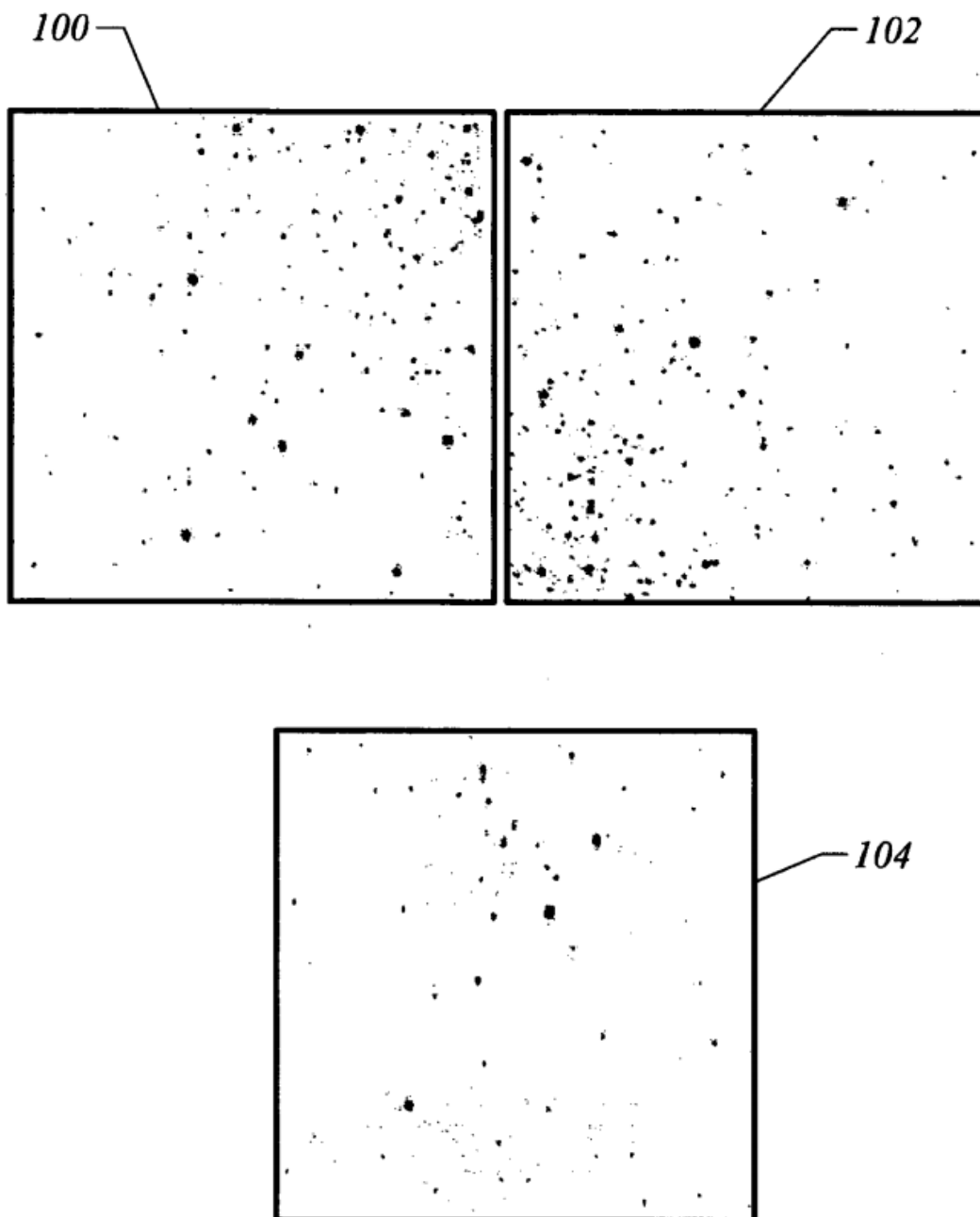


FIG. 1

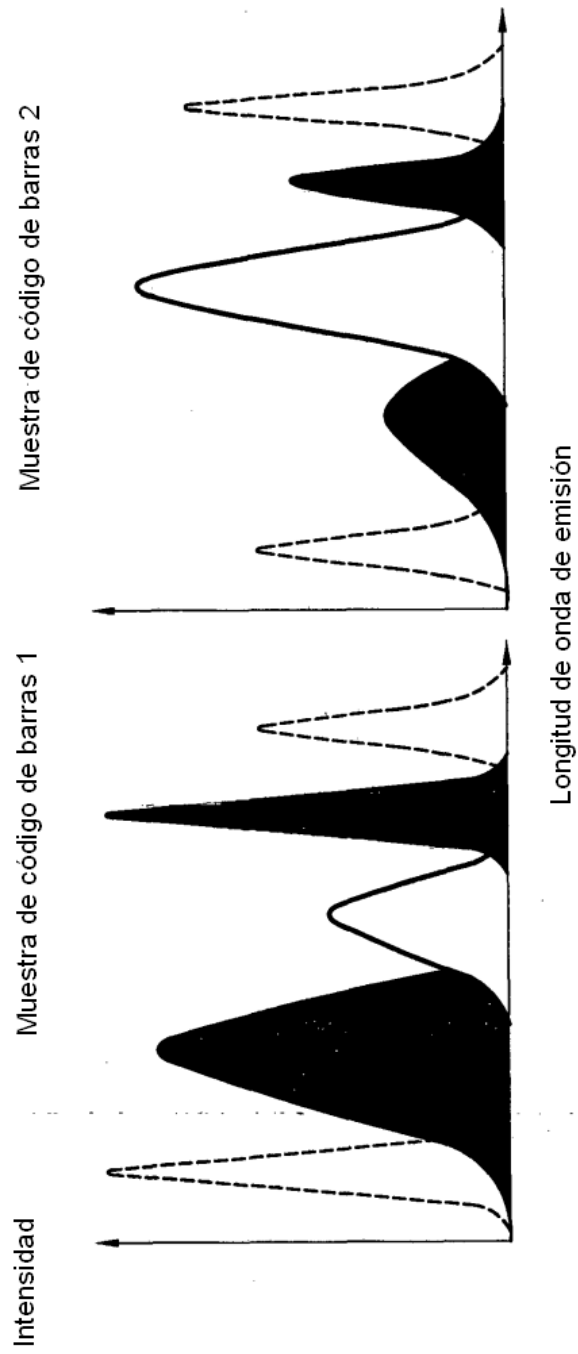


FIG. 2

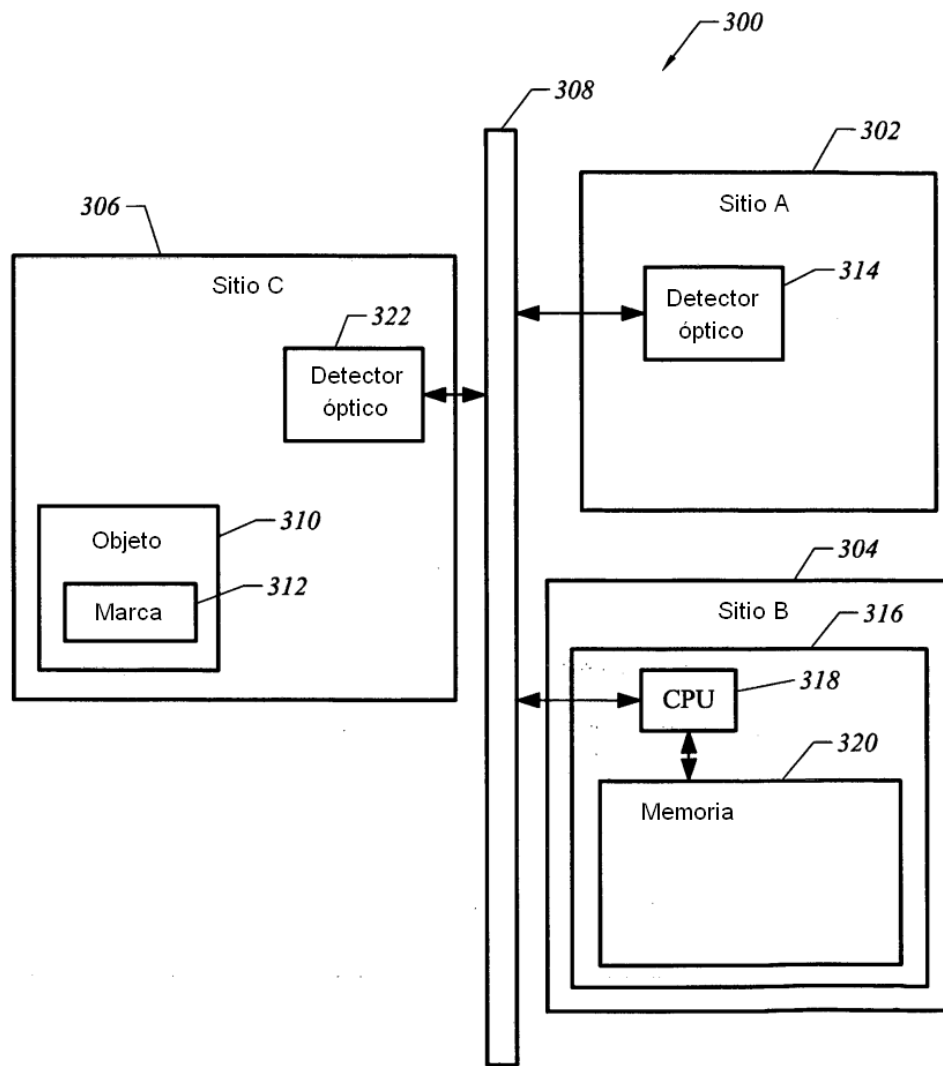


FIG. 3

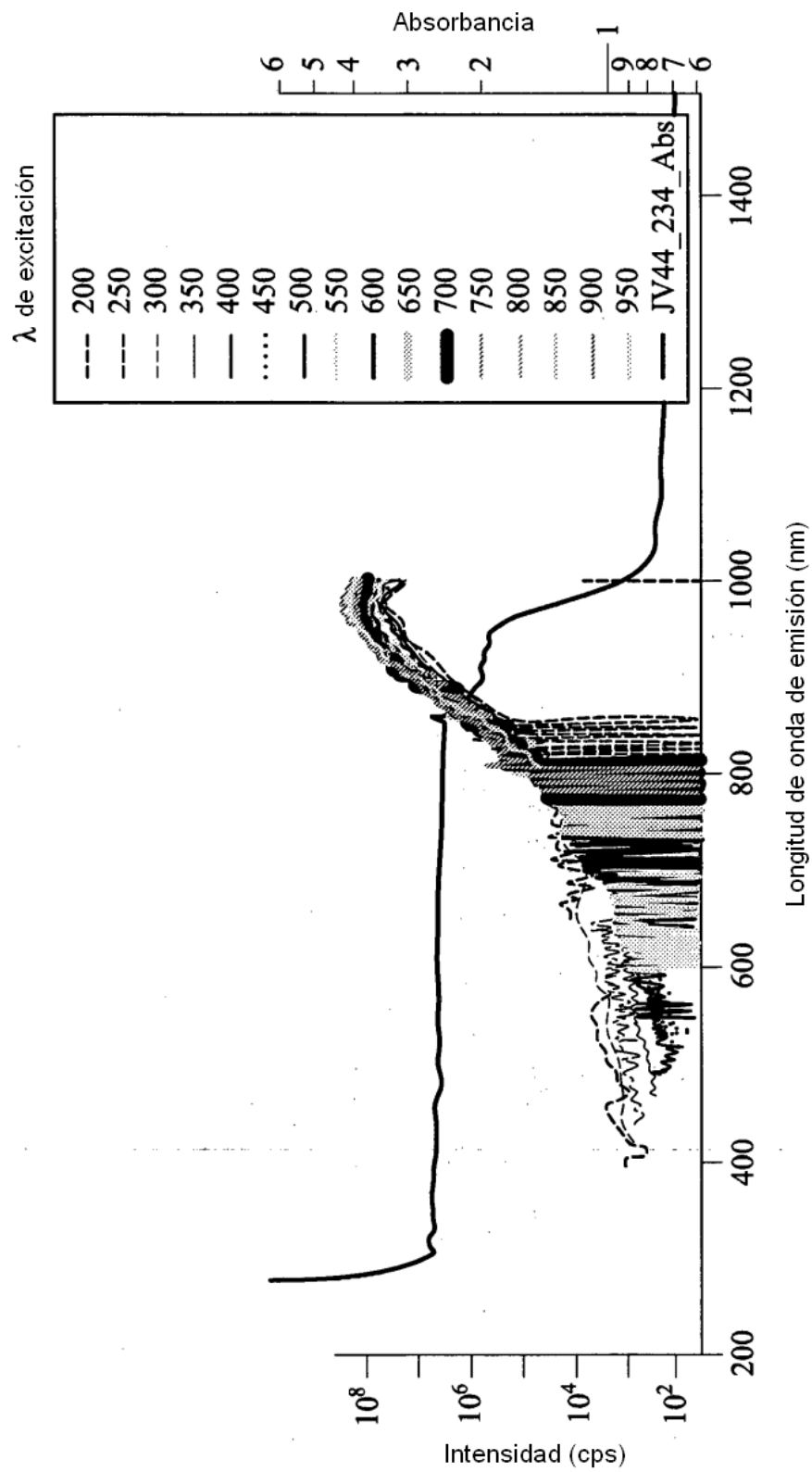


FIG. 4

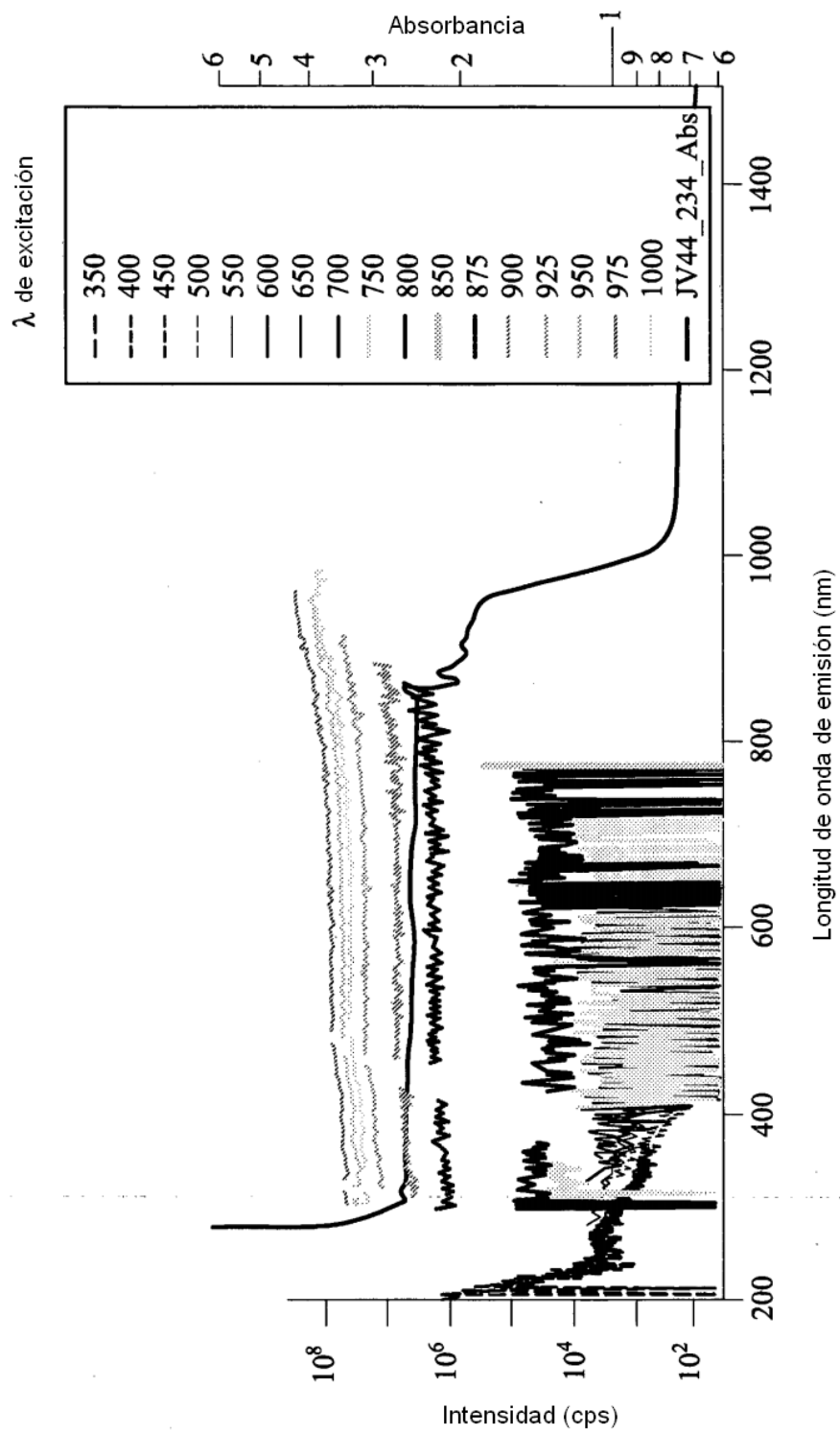


FIG. 5

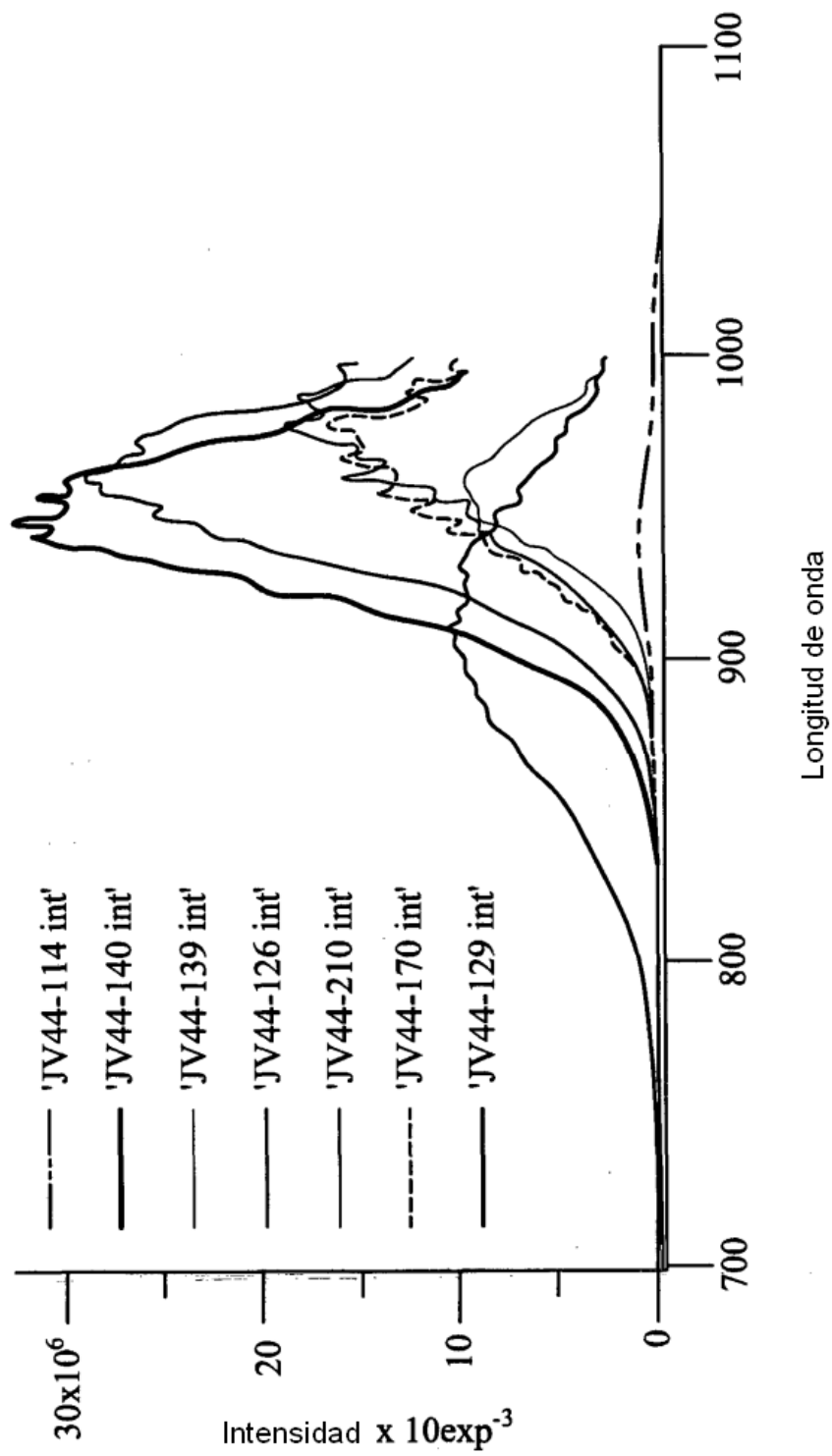


FIG. 6

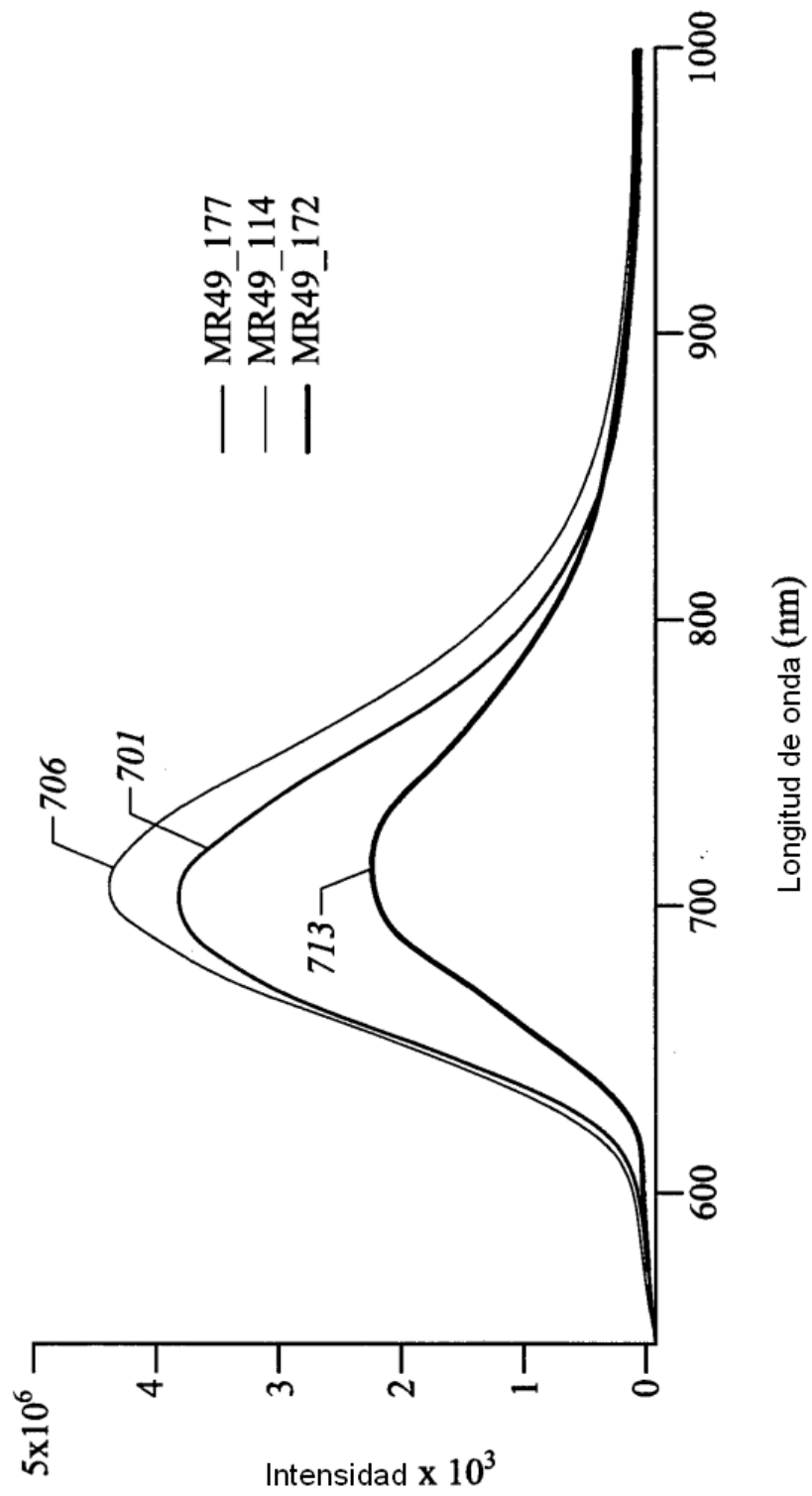


FIG. 7

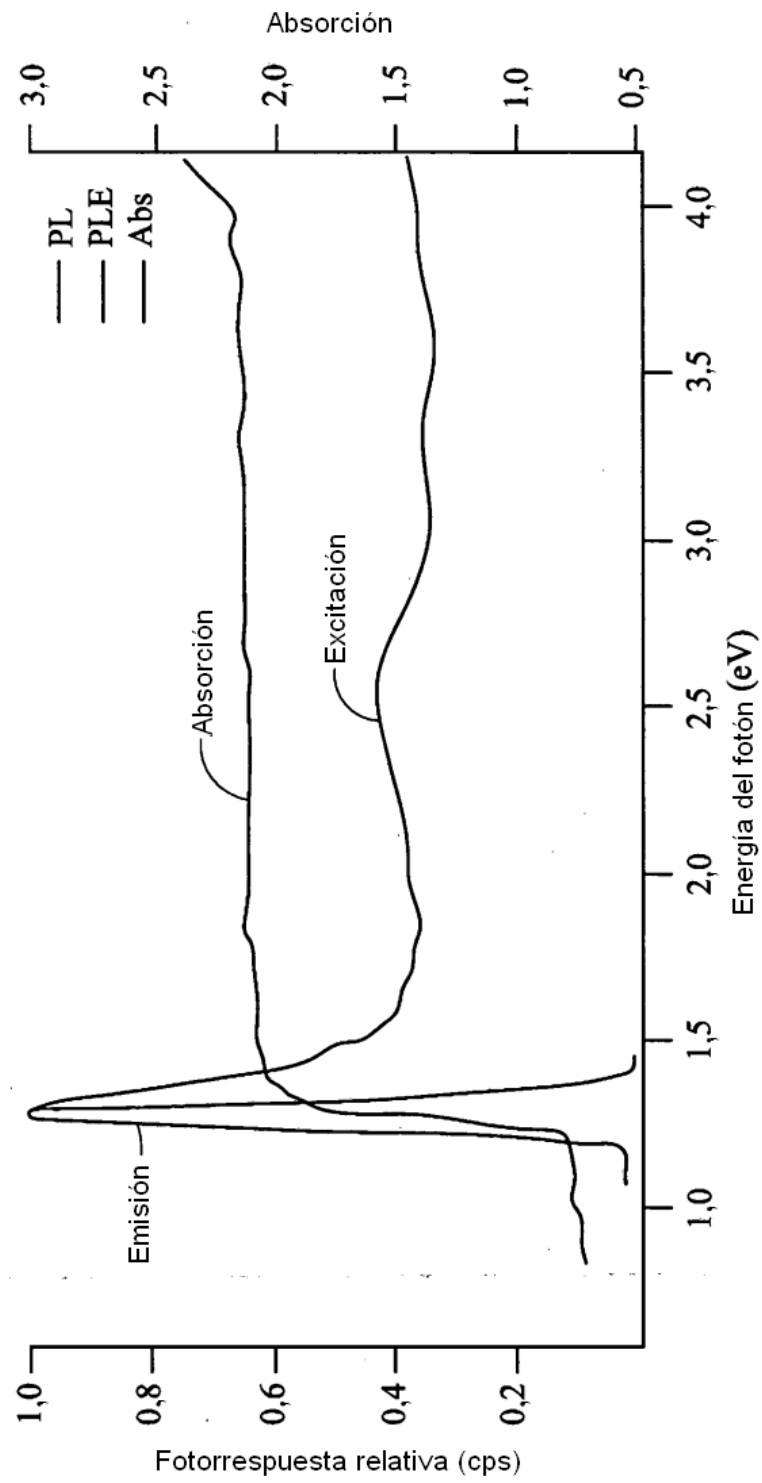


FIG. 8

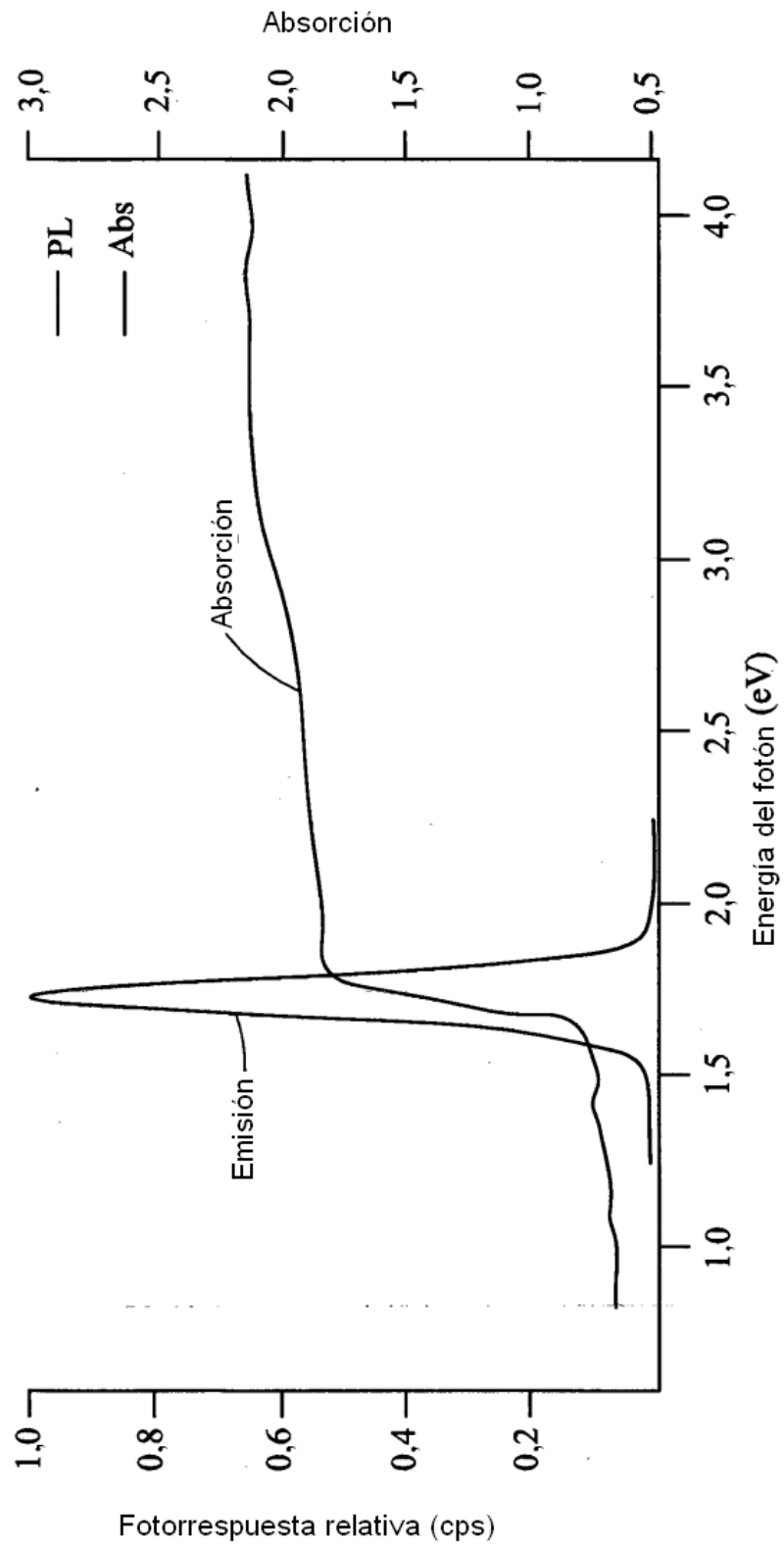


FIG. 9

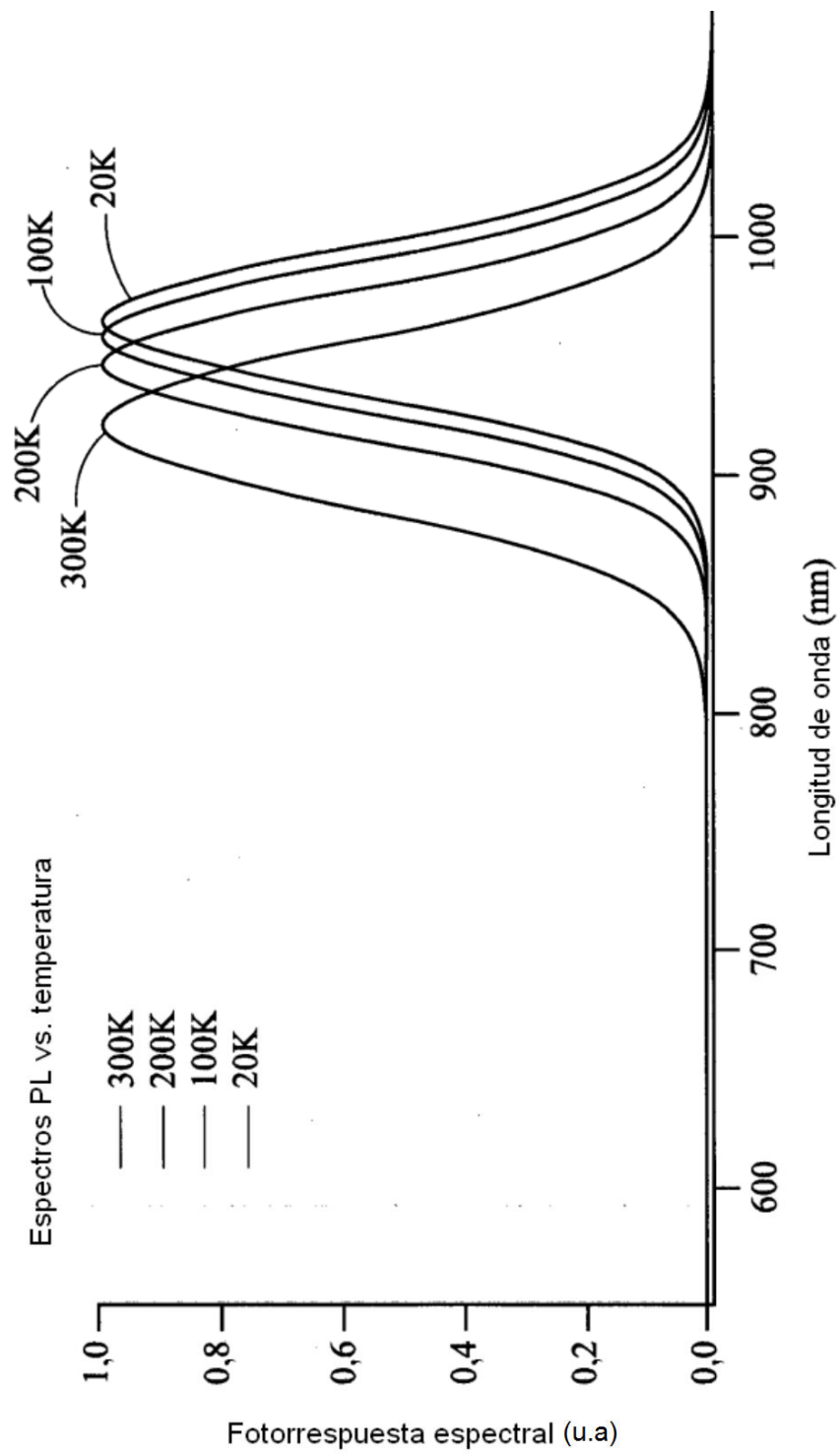


FIG. 10

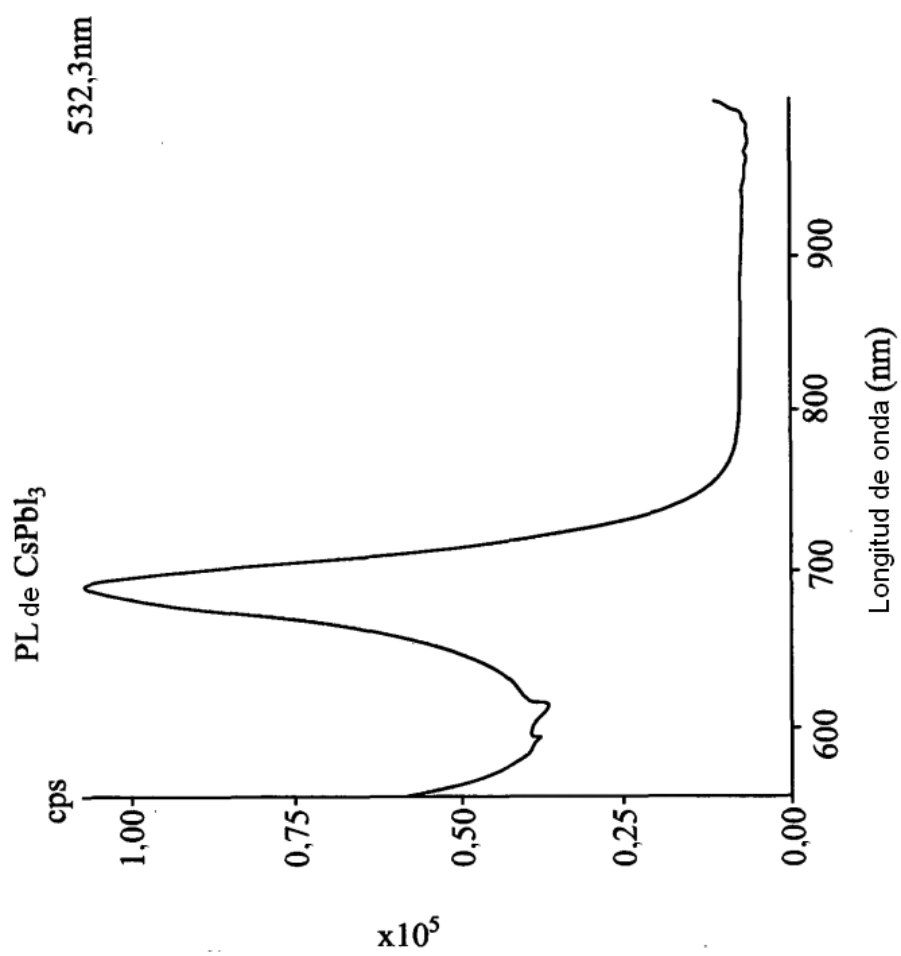


FIG. 11

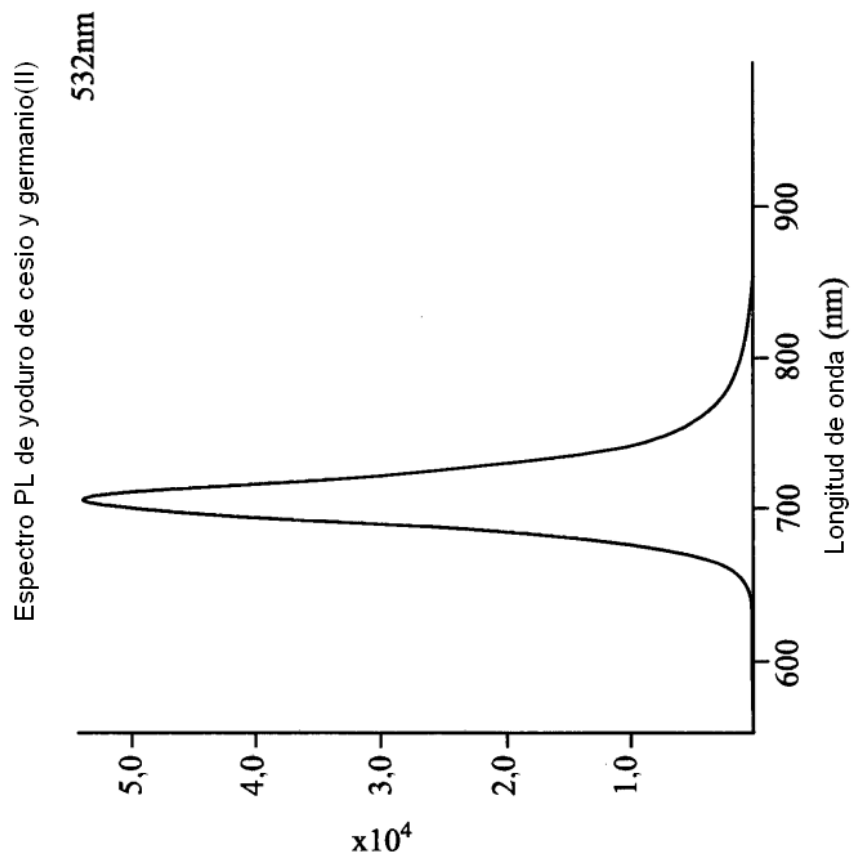
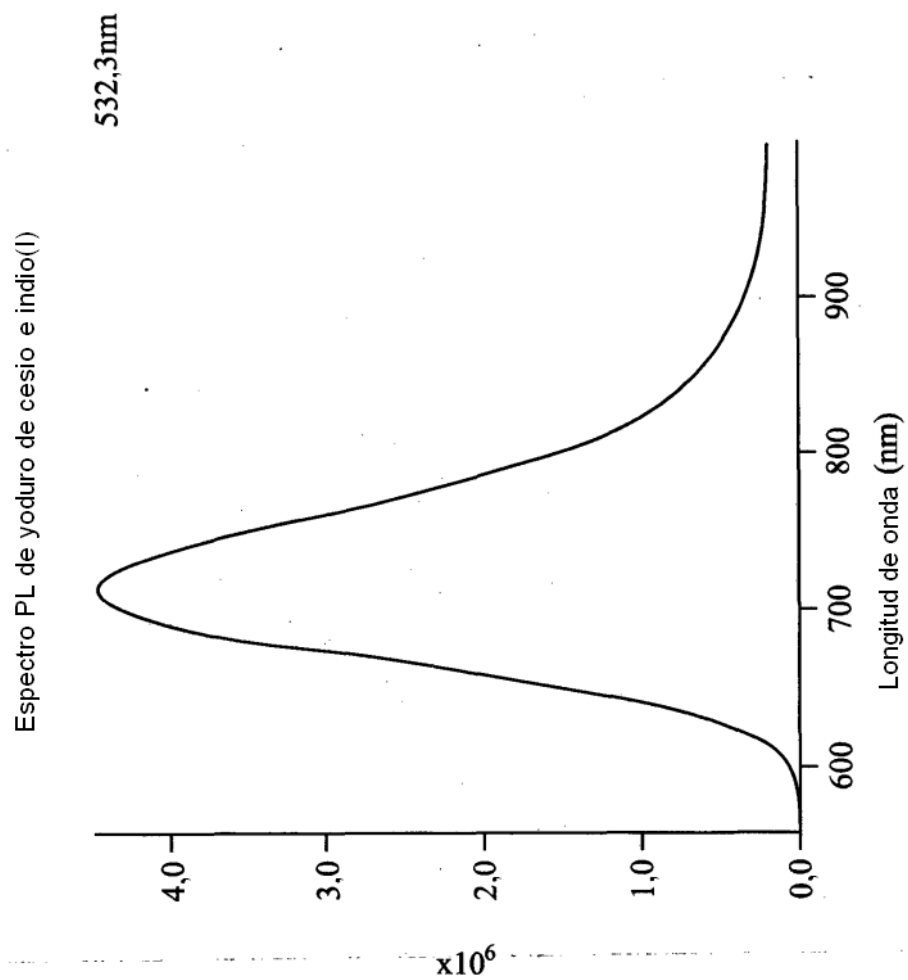


FIG. 12

*FIG. 13*

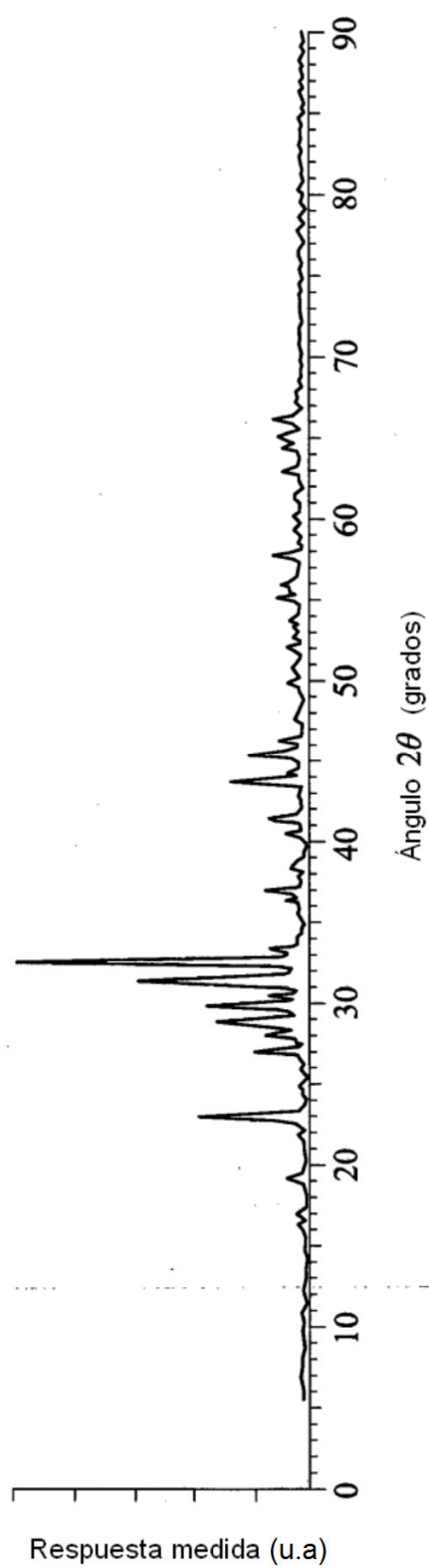


FIG. 14

