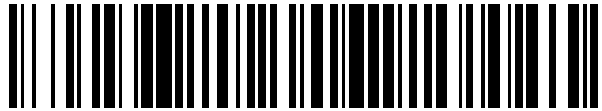


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 631 178**

51 Int. Cl.:

B81C 1/00 (2006.01)

G02B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2014** E 14182597 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017** EP 2860152

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de una estructura generadora de ondas de plasmones superficiales**

30 Prioridad:

09.10.2013 TW 102136489

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

29.08.2017

73 Titular/es:

**TSUNG, CHENG-SHENG (100.0%)
No. 3, Aly. 27, Shuren Ln. Zhongzheng Road
Caotun Township 542, Nantou County, TW**

72 Inventor/es:

**TSUNG, CHENG-SHENG y
CHUANG, SHIH-HAO**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 631 178 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

Procedimiento para la fabricación de una estructura generadora de ondas de plasmones superficiales

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se relaciona con un procedimiento para la creación de ondas de plasmones superficiales, en particular con un procedimiento para fabricar una microestructura capaz de generar ondas de plasmones superficiales.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] El fenómeno de los plasmones superficiales en metales es ampliamente utilizado hoy en día. Los investigadores han descubierto que si disponen una nanoestructura metálica especial en la interfase de materiales dieléctricos, esta puede generar una interacción entre las ondas electromagnéticas y la nanoestructura metálica y resultar en una gran cantidad de características ópticas innovadoras. Las características ópticas pueden controlarse mediante la modificación de la estructura, tamaño, posición relativa, arreglo periódico de la nanoestructura metálica y de los tipos de materiales dieléctricos que rodean las nanoestructuras metálicas. Por lo tanto, se pueden fabricar nanoestructuras especiales mediante el control de los parámetros de las nanoestructuras metálicas con el fin de generar las resonancias de plasmones superficiales deseadas, las cuales pueden aplicarse en multitud de productos fotoelectrónicos, medidas fotoelectrónicas e investigaciones académicas. En la etapa actual, se han aplicado ondas de plasmones superficiales en muchos campos, como la medición del espectro Raman, del grosor de las películas finas, de las constantes ópticas, células solares, sensores ópticos y sensores biológicos.

25

[0003] En particular, los plasmones superficiales pueden aplicarse también para incrementar la eficiencia luminosa del diodo emisor de luz (LED). Se ha hallado que el efecto del plasma superficial producido en la interfase de las nanoestructuras metálicas y el material dieléctrico pueden magnificar la acción del campo electromagnético y generar un efecto de campo cercano, y por consiguiente aumentar la eficiencia luminosa de los puntos o pozos cuánticos cercanos y promover la eficiencia luminosa y el brillo de LED de estado sólido.

30

[0004] Por otro lado, la luz generada por la recombinación de electrones y agujeros en pozos cuánticos es omnidireccional. Por consiguiente, solo es aplicable la luz emitida hacia una dirección fuera del sustrato a menos que haya un mecanismo que guíe a la luz y la luz emitida en dirección tiene que penetrar capas heterogéneas para alcanzar el aire. Durante la penetración, la reacción óptica producida dentro de las capas heterogéneas provocará que una porción de la luz emitida sea restringida dentro de las capas heterogéneas y convertida en otra forma de energía. Como resultado, la luz emitida disminuye capa por capa. Si se dispone a una estructura de plasmones superficiales en la interfase entre la capa heterogénea y el aire, la energía perdida en la reacción óptica puede ser fácilmente absorbida y acoplada. La estructura de plasmones superficiales puede convertir la pérdida del impulso en fotones y radiar los fotones. El fenómeno mencionado anteriormente recibe el nombre de Resonancia Plasmónica de Superficie Localizada (LSPR).

40

[0005] La solicitud de patente US-A-2012/0313129 describe un diodo orgánico de emisión de luz (OLED) capaz de retener una gran luminiscencia y fácil de producir. El OLED incluye una capa luminiscente entre un ánodo y un cátodo. La capa luminiscente contiene un material luminiscente orgánico. El OLED también incluye: una capa transportadora de huecos formada entre el ánodo y la capa luminiscente; una capa nanopartículas metálicas entre el ánodo y la capa transportadora de huecos, siendo la capa de nanopartículas metálicas una capa en la cual las nanopartículas metálicas se distribuyen de forma dispersa. La capa de nanopartículas metálicas es tal que los huecos entre las nanopartículas metálicas dispersamente distribuidas son rellenos con un material transportador de huecos. Las nanopartículas metálicas provocan resonancia con los electrones excitados en la capa luminiscente, reforzando de esta manera la luminiscencia por plasmones superficiales.

50

[0006] La solicitud de patente US-A-2012/0043532 describe una solución para poder alcanzar una alta eficiencia en la transmisión de la luz en un aparato electroluminiscente sin disminuir la durabilidad del mismo. El aparato electroluminiscente incluye: electrodos; una pluralidad de capas que son depositadas unas sobre otras entre los electrodos; y una región de emisión de luz entre la pluralidad de capas. La región emisora de luz emite una luz mediante la aplicación de un campo eléctrico entre los electrodos. Al menos una micropartícula que induce la resonancia plasmónica en la superficie por la luz emitida desde la región emisora es organizada en los alrededores de la región emisora de luz o en la propia región emisora. Se trata de una

55

micropartícula con núcleo acorazado que incluye al menos una micropartícula de núcleo metálico y una coraza de aislamiento que cubre al menos una micropartícula de núcleo metálico.

5 **[0007]** La solicitud de patente US-A-2012/0098442 describe un diodo emisor de luz (LED) basado en un mecanismo de conducción de luminarias constituido por un conductor conmutado; una pluralidad de luminarias a base de LED dispuestas para recibir potencia del conductor conmutado; al menos un interruptor controlado electrónicamente en serie con al menos una de la pluralidad de luminarias a base de LED y organizado para pasar corriente alternativamente a través de al menos una luminaria a base de LED cuando cerrado y prevenir el paso de corriente a través de al menos una luminaria a base de LED cuando abierto; y al menos un conductor simultáneo en comunicación con al menos un interruptor electrónicamente controlado, al menos un conductor simultáneo preparado para cerrar el interruptor electrónicamente controlado solo cuando el conductor conmutado está suministrando potencia activamente.

15 **[0008]** La solicitud de patente US-A-2011/0008602 describe un procedimiento para alterar parcialmente el color o la apariencia de una superficie cubriéndola con una copa de material dieléctrico que contiene nanopartículas dispersas en él. La luz entrante interacciona con las partículas metálicas para generar la emisión mediante la resonancia plasmónica de superficie de cuya longitud de onda depende del tamaño y material de las nanopartículas empleadas.

20 **[0009]** Una patente taiwanesa con n.º 1395348 describe un "elemento semiconductor emisor de luz", el cual es un elemento LED con gran eficiencia en la emisión de luz gracias a la técnica de los plasmones superficiales. Describe una superficie metálica y una pluralidad de agujeros pasantes que se forman en la superficie metálica y tienen una forma específica. Estos agujeros pasantes están dispuestos en posiciones específicas para formar una superficie de parrilla, que puede provocar la generación de ondas de plasma de superficie para conseguir una mejor emisión de luz.

25 **[0010]** Asimismo, una patente taiwanesa con n.º 1363440 describe un "elemento emisor de luz, diodo emisor de luz y procedimiento para fabricar lo mismo". En resumen, una estructura LED de esta patente incluye una unidad de acoplamiento de plasmones superficiales para generar ondas plasmónicas superficiales e incrementar la eficiencia luminosa del LED.

30 **[0011]** Los anteriormente mencionados procedimientos para la fabricación de nanoestructuras específicas para generar ondas plasmónicas superficiales normalmente emplean tecnologías tales como la deposición de vapor, recubrimiento mediante sputtering, fotomáscaras, desarrollo de patrones y grabado para formar una pluralidad de regiones de nanoestructuras metálicas y luego realizar el proceso de templado con el fin de transformar las regiones de nanoestructuras metálicas en estructuras esféricas mediante el efecto de la tensión superficial. Por lo tanto, los procedimientos convencionales mencionados anteriormente resultan complicados y caros.

35 **[0012]** Además, el plasmón de superficie puede ser categorizado en Polaritones de Plasmón de Superficie (SPP) y Plasmón de Superficie Localizado (LSP). Los SPP se encuentran en la interfase entre un material metálico y un material dieléctrico, mientras que el LSP se encuentra en una nanoestructura metálica por un modo de resonancia. Hasta ahora, la tecnología convencional es incapaz de aplicar las técnicas de SSP y LSP en una estructura sistemática idéntica. La tecnología convencional es incapaz de proveer un proceso barato para generar los SPP y LSP simultáneamente.

45 **[0013]** En la tecnología convencional, los plasmones superficiales solo pueden existir en la interfaz entre un material metálico y un material dieléctrico, lo cual limita considerablemente el diseño de las estructuras generadoras de plasmones superficiales. Por consiguiente, la tecnología convencional aún puede mejorarse.

50 RESUMEN DE LA INVENCION

[0014] El objetivo principal de la presente invención es mejorar la tecnología convencional que tiene que usar el costoso y largo proceso de la Deposición Química de Vapor (CVD, por sus siglas en inglés) para realizar la deposición de una estructura metálica constante para generar ondas de plasmones superficiales.

55 **[0015]** Otro objetivo de la presente invención es superar la limitación estructural que limita la creación de ondas de plasmones superficiales mediante la formación de una estructura en 3D generadora de plasmones superficiales, para mejorar la función de las ondas de plasmones superficiales y conseguir un efecto complejo de las ondas de plasmones superficiales.

[0016] Para conseguir los objetivos anteriormente mencionados, la presente invención propone un procedimiento para fabricar una microestructura para generar ondas de plasmones superficiales, que comprende las etapas de la reivindicación 1. La presente invención permite que la microestructura se forme en una "superficie discontinua".

[0017] La presente invención destaca en usar un procedimiento de automontaje para permitir que las nanopartículas metálicas se muevan mutuamente en el material portador para permitir la formación de una pluralidad de estructuras bidimensionales hexagonales compactas mediante automontaje.

[0018] La presente invención está exenta del uso del caro proceso CVD y tiene ventajas como bajos costes de fabricación y corto tiempo de fabricación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0019]

La fig. 1 es un organigrama del procedimiento de fabricación de una microestructura para generar ondas de plasmones superficiales de acuerdo con el primer ejemplo de la presente invención.

La fig. 2A-2D son vistas seccionales que representan esquemáticamente las etapas en la fabricación de microestructuras para generar las ondas de plasmones superficiales de acuerdo con el primer ejemplo de la presente invención.

La fig. 3A es una vista seccional que representa esquemáticamente una microestructura fabricada de acuerdo con el segundo ejemplo de la presente invención.

La fig. 3B es una es una vista seccional que representa esquemáticamente otra microestructura fabricada de acuerdo con el segundo ejemplo de la presente invención.

La fig. 4 es un organigrama de acuerdo con el tercer ejemplo de la presente invención.

La fig. 5 es una imagen SEM de la microestructura fabricada de acuerdo con el tercer ejemplo de la presente invención.

La fig. 6 es una vista seccional que representa esquemáticamente la microestructura fabricada de acuerdo con el cuarto ejemplo de la presente invención.

Las fig. 7A-7E son vistas seccionales que representan esquemáticamente las etapas para la fabricación de una estructura LED con la microestructura de la presente invención.

La fig. 8 muestra las curvas I-V de un LED común y de un LED de plasmones superficiales fabricado según el procedimiento de la presente invención.

La fig. 9A muestra curvas de eficiencia de la luz emitida por el LED común y el LED de plasmones superficiales a una corriente de 20mA.

La fig. 9B muestra las curvas de eficiencia de la luz emitida por el LED común y el LED de plasmones superficiales a una corriente de 350mA.

La fig. 10 muestra curvas de transmisión luminosa de microestructuras fabricadas a una velocidad de rotación diferente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FORMA DE REALIZACIÓN PREFERIDA

La presente invención será detallada en colaboración con los dibujos de abajo.

En referencia a las fig. 1 y 2A-2D, la presente invención propone un procedimiento para la fabricación de una microestructura para generar ondas complejas de plasmones superficiales en tres dimensiones (3D). El procedimiento de la presente invención comprende las etapas de:

Etapa S1: preparar un sustrato 10, tal y como se muestra en la fig. 2^a. De acuerdo con diferentes requerimientos, el sustrato 10 debe ser un elemento electroóptico (como una célula solar, un sensor óptico o un LED), una única capa o una capa múltiple.

Etapa S2: formar una microestructura, tal y como se muestra en la fig. 2B. Un material portador 22 es usado para transportar una pluralidad de nanopartículas metálicas 21 para formar una microestructura en el sustrato 10 mediante automontaje.

Las nanopartículas metálicas 21 son separadas unas de otras o parcialmente aglomeradas para permitir que la microestructura se forme con una superficie discontinua. El material portador 22 puede ser un material sólido, líquido o gaseoso. Las nanopartículas metálicas 21 pueden estar hechas de un material seleccionado de un grupo

que consiste en oro, plata, aluminio y compuestos, aleaciones y mezclas de los mismos. Las nanopartículas metálicas 21 están distribuidas uniformemente en el material portador 22. En este ejemplo, la concentración de nanopartículas metálicas 21 en el material portador 22 es menos de 5000 ppm, y las nanopartículas metálicas 21 se forman a un tamaño de partícula que oscila entre 1 nm y 100 nm. Después de añadir óxidos y mezclas, el tamaño de partícula de la nanopartícula metálica 21 puede ser mayor a 100 nm. En la presente invención la superficie discontinua se forma mediante las nanopartículas metálicas 21 que están separadas unas de otras o parcialmente aglomeradas. Debido a eso, la superficie discontinua de la presente invención es diferente de la "superficie continua" formada por el procedimiento CVD y el rendimiento de la superficie discontinua es bastante diferente al de la superficie continua. Cabe destacar que solo la microestructura formada con la superficie discontinua que consiste en partículas metálicas nanométricas que son distribuidas de forma separada o parcialmente aglomeradas podría ser considerada como la microestructura generadora de las ondas de plasmones superficiales de la presente invención.

[0022] En el primer ejemplo de la invención, el material portador 22 es un líquido volátil como la acetona (ACE) o el isopropanol (IPA), y la etapa S2 comprende las siguientes etapas de:

Etapa S21: distribución. El material portador 22 y las nanopartículas metálicas 22 transportadas por el material transportador 22 son distribuidas en la superficie 10 mediante un procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión como se muestra en la fig. 2B.

Etapa S22: realizar el automontaje. Las nanopartículas metálicas 21 se mueven mutuamente en el material transportador 22 para formar una pluralidad de dos estructuras bidimensionales hexagonales compactas (2D HCP) mediante automontaje, p. ej. Las nanopartículas metálicas 21 son parcialmente aglomeradas para formar una pluralidad de estructuras de placa plana.

Etapa S23: secado. Se realiza un proceso de secado para volatilizar gradualmente el material portador 22. De esta forma, las estructuras 2D HCP son apiladas unas sobre otras para formar una capa de partículas metálicas apiladas 20, p. ej. La microestructura con la superficie discontinua. La temperatura de secado debe ser menos de 500 °C, preferiblemente entre 95 °C y 170 °C. El tiempo de secado debe ser menos de 1 hora, preferiblemente entre 30 segundos y 5 minutos.

[0023] En el primer ejemplo, la etapa S21 se realiza mediante un proceso de recubrimiento rotacional. El proceso de recubrimiento rotacional puede eliminar las nanopartículas metálicas residuales 21 sin ser eliminadas de la superficie de una oblea y hace que la capa tenga un grosor uniforme. Se conseguirá una capa de grosor uniforme mediante el recubrimiento rotacional del material portador 22 y las nanopartículas metálicas 21 a una velocidad de rotación apropiada durante un tiempo apropiado. En este ejemplo, la velocidad de rotación del recubrimiento rotacional es menor a 8000 rpm para permitir a las nanopartículas metálicas 21 formar la capa de apilado de partículas metálicas 20. De hecho, la velocidad de rotación tiene relación con el grosor y la uniformidad de la capa, y la concentración de las nanopartículas metálicas 21 tiene relación con las propiedades eléctricas y ópticas, y el efecto de campo magnético y grosor.

[0024] Después, la capa de apilado de partículas metálicas 20 es usada para generar ondas de plasmones superficiales. Con el fin de eliminar la limitación de la generación de ondas de plasmones superficiales, el procedimiento de la presente invención comprende además:

Etapa S3: formar una primera capa dieléctrica 30. Como se muestra en la fig. 2D, la primera capa dieléctrica 30 se forma a un lado de la capa de apilado de partículas metálicas 20 lejos del sustrato 10. La primera capa dieléctrica 30 está hecha de un material seleccionado de un grupo que consiste en óxido de indio y estaño (ITO, por sus siglas en inglés), óxido de zinc dopado con aluminio (AZO) y óxido de zinc (ZnO). Después de esto, las nanopartículas metálicas 21 de la capa de apilado de partículas metálicas 20 entran en la primera capa dieléctrica 30 mediante absorción o difusión para formar una primera capa de suspensión de partículas 40. La primera capa dieléctrica 30 está formada por un proceso como deposición de vapor de haz de electrones, deposición de vapor de haz de iones, revestimiento láser, procedimiento de revestimiento epitaxial o de deposición de vapor químico asistido por plasma. Así, algunos efectos ópticos como la difracción, refracción y reflexión total ocurrirán a una gama de longitud de onda para formar la reflexión total atenuada (ATR), la cual puede mejorar el mecanismo de acoplamiento de las ondas de plasmones superficiales.

[0025] La capa de apilado de partículas metálicas 20 y la primera capa de suspensión de partículas 40 pueden generar respectivamente los SPP y el LSP. Además, el efecto de campo cercano provocará resonancia de los SPP y el LSP para mejorar las ondas de plasmones superficiales, lo que hace que los SPP y LSE sean abreviados como SP-PS. Por lo tanto, la capa de apilado de partículas metálicas 20 y la primera capa de

suspensión de partículas 40 pueden servir como una estructura para generar ondas tridimensionales de los plasmones superficiales.

[0026] Además de la primera capa de suspensión de partículas 40 formada a un lado de la capa de apilado de partículas metálicas 20 lejos del sustrato 10, se puede formar otra capa de suspensión de partículas a un lado de la capa de apilado de partículas metálicas 20 cerca del sustrato 10 mediante la activación del sustrato 10. La fig. 3A muestra un segundo ejemplo de la presente invención, en donde el sustrato 10 en la Etapa S1 incluye una segunda capa dieléctrica 15 en la superficie del mismo en la etapa siguiente de la fabricación de la capa de apilado de partículas metálicas 20, las nanopartículas metálicas 32 entran en la segunda capa dieléctrica 15 mediante absorción o difusión, para formar la segunda capa de suspensión de partículas 31. Alternativamente, como se muestra en la fig. 3B, el sustrato 10 es activado mediante el calentamiento del sustrato 10 a una temperatura entre 500-600 °C, o comprimido mediante la capa de apilado de partículas metálicas 20 a una temperatura de 280 °C y bajo una presión de 500 kg/cm², de tal forma que las nanopartículas metálicas 21 pueden entrar en el sustrato 10 para formar una tercera capa de suspensión de partículas 32. Tanto la segunda capa de suspensión de partículas 31 como la tercera capa de suspensión de partículas 32 se forman en el sustrato 10 para cumplir con la misma función.

[0027] En un ejemplo, bajo la condición de que la capa de apilado de partículas 20 no se haya formado, mediante el ajuste de la concentración de nanopartículas metálicas 21, las nanopartículas metálicas 21 pueden entrar el sustrato 10 o la primera capa dieléctrica 30 mediante absorción o difusión para formar la tercera capa de suspensión de partículas 32 o la primera capa de suspensión de partículas 40.

[0028] Consúltase la fig. 4 para ver un tercer ejemplo de la presente invención, en el que se forman las estructuras metálicas esféricas. En la Etapa S1, preparar el sustrato 10 teniendo una pluralidad de canales (no mostrados en los dibujos). Tras la Etapa S2, el proceso avanza a la Etapa S4: deposición de un material dieléctrico en la capa de apilado de nanopartículas metálicas 20. Después, las nanopartículas metálicas 21 envolverán al material dieléctrico mediante automontaje y formarán así una pluralidad de estructuras esféricas capaces de generar ondas de plasmones superficiales. Consúltase la fig. 5 para ver la imagen esférica de la microscopía electrónica de barrido (MEB o SEM, por sus siglas en inglés).

[0029] En la presente invención, la capa de apilado de partículas metálicas 20 puede generar el SPP. Además, la primera capa de suspensión de partículas 40 incluye el material dieléctrico y las nanopartículas metálicas 21 que entran en el material dieléctrico desde la superficie de la capa de apilado de partículas metálicas 20 mediante absorción química o difusión química, concretamente mediante automontaje. Por lo tanto, las ondas de plasmones superficiales generadas en la primera capa de suspensión de partículas 40 pueden considerarse como el LSP. De este modo, mediante la cooperación de la capa de apilado de partículas metálicas 20 y la primera capa de suspensión de partículas 40 pueden generarse ondas complejas de plasmones superficiales. Así, la microestructura de la presente invención puede generar ondas de plasmones superficiales en una resonancia acoplada del SPP y el LSP. De acuerdo con la teoría de los plasmones superficiales una luz polarizada TE es incapaz de generar las ondas de plasmones superficiales dado que su campo eléctrico es vertical al plano de incidencia, pero una luz polarizada TM tiene un campo eléctrico paralelo al plano de incidencia y de esta forma es capaz de formar ondas continuas y generar ondas de plasmones superficiales. Como tal, las luces con longitud de onda fuera del intervalo de absorción de la longitud de onda de la microestructura de la invención pueden penetrar directamente la microestructura, y las luces no absorbibles con longitud de onda en el intervalo de la absorción de la longitud de onda, p. ej. la luz polarizada TE y la luz polarizada residual TM que no es absorbida debido a la saturación de absorción, también penetran directamente en la estructura. En cuanto a las luces absorbidas, dado que la capa de apilado de partículas metálicas 20 y la capa de suspensión de partículas 40 de la presente invención generan ondas de plasmones superficiales mediante la resonancia acoplada, son convertidas en la luz polarizada TE y emitida desde la microestructura.

[0030] Consúltase la fig. 6 para ver un cuarto ejemplo de la presente invención, en la cual una estructura de suspensión de partículas es formada directamente mediante la modificación de los parámetros de fabricación. En la Etapa S2, el material portador 22a es un líquido no volátil que no se vaporizaría ni volatilizaría. Las nanopartículas metálicas 21 son distribuidas uniformemente en el material portador 22a. El material portador 22a y las nanopartículas metálicas 21 transportadas por el material portador 22a son esparcidos en el sustrato 10 mediante un procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión, y luego el material portador 22a es curado mediante horneado o secado natural para formar una capa de suspensión de nanopartículas 23, p. ej. la superficie discontinua de la microestructura de la presente invención. La capa de suspensión de nanopartículas 21 fabricada así también puede generar las ondas de plasmones superficiales.

Cabe destacar que en el tercer ejemplo, los movimientos respectivos de las nanopartículas metálicas 21 provocan que se separen unas de otras, para formar la superficie discontinua de la microestructura de la presente invención.

5 **[0031]** Las ondas tridimensionales complejas de plasmones superficiales generadas por los ejemplos anteriormente mencionados pueden ser aplicadas en diversas industrias, con el fin de incrementar la eficiencia luminosa del LED y la eficiencia de la conversión fotoeléctrica de las células solares.

[0032] Tomando la aplicación de LED como ejemplo, la trayectoria de emisión luminosa de un LED es desde el sustrato 10 hasta la primera capa dieléctrica 30, pasando por la capa de apilado de nanopartículas metálicas 20 y la primera capa de suspensión de partículas 40. Las luces que pasan a través de la trayectoria de la luz pueden ser purificadas consecutivamente para aumentar la proporción de la luz polarizada TE y la eficiencia en la extracción luminosa, y para disminuir la pérdida de energía lumínica inducida por la estructura. Si el trayecto de la emisión de luz tiene un orden inverso, también puede conseguir el mismo efecto. Consúltense figs. 7A-7E. La fabricación de un LED de plasmones superficiales de tipo horizontal se usa para ejemplificar la presente invención de abajo. El proceso incluye las etapas de:

Etapa P1: preparar el sustrato 10a, el cual es una estructura LED incluyendo el sustrato 11, una capa de semiconductor tipo N 12, una capa de pozo cuántico múltiple (MQW, sus siglas en inglés) 13 y una capa de semiconductor tipo P 14, tal y como se muestra en la fig. 7A. El sustrato 10A es limpiado en esta etapa.

Etapa P2: usar el proceso de fotolitografía y una capa fotoresistente 50 para formar un patrón y realizar el grabado para formar una plataforma, tal y como se muestra en la fig. 7B. En esta etapa, un proceso de grabado iónico reactivo mediante plasma de acoplamiento inductivo (ICP-RIE) es usado para realizar el grabado. Después, se debe eliminar la capa fotoresistente 50 y limpiar el sustrato 10a.

Etapa P3: formar un revestimiento incluyendo las nanopartículas metálicas 21, tal y como se muestra en la fig. 7C. El material transportador 22 y las nanopartículas metálicas 21 transportadas por el material transportador 22 son distribuidos en el sustrato 10a mediante un método procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión. El material transportador 22 es seleccionado de un grupo constituido por ACE, IPA, disolventes volátiles y otros disolventes con bajo punto de ebullición. Las nanopartículas metálicas 21 están hechas de oro, plata, aluminio u óxidos de los mismos, y las nanopartículas metálicas 21 pueden ser de un único material o de múltiples materiales. El revestimiento es secado mediante horneado para eliminar el material transportador 22 y formar la capa de apilado de partículas metálicas 20.

Etapa P4: formar una capa conductora transparente 60 a un lado de la capa de apilado de partículas metálicas 20 lejos del sustrato 10a, como se muestra en la fig. 7D. La capa conductora transparente 60 es formada mediante el procedimiento de deposición de vapor de haz de electrones, deposición de vapor de haz de iones, revestimiento láser, revestimiento epitaxial o de deposición de vapor químico asistido por plasma. La capa conductora transparente 60 puede inducir algunos efectos ópticos, tales como difracción, refracción y reflexión total, al intervalo de longitud de onda especificado para formar el ATR, lo cual puede mejorar el mecanismo de acoplamiento de las ondas de plasmones superficiales. Asimismo, las nanopartículas metálicas 21 podrían entrar en la capa conductora transparente 60 por absorción o difusión, y mediante el mecanismo de automontaje del mismo para formar la primera capa de suspensión de partículas 40a a un lado de la capa conductora transparente 60 adyacente a la capa de apilado de partículas metálicas 20. Después, la capa de apilado de partículas metálicas 20 colabora con la primera capa de suspensión de partículas 40^a para generar una onda compleja de plasmones superficiales.

Etapa P5: fabricar electrodos 70. Como se muestra en la fig. 7E, dos electrodos 70 son formados respectivamente en la capa conductora transparente 60 y la capa semiconductor de tipo N 12 para formar la estructura LED.

[0033] La fig. 8 muestra curvas de la relación corriente-tensión (I-V) de un LED común 82 y un LED de plasmones superficiales 81 fabricado de acuerdo con la presente invención y teniendo la microestructura para generar ondas tridimensionales complejas de plasmones superficiales. Se observa que no hay gran diferencia entre la curva I-V del LED de plasmones superficiales 81 y la del LED común 82. Consulte la fig. 9B para las eficiencias de luz emitida las cuales son realizadas a una corriente de 20 mA y 350 mA respectivamente. Se observa en la fig. 9Aa y la fig. 9B que la eficiencia de la luz emitida del LED de plasmones superficiales 81 de la presente invención es mucho mejor que la de un LED ordinario 82. La presente invención emplea, en efecto, la compleja tecnología de plasmones superficiales para aumentar la eficiencia de la luz emitida por un LED.

[0034] La fig. 10 muestra curvas de la transmisión luminosa de la microestructura de la presente invención respecto a la longitud de onda luminosa lo que también conlleva al índice de absorción de luz. Una curva de comparación 91 es la relación de transmitancia-longitud de onda de una estructura LED incapaz de generar

ondas de plasmones superficiales. Una curva de baja velocidad de rotación 92 es la relación transmitancia-longitud de onda de la capa de apilado de partículas metálicas 20 fabricada a una baja velocidad de rotación en el proceso de recubrimiento rotacional. Una curva de alta velocidad de rotación 93 es la relación de transmitancia-longitud de onda de la capa de apilado de partículas metálicas 20 fabricada a una alta velocidad de rotación en el proceso de recubrimiento rotacional. La capa de apilado de partículas metálicas 20 fabricada a una baja velocidad de rotación (la curva de baja velocidad de rotación 92) tiene mayor grosor que la de la capa de apilado de partículas metálicas 20 fabricada a una alta velocidad de rotación (la curva de alta velocidad de rotación 93). Tanto la curva de baja velocidad de rotación 92 como la de alta velocidad de rotación 93 obviamente muestran las mismas áreas de absorción de luz L1 y L2, las cuales representan respectivamente los fenómenos de absorción del SPP y el LSP. Por consiguiente, la fig. 10 indica que las estructuras de la presente invención pueden generar tanto el SPP como el LSP, p. ej. la presente invención puede generar ondas tridimensionales complejas de plasmones superficiales. En este ejemplo, la baja velocidad de rotación es de 2000 rpm y la alta es de 4000 rpm.

[0035] En resumen, la presente invención tiene las siguientes características:

15

(i) La presente invención no usa un caro proceso de deposición, sino una tecnología de automontaje para formar una microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales.

(ii) La presente invención usa las nanopartículas metálicas de la capa de apilado de partículas metálicas para formar la primera capa de suspensión de partículas. Tanto la capa de apilado de partículas metálicas y la primera capa de suspensión de partículas pueden generar ondas de plasmones superficiales. De esta forma, la presente invención puede romper con la limitación de la estructura convencional en la generación de ondas de plasmones superficiales para generar ondas tridimensionales complejas de plasmones superficiales. Por lo tanto, la presente invención puede mejorar la eficiencia en la generación de ondas de plasmones superficiales.

(iii) La presente invención emplea un procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión para formar la capa de apilado de partículas metálicas, por el cual la siguiente primera capa de suspensión de partículas puede ser formada con facilidad, reduciendo así los costes de fabricación de manera efectiva.

(iv) La presente invención puede variar los parámetros de fabricación para formar la capa de apilado de partículas metálicas, la primera capa de suspensión de partículas, la segunda capa de suspensión de partículas, la tercera capa de suspensión de partículas, las estructuras esféricas o la película de suspensión de nanopartículas para cumplir con diferentes requerimientos.

(v) La presente invención usa el efecto de acoplamiento de las ondas de plasmones superficiales para aumentar el ratio de producción de la luz polarizada TE y así aplicarse a un campo o película filtro.

(vi) La presente invención puede realizar un proceso de grabado junto con el proceso de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión y así reducir en gran medida los costes de fabricación y la complejidad y tener mayor potencial comercial.

(vii) La estructura de la presente invención puede convertir la energía luminosa, la cual es limitada en la estructura LED y no utilizada originalmente, en potencia luminosa teniendo directividad, para reducir la pérdida de energía luminosa.

(viii) La capa de apilado de partículas metálicas y la primera capa de suspensión de partículas pueden generar respectivamente el SPP y el LSP. Así, la capa de apilado de partículas metálicas colabora con la primera capa de suspensión de partículas para formar una estructura SP-SP. De este modo, la presente invención puede realzar el efecto de las ondas de plasmones superficiales.

(ix) Las ondas de plasmones superficiales generadas por la luz incidente absorbida son transformadas en fotones. Los fotones son reemitidos y mezclados con la luz incidente no absorbida para generar un efecto de mezcla de luz.

(x) La técnica de la presente invención, variando los parámetros de fabricación como el tipo de disolvente, el tamaño de las partículas o la concentración de las mismas y modificando factores medioambientales, puede ser empleada para fabricar procesadores cuánticos en estado sólido, materiales en estado sólido o cristales fotónicos de plasmones superficiales.

(xi) La microestructura de la presente invención puede utilizarse para realizar un proceso de decapado a una apropiada temperatura mediante el aumento de la concentración de nanopartículas metálicas en el material portador.

(xii) Las ondas de plasmones superficiales hechas de materiales diferentes tienen diferentes intervalos de longitud de onda de absorción y emisión. Las luces emitidas por las ondas de plasmones superficiales hechas de un metal pueden servir como luces incidentes y ser absorbidas por las ondas de plasmones superficiales hechas de otro. Además, las nanopartículas metálicas pueden ser de un único material o ser multimateriales para generar la mezcla de luces teniendo la longitud de onda requerida.

(xiii) La capa de apilado de partículas metálicas y la primera capa dieléctrica puede ser despegada y superpuesta

en otro sustrato para generar ondas de plasmones superficiales en otro sustrato.

[0036] En resumen, se describe un procedimiento para la fabricación de una microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales, que comprende las etapas de S1 preparar el sustrato 10 y S2 usar un material portador 22 para transportar una pluralidad de nanopartículas metálicas 21 y permitir a las nanopartículas metálicas 21 el automontaje para formar una microestructura en el sustrato 10, en el que las nanopartículas metálicas 21 son separadas unas de otras o parcialmente aglomeradas para permitir que la microestructura se forme con una superficie discontinua. La presente invención fabrica la microestructura creando la superficie mediante un procedimiento de automontaje para generar las ondas de plasmones superficiales, estando exentos de este modo de usar la cara tecnología de deposición de vapor químico CVD y es capaz de reducir el tiempo y los costes de fabricación. La presente invención también rompe con la limitación estructural en la generación de ondas de plasmones superficiales, realizando el efecto de la generación de ondas de plasmones superficiales.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la fabricación de una microestructura para generar ondas de plasmones superficiales, caracterizado por comprender las etapas de:
- 5 Etapa S1: preparar un sustrato (10);
 Etapa S21: repartir el material portador (22) el cual es un líquido volátil y una pluralidad de nanopartículas metálicas (21) las cuales son distribuidas uniformemente en el material portador (22) y transportadas por el material portador (22) en el sustrato (10) mediante un procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión;
- 10 Etapa S22: permitir que las nanopartículas metálicas (21) se muevan mutuamente en el material portador para permitir la formación de una pluralidad de estructuras bidimensionales hexagonales compactas (2D HCP) mediante automontaje;
 Etapa S23: realizar un proceso de secado para volatilizar gradualmente en material portador (22) para hacer que las estructuras bidimensionales HCP se apilen sobre otra para formar la capa de apilado de partículas metálicas (20) sirviendo como superficie discontinua de la microestructura;
- 15 Etapa S3: formar una primera capa dieléctrica (30) a un lado de la capa de apilado de partículas metálicas (20) lejos del sustrato (10), y dejar que algunas de las nanopartículas metálicas (21) entren en la primera capa dieléctrica (30) por absorción o difusión para formar una primera capa de suspensión de partículas (40).
- 20 2. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material portador (22) es acetona o isopropanol.
3. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la primera capa dieléctrica (30) está hecha de un material seleccionado de un grupo que consiste en óxido de indio y estaño (ITO), óxido de zinc dopado con aluminio (AZO) y óxido de zinc (ZnO).
- 25 4. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales de acuerdo con la reivindicación 1, en la que en la Etapa S1, el sustrato (10) incluye una segunda capa dieléctrica (15) formada en la superficie de la misma, y en la que en la etapa S2, las nanopartículas metálicas (21) entran en la segunda capa dieléctrica (15) por absorción o difusión para formar una segunda capa de suspensión de partículas (31).
- 30 5. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales de acuerdo con la reivindicación 1, en la que en la Etapa S2, las nanopartículas metálicas (21) entran en el sustrato (10) por absorción o difusión para formar una tercera capa de suspensión de partículas (32).
- 35 6. Un procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales, se caracteriza por comprender las etapas de:
- 40 Etapa S1: preparar un sustrato (10) y el sustrato (10) incluye una pluralidad de canales;
 Etapa S21: repartir el material portador (22) el cual es un líquido volátil y una pluralidad de nanopartículas metálicas (21) las cuales son distribuidas uniformemente en el material portador (22) y transportadas por el material portador (22) en el sustrato (22) mediante un procedimiento de recubrimiento rotacional, pulverización, lacado por goteo, o inmersión;
- 45 Etapa S22: permitir que las nanopartículas metálicas (21) se muevan mutuamente en el material portador para permitir la formación de una pluralidad de estructuras bidimensionales hexagonales compactas (2D HCP) mediante automontaje;
 Etapa S23: realizar un proceso de secado para volatilizar gradualmente en material portador (22) para hacer que las estructuras bidimensionales HCP se apilen sobre otra para formar una capa de apilado de partículas metálicas (20) sirviendo como superficie discontinua de la microestructura;
- 50 Etapa S4: depositar un material dieléctrico en la capa de apilado de partículas metálicas (20) y dejar que algunas nanopartículas metálicas (21) se envuelvan en el material dieléctrico mediante automontaje para formar una pluralidad de estructuras esféricas capaces de generar ondas de plasmones superficiales.
- 55 7. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones superficiales de acuerdo con la reivindicación 6, en la que en la Etapa S1, el sustrato (10) incluye una segunda capa dieléctrica (15) formada en la superficie de la misma, y en la que en la Etapa S2, las nanopartículas

metálicas (21) entran en la segunda capa dieléctrica por absorción o difusión para formar una segunda capa de suspensión de partículas (31).

8. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones
5 superficiales de acuerdo con la reivindicación 6, en la que en la Etapa S2 las nanopartículas metálicas (21) entran en el sustrato (10) por absorción o difusión para formar una tercera capa de suspensión de partículas (32).

9. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones
10 superficiales de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el material portador (22) es acetona o isopropanol.

10. El procedimiento para la fabricación de la microestructura generadora de ondas de plasmones
15 superficiales de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la primera capa dieléctrica (30) está hecha de un material seleccionado de un grupo que consiste en óxido de indio y estaño (ITO), óxido de zinc dopado con aluminio (AZO) y óxido de zinc (ZnO).

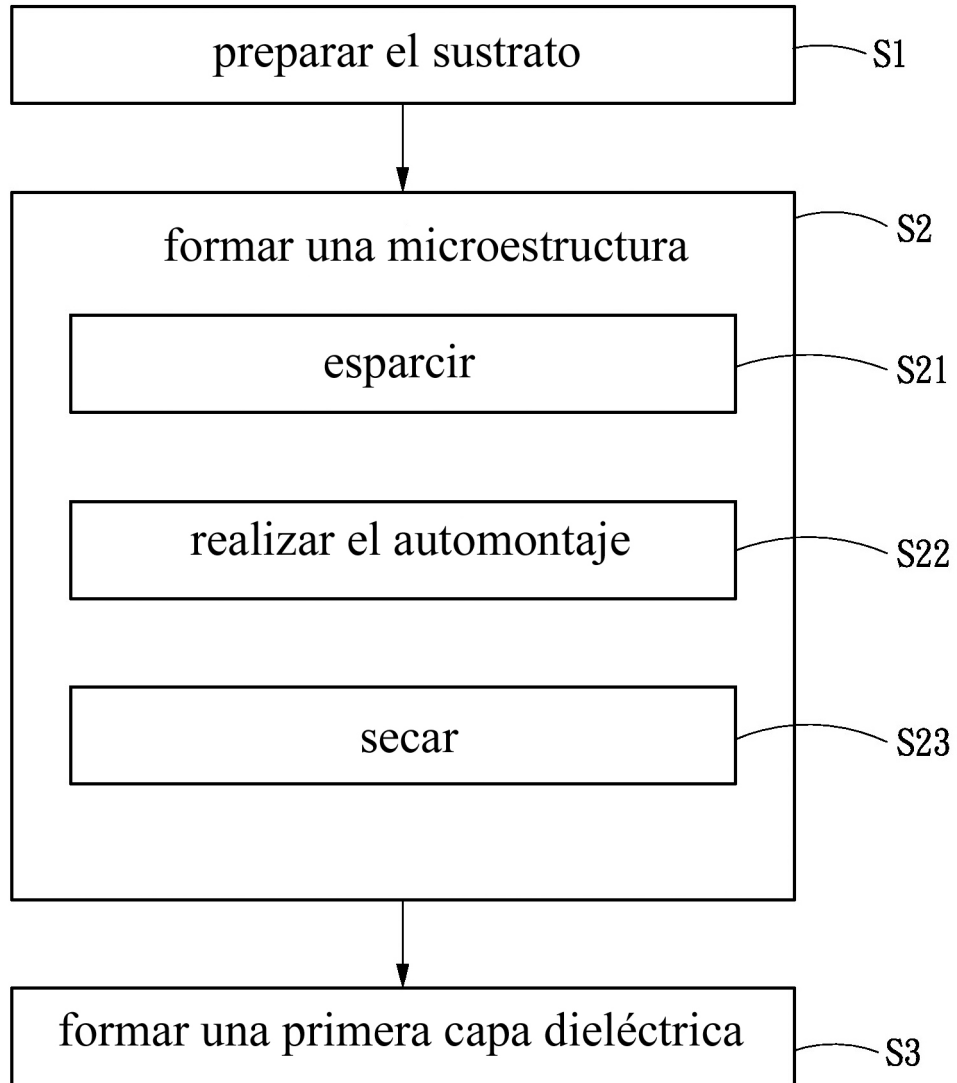


Fig . 1

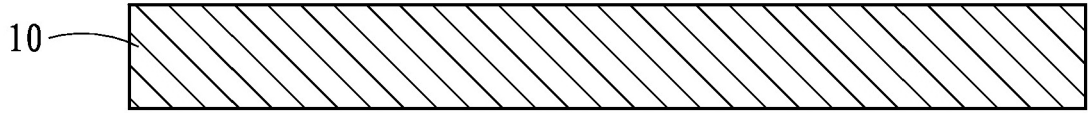


Fig . 2A

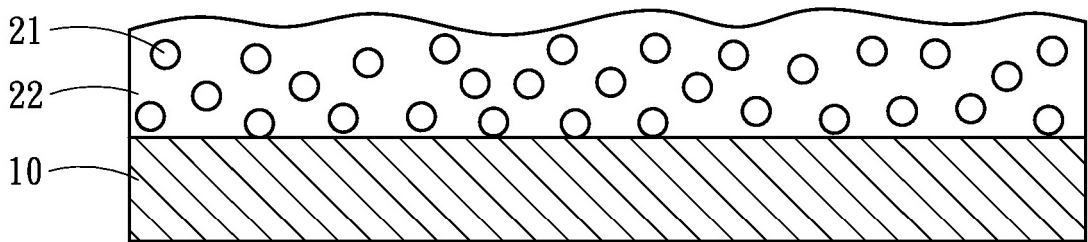


Fig . 2B

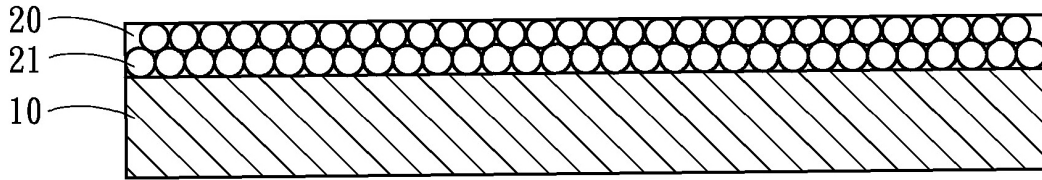


Fig . 2C

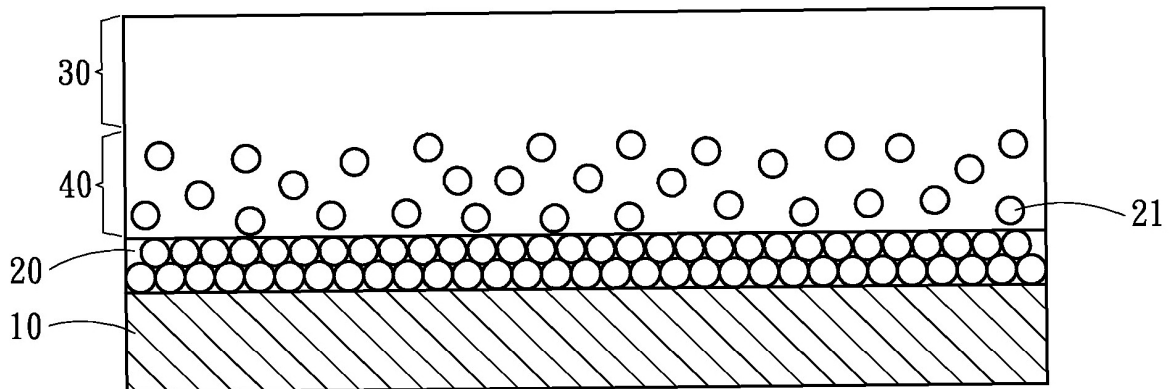


Fig . 2D

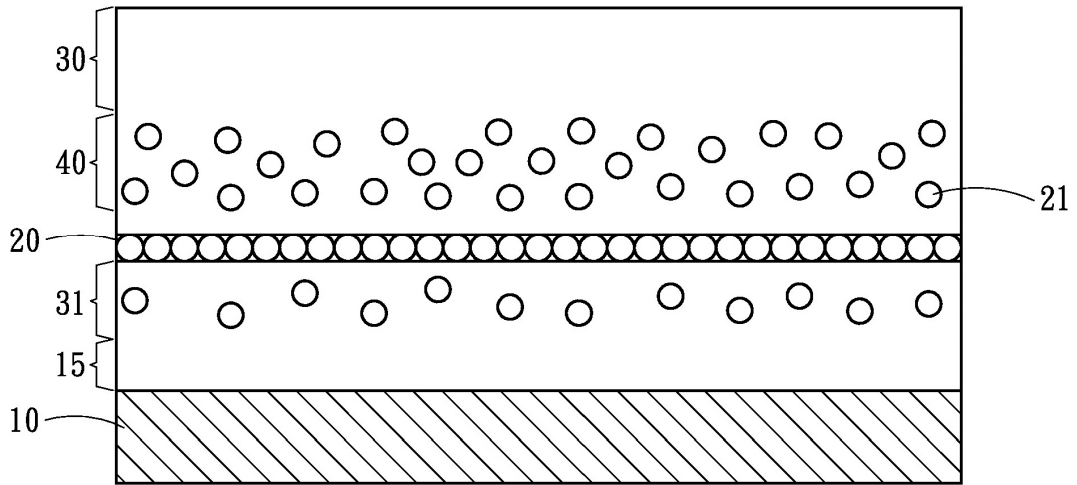


Fig . 3A

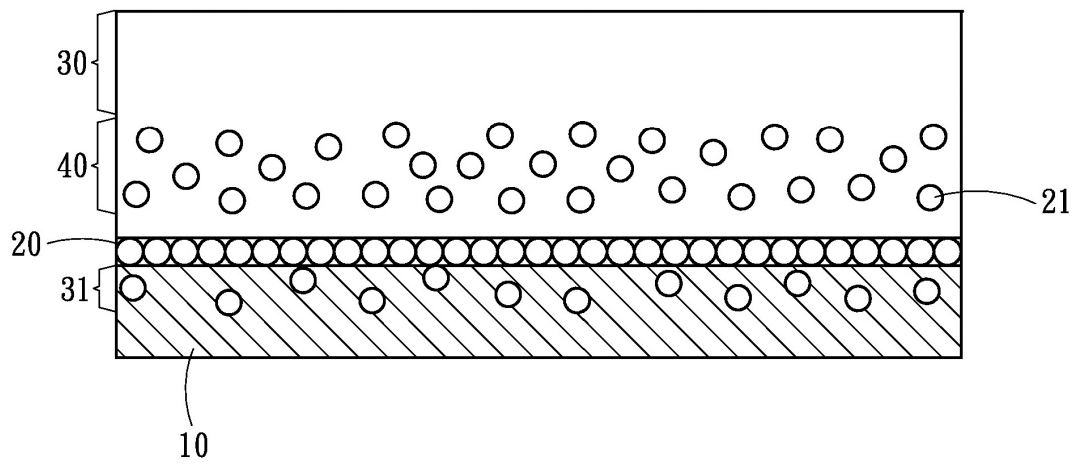


Fig . 3B

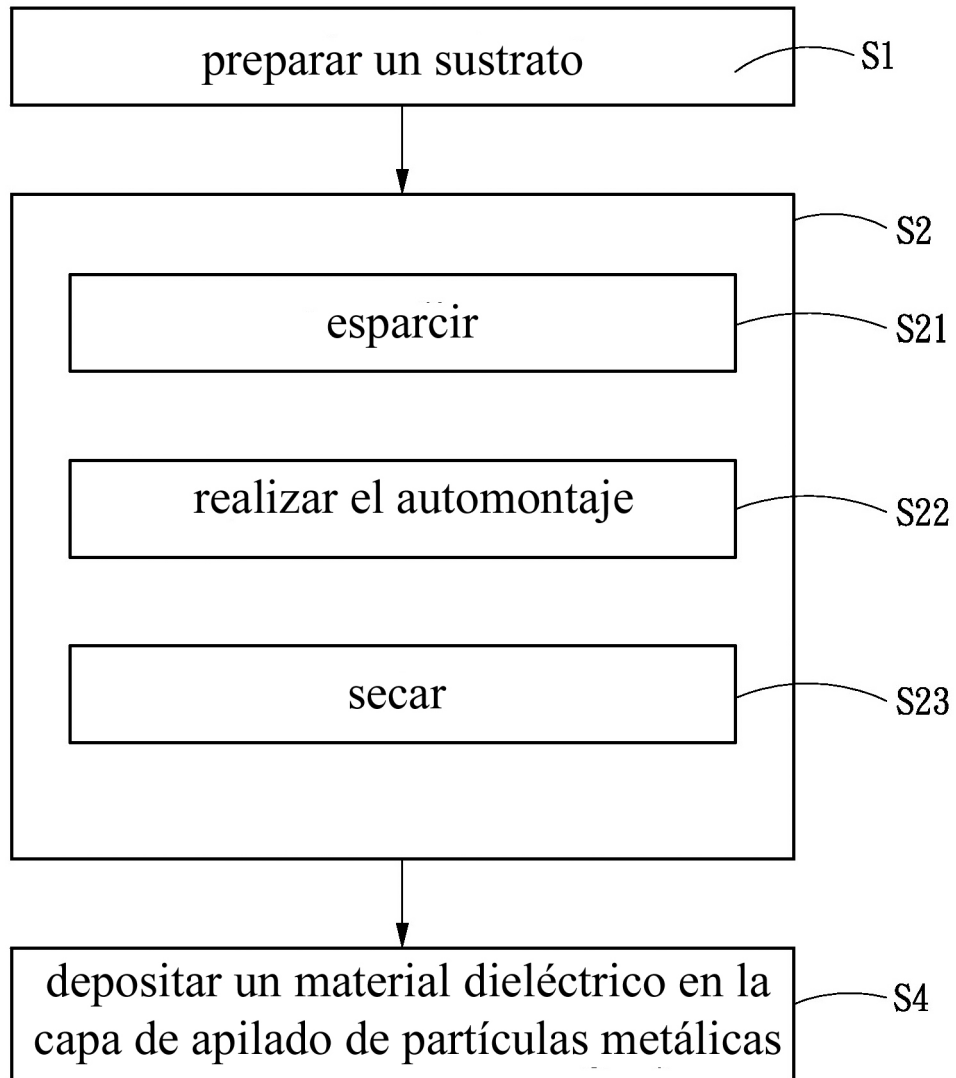


Fig . 4

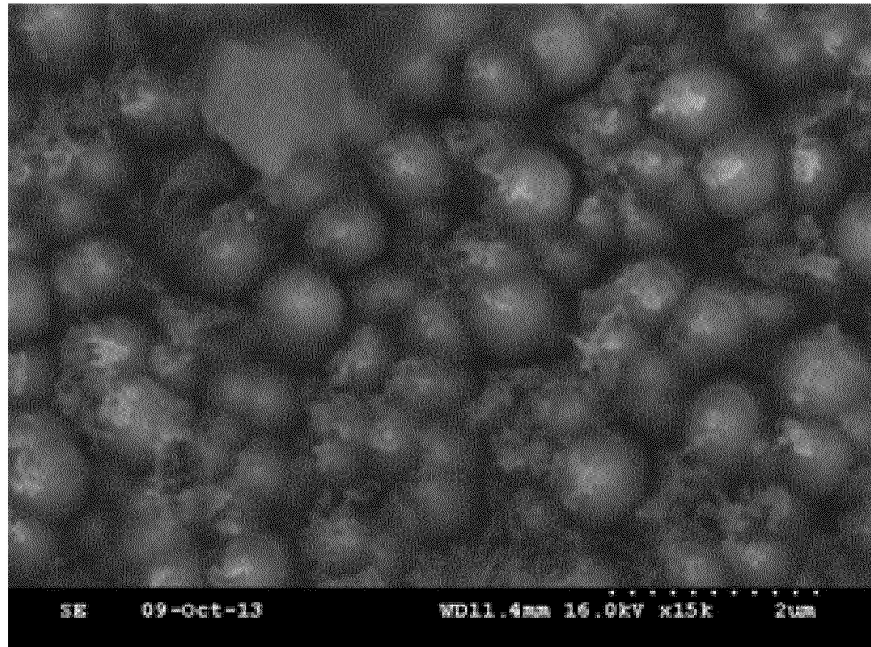


Fig . 5

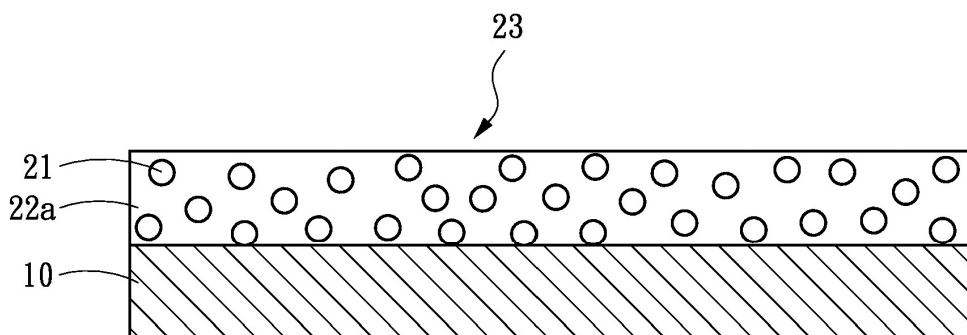


Fig . 6

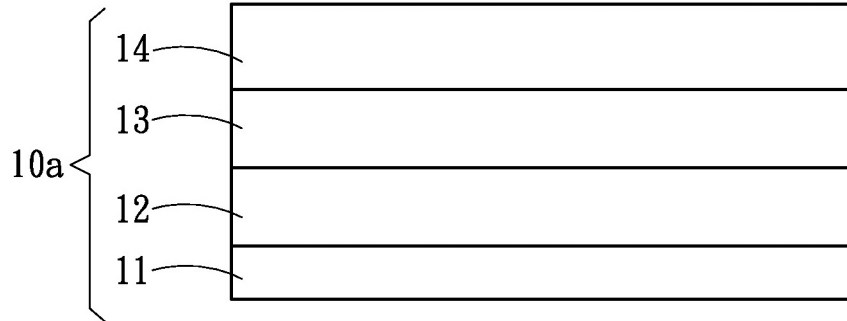


Fig . 7A

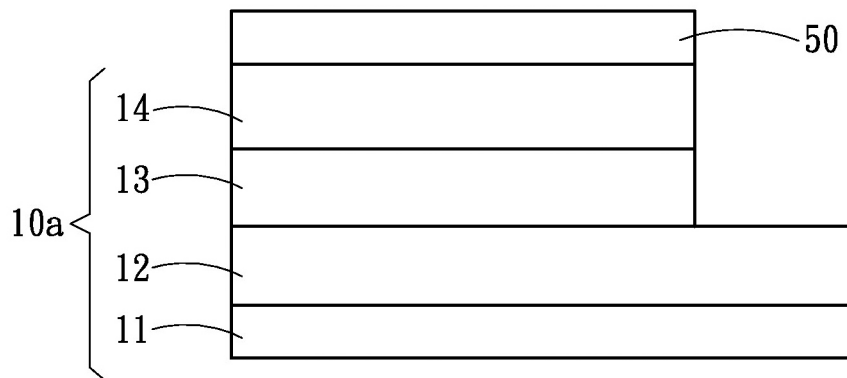


Fig . 7B

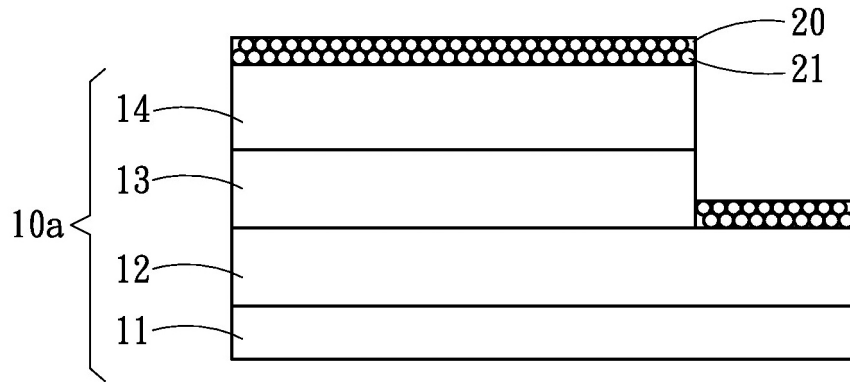


Fig . 7C

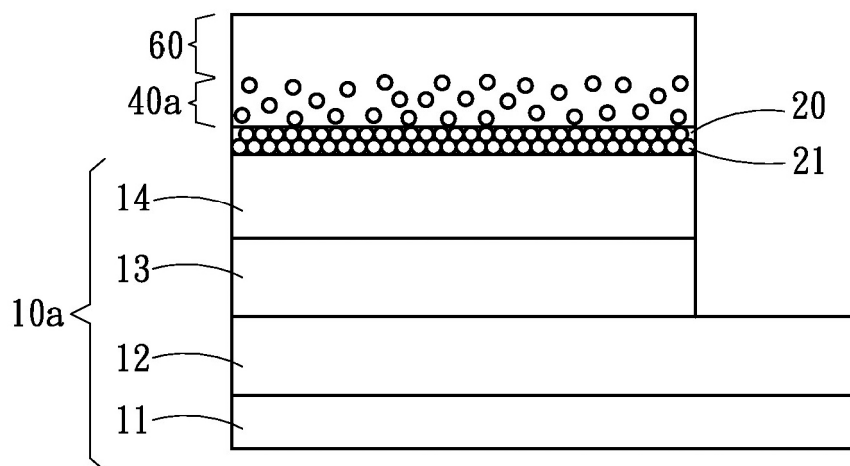


Fig . 7D

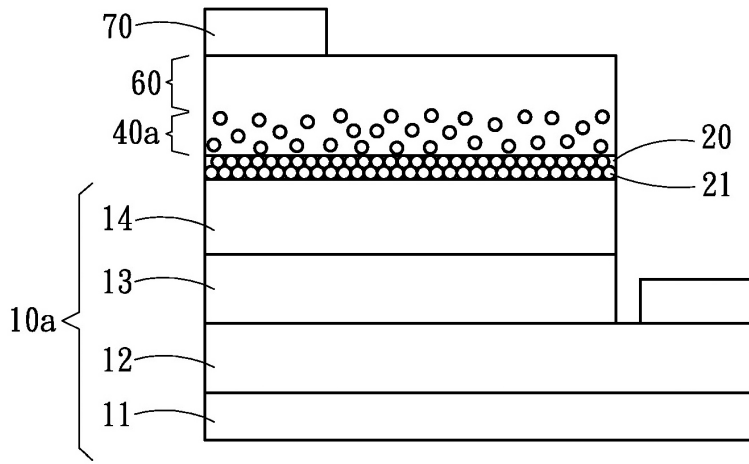


Fig . 7E

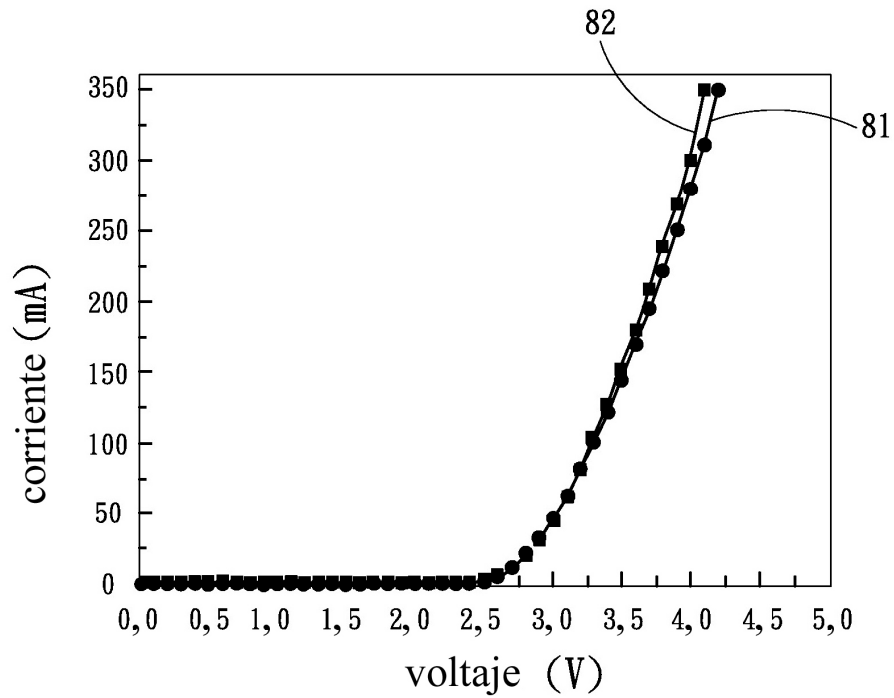


Fig . 8

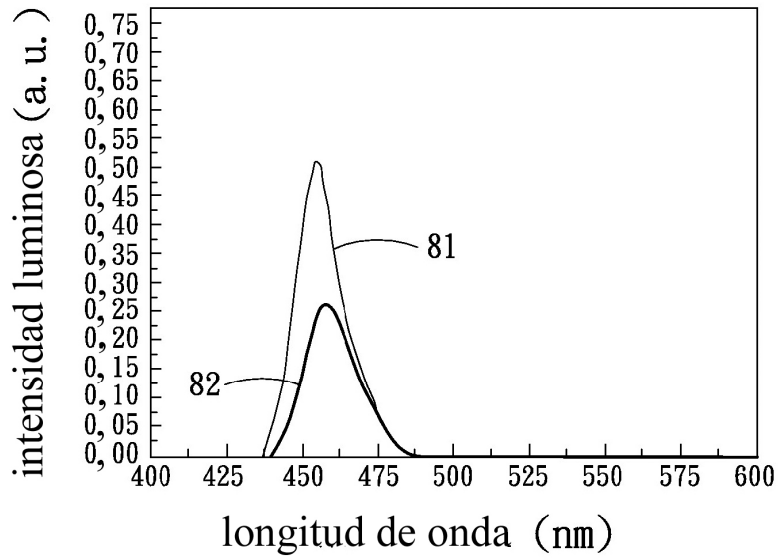


Fig . 9A

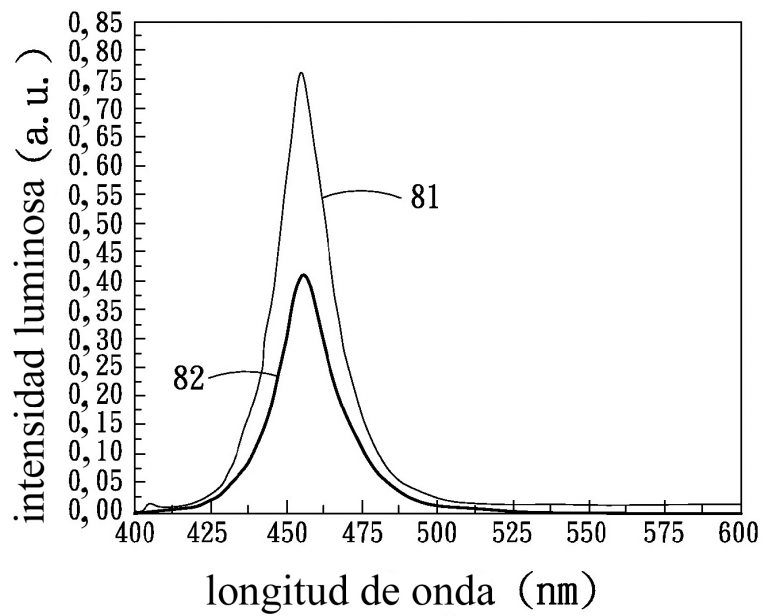


Fig . 9B

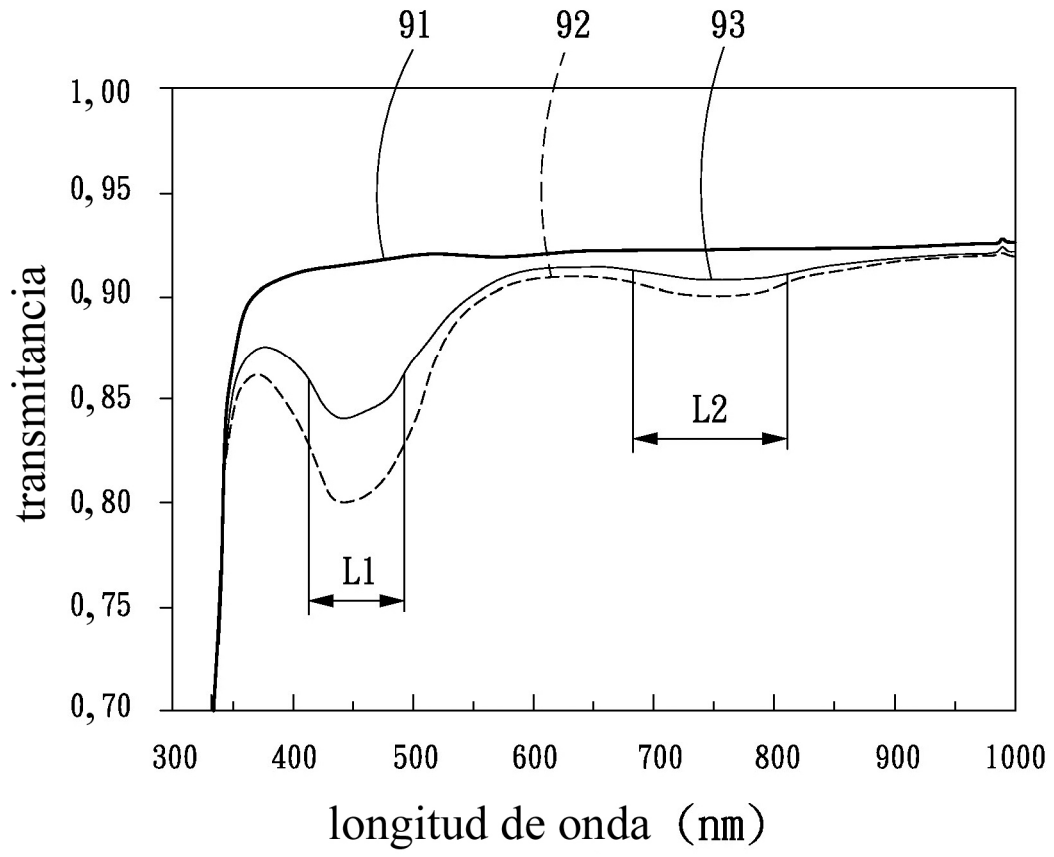


Fig . 10