

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 052**

51 Int. Cl.:

G02B 1/115 (2015.01)

G02B 5/28 (2006.01)

G02B 13/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2020 E 20190911 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024 EP 3835836**

54 Título: **Lente antirreflectante para rayos infrarrojos**

30 Prioridad:

09.12.2019 KR 20190162865

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

24.05.2024

73 Titular/es:

HYUNDAI MOTOR COMPANY (33.3%)

12, Heolleung-ro, Seocho-gu

Seoul 06797, KR;

KIA CORPORATION (33.3%) y

**KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS
FOUNDATION (33.3%)**

72 Inventor/es:

HONG, SEUNG CHAN;

LEE, ILL JOO;

LEE, SEUNGWOO y

HUH, JI-HYEOK

74 Agente/Representante:

LLAGOSTERA SOTO, María Del Carmen

ES 2 970 052 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

Lente antirreflectante para rayos infrarrojos

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una lente antirreflectante para rayos infrarrojos. En particular, la lente antirreflectante para rayos infrarrojos puede tener longitudes de onda en una región infrarroja para de esta manera mejorar el efecto antirreflectante.

10

ANTECEDENTES

Se ha utilizado un recubrimiento antirreflectante para mejorar la transmitancia de diversos elementos ópticos, como por ejemplo lentes y filtros ópticos.

15

Cuando la luz incide sobre un material que tiene un alto índice de refracción (vidrio, germanio y similares, en lo sucesivo denominado "medio") en el aire, un porcentaje de entre unas pocas y varias decenas de la luz se reflejan en la interfaz entre el aire y el medio. En particular, la aparición de reflexión aumenta a medida que aumenta el índice de refracción del medio. Además, la reflexión y la transmitancia varían de acuerdo con la longitud de onda y el ángulo de la luz que incide sobre el medio. Este fenómeno reduce la relación señal-ruido del elemento óptico utilizando un medio que tiene un alto índice de refracción y provoca una aberración en la que el foco cambia dependiendo de la longitud de onda incidente y el ángulo de incidencia, perjudicando así el rendimiento del equipo óptico. Por ello, con el fin de solucionar los problemas, se ha aplicado a la mayoría de elementos ópticos una técnica denominada recubrimiento antirreflectante.

25

El principio del recubrimiento antirreflectante aplicado para este fin se describirá con referencia a los dibujos.

La FIG. 1 muestra un principio ejemplar de antirreflexión en la técnica relacionada. Por ejemplo, el principio esencial del recubrimiento antirreflectante es inducir interferencias destructivas en las longitudes de onda que inciden en la lente y a continuación se reflejan en ella. Cuando se forma una capa de recubrimiento 2 sobre la superficie frontal de una lente 1, tal como se muestra en la FIG. 1, se produce un reflejo en la parte superior e inferior de la capa de recubrimiento 2 cuando la luz L incide sobre la lente 1 desde el exterior. Los haces de luz reflejados R1 y R2 presentan una diferencia de fase de 180° con respecto a la luz incidente. En general, la luz R1 reflejada desde la parte superior de la capa de recubrimiento 2 y la luz R2 reflejada desde la superficie límite de la parte inferior de la capa de recubrimiento 2 después de pasar a través de la capa de recubrimiento interfieren entre sí. Cuando la capa de recubrimiento está diseñada de manera que la longitud de onda de la luz R1 reflejada desde la parte superior de la capa de recubrimiento 2 y la longitud de onda de la luz R2 reflejada desde la superficie límite de la parte inferior de la capa de recubrimiento 2 tienen una diferencia de fase entre ellas de la mitad de la longitud de onda, por lo que la longitud de onda de la luz R1 reflejada desde la parte superior de la capa de recubrimiento 2 y la longitud de onda de la luz R2 reflejada desde la superficie límite de la parte inferior de la capa de recubrimiento 2 se someten a interferencia destructiva entre sí, lo cual da como resultado la desaparición de la luz reflejada.

30

35

40

La técnica de formar la capa de recubrimiento aplicando el principio del recubrimiento antirreflectante tal como se ha descrito anteriormente puede mejorar significativamente el rendimiento de transmisión de la lente. Sin embargo, en el principio del recubrimiento antirreflectante, el diseño del recubrimiento se realiza para una longitud de onda, por lo que la aplicabilidad a un espectro de banda ancha es limitada.

45

Por lo tanto, actualmente, en la mayoría de los recubrimientos antirreflectantes se utiliza una estructura multicapa que incluye de 2 a 3 capas o más para superar esta limitación. Por ejemplo, para ampliar el intervalo de longitudes de onda antirreflectantes, se forman repetidamente un material que tiene un índice de refracción alto y un material que tiene un índice de refracción bajo para fabricar una capa de recubrimiento antirreflectante que tiene una estructura multicapa, o se sustituye una capa intermedia por una Película delgada con un índice de refracción en gradiente que tiene un gradiente de índice de refracción, cuyo índice de refracción cambia continuamente en una dirección de espesor, mediante lo cual se crea un recubrimiento antirreflectante.

50

55

Sin embargo, la tecnología de recubrimiento antirreflectante convencional tiene el inconveniente de que el rendimiento antirreflectante se reduce significativamente de acuerdo con el ángulo de incidencia de la onda incidente. Además, recientemente, si bien se han realizado avances tecnológicos en el campo de la tecnología antirreflectante de ojo de polilla basada en nanotecnología, estas tecnologías aún son incapaces de lograr una tecnología antirreflectante perfecta.

60

Mientras tanto, las tecnologías de recubrimiento antirreflectante convencionales descritas anteriormente requieren necesariamente al menos una capa de una capa de bajo índice de refracción y una capa de alto índice de refracción, y existen limitaciones con respecto a la selección de materiales en las capas de depósito que tienen diferentes índices de refracción. Además, dado que en todas las tecnologías de recubrimiento antirreflectante

65

convencionales se forma una capa de recubrimiento que se basa en un proceso de deposición al vacío, existen dificultades en el proceso de deposición para obtener un recubrimiento multicapa o un recubrimiento antirreflectante que tenga un gradiente de índice de refracción cuyo índice de refracción cambie gradualmente a lo largo de una banda ancha.

Mientras tanto, incluso en el caso de una sola capa, es posible llevar a cabo un recubrimiento antirreflectante que sea funcional en toda una banda ancha de longitud de onda utilizando un método de deposición por incidencia oblicua. Sin embargo, incluso en este caso, existen problemas ya que se debe depositar una capa de recubrimiento mientras se cambia el ángulo de un sustrato y dado que se requiere un control preciso del espesor durante el procesamiento.

Los contenidos descritos como antecedentes de la técnica son únicamente para comprender los antecedentes de la presente invención y no deben considerarse como correspondientes a las técnicas relacionadas ya conocidas por los expertos en la técnica.

El documento JP H04 136901 A describe una película antirreflectante compuesta de cuatro capas desde la primera capa hasta la cuarta capa.

El documento WO 2011/086511 A1 da a conocer una lente de infrarrojos.

RESUMEN

La invención proporciona una lente antirreflectante para rayos infrarrojos utilizada en una banda de infrarrojos de acuerdo con la reivindicación 1 y un método para producir una lente antirreflectante de acuerdo con la reivindicación 8. En las reivindicaciones dependientes se describen formas de realización adicionales.

La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de acuerdo con la invención puede bloquear sustancial o completamente la luz reflejada que incide en un ángulo alto en una banda ancha de una región de longitud de onda de aproximadamente 8 a 12 μm incluso cuando la lente es relativamente delgada, mejorando así la transmitancia de la lente.

De acuerdo con la invención, dado que todos los procesos de recubrimiento pueden llevarse a cabo como un proceso de solución, es posible mejorar la conveniencia del proceso en comparación con la tecnología de proceso de deposición convencional.

Además, se puede ajustar el índice de refracción utilizando un metamaterial que incluya nanopartículas de oro en lugar de un método de combinación de varios materiales, por lo que hay pocas limitaciones a la hora de obtener un índice de refracción correspondiente a un diseño antirreflectante ideal.

Además, la capacidad antirreflectante de la lente se puede obtener en una región más amplia en comparación con el recubrimiento antirreflectante convencional.

Otros aspectos de la invención se describen más adelante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los objetos, características y ventajas anteriores y otros de la presente invención se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 muestra un principio de antirreflexión en la técnica relacionada;
La FIG. 2 es una vista en sección transversal que muestra una lente antirreflectante ejemplar para rayos infrarrojos de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención;
La FIG. 3A, la FIG. 3B y la FIG. 4 son vistas para explicar un segundo material refractivo que forma una segunda capa de una lente antirreflectante para rayos infrarrojos de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención;
La FIG. 5 muestra el resultado obtenido al comparar el valor medido y el valor calculado del índice de refracción efectivo de nanopartículas de oro de tipo cubo ejemplares;
Las FIG. 6A y 6B muestran las transmitancias de acuerdo con una estructura ejemplar de una cuarta capa ejemplar de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención; y
Las FIG. 7A a 7D muestran las transmitancias de acuerdo con un Ejemplo y Ejemplos Comparativos.

DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERENTES

En esta memoria descriptiva, debe entenderse que términos como "comprenden" o "tienen" pretenden indicar que hay una característica, un número, un paso, una operación, un componente, una pieza o una combinación de los mismos descritos en la memoria descriptiva, y no excluye la posibilidad de la presencia o la adición de una o más características, números, pasos, operaciones, componentes, piezas o combinaciones de los mismos. Además, cuando se hace referencia a que una parte como por ejemplo una capa, una película, una región o una placa se encuentra "encima" de la otra parte, puede que no sólo esté "justo encima" de la otra parte, sino que también puede haber otra parte en el medio. Por el contrario, cuando se hace referencia a una parte como por ejemplo una capa, una película, una región o una placa que se encuentra "debajo" de la otra parte, puede que no sólo esté "justo debajo" de la otra parte, sino que también puede haber otra parte en el medio.

A menos que se indique lo contrario, todos los números, valores y/o expresiones que se refieren a cantidades de ingredientes, condiciones de reacción, composiciones poliméricas y formulaciones utilizadas en el presente documento deben entenderse modificadas en todos los casos por el término "aproximadamente", ya que dichos números son inherentemente aproximaciones que reflejan, entre otras cosas, las diversas incertidumbres de medición encontradas al obtener dichos valores.

Además, a menos que se indique específicamente o sea obvio por el contexto, tal como se utiliza en el presente documento, se entiende que el término "aproximadamente" se encuentra dentro de un intervalo de tolerancia normal en la técnica, por ejemplo dentro de 2 desviaciones estándar de la media. "Aproximadamente" puede entenderse como dentro del 10%, 9%, 8%, 7%, 6%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0,5%, 0,1%, 0,05% o 0,01% del valor indicado. A menos que se desprenda lo contrario del contexto, todos los valores numéricos proporcionados en este documento se modifican por medio del término "aproximadamente".

Además, cuando en el presente documento se describe un intervalo numérico, dicho intervalo es continuo e incluye, a menos que se indique lo contrario, cada valor desde el valor mínimo hasta el valor máximo incluido de dicho intervalo. Aún más, cuando dicho intervalo se refiere a números enteros, a menos que se indique lo contrario, se incluye cada número entero desde el valor mínimo hasta el valor máximo ambos inclusive.

A continuación, se describirán en detalle formas de realización ejemplares de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la presente invención no se limita a las formas de realización descritas a continuación, sino que se implementará en varias formas diferentes, y las presentes formas de realización se proporcionan simplemente con el fin de completar la descripción de la presente invención e informar completamente a los expertos en la técnica sobre el alcance de la invención. Los números de referencia similares se refieren a elementos similares en los dibujos.

La FIG. 2 es una vista en sección transversal que muestra una lente antirreflectante ejemplar para rayos infrarrojos de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención.

Tal como se muestra en la FIG. 2, la lente antirreflectante para rayos infrarrojos se puede utilizar en una banda de infrarrojos y puede incluir una parte de base de la lente 100 que incluye un material refractivo de base que tiene un alto índice de refracción de aproximadamente 3,0 o mayor, y una parte de recubrimiento antirreflectante 200 formada en la parte frontal de la parte de base de la lente 100.

La parte de base de la lente 100 puede formarse utilizando un material refractivo de base que tiene un índice de refracción alto de aproximadamente 3,0 o mayor, habitualmente utilizado para fabricar lentes de sistemas ópticos de imágenes térmicas con el fin de detectar rayos infrarrojos lejanos (LWIR, infrarrojos de longitud de onda larga). Por ejemplo, la parte de base de la lente 100 puede formarse adecuadamente usando germanio (Ge) o silicio (Si). Preferentemente, la parte de base de la lente 100 puede formarse utilizando germanio (Ge) para tener un índice de refracción de aproximadamente 4,0.

El espesor de la parte de base de la lente 100 es de 3,5 a 4 mm.

La parte de recubrimiento antirreflectante 200 puede estar formada en múltiples capas sobre la superficie frontal de la parte de base de la lente 100 con el fin de inducir interferencia destructiva de la longitud de onda de reflexión de la luz incidente sobre la parte de base de la lente 100, logrando de esta manera que sea antirreflectante.

La parte de recubrimiento antirreflectante 200 puede estar formada por capas de materiales que tienen diferentes índices de refracción y un metamaterial que tiene un índice de refracción ultraalto antinatural con el fin de bloquear completamente la reflexión de la luz para rayos infrarrojos lejanos en un intervalo de longitud de onda de aproximadamente 8 a 12 μm .

Por ejemplo, la parte de recubrimiento antirreflectante 200 puede incluir una primera capa 210 que se aplica sobre la superficie de la parte de base de la lente 100 e incluye un primer material refractivo que tiene un índice de

refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base en la parte de base de la lente 100, una segunda capa 220 que se aplica sobre la superficie de la primera capa 210 e incluye un segundo material refractivo (o "metamaterial") que tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción del material refractivo de base de la parte de base de la lente 100, una tercera capa 230 que se aplica sobre la superficie de la segunda capa 220 e incluye un tercer material refractivo que tiene un índice de refracción correspondiente al índice de refracción del primer material refractivo en la primera capa 210, y una cuarta capa 240 que se aplica sobre la superficie de la tercera capa 230 e incluye un cuarto material refractivo que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base y mayor que el índice de refracción del tercer material refractivo en la tercera capa 230.

La primera capa 210, la tercera capa 230 y la cuarta capa 240 pueden tener un índice de refracción relativamente bajo e incluir un material (por ejemplo, primer material refractivo, tercer material refractivo, cuarto material refractivo) que tiene un índice de refracción bajo. La segunda capa 220 puede tener un índice de refracción relativamente alto e incluye el segundo material refractivo (metamaterial) que incluye nanopartículas de oro.

El primer material refractivo en la primera capa 210 y el tercer material refractivo en la tercera capa 230 pueden tener un índice de refracción de aproximadamente 1,3 a 1,7. Por ejemplo, el primer y tercer materiales refractivos pueden incluir uno o más seleccionados del grupo que consiste en BaF_2 , CaF_2 , Al_2O_3 , LiF , MgF_2 , MgO e $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ para formar la primera capa 210 y la tercera capa 230. Por lo tanto, por ejemplo, una capa cualquiera de la primera capa 210 y la tercera capa 230 puede incluir BaF_2 , y la otra capa puede incluir CaF_2 . Además, tanto la primera capa 210 como la tercera capa 230 pueden formarse utilizando el mismo material, es decir, BaF_2 . En consecuencia, tanto la primera capa 210 como la tercera capa 230 pueden incluir BaF_2 para de esta manera formar una capa que tiene un índice de refracción de aproximadamente 1,3.

La razón por la cual la primera capa 210 y la tercera capa 230 incluyen BaF_2 , CaF_2 , Al_2O_3 , LiF , MgF_2 , MgO o $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ es que los materiales sugeridos absorben poca luz en una región infrarroja y que los materiales son materiales de fluoruro capaces de ser aplicados sencillamente mediante un proceso sol-gel, que es uno de los procesos de solución. Por ejemplo, la absorción de un polímero (PDMS, PMMA y similares), que es un material de uso general capaz de aplicarse en el proceso de solución, puede ser muy fuerte en la región infrarroja debido a la unión de moléculas específicas de modo que el polímero no se puede aplicar al material que forma la primera capa 210 y la tercera capa 230.

Además, la cuarta capa 240 puede incluir el cuarto material refractivo que tiene un índice de refracción relativamente mayor que los índices de refracción del primer material refractivo en la primera capa 210 y el tercer material refractivo en la tercera capa 230. La cuarta capa 240 puede incluir adecuadamente el cuarto material refractivo que tiene un índice de refracción de aproximadamente 2,2 a 2,5. Por ejemplo, el cuarto material refractivo en la cuarta capa 240 puede incluir uno o más seleccionados del grupo que consiste en ZnS , ZnSe , LiNbO_3 , TiO_2 , YVO_4 y $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (óxido de circonio estabilizado con itria). Preferentemente, la cuarta capa 240 puede incluir ZnS para formar una capa que tiene un índice de refracción de 2,3.

La razón por la que la cuarta capa 240 incluye ZnS , ZnSe , LiNbO_3 , TiO_2 , YVO_4 o $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (óxido de circonio estabilizado con itria) es que el índice de refracción requerido para la capa más externa es de aproximadamente 2,3 en el diseño de la parte de recubrimiento antirreflectante. 200 de acuerdo con el índice de refracción de la parte de base de la lente 100. La cuarta capa 240 se puede formar usando un proceso de nanoimpresión, que es uno de los procesos de solución.

Mientras tanto, la segunda capa 220 puede incluir un segundo material refractivo que tiene un índice de refracción relativamente mayor que los índices de refracción del primer material refractivo en la primera capa 210, la tercera capa 230 y el cuarto material refractivo en la cuarta capa 240. Preferentemente, el segundo material refractivo en la segunda capa 220 puede tener un índice de refracción mayor que el índice de refracción del material refractivo de base en la parte de base de la lente 100 a pesar de tener un espesor relativamente pequeño. Preferentemente, la segunda capa 220 se puede formar usando un metamaterial que incluye nanopartículas de oro 221 de modo que la segunda capa 220 se puede formar como una capa de recubrimiento que tiene un índice de refracción ultraalto antinatural de aproximadamente 4,5 a 4,7 y que absorbe poca luz. Preferentemente, el índice de refracción del segundo material refractivo en la segunda capa 220 será de 4,6.

La segunda capa 220 puede incluir el segundo material refractivo o el metamaterial obtenido mediante el ensamblaje plano de nanopartículas de oro 221 sintetizadas en forma de un cubo que tiene aproximadamente de 50 a 100 nm de longitud en un lado.

El término "metamaterial" tal como se utiliza en el presente documento se refiere a un material obtenido mediante la disposición artificial y periódica de metaátomos, diseñado utilizando un metal o material dieléctrico fabricado para tener un tamaño que es incluso menor que la longitud de onda de la luz con el fin de obtener unas características que no existen en la naturaleza. El metamaterial puede formarse para que tenga un tamaño de $1/10$ a $1/5$ de la longitud de onda.

Dado que el índice de refracción de la segunda capa 220 debe tener un valor de índice de refracción alto de aproximadamente 4,6, que no se puede obtener utilizando materiales naturales, la segunda capa 220 puede formarse utilizando el metamaterial.

El método para formar la segunda capa 220 se describirá con referencia a los dibujos.

La FIG. 3A muestra un fenómeno en el que se produce polarización en un material natural, la FIG. 3B muestra un fenómeno en el que se produce polarización en un metamaterial ejemplar, y la FIG. 4 muestra un fenómeno en el que los metamateriales se ensamblan planos mediante el método Langmuir-Blodgett y/o autoensamblaje convectivo.

La estructura del metamaterial que forma la segunda capa 220 puede aumentar el valor de permitividad dieléctrica tanto como sea posible basándose en la siguiente ecuación de permitividad dieléctrica.

$$\epsilon = 1 + P / (\epsilon_0 \times E) \dots \text{[Ecuación de permitividad eléctrica]}$$

(ϵ : permitividad dieléctrica, P: polarización, ϵ_0 : permitividad dieléctrica en el vacío, E: campo eléctrico)

La permitividad dieléctrica (ϵ) es una cantidad física que indica la magnitud de la polarización cuando se aplica un campo eléctrico a un material predeterminado. En los materiales naturales, el grado de polarización está determinado por los átomos o moléculas que constituyen el material real. Sin embargo, en la presente invención, se introduce el concepto de un metamaterial para utilizar nanopartículas de oro como átomos artificiales (metaátomos) y, por lo tanto, es posible maximizar de forma antinatural la polarización, aumentando así en gran medida la permitividad dieléctrica.

Tal como se muestra en la FIG. 3A, con respecto a la permitividad dieléctrica de un material natural existente en la naturaleza, cuando se aplica un campo eléctrico, los electrones que existen en los átomos o moléculas que constituyen el material se mueven en la dirección opuesta al campo eléctrico, lo que provoca la polarización. La permitividad dieléctrica es un indicador del grado de polarización de los átomos o moléculas que constituyen el material en el material cuando se les aplica un campo eléctrico.

Sin embargo, en el caso de un metamaterial, tal como se muestra en la FIG. 3B, cuando los metaátomos que constituyen el metamaterial son nanopartículas de oro 221, las superficies de las nanopartículas de oro 221 que se encuentran una frente a otra actúan como condensadores, lo que provoca una polarización mucho más fuerte que la polarización de átomos o moléculas ordinarias.

La segunda capa 220 está diseñada utilizando el principio por el cual el metamaterial provoca una fuerte polarización. El índice de refracción es el valor de la raíz cuadrada del producto de la permitividad dieléctrica y la permeabilidad magnética. Dado que el efecto de la permeabilidad magnética no es grande, el resultado es que el índice de refracción del metamaterial diseñado con una estructura de este tipo tiene un valor de índice de refracción muy alto que no se puede obtener en la naturaleza.

El metamaterial puede fabricarse sintetizando las nanopartículas de oro 221 en forma de cubo y a continuación ensamblando las nanopartículas de oro 221.

En el método de sintetizar las nanopartículas de oro 221 en forma de cubo, se pueden sintetizar principalmente nanobarras de oro muy uniformes y a continuación las nanobarras de oro se pueden grabar utilizando iones de oro para obtener así una nanosemilla de oro monocristalina esférica. La semilla se puede utilizar para cultivar nanopartículas de oro poliédricas con extremos puntiagudos (dodecaedro rómbico cóncavo) y se lleva a cabo un grabado adicional utilizando iones de oro. Los procesos de crecimiento y grabado pueden repetirse para obtener una semilla esférica muy uniforme, y sobre ella se cultivan partículas en forma de cubo (hexaedro regular), sintetizando así nanopartículas de oro en forma de cubo muy uniformes 221.

Las nanopartículas de oro 221 se pueden sintetizar de modo que la longitud de un lado tenga un tamaño de aproximadamente 50 a 100 nm.

Además, después de preparar las nanopartículas de oro 221 sintetizadas en forma de un cubo que tiene una longitud de aproximadamente 50 a 100 nm en un lado, las nanopartículas de oro 221 se pueden ensamblar de forma plana.

Por ejemplo, la capa de metamaterial que incluye las nanopartículas de oro 221 se puede fabricar realizando un ensamblaje utilizando un proceso de ensamblaje de interfaz agua-aceite.

Las nanopartículas de oro 221 preparadas se pueden dispersar en una solución acuosa. Además, se puede añadir hexano a la solución acuosa de nanopartículas de oro sobre la que se pueden pulverizar las nanopartículas de oro 221, formando así una capa de agua-aceite. En este caso, cuando se inyecta etanol en la capa de solución acuosa en la que se dispersan las nanopartículas de oro 221, la carga superficial de las nanopartículas de oro 221 puede debilitarse y volverse inestable. Por esta razón, las nanopartículas de oro 221 pueden ubicarse en una interfaz agua-hexano que tenga una energía relativamente alta para volverse termodinámicamente estables. Cuando se inyecta etanol a una concentración predeterminada, todas las nanopartículas de oro 221 en la capa de solución acuosa pueden ubicarse en la interfaz agua-hexano, y se puede aumentar el número de nanopartículas de oro, por lo que las nanopartículas de oro se ensamblan muy densamente (Langmuir-Blodgett y/o montaje convectivo). Además, las nanopartículas de oro 221 densamente ensambladas se pueden mover sobre la parte 100 de base de la lente, fabricando así una capa de metamaterial.

La capa de metamaterial fabricada utilizando el método descrito anteriormente se puede obtener ensamblando las nanopartículas de oro 221 en forma de cubo utilizando el proceso Langmuir-Blodgett que se muestra en la FIG. 4 para formar una capa plana. La capa de metamaterial ensamblada puede confinar más luz (ondas electromagnéticas) entre las nanopartículas de oro 221, aumentando así drásticamente el índice de refracción.

Mientras tanto, el índice de refracción de la capa de metamaterial se puede ajustar libremente dependiendo de la proporción de espacio de las nanopartículas de oro 221. Por ejemplo, la concentración de las nanopartículas de oro 221 dispersadas en una solución de dispersión de nanopartículas de oro se puede ajustar para lograr un índice de refracción en el intervalo de aproximadamente 1,5 a 5,0. En la presente forma de realización, la concentración de las nanopartículas de oro 221 se puede ajustar para que se corresponda con el índice de refracción de la parte de base de la lente 100, que incluye germanio (Ge), formando así una segunda capa que tiene un índice de refracción de aproximadamente 4,6.

La FIG. 5 muestra el resultado obtenido al comparar el valor medido y el valor calculado del índice de refracción efectivo de nanopartículas de oro tipo cubo. De acuerdo con la FIG. 5, el valor obtenido calculando el índice de refracción efectivo del metamaterial puede estar en una banda de 8 a 12 μm cuando las nanopartículas de oro de tipo cubo están densamente agrupadas, y el índice de refracción puede medirse realmente utilizando un método de elipsometría espectroscópica. Tal como se muestra en la FIG. 5, el valor calculado obtenido calculando el índice de refracción efectivo del metamaterial estaba en una banda de aproximadamente 8 a 12 μm cuando las nanopartículas de oro de tipo cubo se agruparon densamente y el valor medido realmente medido utilizando el método de elipsometría espectroscópica fue de aproximadamente 4,6 en promedio.

Por lo tanto, cuando se forma la segunda capa utilizando el metamaterial descrito anteriormente, se puede formar una capa que tiene un índice de refracción de aproximadamente 4,6.

Mientras tanto, a diferencia de la primera capa 210, la segunda capa 220 y la tercera capa 230, que tienen una forma planas, la cuarta capa 240 puede tener preferiblemente una superficie frontal inclinada 241 que se inclina desde un punto central de modo que el área de la sección transversal de la misma se vuelve más pequeña a medida que se mueve hacia el lado frontal (la dirección superior de la FIG. 2). Por lo tanto, la cuarta capa 240 se puede obtener en forma de una estructura dispuesta periódicamente en la que su anchura se vuelve más estrecha al alejarse de la tercera capa 230.

La razón por la cual el ancho de la cuarta capa 240 se vuelve más estrecho al alejarse de la tercera capa 230 es que, cuando la cuarta capa 240, que forma la capa más externa, es plana, la transmitancia puede reducirse cuando el ángulo de incidencia es alto, por lo que el efecto antirreflectante sólo se puede lograr en una banda estrecha.

Las FIG. 6A y 6B muestran la transmitancia de acuerdo con la estructura de la cuarta capa. La FIG. 6A muestra la transmitancia cuando se forma la superficie inclinada en la cuarta capa de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención, y la FIG. 6B es una vista que muestra la transmitancia cuando la cuarta capa tiene una forma plana.

Tal como se muestra en la FIG. 6A, cuando la superficie de la cuarta capa, que es la superficie más externa de la parte de recubrimiento antirreflectante, se forma como una superficie inclinada, el índice de refracción efectivo de la misma puede aumentar de manera relativamente uniforme incluso en varios ángulos de incidencia.

Por el contrario, tal como se muestra en la FIG. 6B, cuando la superficie de la cuarta capa, que es la superficie más externa de la parte de recubrimiento antirreflectante, es plana, la transmitancia tiende a reducirse a medida que se puede aumentar el ángulo de incidencia. Como tal, el efecto antirreflectante sólo puede obtenerse en una banda estrecha.

La razón por la cual la transmitancia depende de la forma de la superficie de la cuarta capa tal como se ha descrito anteriormente es la siguiente. Cuando la superficie inclinada se forma en la superficie de la cuarta capa de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente forma de realización, el índice de refracción efectivo puede

aumentar a medida que aumenta el ángulo de incidencia, pero cuando la superficie de la cuarta capa es plana, es imposible obtener el efecto de aumentar el índice de refracción efectivo a medida que aumenta el ángulo de incidencia.

5 El espesor de la parte de recubrimiento antirreflectante puede ser de aproximadamente 2,097 a 2,563 μm , o en particular de aproximadamente 2,33 μm .

10 El espesor de la primera capa es de 0,405 a 0,495 μm , el espesor de la segunda capa es de 0,144 a 0,176 μm , el espesor de la tercera capa es de 1,35 a 1,65 μm y el espesor de la cuarta capa es de 0,198 a 0,242 μm . En particular, el espesor de la primera capa puede ser de aproximadamente 0,45 μm , el espesor de la segunda capa puede ser de aproximadamente 0,16 μm , el espesor de la tercera capa puede ser de aproximadamente 1,5 μm y el espesor de la cuarta capa puede ser de aproximadamente 0,22 μm .

15 De acuerdo con diversas formas de realización ejemplares en la presente forma de realización, sólo cuando la parte de recubrimiento antirreflectante se forma superponiendo la primera capa descrita anteriormente a la cuarta capa en el orden sugerido se puede esperar el efecto antirreflectante. Se realizó un experimento para determinar este efecto y los resultados se muestran en las FIG. 7A a 7D.

20 Las FIG. 7A a 7D son vistas que muestran las transmitancias de acuerdo con un Ejemplo y Ejemplos Comparativos.

25 La FIG. 7A muestra la transmitancia de una parte de recubrimiento antirreflectante fabricada de acuerdo con el ejemplo de la presente invención, la FIG. 7B muestra la transmitancia de una capa de recubrimiento (Ejemplo comparativo 1) a la que se aplica un recubrimiento QAR (antirreflectante de cuarto de onda) general convencional, la FIG. 7C muestra la transmitancia de una parte de recubrimiento antirreflectante (Ejemplo comparativo 2) en la que sólo se forman la primera a la tercera capa sin una cuarta capa en el presente ejemplo, y la FIG. 7D muestra la transmitancia de una parte de recubrimiento antirreflectante (Ejemplo comparativo 3) que tiene una estructura en la que se cambia el orden de una segunda capa y una cuarta capa en el presente ejemplo.

30 Tal como se muestra en la FIG. 7A, la parte de recubrimiento antirreflectante fabricada de acuerdo con el ejemplo de la presente invención aseguró el efecto antirreflectante en una banda de longitud de onda amplia incluso cuando se cambia el ángulo de incidencia.

35 Por el contrario, tal como se muestra en la FIG. 7B, el Ejemplo Comparativo 1 mostró una transmitancia alta solo en una banda de longitud de onda específica, lo que indica que el efecto antirreflectante se obtuvo solo en una banda de longitud de onda estrecha.

Además, tal como se muestra en la FIG. 7C, en el Ejemplo Comparativo 2, el efecto antirreflectante se redujo en general en una banda de longitud de onda amplia en comparación con la FIG. 7A (Ejemplo).

40 Además, tal como se muestra en la FIG. 7D, en el Ejemplo Comparativo 3, el efecto antirreflectante se redujo significativamente en general en una banda de longitud de onda amplia en comparación con la FIG. 7A (Ejemplo).

45 Por lo tanto, el efecto antirreflectante se puede obtener en una banda de longitud de onda amplia manteniendo el orden de las capas y el número de las capas primera a cuarta que forman la parte de recubrimiento antirreflectante sugerida por la presente invención.

50 La primera capa 210 a la cuarta capa 240 que forman la parte de recubrimiento antirreflectante 100 se pueden colocar en capas secuencialmente una por una, pero la presente invención no se limita a este respecto. Con el fin de aumentar la eficacia antirreflectante, la primera capa 210 a la tercera capa 230 se puede formar repetidamente mediante capas entre la parte de base de la lente 100 y la cuarta capa 240 en el estado en el que la cuarta capa 240 está dispuesta de forma fija en la parte delantera.

55 Por ejemplo, la primera capa 210, la segunda capa 220, la tercera capa 230, la primera capa 210, la segunda capa 220 y la tercera capa 230 pueden estratificarse secuencialmente sobre la superficie de la parte de base de la lente 100 como base y la cuarta capa 240 puede formarse en la superficie de la tercera capa 230 más externa. Por supuesto, la combinación de la primera capa 210, la segunda capa 220 y la tercera capa 230 puede estratificarse repetidamente dos o más veces.

60 Si bien la presente invención se ha descrito con referencia a los dibujos adjuntos y a las formas de realización ejemplares descritas anteriormente, la presente invención no se limita a los mismos, sino que se define por medio de las reivindicaciones adjuntas. En consecuencia, un experto en la técnica puede transformar y modificar de diversas formas la presente invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una lente antirreflectante para rayos infrarrojos utilizada en una banda de infrarrojos, que comprende:
 - 5 una parte de base de la lente (100) que comprende un material refractivo de base que tiene un índice de refracción de 3,0 o mayor; y
 - una parte de recubrimiento antirreflectante (200) formada en una superficie frontal de la parte de base de la lente,
 - 10 en que la parte de recubrimiento antirreflectante (200) comprende:
 - una primera capa (210) que se aplica sobre una superficie de la parte de base de la lente (100) y que comprende un primer material refractivo que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base;
 - 15 una segunda capa (220) que se aplica sobre una superficie de la primera capa (210) y que comprende un segundo material refractivo que tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción del material refractivo de base;
 - una tercera capa (230) que se aplica sobre una superficie de la segunda capa (220) y que incluye un tercer material refractivo que tiene un índice de refracción correspondiente al índice de refracción del primer material refractivo; y
 - 20 una cuarta capa (240) que se aplica sobre una superficie de la tercera capa (230) y que incluye un cuarto material refractivo que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base y mayor que el índice de refracción del tercer material refractivo.
 - 25 en que la parte de base de la lente (100) tiene un espesor de 3,5 a 4 mm, la primera capa (210) tiene un espesor de 0,405 a 0,495 μm , la segunda capa (220) tiene un espesor de 0,144 a 0,176 μm , la tercera capa (230) tiene un espesor de 1,35 a 1,65 μm , y la cuarta capa (240) tiene un espesor de 0,198 a 0,242 μm .
- 30 2. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de la reivindicación 1, en que el primer material refractivo y el tercer material refractivo tienen un índice de refracción de 1,3 a 1,7, el segundo material refractivo tiene un índice de refracción de 4,5 a 4,7, y la cuarta capa refractiva tiene un índice de refracción de 2,2 a 2,5.
- 35 3. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de la reivindicación 2, en que el índice de refracción del material refractivo de base es 4,0, el índice de refracción del primer material refractivo y el índice de refracción del tercer material refractivo son 1,3, el índice de refracción del segundo material refractivo es 4,6 y el índice de refracción del cuarto material refractivo es 2,3.
- 40 4. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de la reivindicación 2 o 3, en que el material refractivo de base comprende germanio (Ge) o silicio (Si), el primer material refractivo y el tercer material refractivo comprenden uno o más seleccionados del grupo que consiste en BaF_2 , CaF_2 , Al_2O_3 , LiF, MgF_2 , MgO e $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, el segundo material refractivo (metamaterial) comprende nanopartículas de oro, y el cuarto material refractivo comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en ZnS , ZnSe , LiNbO_3 , TiO_2 , YVO_4 , y $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (óxido de circonio estabilizado con itria).
- 45 5. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de la reivindicación 4, en que el segundo material refractivo comprende las nanopartículas de oro (221) sintetizadas en forma de cubo que es de 50 a 100 nm de longitud en un lado.
- 50 6. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de la reivindicación 1, en que la primera capa (210) tiene un espesor de 0,45 μm , la segunda capa (220) tiene un espesor de 0,16 μm , la tercera capa (230) tiene un espesor de 1,5 μm , y la cuarta capa (240) tiene un espesor de 0,22 μm .
- 55 7. La lente antirreflectante para rayos infrarrojos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en que la cuarta capa (240) tiene una superficie frontal inclinada (241) que se inclina desde un punto central de modo que un área de sección transversal se vuelve más pequeña al moverse hacia un lado frontal.
8. Un método para producir una lente antirreflectante, que comprende:
 - 60 proporcionar una parte de base de la lente (100) que comprende un material refractivo de base que tiene un índice de refracción de 3,0 o mayor; y
 - formar una parte de recubrimiento antirreflectante (200) en una superficie frontal de la parte de base de la lente (100),
 - en que la parte de recubrimiento antirreflectante (200) comprende:

- una primera capa (210) que se aplica sobre una superficie de la parte de base de la lente (100) y que comprende un primer material refractivo que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base;
- 5 una segunda capa (220) que se aplica sobre una superficie de la primera capa (210) y que comprende un segundo material refractivo que tiene un índice de refracción mayor que el índice de refracción del material refractivo de base;
- una tercera capa (230) que se aplica sobre una superficie de la segunda capa (220) y que incluye un tercer material refractivo que tiene un índice de refracción correspondiente al índice de refracción del primer material refractivo; y
- 10 una cuarta capa (240) que se aplica sobre una superficie de la tercera capa (230) y que incluye un cuarto material refractivo que tiene un índice de refracción menor que el índice de refracción del material refractivo de base y mayor que el índice de refracción del tercer material refractivo,
- 15 en que la parte de base de la lente (100) tiene un espesor de 3,5 a 4 mm, la primera capa (210) tiene un espesor de 0,405 a 0,495 μm , la segunda capa (220) tiene un espesor de 0,144 a 0,176 μm , la tercera capa (230) tiene un espesor de 1,35 a 1,65 μm , y la cuarta capa (240) tiene un espesor de 0,198 a 0,242 μm .
9. El método de la reivindicación 8, en que la primera capa a la cuarta capa (210, 220, 230, 240) de la parte de recubrimiento antirreflectante se forman utilizando cualquier proceso de solución o dos o más procesos de solución entre un proceso sol-gel, un proceso Langmuir-Blodgett, un proceso de autoensamblaje convectivo y un proceso de nanoimpresión.
- 20 10. El método de la reivindicación 9, en que la primera capa (210) y la tercera capa (230) de la parte de recubrimiento antirreflectante (200) se forman utilizando el proceso sol-gel, la segunda capa (220) de la parte de recubrimiento antirreflectante (200) se forma utilizando el proceso Langmuir-Blodgett y el proceso de autoensamblaje convectivo, y la cuarta capa (240) de la parte de recubrimiento antirreflectante (200) se forma utilizando el proceso de nanoimpresión.
- 25 11. El método de la reivindicación 8 o 9, en que el primer material refractivo y el tercer material refractivo tienen un índice de refracción de 1,3 a 1,7, el segundo material refractivo tiene un índice de refracción de 4,5 a 4,7 y la cuarta capa refractiva tiene un índice de refracción de 2,2 a 2,5.
- 30 12. El método de la reivindicación 11, en que el material refractivo de base comprende germanio (Ge) o silicio (Si), el primer material refractivo y el tercer material refractivo comprenden uno o más seleccionados del grupo que consiste en BaF_2 , CaF_2 , Al_2O_3 , LiF , MgF_2 , MgO e $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, el segundo material refractivo comprende nanopartículas de oro (221), y el cuarto material refractivo comprende uno o más seleccionados del grupo que consiste en ZnS , ZnSe , LiNbO_3 , TiO_2 , YVO_4 y $\text{ZrO}_2\text{:Y}$ (óxido de circonio estabilizado con itria),
- 35 en que el segundo material refractivo comprende las nanopartículas de oro (221) sintetizadas en una forma de cubo de 50 a 100 nm de longitud en un lado.
- 40 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en que la cuarta capa (240) tiene una superficie frontal inclinada (241) que se inclina desde un punto central de modo que el área de la sección transversal se vuelve más pequeña al moverse hacia un lado frontal.
- 45

FIG. 1

TÉCNICA RELACIONADA

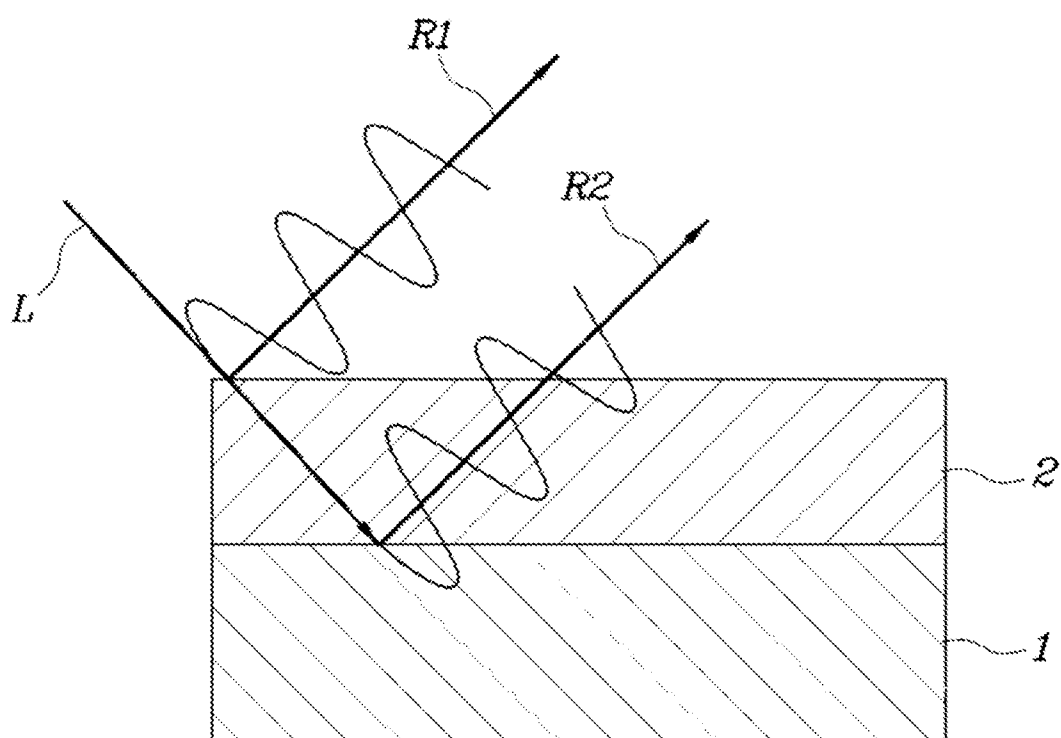


FIG. 2

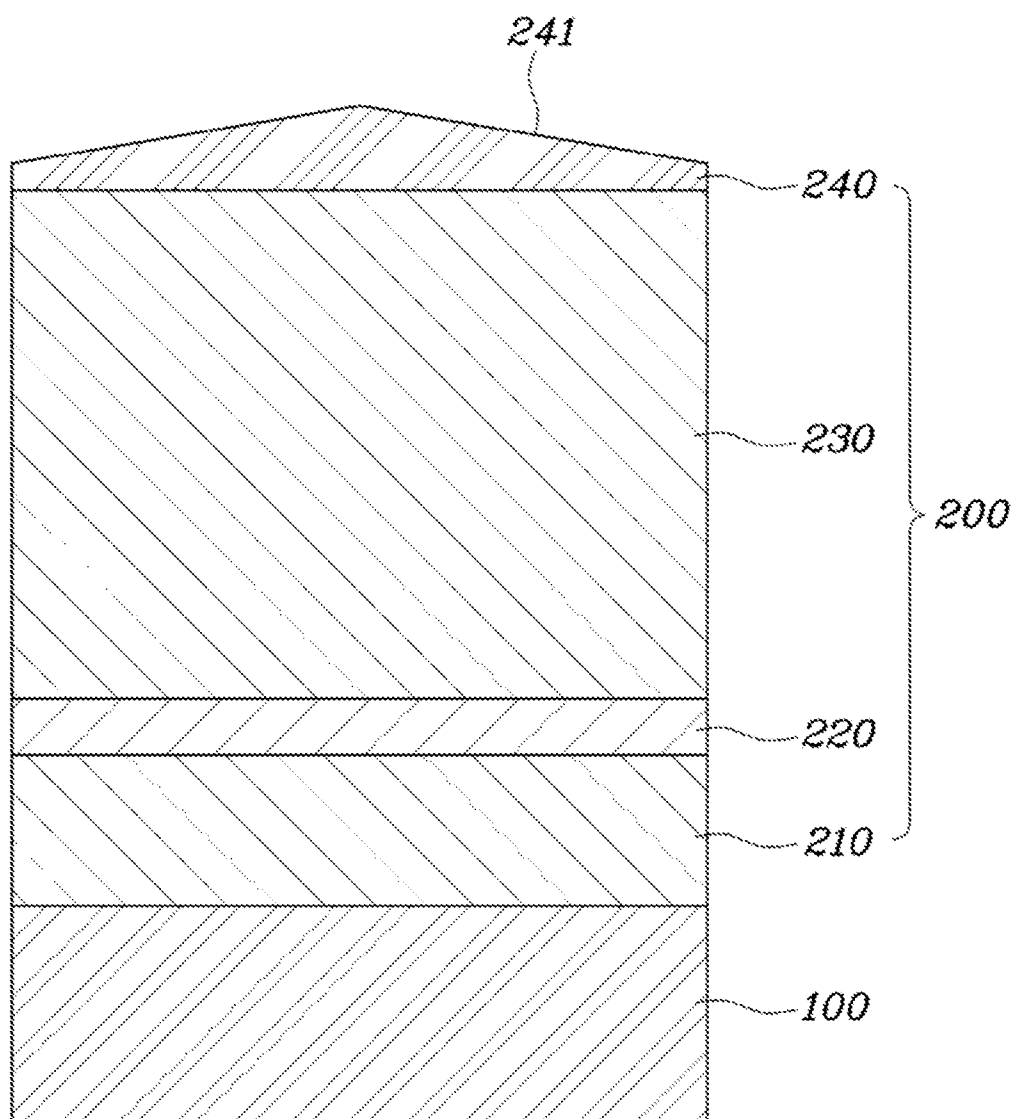


FIG. 3A

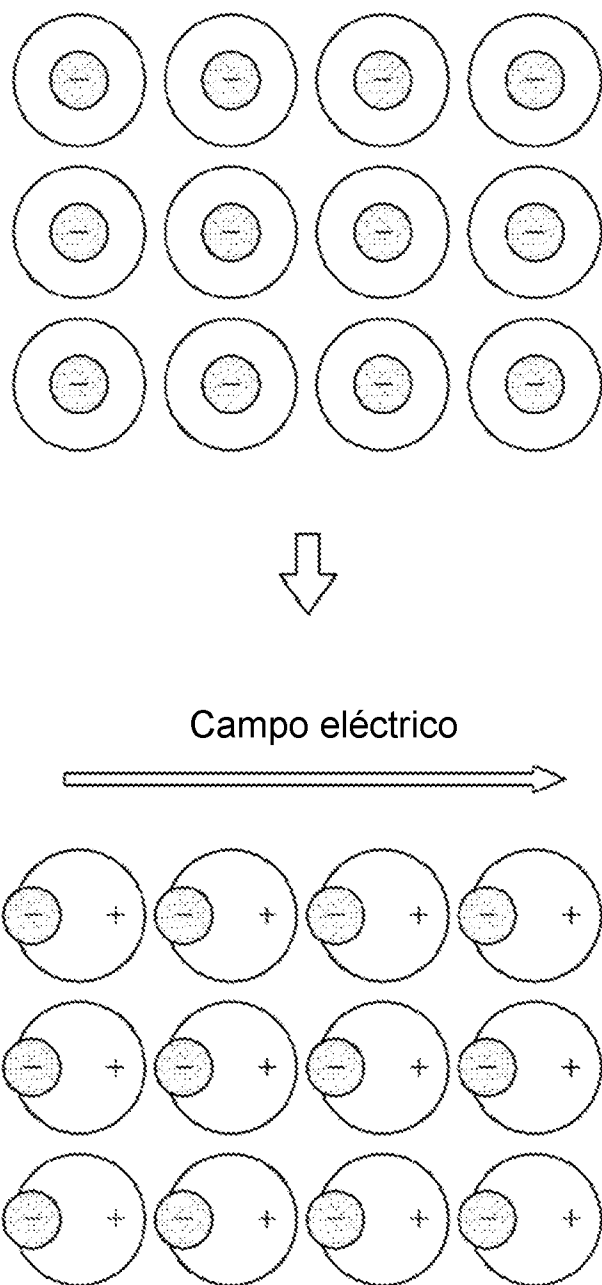
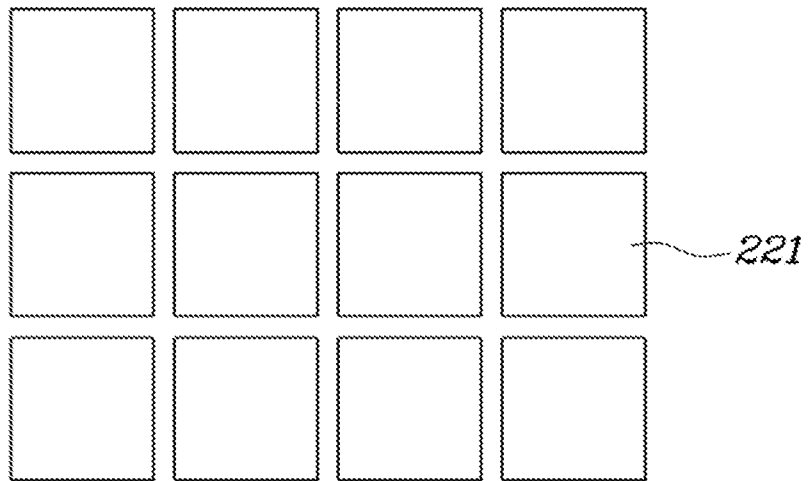


FIG. 3B



Campo eléctrico

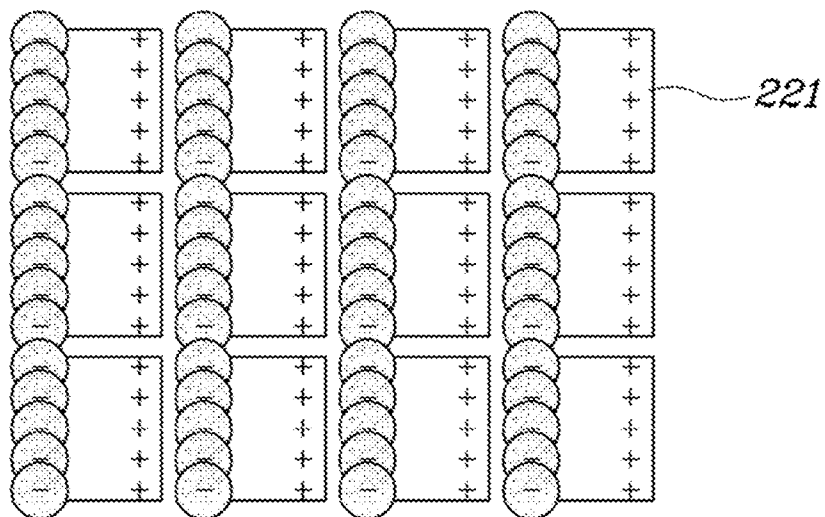
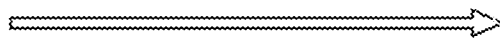


FIG. 4

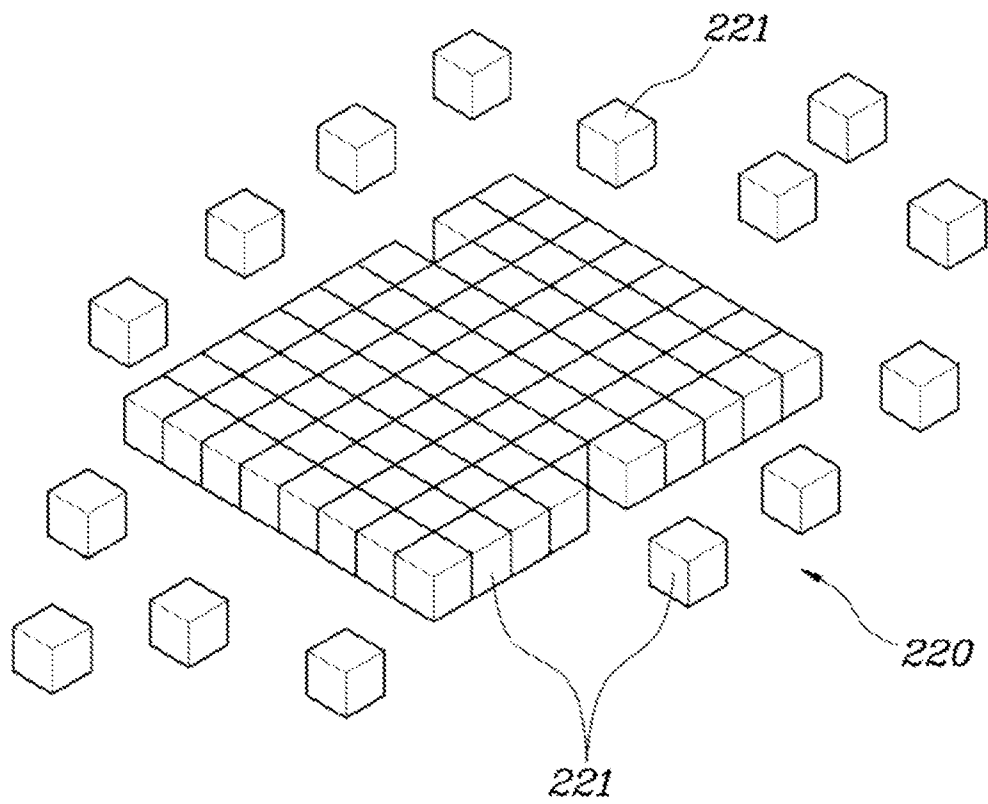


FIG. 5

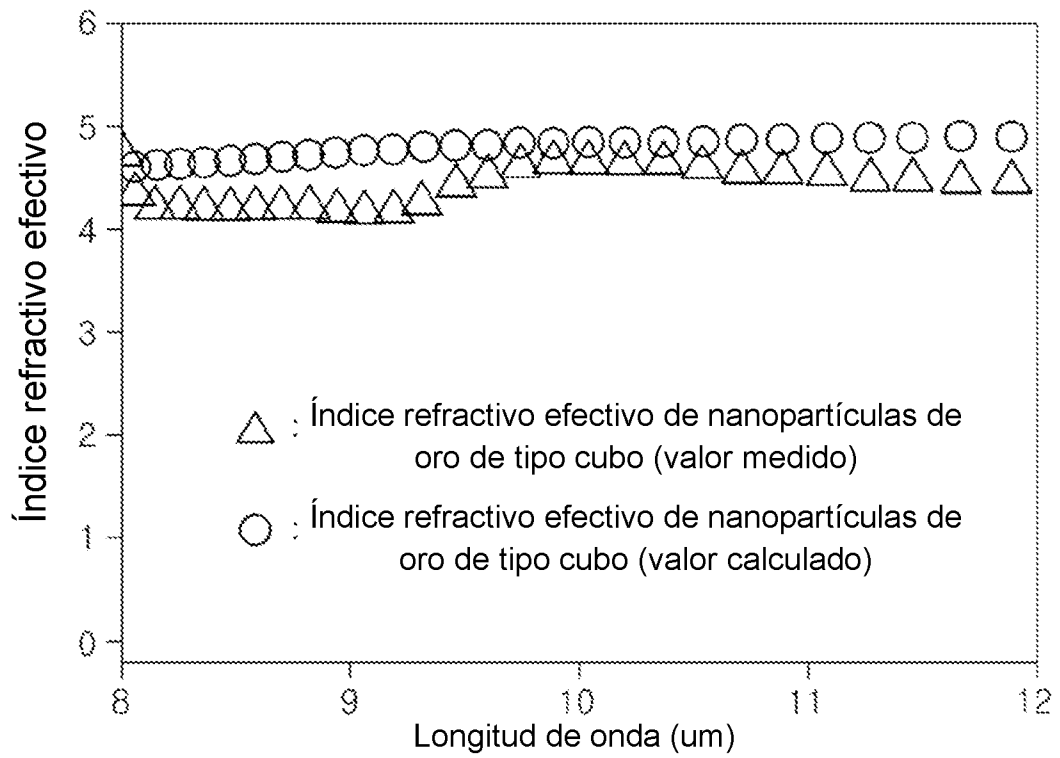


FIG. 6A

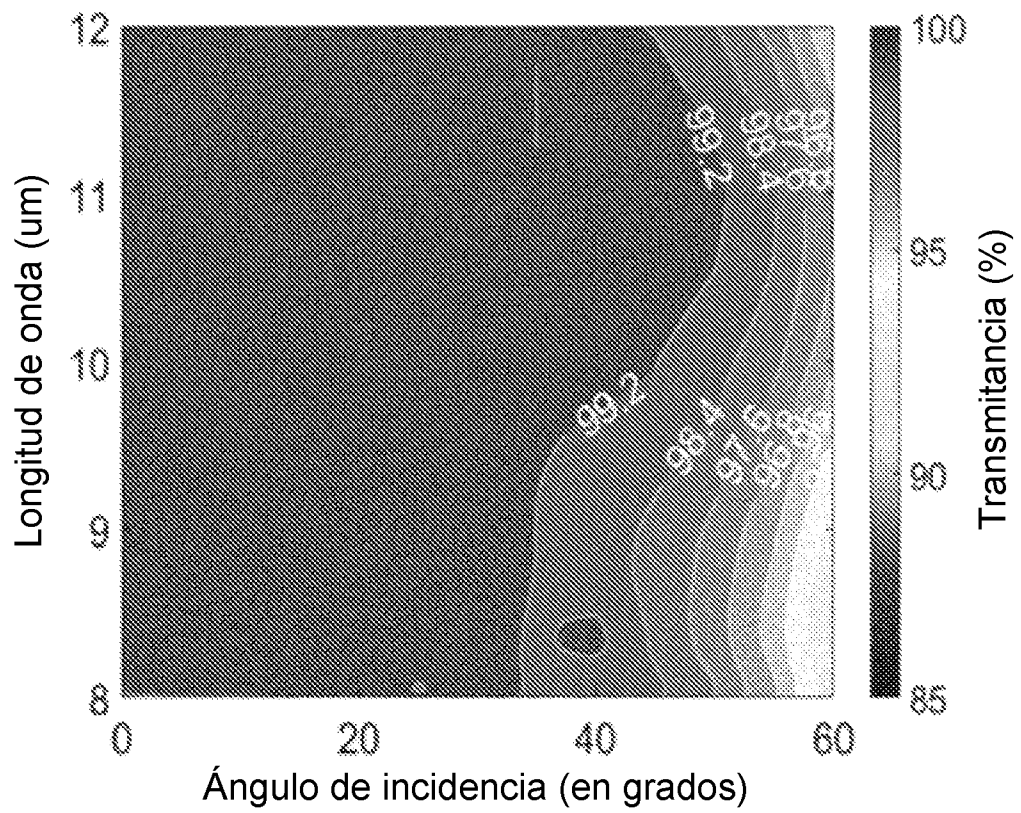


FIG. 6B

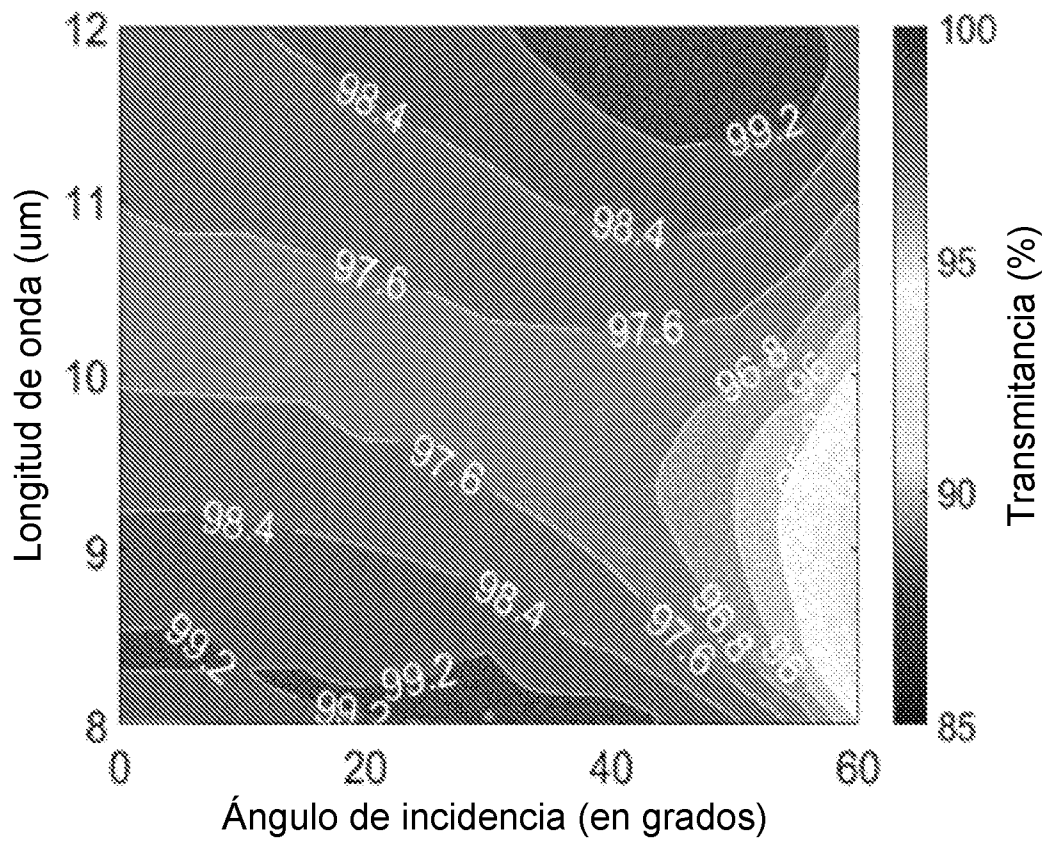


FIG. 7A

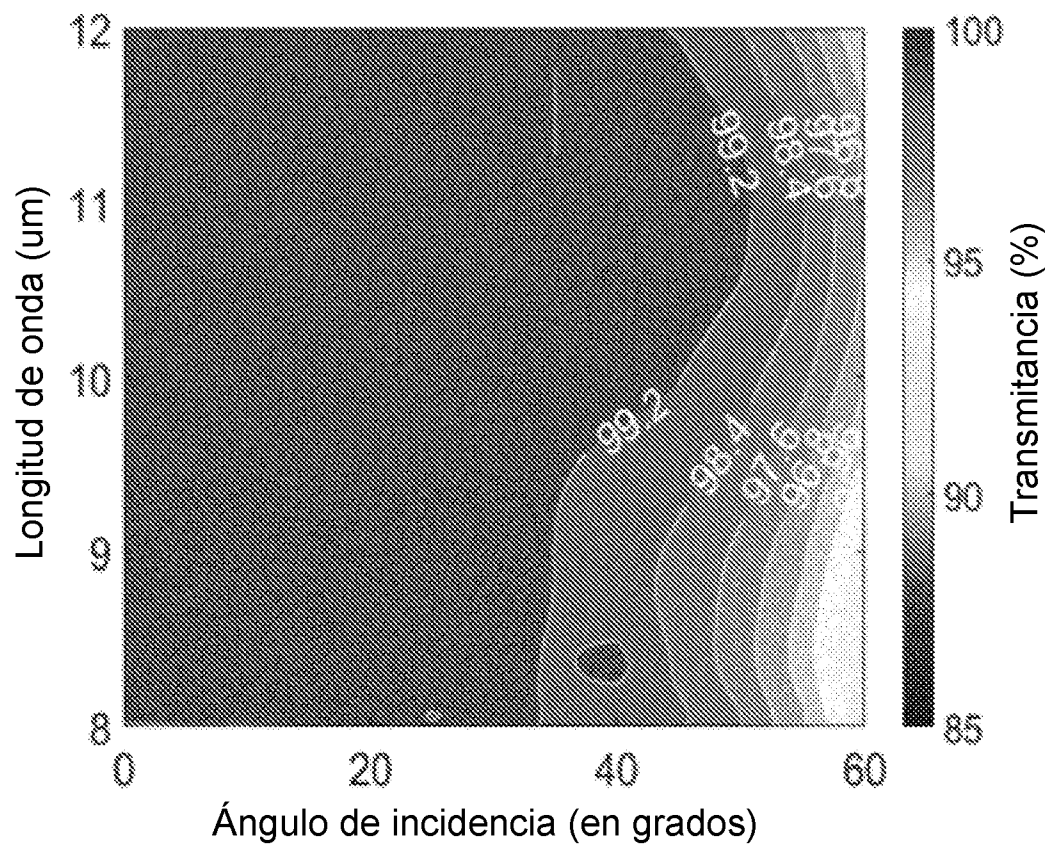


FIG. 7B

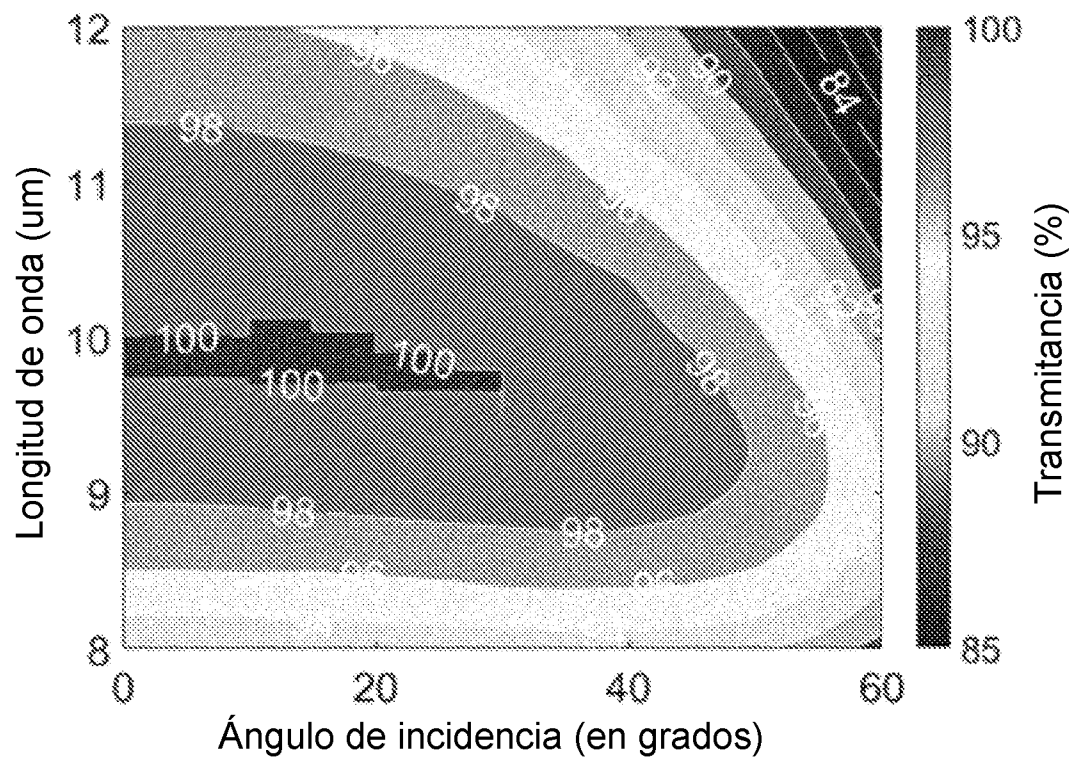


FIG. 7C

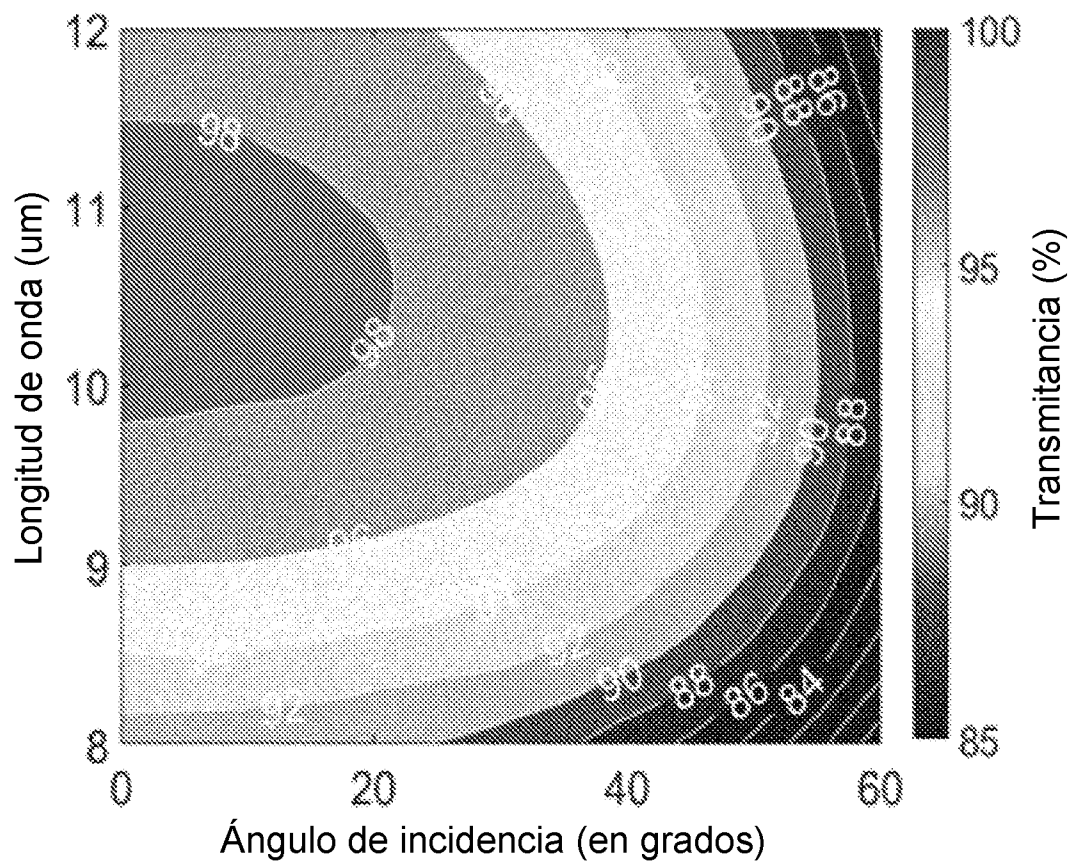


FIG. 7D

