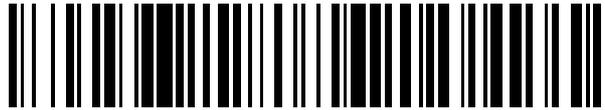


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 352**

51 Int. Cl.:

G02B 1/00 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)

B32B 5/26 (2006.01)

G02F 1/19 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2015** **E 15199134 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 3032292**

54 Título: **Compuestos transparentes con alto rango de temperatura y alta tensión a base de matrices que tienen índices de refracción ópticamente sintonizables**

30 Prioridad:

10.12.2014 US 201414566440

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

22.01.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

WILENSKI, MARK S.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 738 352 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

Compuestos transparentes con alto rango de temperatura y alta tensión a base de matrices que tienen índices de refracción ópticamente sintonizables

Campo

5 La presente divulgación se refiere en general a materiales compuestos y, más particularmente, a controlar la transparencia de estructuras compuestas reforzadas con fibra.

Antecedentes

10 El vidrio se utiliza ampliamente como transparencia en una variedad de aplicaciones debido a sus cualidades ópticas superiores. Por ejemplo, los paneles de vidrio monolíticos se utilizan comúnmente como material de acristalamiento o como material arquitectónico para edificios. Los paneles de vidrio monolítico también se utilizan comúnmente como transparencias en una variedad de aplicaciones vehiculares. Desafortunadamente, el vidrio es un material relativamente denso y también es relativamente frágil, por lo que se requieren grosores relativamente grandes para proporcionar un panel de vidrio con suficiente resistencia para resistir el agrietamiento bajo carga.

15 En un intento por evitar las penalizaciones de peso asociadas con los paneles de vidrio monolítico, las transparencias también se pueden fabricar de material polimérico. Por ejemplo, los paneles monolíticos pueden estar formados por polímeros transparentes tales como el acrílico (por ejemplo, Plexiglas™) que es menos denso que el vidrio y que posee propiedades ópticas favorables. Desafortunadamente, el acrílico tiene propiedades de resistencia relativamente baja, lo que lo hace inadecuado para aplicaciones donde se requiere alta resistencia.

20 En consideración a las penalizaciones de peso asociadas con los paneles de vidrio monolítico y las limitaciones de resistencia asociadas con los paneles poliméricos monolíticos, los fabricantes han fabricado transparencias de materiales poliméricos reforzados con fibras para mejorar la fuerza y la resistencia al impacto de la transparencia. Desafortunadamente, ciertos factores ambientales pueden tener un efecto indeseable en las características ópticas de un material polimérico reforzado con fibras. Por ejemplo, los cambios de temperatura pueden reducir la calidad óptica del material polimérico reforzado con fibra.

25 Como se puede ver, subsiste la necesidad en la técnica de un sistema y un método para controlar la calidad óptica de una transparencia reforzada con fibra con cambios en la temperatura.

El documento US 2007/077015 A1 divulga una guía de ondas que comprende un cristal fotónico que consiste en un medio de fondo y medios columnares, en los que los índices de refracción se cambian por irradiación.

Breve resumen

30 La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

35 Las necesidades descritas anteriormente asociadas con artículos compuestos transparentes se abordan y alivian específicamente mediante la presente divulgación que, en una realización, proporciona un sistema que puede incluir una estructura compuesta y una fuente de luz. La estructura compuesta puede incluir una matriz con un índice de refracción de matriz, una pluralidad de fibras incorporadas en la matriz y un material reactivo a la luz incluido con la matriz y/o las fibras. La fuente de luz puede ser capaz de emitir luz de una longitud de onda de activación que induce una reacción en el material reactivo a la luz provocando un cambio en el índice de refracción de matriz.

40 En una realización adicional, se divulga un sistema que incluye un panel compuesto que tiene superficies exteriores opuestas y un borde lateral. El panel compuesto puede incluir una matriz sustancialmente ópticamente transparente que tiene un índice de refracción de matriz, y una pluralidad de fibras sustancialmente ópticamente transparentes incorporadas en la matriz. Las fibras y/o la matriz pueden incluir un cromóforo fotosensible. La fuente de luz se puede configurar para emitir luz de una longitud de onda sobre o hacia el borde lateral. La longitud de onda puede inducir una reacción en el cromóforo provocando un cambio en el índice de refracción de matriz.

45 En una realización adicional, se divulga un método para ajustar el índice de refracción de una matriz de una estructura compuesta. El método puede incluir emitir luz de una longitud de onda de activación desde una fuente de luz hacia una estructura compuesta que contiene una matriz que tiene un índice de refracción de matriz y una pluralidad de fibras incorporadas en la matriz y que tienen un índice de refracción de fibra. La matriz y/o las fibras pueden incluir un material reactivo a la luz. El método puede incluir inducir una reacción en el material reactivo a la luz en respuesta a la longitud de onda de activación que incide sobre el material reactivo a la luz, y cambiar el índice de refracción de matriz en respuesta a la reacción en el material reactivo a la luz.

50 Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de manera independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones más, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente divulgación se harán más evidentes al hacer referencia a los dibujos en los que números similares se refieren a partes similares en todo y en los que:

5 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema que incluye una estructura compuesta reforzada con fibra que contiene cromóforos fotosensibles incluidos dentro de la matriz y/o dentro de las fibras, y que incluye una fuente de luz para emitir una longitud de onda de activación que induce una reacción en los cromóforos que provoca un cambio en el índice de refracción de matriz;

10 La Figura 2 es una vista en perspectiva de un ejemplo de una estructura compuesta que comprende una pluralidad de fibras de refuerzo incorporadas dentro de una matriz y que incluye cromóforos que se representan esquemáticamente como partículas individuales, y en la que la matriz tiene un índice de refracción de matriz y las fibras tienen un índice de refracción de fibra y que ilustra adicionalmente una fuente de luz que emite luz hacia un borde lateral de la estructura compuesta para inducir una reacción en los cromóforos;

15 La Figura 3 es una vista en sección del sistema de la Figura 2 que ilustra fibras, matriz y cromóforos, y que ilustra adicionalmente un sensor de temperatura, un sensor de tensión y un sensor de transparencia montado opcionalmente en la estructura compuesta para retroalimentación a la fuente de luz para ajustar la luz emitida por la fuente de luz para ajustar cambios en la temperatura, tensión mecánica y/o nivel de transparencia de la estructura compuesta;

La Figura 4 es un ejemplo de un cromóforo configurado como una molécula de azobenceno mostrada en un estado inactivado (lado izquierdo) y en un estado activado (lado derecho) en respuesta a un incidente de longitud de onda de activación sobre la molécula de azobenceno;

20 La Figura 5 es un gráfico del índice de refracción a una longitud de onda dada en función de la temperatura e ilustra una coincidencia incorrecta entre los índices de refracción de matriz y las fibras con cambio de temperatura cuando los cromóforos están inactivados, e ilustra adicionalmente los índices de refracción más estrechamente emparejados de la matriz y las fibras cuando los cromóforos se activan;

25 La Figura 6 es una vista en sección de un sistema que contiene una primera fuente de luz y una segunda fuente de luz que ilustra la primera fuente de luz que emite luz de una primera longitud de onda hacia un borde lateral de la estructura compuesta;

La Figura 7 es una vista en sección del sistema que ilustra la segunda fuente de luz que emite luz de una segunda longitud de onda hacia un borde lateral de la estructura compuesta;

30 La Figura 8 es una vista en sección de un sistema que tiene un recubrimiento sobre las superficies exteriores de la estructura compuesta para reflejar internamente la luz de la fuente de luz a lo largo de una longitud y/o anchura del interior de la estructura compuesta;

La Figura 9 es una vista en sección de un sistema que tiene un filtro sobre las superficies exteriores de la estructura compuesta para evitar que la luz ambiental de la longitud de onda de activación pase a través de la estructura compuesta y active los cromóforos;

35 La Figura 10 es una ilustración de un diagrama de flujo de una o más operaciones de un método para ajustar el índice de refracción de una matriz de una estructura compuesta.

Descripción detallada

40 Con referencia ahora a los dibujos, en los que las presentaciones son con el propósito de ilustrar las realizaciones preferidas y diversas de la divulgación, en la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques de un sistema 100 que incluye una estructura 102 compuesta y una fuente 180 de luz para emitir luz 182 hacia la estructura 102 compuesta. La estructura 102 compuesta puede comprender una matriz 114 polimérica y una pluralidad de fibras 116 de refuerzo incorporadas en la matriz 114. Las fibras 116 pueden tener un índice 200 de refracción de fibra. La matriz 114 puede tener un índice 202 de refracción de matriz. Ventajosamente, la matriz 114 y/o las fibras 116 pueden incluir un material 148 reactivo a la luz que puede ser sensible a una o más longitudes de onda de la luz 182 que puede ser emitida por la fuente 180 de luz para inducir una reacción en el material 148 reactivo a la luz provocando un cambio en el índice 114 de refracción de matriz. En un ejemplo, la matriz 114 y/o las fibras 116 pueden incluir cromóforos 150 fotosensibles que pueden ser sensibles a una o más longitudes de onda de la luz 182 que puede ser emitida por la fuente 180 de luz para inducir una reacción en los cromóforos 150 provocando un cambio en el índice 114 de refracción de matriz. En cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, la matriz 114 y/o las fibras 116 pueden incluir uno o más tipos de material 148 reactivo a la luz, y/o la matriz 114 y/o las fibras 116 pueden incluir uno o más tipos de cromóforos 150. En algunos ejemplos, la matriz 114 y/o las fibras 116 pueden incluir material 148 reactivo a la luz, y pueden no incluir cromóforos 150.

55 La fuente 180 de luz puede estar configurada para emitir luz 182 que induce una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 que provocan un cambio en el índice de refracción en la matriz 114 como un medio para compensar o ajustar un cambio inducido por el medio ambiente. En el índice 200 de refracción de fibra. Por

ejemplo, un cambio fotoinducido en el índice 202 de refracción de matriz puede compensar los cambios inducidos térmicamente en el índice 200 de refracción de fibra que pueden ocurrir como resultado de los cambios en la temperatura de la estructura 102 compuesta. En otro ejemplo, un cambio fotoinducido en el índice 202 de refracción de matriz puede compensar o ajustar los cambios inducidos mecánicamente en el índice 200 de refracción de fibra que pueden ocurrir como resultado de la tensión mecánica de la estructura 102 compuesta bajo carga estática y/o dinámica.

El sistema 100 puede incluir opcionalmente uno o más sensores (por ejemplo, véase Figura 3) configurados para detectar cambios inducidos por el medio ambiente en la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, el sistema 100 puede incluir uno o más sensores 126 de temperatura configurados para detectar la temperatura de la estructura 102 compuesta, y/o el sistema 100 puede incluir uno o más sensores 130 de tensión para detectar la tensión mecánica de la estructura 102 compuesta. Dichos sensores pueden generar señales 128, 132 de sensor (Figura 3) que se pueden transmitir a la fuente 180 de luz para permitir que la fuente 180 de luz emita luz 182 de una manera que induzca una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 provocando un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en una cantidad relacionada o proporcional al cambio ambiental detectado en la estructura 102 compuesta.

Por ejemplo, cuando se forma la estructura 102 compuesta por una matriz 114 y fibras 116 que son sustancialmente ópticamente transparentes dentro de una banda de longitud de onda de interés, como el espectro infrarrojo y/o el espectro visible para una temperatura o rango de temperatura dado, el cambio en el índice 202 de refracción de matriz inducido por la longitud de onda emitida por la fuente de luz que incide sobre el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 puede compensar o ajustar los cambios inducidos térmicamente y/o los cambios inducidos mecánicamente en el índice 202 de refracción de matriz como un medio para aumentar el rango de temperatura respectivo y/o el rango de tensión sobre el que la estructura 102 compuesta permanece sustancialmente ópticamente transparente con respecto a una estructura compuesta que carece de cromóforos. Como se indicó anteriormente, el cambio de temperatura en una estructura 102 compuesta de matriz polimérica reforzada con fibra puede reducir la calidad óptica de la estructura 102 compuesta debido a las diferencias en el índice de refracción n de la matriz 114 con respecto a las fibras 116. Aunque el material de la fibra 116 y el material de la matriz 114 se pueden seleccionar opcionalmente para tener índices de refracción n similares o sustancialmente equivalentes (por ejemplo, dentro de aproximadamente el 10 por ciento uno del otro) para una temperatura de punto de coincidencia determinada T para una longitud de onda λ determinada de la luz incidente Cuando los cromóforos 150 están en un estado 160 desactivado (Figura 4), la diferencia en el coeficiente de temperatura del índice de refracción $dn(\lambda, T)/dT$ de las fibras 116 y la matriz 114 puede producir un cambio (por ejemplo, un aumento diferencial) en los índices de refracción de los dos materiales, ya que la temperatura de la estructura 102 compuesta difiere (por ejemplo, aumenta o disminuye en relación con) la temperatura del punto de coincidencia, como se explica con mayor detalle a continuación.

Ventajosamente, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150, cuando se activan o se excitan adicionalmente con la fuente 180 de luz, proporcionan un medio para ajustar el índice 202 de refracción de matriz para que coincida sustancialmente o se aproxime (por ejemplo, dentro del 10 por ciento y, más preferiblemente, dentro del 0.1 por ciento) el índice 200 de refracción de fibra como el índice 202 de refracción de matriz cambia debido a factores ambientales que actúan sobre la estructura 102 compuesta, tales como cambios en la temperatura y/o tensión mecánica de la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, la fuente 180 de luz se puede configurar para emitir una o más longitudes de onda para activar inicialmente o para excitar aún más el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 de una manera que mantiene el índice 202 de refracción de matriz en menos de aproximadamente el 10 por ciento del índice 200 de refracción de fibra para la luz 122 ambiente (Figura 9) dentro de la banda de longitud de onda de interés y para un rango de temperatura dado de la estructura 102 compuesta. En una realización, la fuente 180 de luz se puede configurar para emitir una o más longitudes de onda de la luz 182 para activar y/o excitar adicionalmente los cromóforos 150 de una manera que mantiene el índice 202 de refracción de matriz dentro de aproximadamente el 3 por ciento del índice 200 de refracción de fibra dentro del espectro infrarrojo y/o el espectro visible para un rango de temperatura de la estructura 102 compuesta de aproximadamente -65°F a aproximadamente 220°F. En algunos ejemplos, la fuente 180 de luz se puede configurar para emitir una o más longitudes de onda de luz 182 para activar y/o excitar adicionalmente los cromóforos 150 de una manera que mantenga el índice 202 de refracción de matriz dentro de aproximadamente el 0.1 por ciento del índice 200 de refracción de fibra dentro del espectro infrarrojo y/o el espectro visible.

Para una estructura 102 compuesta que es sustancialmente transparente ópticamente dentro de una banda de interés de longitud de onda, la activación del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 por la fuente 180 de luz puede aumentar el rango sobre el cual la estructura 102 compuesta puede permanecer sustancialmente ópticamente transparente. Por ejemplo, una estructura 102 compuesta que es sustancialmente transparente ópticamente en el espectro visible y/o el espectro infrarrojo para una temperatura o rango de temperatura dado, la activación del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 puede permitir que la estructura 102 compuesta para mantener un grado relativamente alto de transmisión óptica y una baja distorsión de la luz 122 ambiente a través de la estructura 102 compuesta, y puede expandir efectivamente la temperatura de operación útil o el rango de temperatura sobre el cual la estructura 102 compuesta permanece sustancialmente ópticamente transparente. Sin embargo, en otros ejemplos, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden ser activados por

una fuente 180 de luz para hacer que una estructura 102 compuesta, por lo demás ópticamente transparente, sea translúcida, tal como para propósitos de privacidad.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un sistema 100 que incluye una estructura 102 compuesta de matriz polimérica reforzada con fibra configurada como un panel 104 que tiene superficies 106 exteriores opuestas y bordes 112 laterales a lo largo del perímetro de la estructura 102 compuesta. En algunos ejemplos, la estructura 102 compuesta se puede configurar como una transparencia tal como un parabrisas, una ventana, una cubierta, una membrana o un panel estructural de un vehículo tal como un vehículo terrestre, un vehículo aéreo tal como un avión, y/o un vehículo espacial. Aunque se muestra como un panel 104 que tiene una forma generalmente cuadrada o rectangular, la estructura 102 compuesta se puede proporcionar en cualquiera de una variedad de diferentes tamaños, formas y configuraciones, y puede incluir superficies 106 exteriores generalmente planas o planas, como se muestra en La Figura 2, o la estructura 102 compuesta puede incluir una o más superficies exteriores de curvatura compuesta (no mostradas). En algunos ejemplos, la estructura 102 compuesta se puede configurar como una transparencia, un panel arquitectónico, un panel estructural y/o un artículo no estructural de un edificio u otra estructura. Sin embargo, la estructura 102 compuesta se puede configurar para su uso en cualquier aplicación, sistema, subsistema, estructura, aparato y/o dispositivo, sin limitación.

El sistema 100 puede incluir adicionalmente una o más fuentes 180 de luz configuradas para emitir luz 182 hacia uno o más bordes 112 laterales o caras laterales de la estructura 102 compuesta con el fin de inducir una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 incluidos en la matriz 114 y/o las fibras 116. Una o más de las fuentes 180 de luz se pueden proporcionar como un diodo emisor de luz (LED), un láser u otro tipo de dispositivo de iluminación capaz de emitir una longitud de onda que provoque una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o la imagen fotosensible. cromóforos 150. Aunque la Figura 2 ilustra una única fuente 180 de luz colocada en relación paralela y separada con un borde 112 lateral del panel 104, el sistema 100 puede incluir fuentes 180 de luz en uno o más de los bordes 112 laterales o caras laterales de una estructura 102 compuesta. Adicionalmente, una o más fuentes 180 de luz pueden montarse en contacto contiguo con uno o más bordes 112 laterales o caras laterales de la estructura 102 compuesta, de modo que la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz ingrese a la estructura 102 compuesta sin pasar a través de otro medio (por ejemplo, aire) antes de entrar en la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, una fuente 180 de luz se puede colocar adyacente a un borde 112 lateral de un panel 104, y otra fuente 180 de luz se puede colocar en un borde 112 lateral opuesto del panel 104. Una o más fuentes 180 de luz se pueden configurar para emitir luz 182 de una longitud 188 de onda de activación o una banda de longitud de onda que induce una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 para provocar una transición en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 desde un estado 160 no activado (Figura 4) a un estado 158 activado (Figura 4). La transición del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 de un estado 160 no activado a un estado 158 activado pueden inducir un cambio en el índice 202 de refracción de matriz.

En otro ejemplo, el sistema 100 puede incluir una o más fuentes 180 de luz que pueden estar configuradas para emitir luz 182 de una longitud 194 de onda de desactivación o una banda de longitudes de onda que hace que los cromóforos 150 pasen del estado 158 activado al estado 160 desactivado. En algunos ejemplos, una fuente 180 de luz se puede configurar para emitir luz 182 de una longitud 194 de onda de desactivación que invierte parcial o totalmente el cambio en el índice 202 de refracción de matriz provocado por la longitud 188 de onda de activación. En aún otros ejemplos, una única fuente 180 de luz se puede configurar para emitir luz 182 de una longitud 188 de onda de activación (Figura 6) o una banda de longitudes de onda, y la única fuente 180 de luz también se puede configurar para emitir luz 182 de uno o más longitudes 194 de onda de desactivación (Figura 7) o banda de longitudes de onda.

La Figura 3 es una vista en sección de la estructura 102 compuesta y la fuente 180 de luz de la Figura 2. La fuente 180 de luz se muestra emitiendo luz 182 hacia un borde 112 lateral de la estructura 102 compuesta que puede incluir fibras 116 de refuerzo incorporadas dentro de la matriz 114 polimérica e incluyendo material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 en la matriz 114 y/o en las fibras 116. Las fibras 116 de refuerzo pueden estar dispuestas en capas 120 dentro de la matriz 114. En algunos ejemplos, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden incluirse dentro de las propias fibras 116. La estructura 102 compuesta puede comprender un laminado compuesto formado por capas 120 o pliegues de fibras 116. Las fibras 116 pueden proporcionar un refuerzo estructural para la matriz 114 polimérica y, por lo tanto, pueden mejorar el rendimiento mecánico de la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, las fibras 116 de refuerzo pueden mejorar la rigidez específica y/o la resistencia específica de la estructura 102 compuesta debido a la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad relativamente altos de las fibras 116. Los materiales a partir de los cuales se pueden formar las fibras 116 y la matriz 114 incluyen, sin limitación, cualquier material termoplástico o termoestable adecuado. El material termoplástico puede comprender por lo menos uno de los siguientes: fluorocarburos, poliamidas, polietilenos, polipropileno, policarbonatos, poliuretanos, polietercetercetona, polietercetilcetona y polioximetileno. El material termoestable puede comprender por lo menos uno de los siguientes: poliuretanos, compuestos fenólicos, poliimididas, bismaleimididas, poliésteres y epoxi. En un ejemplo, las fibras 116 pueden ser fibras de vidrio y/o fibras poliméricas.

En algunos ejemplos, las fibras 116 pueden ser sustancialmente ópticamente transparentes dentro de una banda de longitud de onda de interés tal como el espectro infrarrojo y/o el espectro visible. En el ejemplo mostrado, las fibras 116 pueden ser sustancialmente continuas o unidireccionales, y pueden tener una forma de sección transversal

alargada. Sin embargo, las fibras 116 se pueden proporcionar en una forma de sección transversal redondeada o en cualquiera de una variedad de otras formas de sección transversal. Por ejemplo, una o más fibras 116 pueden tener una forma de sección transversal de un polígono, un cuadrilátero, un cuadrado, un rectángulo y cualquier otra forma de sección transversal adecuada. Adicionalmente, el sistema 100 y el método de la presente divulgación no se limitan a las fibras continuas 116. Por ejemplo, una estructura 102 compuesta puede incluir fibras continuas, fibras cortadas, fibras orientadas al azar, bigotes, partículas y otras disposiciones de fibra.

La forma de sección transversal alargada de las fibras 116 puede incluir un par opuesto de caras 118 de fibra sustancialmente planas que pueden estar orientadas sustancialmente paralelas entre sí. Las caras 118 de fibra plana de una fibra 116 también pueden estar orientadas paralelas a las caras 118 de fibra plana de otras fibras 116 en la estructura 102 compuesta. En algunos ejemplos, las caras 118 de fibra planas pueden estar orientadas sustancialmente paralelas a las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta para mejorar el rendimiento óptico de la estructura 102 compuesta. Las caras 118 de fibra paralelas y las superficies exteriores, sustancialmente planas, pueden minimizar la dispersión de la luz que, de lo contrario, podría ocurrir cuando la luz pasa a través de una superficie curva. En una realización, la forma alargada de las fibras 116 se puede proporcionar en una relación de aspecto relativamente alta definida como la relación entre el ancho de la fibra y el grosor de la fibra. En algunos ejemplos, la relación de aspecto puede variar de aproximadamente tres a aproximadamente 500, aunque la sección transversal de la fibra puede tener una relación de aspecto de cualquier valor. El grosor de la fibra entre las caras planas de la fibra puede estar en el rango de aproximadamente 5 micrones a aproximadamente 5000 micrones, aunque se contemplan otros grosores de fibra.

En la Figura 3, las fibras 116 se muestran como fibras 116 unidireccionales con las fibras 116 en cada capa 120 orientadas generalmente paralelas entre sí. Las fibras 116 en la estructura 102 compuesta se muestran dispuestas en una configuración de pliegues cruzados en los que las fibras 116 en una capa 120 están orientadas perpendicularmente con respecto a las fibras 116 en otras capas 120. Sin embargo, las fibras 116 pueden estar orientadas en una cualquiera de una variedad de ángulos (por ejemplo, 15°, 22.5°, 45°, 60°, etc.) con respecto a las fibras 116 de otras capas 120 en la estructura 102 compuesta, y no se limitan a una configuración de pliegues cruzados mostrada. Adicionalmente, las fibras 116 en cualquiera de las capas 120 pueden estar orientadas en una relación no paralela entre sí. En un ejemplo, una o más de las capas 120 pueden incluir una disposición de tela tejida. Aún adicionalmente, una o más de las capas 120 pueden incluir fibras dirigidas (no mostradas) que se curvan a lo largo de una dirección en el plano de la capa. Aunque la estructura 102 compuesta se muestra con cuatro (4) capas 120 de fibras 116, se puede proporcionar cualquier número de capas 120. Por ejemplo, una estructura 102 compuesta puede contener una sola capa 120 de fibras 116 o decenas o más de las capas 120 de fibras 116.

La Figura 3 ilustra adicionalmente sensores configurados para detectar uno o más parámetros ambientales de la estructura 102 compuesta. Cada uno de los sensores puede estar conectado comunicativamente a una fuente 180 de luz. Uno o más sensores pueden montarse en la estructura 102 compuesta, tal como en una o ambas superficies 106 exteriores. Los sensores también pueden estar integrados internamente dentro de la estructura 102 compuesta. Cada sensor puede transmitir a la fuente 180 de luz una señal de sensor representativa de uno o más parámetros ambientales de la estructura 102 compuesta. La fuente 180 de luz se puede configurar para regular la luz 182 emitida en respuesta a una o más señales del sensor, e inducir o alterar una reacción en los cromóforos 150 de una manera que provoque un cambio en el índice 114 de refracción de matriz.

Por ejemplo, en respuesta a una señal del sensor, la fuente 180 de luz puede emitir luz 182 de una longitud de onda y/o intensidad que induce una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 de tal manera que cambie el índice 202 de refracción de matriz en una cantidad que mantiene el mismo nivel de transparencia óptica de la estructura 102 compuesta en relación con un nivel de transparencia de referencia de la estructura 102 compuesta. El nivel de transparencia de referencia se puede describir como el nivel de transparencia de la estructura 102 compuesta a una temperatura de referencia, como la temperatura ambiente. En otro ejemplo, el nivel de transparencia de referencia se puede describir como el nivel de transparencia de la estructura 102 compuesta a una temperatura de punto de coincidencia en la que los índices de refracción de matriz 114 y las fibras 116 son sustancialmente equivalentes para una longitud de onda dada. Por ejemplo, el nivel de transparencia de referencia puede ser el nivel de transparencia de la estructura 102 compuesta dentro del espectro visible a temperatura ambiente y con una carga mecánica cero (por ejemplo, tensión cero) sobre la estructura 102 compuesta.

En un ejemplo, la fuente 180 de luz se puede activar al recibir una señal 128 de temperatura que representa un cambio en la temperatura de la estructura 102 compuesta que excede un umbral de temperatura predeterminado tal como una temperatura de punto de ajuste (véase, por ejemplo, Figura 5), o que exceda un cambio de temperatura umbral. En otro ejemplo, la fuente 180 de luz se puede activar al recibir una señal 132 de tensión que indica que la estructura 102 compuesta se somete a tensión mecánica en respuesta a una carga mecánica a la que puede someterse la estructura 102 compuesta, en relación con un nivel de tensión de umbral predeterminada, o relativo a un estado no cargado (por ejemplo, tensión cero) de la estructura 102 compuesta. En algunos ejemplos, la fuente 180 de luz puede emitir luz 182 de una longitud 188 de onda de activación inicial al recibir una señal de sensor. En otros ejemplos, la fuente 180 de luz ya puede estar emitiendo luz 182 de una longitud 188 de onda de activación, y al recibir una señal del sensor que indica un cambio adicional en un parámetro ambiental (por ejemplo, temperatura, tensión) de la estructura 102 compuesta, la fuente 180 de luz puede alterar la luz 182 emitida de una manera para compensar o ajustar cambios adicionales inducidos por el medio ambiente en el índice 202 de refracción de matriz,

de modo que el índice 202 de refracción de matriz se mantenga sustancialmente equivalente al índice 200 de refracción de fibra (por ejemplo, dentro del 10 por ciento o , más preferiblemente dentro de 0.1 por ciento).

En otros ejemplos adicionales, el sistema 100 puede incluir uno o más sensores de transparencia (no mostrados) configurados para detectar un nivel de transparencia de la estructura 102 compuesta en su conjunto en relación con un nivel de transparencia de referencia de la estructura 102 compuesta a una temperatura dada (por ejemplo, sustancialmente 100 por ciento ópticamente transparente en el espectro visible a temperatura ambiente). Dichos sensores de transparencia pueden transmitir señales representativas del nivel de transparencia, y la fuente 180 de luz puede recibir las señales y puede alterar la luz 182 emitida de una manera para compensar o ajustar el cambio (por ejemplo, una reducción) en el nivel de transparencia de manera tal que el índice 202 de refracción de matriz se mantiene en un valor relativo al índice 200 de refracción de fibra para restaurar o mantener la estructura 102 compuesta en el nivel de transparencia de referencia. A este respecto, el sistema 100 puede incluir uno o más sensores (por ejemplo, sensores 126 de temperatura, sensores 130 de tensión, sensores de nivel de transparencia) que pueden cooperar con una o más fuentes 180 de luz para aplicar simplemente cualquier cambio que se requiera a la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz para mantener la máxima transparencia óptica de la estructura 102 compuesta o mantener la transparencia óptica dentro de un rango predeterminado (por ejemplo, dentro del 10 por ciento) del nivel de transparencia de referencia), independientemente de la causa del cambio inducido ambientalmente en el Índice 200 de refracción de fibra.

Por ejemplo, un sensor 126 de temperatura puede detectar un aumento en la temperatura de la estructura 102 compuesta en relación con la temperatura de ajuste, y puede generar una señal 128 de temperatura representativa del aumento de temperatura. El sensor 126 de temperatura puede ser un termopar, un detector de temperatura de resistencia, un pirómetro que mide la radiación térmica u otro sensor de temperatura de contacto o sin contacto. La fuente de luz, al recibir la señal 128 de temperatura, puede cambiar (por ejemplo, aumentar o disminuir) la intensidad (por ejemplo, la magnitud) y/o la longitud de onda de la luz 182 emitida de una manera que altera el nivel de excitación de los cromóforos 150 fotosensibles para cambiar el índice 202 de refracción de matriz de modo que el índice 202 de refracción de matriz se modifique para que coincida sustancialmente (por ejemplo, dentro de aproximadamente el 10 por ciento) el índice 200 de refracción de fibra, de manera que la transparencia óptica de la estructura 102 compuesta se pueda mantener a pesar del cambio inducido térmicamente en el índice 202 de refracción de matriz.

De manera similar, la estructura 102 compuesta puede incluir uno o más sensores 130 de tensión, tales como medidores de tensión montados en una o más de las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta y/o incorporados dentro de la estructura 102 compuesta. Los sensores 130 de tensión se pueden configurar para medir o detectar cambios en la tensión mecánica de la estructura 102 compuesta. Los sensores 130 de tensión pueden generar una señal 132 de tensión que se puede transmitir a la fuente de luz, y hacer que la fuente 180 de luz ajuste o cambie la intensidad y/o la longitud de onda de la luz 182 emitida de manera que altere el nivel de excitación del el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 de modo que el índice 202 de refracción de matriz se altera para que coincida sustancialmente con el índice 200 de refracción de fibra y, por lo tanto, compense o ajusten el cambio inducido por la tensión en el índice 202 de refracción de matriz. En una realización adicional, el sistema 100 puede incluir un sensor óptico configurado para medir la transparencia óptica de la estructura 102 compuesta, y puede transmitir una señal a la fuente 180 de luz para hacer que la fuente 180 de luz ajuste la intensidad y/o la longitud de onda de la luz 182 emitida para mantener un nivel de transparencia de referencia.

En algunos ejemplos, los sensores y/o la fuente 180 de luz pueden cooperar para hacer que la fuente 180 de luz emita luz 182 de una intensidad luminosa que varía en proporción al cambio de temperatura de la estructura 102 compuesta y de una manera que causa un cambio proporcional en el índice 202 de refracción de matriz. Por ejemplo, la fuente 180 de luz puede estar configurada para emitir luz 182 de intensidad creciente en proporción al aumento de la temperatura de la estructura 102 compuesta, y de ese modo inducir una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 que hace que una disminución proporcional en el índice 202 de refracción de matriz coincida sustancialmente con una disminución inducida térmicamente en el índice 200 de refracción de fibra. A la inversa, la fuente 180 de luz puede emitir luz 182 de intensidad decreciente en proporción a una disminución de la temperatura de la estructura 102 compuesta para causar, a través del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150, un aumento proporcional en el índice 202 de refracción de matriz.

En algunos ejemplos, las fibras 116 y la matriz 114 pueden ser individualmente ópticamente transparentes dentro de una banda de longitud de onda de interés tal como el espectro infrarrojo y/o espectro visible. Sin embargo, las fibras 116 y la matriz 114 pueden tener índices de refracción no coincidentes a una temperatura dada (por ejemplo, temperatura ambiente) o rango de temperatura dentro del espectro infrarrojo y/o visible. Cuando las fibras 116 están incorporadas dentro de la matriz 114 en una estructura 102 compuesta con material 148 reactivo a la luz y/o cromóforos 150 incluidos en la matriz 114 y/o las fibras 116, la fuente 180 de luz se puede activar en cualquier punto durante la operación del sistema 100 para provocar una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 como un medio para ajustar el índice 202 de refracción de matriz para que coincida sustancialmente con el índice 200 de refracción de fibra a una o más temperaturas de operación, de manera que la estructura 102 compuesta se vuelve sustancialmente ópticamente transparente. La fuente 180 de luz puede modular la luz 182 emitida basándose en la retroalimentación de uno o más sensores 126, 130, que detectan la temperatura o la tensión de la estructura 102 compuesta, de modo que la fuente 180 de luz puede ajustar la intensidad y/o la longitud

de onda de la luz 182 emitida para provocar una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 de tal manera que el índice 202 de refracción de matriz se ajuste para que sea sustancialmente equivalente al índice 200 de refracción de fibra a esa temperatura de la estructura 102 compuesta.

La Figura 4 es un ejemplo no limitante de un cromóforo 150 configurado como una molécula 152 de azobenceno. El lado izquierdo de la Figura 4 ilustra la molécula 152 de azobenceno en un estado 160 desactivado o estado 154 trans. El lado derecho de la Figura 4 ilustra la molécula 152 de azobenceno en un estado 158 activado o estado 156 cis. La molécula 152 de azobenceno puede transitar fotoquímicamente del estado 154 trans al estado 156 cis como resultado de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz. La molécula 152 de azobenceno puede volver al estado 154 trans térmicamente. La molécula 152 de azobenceno puede inducir un cambio en el índice de refracción de una matriz polimérica de aproximadamente 0.3 a una longitud de onda de 633 nm. Se pueden implementar otras configuraciones del cromóforo 150 para el sistema 100 y el método divulgado en este documento. Por ejemplo, además de la molécula 152 de azobenceno descrita anteriormente, los cromóforos 150 se pueden proporcionar como cumarina, fenilo, norbornadieno y derivados de los mismos. Los grupos norbornadieno pueden inducir un cambio en el índice de refracción de la matriz 114 polimérica de aproximadamente 0.01 a una longitud de onda de 633 nm.

Aunque las figuras en la presente solicitud representan esquemáticamente el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 como partículas individuales, el sistema 100 y el método divulgado en este documento pueden incluir el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 provistos como una composición no reactiva dispersada de manera sustancialmente uniforme dentro de la matriz 114 y/o dentro de las propias fibras 116. En un ejemplo, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden reaccionar previamente con los constituyentes de la matriz 114 de un epoxi, tal como un sistema de amina epoxi. Alternativamente, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 se pueden proporcionar en una configuración de anillo que tiene un grupo reactivo que está configurado para reaccionar con un esqueleto de la matriz 114 polimérica. En algunos ejemplos, un cromóforo 150 puede estar covalentemente unido a la matriz 114. En la presente divulgación, un material 148 reactivo a la luz y/o un cromóforo 150 se pueden describir como cualquier grupo de átomos que reaccionan en presencia de luz de una longitud de onda o banda de longitud de onda dada, e inducen un cambio en el índice de refracción de una matriz 114 polimérica que contiene el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150.

Una estructura 102 compuesta puede incluir una matriz 114 que contiene más de un tipo de material 148 reactivo a la luz y/o cromóforos 150. Por ejemplo, la matriz 114 puede incluir un primer tipo 162 de cromóforo (Figura 3) y un segundo tipo 164 de cromóforo (Figura 3). El primer tipo 162 de cromóforo se puede configurar para foto-inducir un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en respuesta a una primera longitud 188 de onda de activación emitida por la fuente 180 de luz, de manera que la primera longitud 188 de onda de activación incide sobre el primer tipo 162 de cromóforo. El segundo tipo 164 de cromóforo se puede configurar para foto-inducir un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en respuesta a una segunda longitud 188 de onda de activación emitida por la fuente 180 de luz que incide sobre el segundo tipo 164 de cromóforo. Por ejemplo, la primera longitud 188 de onda de activación puede hacer que el primer cromóforo tipo 162 foto-induzca una transición en el índice 202 de refracción de matriz desde un índice de refracción de matriz inactivada hasta un primer índice de refracción de matriz (no mostrado). La segunda longitud 188 de onda de activación puede provocar que el segundo cromóforo tipo 164 foto-induzca una transición adicional (por ejemplo, un aumento o una disminución) en el índice 202 de refracción de matriz desde el primer índice de refracción de matriz hasta un segundo índice de refracción de matriz (no mostrado).

En algunos ejemplos, la fuente 180 de luz y el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden cooperar para cambiar o ajustar el índice 202 de refracción de matriz de una manera para alterar o mantener el número de Abbe de la matriz 114 durante los cambios inducidos por el ambiente en el índice 200 de refracción de fibra. En la presente divulgación, el número de Abbe se puede describir como un número que representa el cambio en el índice de refracción de un material en función de la longitud de onda de medición. A este respecto, el número de Abbe puede representar la cantidad de curvatura de un gráfico del índice de refracción (n) de un material en función de la longitud de onda (λ). Un material con un alto número de Abbe puede sufrir cambios relativamente pequeños en el índice de refracción con cambios en la longitud de onda (por ejemplo, una curvatura relativamente pequeña en el gráfico del índice de refracción frente a la longitud de onda). En contraste, un material con un número de Abbe bajo puede sufrir cambios relativamente grandes en el índice de refracción con cambios en la longitud de onda (por ejemplo, más curvatura en el gráfico del índice de refracción frente a la longitud de onda).

El sistema 100 y el método de la presente divulgación se pueden configurar de modo que la fuente 180 de luz y el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 cooperen para cambiar o ajustar el índice 202 de refracción de matriz para mantener el número de Abbe de la matriz 114, por ejemplo, que los índices 200, 202 de refracción de fibra y matriz se mantengan dentro de una diferencia predeterminada entre sí a través de una banda de longitud de onda de interés para una temperatura o rango de temperatura dados. En un ejemplo, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 se pueden elegir específicamente para incluirse en la estructura 102 compuesta para la activación inicial y/o la excitación adicional por una fuente 180 de luz que se puede operar de una manera para cambiar o ajustar el índice 202 de refracción de matriz para mantener el número de Abbe de la matriz 114 de modo que los índices 200, 202 de refracción de fibra y matriz se mantengan dentro del 3 por ciento y, más preferiblemente, dentro del 0.1 por ciento entre sí a través de una banda de longitud de onda de interés (por ejemplo, a través del espectro infrarrojo y/o visible) para un rango de temperatura dado (por ejemplo, de -65°F a 220°F).

La Figura 5 es un gráfico del índice de refracción a una longitud de onda dada en función de la temperatura y/o la tensión para el material de fibra (que se muestra como una línea 200 fantasma) y para el material de matriz polimérica (que se muestra como una línea continua y como una línea discontinua). La línea 204 sólida representa el índice de refracción del material de matriz polimérica con los cromóforos inactivados. La línea 206 discontinua representa el índice de refracción del material de matriz polimérica con los cromóforos activados. En el ejemplo que se muestra, los índices de refracción de las fibras y la matriz son idénticos para por lo menos un punto 210 de temperatura de coincidencia dentro de la banda de longitud de onda de interés, como lo representa la intersección de las curvas de índice de refracción de matriz y las fibras. Como se puede ver, los índices de refracción de las fibras y la matriz disminuyen con el aumento de la temperatura y/o el aumento de la tensión mecánica en la estructura compuesta. La Figura 5 ilustra el desajuste entre los índices de refracción del material de fibra (línea 200 fantasma) y la matriz con material 148 reactivo a la luz y/o cromóforos 150 inactivados (línea 204 sólida) a medida que cambia la temperatura. Sin embargo, la Figura 5 ilustra la correspondencia sustancial de los índices de refracción del material de fibra (línea 200 fantasma) y la matriz con material 148 reactivo a la luz y/o cromóforos 150 que se activan proporcionalmente (línea 206 discontinua) en respuesta a los cambios de temperatura o tensión, que se puede lograr al emitir luz 182 (Figura 3) de una longitud 188 de onda de activación (Figura 3) desde una fuente 180 de luz (Figura 3) hacia la estructura 102 compuesta (Figura 3).

La Figura 6 es una vista en sección de un sistema 100 que contiene una primera fuente 184 de luz y una segunda fuente 190 de luz. La primera fuente 184 de luz se muestra emitiendo luz 182 de una primera longitud 186 de onda hacia un borde 112 lateral de la estructura 102 compuesta, y la segunda fuente 190 de luz no está emitiendo ninguna luz. La primera longitud 186 de onda emitida por la primera fuente 184 de luz puede ser una longitud 188 de onda de activación que puede inducir una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o en los cromóforos 150 que provocan un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en una dirección. Por ejemplo, la longitud 188 de onda de activación puede provocar una disminución en el índice 202 de refracción de matriz como un medio para igualar una disminución inducida térmicamente en el índice 200 de refracción de fibra causada por un aumento en la temperatura de la estructura 102 compuesta. En otro ejemplo, la longitud 188 de onda de activación puede provocar un aumento en el índice 202 de refracción de matriz como un medio para emparejar un aumento inducido térmicamente en el índice 200 de refracción de fibra provocado por una disminución en la temperatura de la estructura 102 compuesta.

La Figura 7 es una vista en sección del sistema 100 que ilustra la segunda fuente 190 de luz que emite luz 182 de una segunda longitud 192 de onda hacia un borde 112 lateral de la estructura 102 compuesta, y la primera fuente 184 de luz no emite ninguna luz. La segunda longitud 192 de onda emitida por la segunda fuente 190 de luz puede ser una longitud 194 de onda de desactivación configurada para inducir una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o en los cromóforos 150 que provocan un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en una dirección opuesta al cambio inducido por la longitud 188 de onda de activación emitida por la primera fuente 184 de luz. En algunos ejemplos, la segunda fuente 190 de luz se puede configurar para emitir la segunda longitud 192 de onda para invertir completamente el cambio del índice de refracción inducido en la matriz 114 por la primera fuente 184 de luz. En otros ejemplos, la segunda longitud de onda puede invertir solo parcialmente el cambio del índice de refracción inducido en la matriz 114 por la primera fuente 184 de luz.

En aún otros ejemplos, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden revertir naturalmente a un estado 160 desactivado sin fotoinducción por una longitud 194 de onda de desactivación. Por ejemplo, los cromóforos 150 en la matriz 114 pueden revertir parcial o completamente a un estado 160 no activado debido a movimientos térmicos cuando la longitud 188 de onda de activación se elimina de los cromóforos 150. La eliminación de la longitud 188 de onda de activación puede provocar un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en una dirección opuesta al cambio inducido por la longitud 188 de onda de activación. En otros ejemplos adicionales, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden revertir naturalmente a un estado 160 no activado al llevar la estructura 102 compuesta a una temperatura elevada, y sin fotoinducción por una longitud 194 de onda de desactivación. A este respecto, la temperatura de una estructura 102 compuesta con cromóforos 150 activados se puede aumentar y mantener durante un período de tiempo predeterminado hasta que los cromóforos 150 estén desactivados parcial o completamente y/o el índice 202 de refracción de matriz cambie (por ejemplo, disminuya) en una cantidad deseada.

La Figura 8 es una vista en sección de un ejemplo de un sistema 100 en el que una estructura 102 compuesta incluye un recubrimiento 108 sobre las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta. En el ejemplo mostrado, se puede aplicar un recubrimiento 108 a una totalidad de ambas superficies 106 exteriores opuestas limitadas por los bordes 112 laterales del panel 104. Cada recubrimiento 108 puede tener un índice de refracción configurado para reflejar las longitudes de onda de inducción que incluyen las longitudes 188 de onda de activación y/o las longitudes 194 de onda de desactivación que pueden ser emitidas por una o más fuentes 180 de luz hacia uno o más bordes 112 laterales de la estructura 102 compuesta. El recubrimiento 108 puede permitir la transmisión de la luz 122 ambiente a través de las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta. El recubrimiento 108 se puede configurar para reflejar internamente las longitudes de onda de luz emitidas por la fuente 180 de luz y transmitidas a lo largo de una longitud y/o ancho de un interior de la estructura 102 compuesta. A este respecto, un recubrimiento 108 puede actuar como una guía de onda para contener la luz 182 emitida desde la fuente 180 de luz y transmitida a través del interior de la estructura 102 compuesta, y evitar así la etapa de la luz 182 emitida a través

de la superficie 106 exterior de la estructura 102 compuesta que se puede observar de otro modo como un resplandor que emana de un interior de la estructura 102 compuesta.

Aunque la Figura 8 ilustra un recubrimiento 108 en ambas superficies 106 exteriores opuestas, una estructura 102 compuesta puede incluir un recubrimiento 108 en solo una superficie 106 exterior, o el recubrimiento 108 se puede aplicar a solo una porción de una o más superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta. En la presente divulgación, el término recubrimiento 108 puede incluir cualquier tipo de tratamiento de superficie, solución, película, capa, lámina u otro material de recubrimiento que se pueda aplicar o eliminar o montar en o adyacente a una o más superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta para el reflector interno o guía de onda de las longitudes de onda de inducción (por ejemplo, activación y/o desactivación) de la luz 182 emitidas por una fuente 180 de luz. Adicionalmente, un recubrimiento 108 puede incluirse dentro de otras capas (no mostradas) que pueden aplicarse a una o más superficies 106 exteriores de una estructura 102 compuesta para proporcionar diferentes funcionalidades tales como reducción de deslumbramiento, repelencia al agua y otras funcionalidades.

En algunos ejemplos, las longitudes de onda emitidas por la fuente 180 de luz para influir, excitar, activar o desactivar el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden estar fuera del espectro visible y/o fuera del espectro infrarrojo. Por ejemplo, la longitud de onda o bandas de longitud de onda emitidas por la fuente 180 de luz pueden estar dentro del espectro ultravioleta (UV) para un sistema 100 destinado para uso en un entorno en el que la luz 122 ambiente está en el espectro visible y/o espectro infrarrojo. Sin embargo, se contempla que una o más de las longitudes de onda emitidas por la fuente 180 de luz pueden estar dentro del espectro de la luz 122 ambiente.

La Figura 9 es una vista en sección de un sistema 100 en el que la estructura 102 compuesta incluye un filtro 110 sobre las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta. El filtro 110 se puede configurar para evitar que ciertas longitudes 124 de onda ambiental de la luz 122 ambiente entren en la estructura 102 compuesta y activen el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150. A este respecto, un filtro 110 sobre una superficie 106 exterior de una estructura 102 compuesta se puede configurar para bloquear, reflejar, absorber o, de otro modo, evitar que las longitudes 124 de onda ambiental que están cerca o en la longitud 188 de onda de activación o la longitud 194 de onda de desactivación entren en la estructura 102 y activen o desactiven involuntariamente los cromóforos 150. El filtro 110 puede evitar la etapa de dichas longitudes 188, 194 de onda de activación y/o desactivación en la luz 122 ambiente a través de la superficie 106 exterior e impedir la entrada al interior de la estructura 102 compuesta. A este respecto, las longitudes 188, 194 de onda de activación o desactivación de la luz se pueden filtrar desde las superficies 106 exteriores de una estructura 102 compuesta, mientras que las longitudes de onda restantes en la luz 122 ambiente pueden pasar a través de los filtros 110.

La Figura 10 es una ilustración de un diagrama de flujo que incluye una o más operaciones que pueden realizarse en un método 300 para ajustar el índice de refracción de una matriz 114 de una estructura 102 compuesta. Como se indicó anteriormente, la matriz 114 puede tener un índice 202 de refracción de matriz y una pluralidad de fibras 116 incorporadas en la matriz 114. Las fibras 116 pueden tener un índice 200 de refracción de fibra. La matriz 114 puede incluir uno o más tipos de material 148 reactivo a la luz y/o cromóforos 150. La matriz 114 y las fibras 116 pueden ser sustancialmente ópticamente transparentes en el espectro visible y/o el espectro infrarrojo, de modo que la luz 122 ambiente pueda pasar a través de la estructura 102 compuesta. En algunos ejemplos, el índice 202 de refracción de matriz puede ser sustancialmente equivalente (por ejemplo, dentro del 10 por ciento) al índice 200 de refracción de fibra a una longitud de onda dada para por lo menos una temperatura antes de la activación del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150. En otros ejemplos, los índices de refracción de matriz 114 y las fibras 116 pueden ser inicialmente (por ejemplo, antes de activar los cromóforos 150) no coincidentes para cualquier banda de longitud de onda para un rango de temperatura de operación de la estructura 102 compuesta.

La etapa 302 del método puede incluir emitir luz 182 de una longitud 188 de onda de activación desde una fuente 180 de luz. La fuente 180 de luz puede emitir luz 182 hacia uno o más bordes 112 laterales de la estructura 102 compuesta como se indicó anteriormente, de modo que la luz 182 incide sobre el material 148 reactivo a la luz y/o en los cromóforos 150 dentro de la estructura 102 compuesta. La luz 182 puede ser emitida desde la fuente 180 de luz en respuesta a la aplicación de energía a la fuente 180 de luz. Alternativamente, la luz 182 de una fuente 180 puede dirigirse hacia el borde 112 lateral de la estructura 102 compuesta. Como se indicó anteriormente, la fuente 180 de luz puede ser un diodo emisor de luz, un láser u otra configuración de fuente de luz. La luz 182 emitida desde la fuente 180 de luz puede ser de una longitud 188 de onda de activación que está fuera del espectro infrarrojo y/o visible. Por ejemplo, la longitud 188 de onda de activación puede estar en el espectro ultravioleta.

La etapa 304 del método puede incluir inducir una reacción en los cromóforos 150 en respuesta a la longitud 188 de onda de activación incidente sobre los cromóforos 150. Como se indicó anteriormente, la incidencia de una o más longitudes de onda de la fuente 180 de luz sobre el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden hacer que el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pase de un estado 160 desactivado a un estado 158 activado. En algunos ejemplos, la luz 182 de la fuente 180 de luz se puede configurar para excitar adicionalmente el material 148 reactivo a la luz activado en ese momento y/o los cromóforos 150 para efectuar un cambio adicional en el índice 202 de refracción de matriz. En aún otros ejemplos, la luz 182 de una fuente 180 de luz se puede configurar para desactivar parcial o completamente el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150

como un medio para revertir parcial o completamente el cambio del índice 202 de refracción de matriz inducido por una longitud 188 de onda de activación emitidos por una fuente 180 de luz.

La etapa 306 del método puede incluir cambiar el índice 202 de refracción de matriz en respuesta a la reacción inducida en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 en respuesta a la luz 182 de una fuente 180 de luz que incide en los cromóforos 150. En algunos ejemplos, el método puede incluir emitir una o más longitudes 188 de onda de activación desde la fuente 180 de luz de manera tal que el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 mantengan el índice 202 de refracción de matriz en aproximadamente el 10 por ciento del índice 200 de refracción de fibra dentro de una banda de longitud de onda de interés tal como dentro del espectro infrarrojo y/o visible. En un ejemplo, la fuente 180 de luz se puede configurar para emitir una o más longitudes de onda de tal manera que los cromóforos 150 mantengan el índice 202 de refracción de matriz dentro de aproximadamente el 3 por ciento, y preferiblemente dentro de aproximadamente el 0.1 por ciento del índice 200 de refracción de fibra dentro del espectro visible para un rango de temperatura de aproximadamente -65°F a aproximadamente 220°F. En un ejemplo adicional, la etapa de cambiar el índice 114 de refracción de matriz puede incluir el uso de cromóforos 150 seleccionados específicamente, y la modulación de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz de tal manera que cambie o ajuste el índice 202 de refracción de matriz para mantener el número de Abbe de la matriz 114 durante los cambios inducidos ambientalmente en el índice 200 de refracción de fibra. Por ejemplo, la fuente 180 de luz puede emitir luz 182 de una manera para ajustar el índice 202 de refracción de matriz para mantener el número de Abbe de la matriz 114 dentro de aproximadamente el 10 por ciento del número de Abbe de las fibras 116 durante los cambios inducidos ambientalmente en el índice 200 de refracción de fibra.

El índice 202 de refracción de matriz se puede ajustar al ajustar, modular o cambiar la intensidad luminosa de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz en proporción a los cambios inducidos por el medio ambiente en la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, la intensidad de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz se puede cambiar en proporción a los cambios en la temperatura de la estructura 102 compuesta. El método puede incluir adicionalmente cambiar el índice 202 de refracción de matriz en proporción a los cambios en la intensidad de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz como medio para mantener el índice 202 de refracción de matriz dentro de un rango predeterminado del índice 200 de refracción de fibra de la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, la fuente 180 de luz puede emitir luz 182 de intensidad creciente en proporción a un aumento en la temperatura de la estructura 102 compuesta para provocar un cambio proporcional en el índice 202 de refracción de matriz.

El método también puede incluir emitir desde la fuente 180 de luz una longitud 194 de onda de desactivación hacia el material 148 reactivo a la luz activado y/o los cromóforos 150 en la estructura 102 compuesta. El método puede incluir adicionalmente inducir, utilizando la longitud 194 de onda de desactivación, una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 que provocan un cambio en el índice 202 de refracción de matriz en una dirección opuesta al cambio inducido por la longitud 188 de onda de activación. Por ejemplo, la longitud 188 de onda de activación puede fotoinducir el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 para provocar una reducción en el índice 202 de refracción de matriz. La longitud 194 de onda de desactivación se puede emitir como un medio para revertir el efecto de la longitud 188 de onda de activación al provocar un aumento en el índice 202 de refracción de matriz.

En algunos ejemplos, el efecto de la longitud 188 de onda de activación se puede revertir por lo menos parcialmente al retirar la longitud 188 de onda de activación de los cromóforos 150, y revertir naturalmente el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 a un estado 160 no activado debido al movimiento térmico cuando la longitud 188 de onda de activación se elimina del material 148 reactivo a la luz y/o de los cromóforos 150. A este respecto, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden revertir a un estado 160 desactivado sin una longitud 194 de onda de desactivación. De esta manera, el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 pueden volver por lo menos parcialmente a su estado 160 desactivado después de la eliminación de la longitud 188 de onda de activación. En aún otros ejemplos, el método puede incluir eliminar la longitud 188 de onda de activación del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150, elevar la temperatura de la estructura 102 compuesta, y revertir naturalmente el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 al estado 160 desactivado en respuesta a la elevación de la temperatura de la estructura 102 compuesta, como se indicó anteriormente.

Los cambios en el índice 202 de refracción de matriz se pueden iniciar en respuesta a la entrada del sensor proporcionada por uno o más sensores ambientales de la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, el método puede incluir detectar por lo menos un parámetro ambiental de la estructura 102 compuesta, transmitir a la fuente 180 de luz una señal del sensor representativa del parámetro, y regular, en función de la señal del sensor, la fuente 180 de luz para provocar que la fuente 180 de luz emita la luz 182 de tal manera que induzca una reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 para cambiar el índice 202 de refracción de matriz en una cantidad que mantenga un nivel de transparencia óptica de la estructura 102 compuesta en relación con un nivel de transparencia de referencia. La transparencia de referencia puede ser el nivel de transparencia de la estructura 102 compuesta a temperatura ambiente u otra temperatura, y/o con tensión cero en la estructura 102 compuesta.

La salida de la fuente 180 de luz puede regularse para ajustar la intensidad luminosa de la luz 182 emitida por la fuente 180 de luz basándose en una o más señales de sensor representativas del estado ambiental de la estructura 102 compuesta. Por ejemplo, el método puede incluir detectar, utilizando un sensor 126 de temperatura, un cambio de temperatura de la estructura 102 compuesta, transmitir una señal 128 de temperatura a la fuente de luz, y

- regular, basándose en la señal 128 de temperatura, la fuente 180 de luz de manera que la fuente 180 de luz emite la longitud de onda de la luz 182 de una manera que induce la reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 en una cantidad que altera el índice 202 de refracción de matriz para compensar o ajustar el cambio inducido térmicamente en el índice 200 de refracción de fibra. En otro ejemplo, el método puede incluir detectar un cambio en la tensión mecánica de la estructura 102 compuesta, transmitir una señal 132 de tensión a la fuente de luz y regular, con base en la señal 132 de tensión, la fuente 180 de luz para emitir la longitud de onda de la luz 182 de una manera que induce la reacción en el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 en una cantidad que altera el índice 202 de refracción de matriz para compensar un cambio inducido por tensión en el índice 202 de refracción de matriz.
- 5
- 10 Como se muestra en la Figura 8, una o más superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta pueden incluir un recubrimiento 108. El método puede incluir emitir luz 182 desde la fuente 180 de luz hacia el material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 en la estructura 102 compuesta, y reflejar internamente, utilizando el recubrimiento 108, la luz 182 emitida a lo largo de una longitud y/o anchura de la estructura 102 compuesta. Un recubrimiento 108 puede tener un índice de refracción que impide la transmisión de la luz 182 emitida a través de la superficie 106 exterior debido a la reflexión interna de la luz 182 emitida. Para un panel 104 que tiene un par de superficies 106 exteriores opuestas, cada una con recubrimientos 108, los recubrimientos 108 pueden reflejar internamente y contener la luz 182 emitida entre las superficies 106 exteriores opuestas, y de ese modo pueden evitar la transmisión de la luz 182 emitida fuera de la estructura 102 compuesta a través de las superficies 106 exteriores.
- 15
- 20 Como se muestra en la Figura 8, una o más superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta pueden incluir un filtro 110. El método puede incluir someter la estructura 102 compuesta a la luz 122 ambiente (por ejemplo, luz solar, luz de la luna, luz de taller, etc.) que contiene la longitud 188 de onda de activación, y evitar, utilizando el filtro 110, que la longitud 188 de onda de activación pase a través de la superficie 106 exterior y entre en el interior de la estructura 102 compuesta como un medio para evitar la activación del material 148 reactivo a la luz y/o los cromóforos 150 por la luz 122 ambiente. A este respecto, cualquier longitud 188 de onda de activación que pueda estar presente en la luz 122 ambiente puede filtrarse desde las superficies 106 exteriores de la estructura 102 compuesta, de modo que la luz 122 ambiente no active los cromóforos 150.
- 25
- 30 Las modificaciones y mejoras adicionales de la presente divulgación pueden ser evidentes para los expertos en la técnica. Por lo tanto, la combinación particular de partes descritas e ilustradas en el presente documento pretende representar solo ciertas realizaciones de la presente divulgación y no pretende servir como limitaciones de realizaciones alternativas o dispositivos dentro del espíritu y alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema, que comprende:

una estructura (102) compuesta configurada como un panel (104) que tiene superficies (106) exteriores opuestas y bordes (112) laterales a lo largo del perímetro de la estructura (102) compuesta, la estructura compuesta que incluye:

una matriz (114) que tiene un índice de refracción de matriz; una pluralidad de fibras (116) incorporadas en la matriz y que tiene un índice de refracción de fibra;

un material (148) reactivo a la luz en la matriz y/o las fibras (116);

y una fuente (180) de luz capaz de emitir luz (182) de una longitud de onda de activación que induce una reacción en el material (148) reactivo a la luz lo que provoca un cambio en el índice de refracción de matriz, la fuente (180) de luz se configura para emitir luz (182) hacia uno o más bordes (112) laterales de la estructura (102) compuesta, caracterizada porque el sistema incluye adicionalmente:

un recubrimiento (108) sobre una superficie (106) exterior de la estructura (102) compuesta, el recubrimiento (108) tiene un índice de refracción configurado para reflejar internamente la luz incidente desde la fuente (180) de luz hacia un borde (112) lateral de la estructura (102) compuesta, pero permite la transmisión de luz (122) ambiente a través de las superficies (106) exteriores de la estructura (102) compuesta.

2. El sistema de la reivindicación 1 en el que:

la fuente (180) de luz se configura para emitir una o más longitudes de onda en una forma que mantiene el índice de refracción de matriz dentro de aproximadamente 3 por ciento del índice de refracción de fibra dentro de una banda de longitud de onda de interés.

3. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

el material (148) reactivo a la luz y la fuente (180) de luz que cooperan para cambiar el índice de refracción de matriz en una forma que altera o que mantiene un número de Abbe de la matriz durante los cambios inducidos ambientalmente en el índice de refracción de fibra.

4. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye adicionalmente:

un filtro (110) sobre una superficie exterior y configurado para evitar que la luz ambiente de la longitud de onda de activación pase a través de la superficie exterior e ingrese en el interior de la estructura (102) compuesta.

5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

la fuente (180) de luz se configura para emitir una longitud de onda de activación y una longitud de onda de desactivación;

la longitud de onda de activación que induce una reacción en el material (148) reactivo a la luz lo que provoca un cambio en el índice de refracción de matriz en una dirección; y

la longitud de onda de desactivación que induce una reacción en el material (148) reactivo a la luz lo que provoca un cambio en el índice de refracción de matriz en una dirección opuesta al cambio inducido por la longitud de onda de activación.

6. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

la longitud de onda que induce una reacción en el material (148) reactivo a la luz en un estado activado provoca un cambio en el índice de refracción de matriz en una dirección; y

el material (148) reactivo a la luz naturalmente vuelve a un estado inactivo debido al movimiento térmico cuando se elimina la longitud de onda de activación y provoca un cambio en el índice de refracción de matriz en una dirección opuesta al cambio inducido por la longitud de onda de activación, en la que, opcionalmente, el material (148) reactivo a la luz se revierte naturalmente al estado inactivo cuando la longitud de onda de activación se elimina y la estructura (102) compuesta se lleva hasta una temperatura elevada.

7. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que:

un sensor se configura para detectar un parámetro de la estructura (102) compuesta y transmitir a la fuente (180) de luz una señal de sensor representativa del parámetro; y

la fuente (180) de luz que regula la luz en una forma que mantiene transparencia óptica de la estructura (102) compuesta con base en la señal de sensor.

8. Un método para ajustar un índice de refracción de una matriz de una estructura (102) compuesta, que comprende las etapas de:

5 emitir luz de una longitud de onda de activación desde una fuente (180) de luz hacia una estructura (102) compuesta configurada como un panel (104) que tiene superficies (106) exteriores opuestas y bordes (112) laterales a lo largo del perímetro de la estructura (102) compuesta, la luz se emite hacia uno o más bordes (112) laterales de la estructura (102) compuesta, la estructura (102) compuesta que contiene una matriz (114) que tiene un índice de refracción de matriz y una pluralidad de fibras (116) incorporadas en la matriz y que tiene un índice de refracción de fibra, las fibras (116) y/o la matriz incluyen un material (148) reactivo a la luz;

10 que induce una reacción en el material (148) reactivo a la luz en respuesta a la longitud de onda de activación que es incidente sobre el cromóforo (150); y cambiar el índice de refracción de matriz en respuesta a la reacción en el material (148) reactivo a la luz, caracterizado porque un recubrimiento (108) está presente sobre una superficie (106) exterior de la estructura (102) compuesta, el recubrimiento (108) que tiene un índice de refracción configurado para reflejar internamente la luz incidente desde la fuente (180) de luz hacia un borde (112) lateral de la estructura (102) compuesta, pero permite la transmisión de luz (122) ambiente a través de las superficies (106) exteriores de la estructura (102) compuesta.

9. El método de la reivindicación 8, en el que la etapa de emitir luz comprende:

emitir una o más longitudes de onda de activación en una forma tal que el material (148) reactivo a la luz mantiene el índice de refracción de matriz dentro de aproximadamente 3 por ciento del índice de refracción de fibra dentro de una banda de longitud de onda de interés.

20 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que una superficie exterior de la estructura (102) compuesta incluye un filtro (110), el método incluye adicionalmente:

someter la estructura (102) compuesta a luz ambiente que contiene la longitud de onda de activación; y

evitar, utilizando el filtro (110), que la longitud de onda de activación pase a través de la superficie exterior e ingrese en el interior de la estructura (102) compuesta.

25 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende adicionalmente la etapa de:

ajustar, utilizando el material (148) reactivo a la luz y la fuente (180) de luz, el índice de refracción de matriz en una forma que altera o que mantiene un número de Abbe de la matriz durante los cambios inducidos ambientalmente en el índice de refracción de fibra.

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11 que incluye adicionalmente:

30 detectar, utilizando un sensor, un parámetro de la estructura (102) compuesta;

transmitir a la fuente (180) de luz una señal de sensor representativa del parámetro; y

35 regular, con base en la señal de sensor, la fuente (180) de luz en una forma que provoque que la fuente (180) de luz emita luz en una manera que induzca una reacción en el material (148) reactivo a la luz para cambiar el índice de refracción de matriz mediante una cantidad que mantiene un mismo nivel de transparencia óptica de la estructura (102) compuesta con relación a un nivel de transparencia de referencia.

13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, o el sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

el material (148) reactivo a la luz es un cromóforo (150) fotosensible y en el que, opcionalmente, el cromóforo (150) es uno de los siguientes: norbornadieno, azobenceno, coumarina, y fenilo, y derivados de los mismos.

40 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, o el sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

la matriz (114) y las fibras (116) son sustancialmente ópticamente transparentes en un espectro infrarrojo y/o un espectro visible.

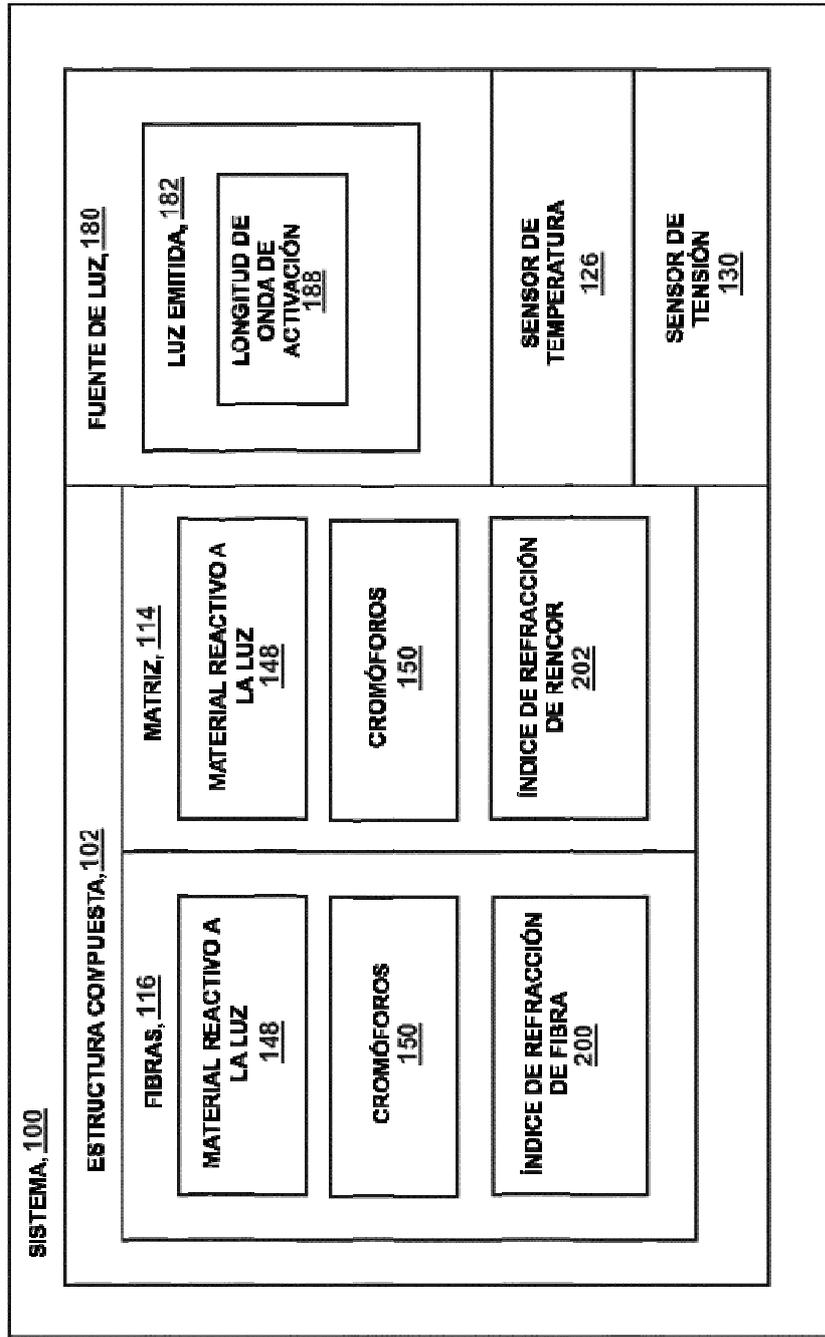


FIG. 1

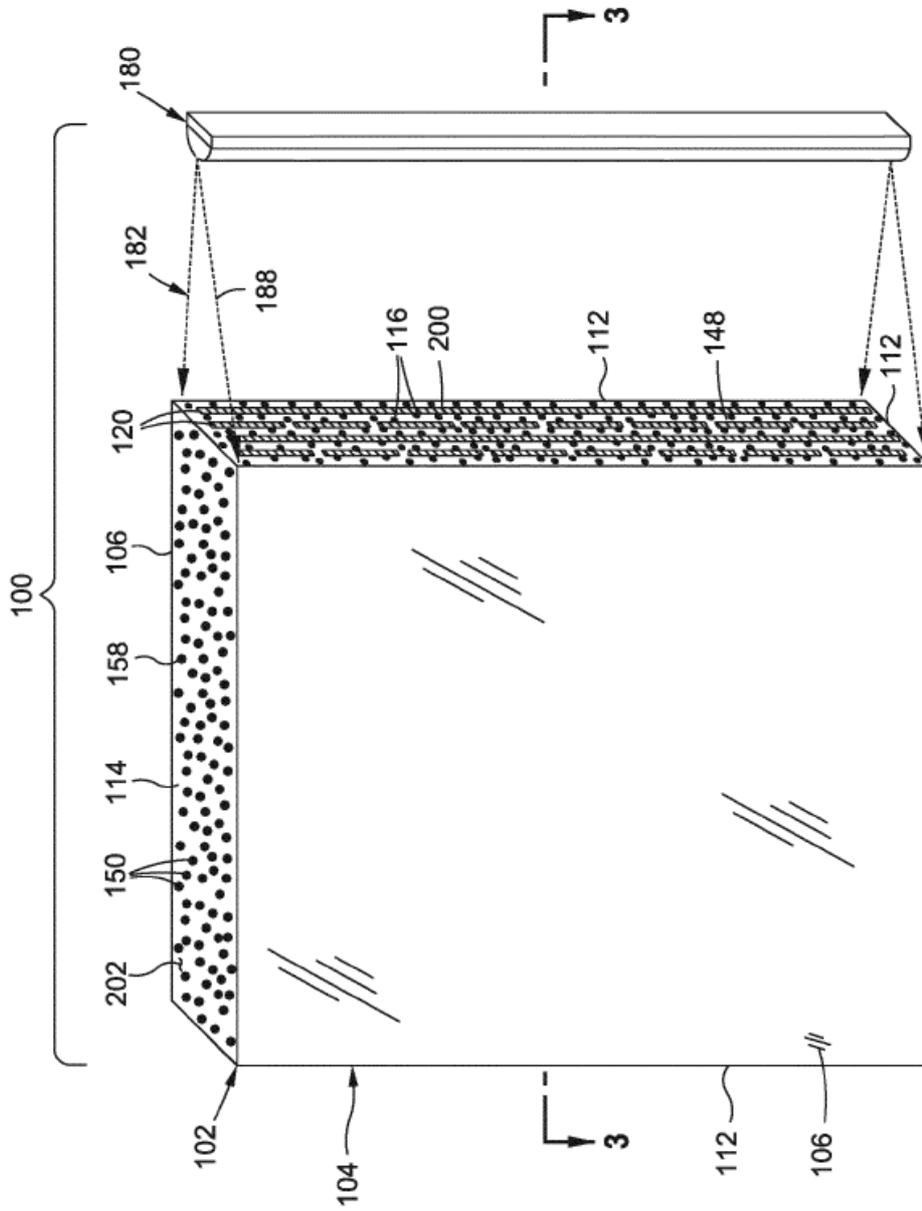


FIG. 2

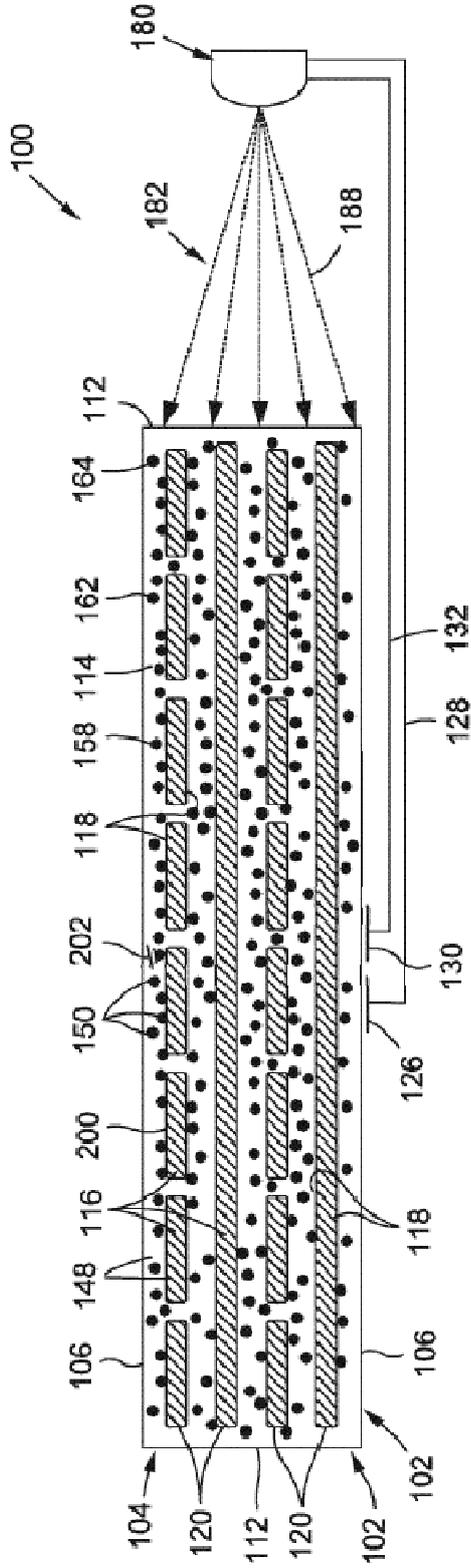


FIG. 3

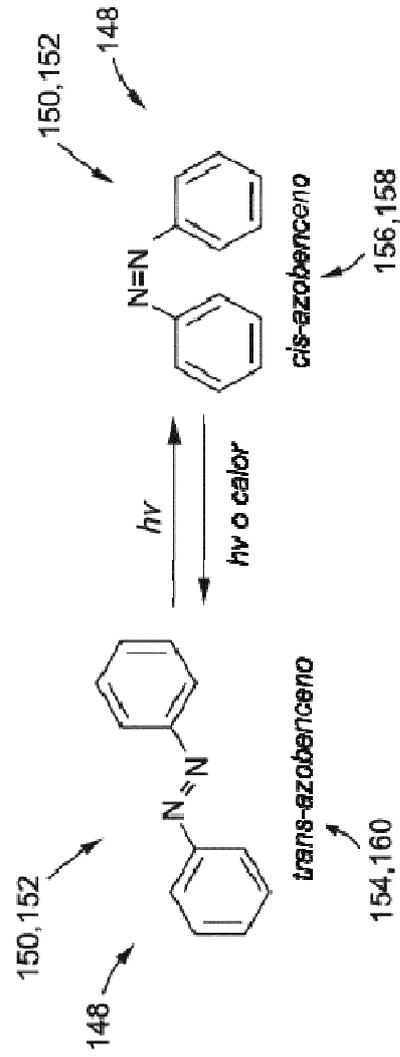


FIG. 4

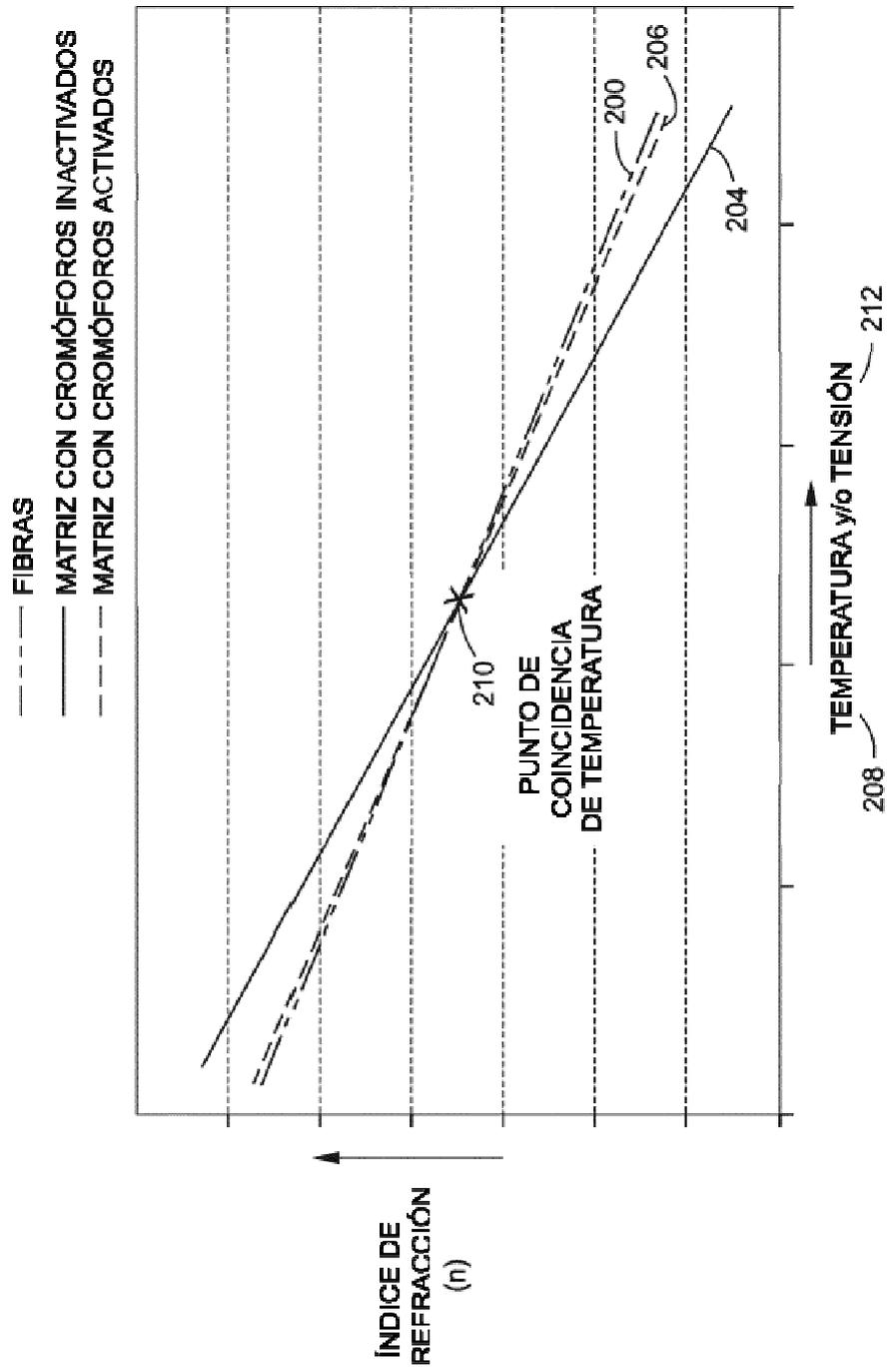


FIG. 5

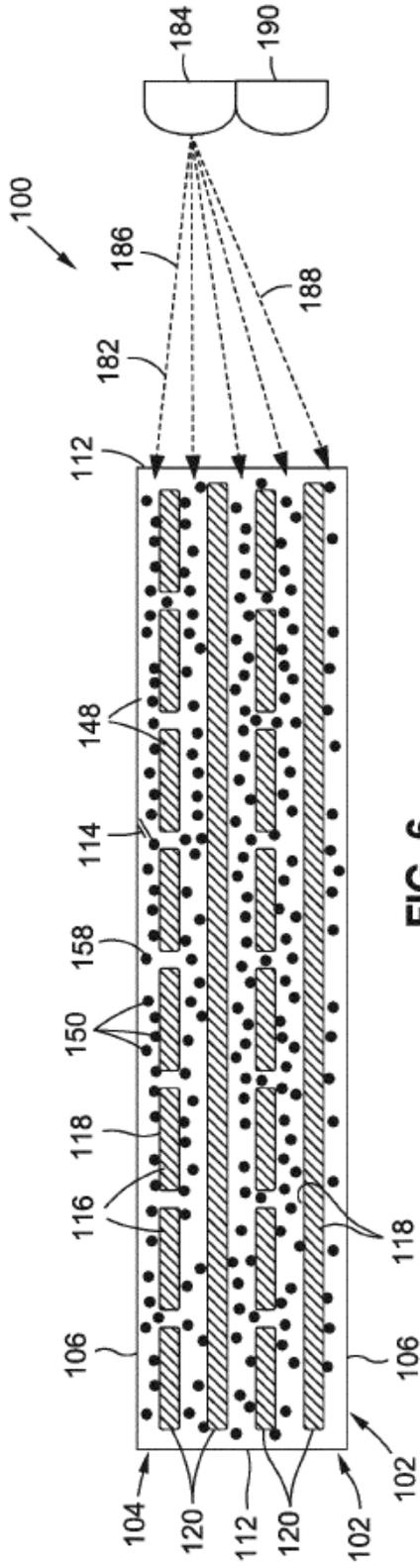


FIG. 6

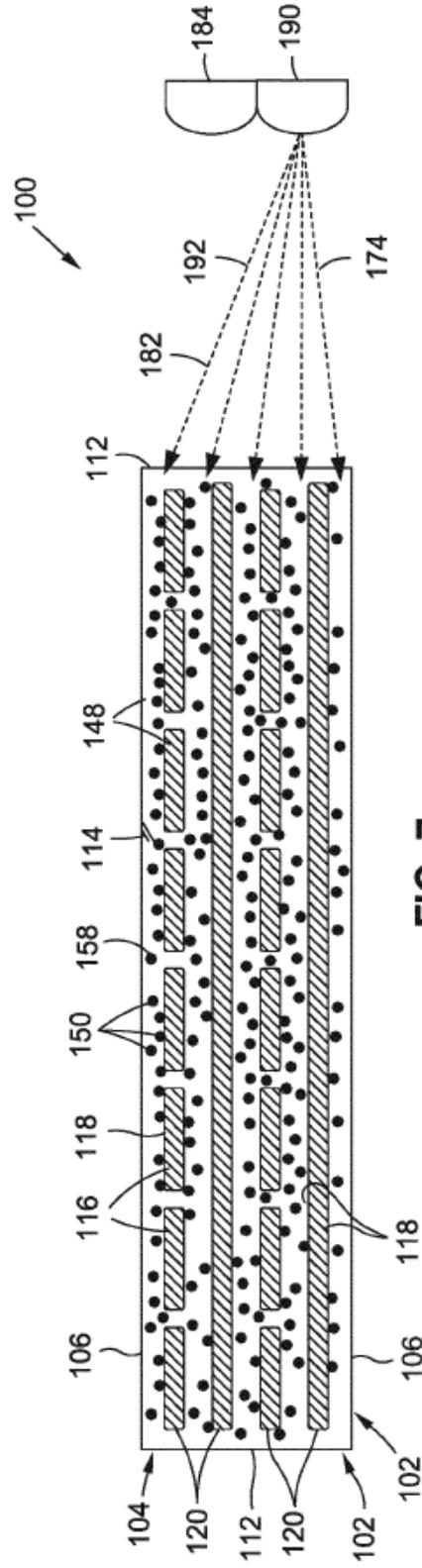


FIG. 7

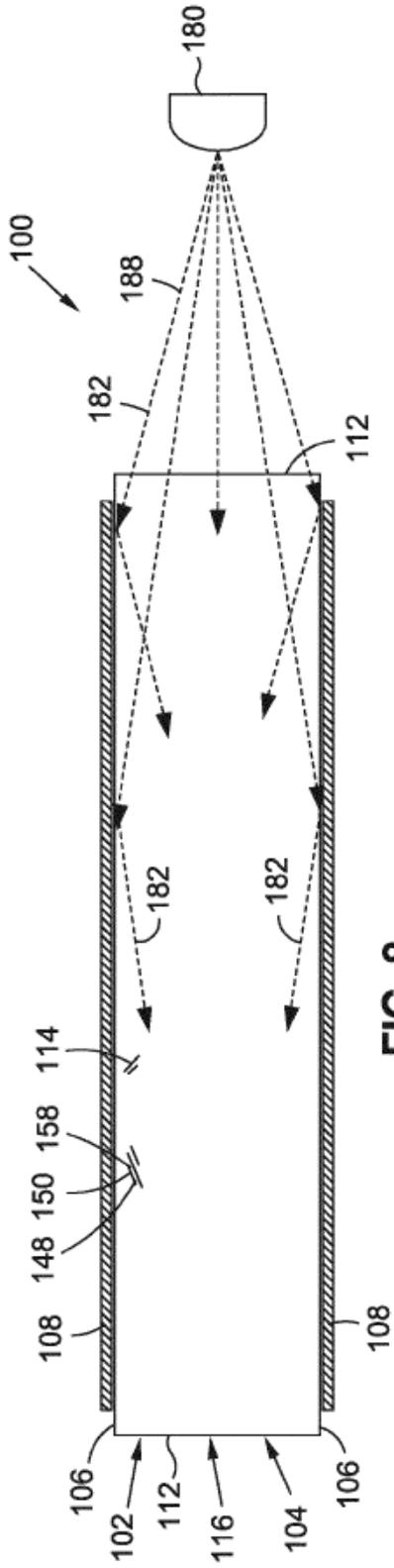


FIG. 8

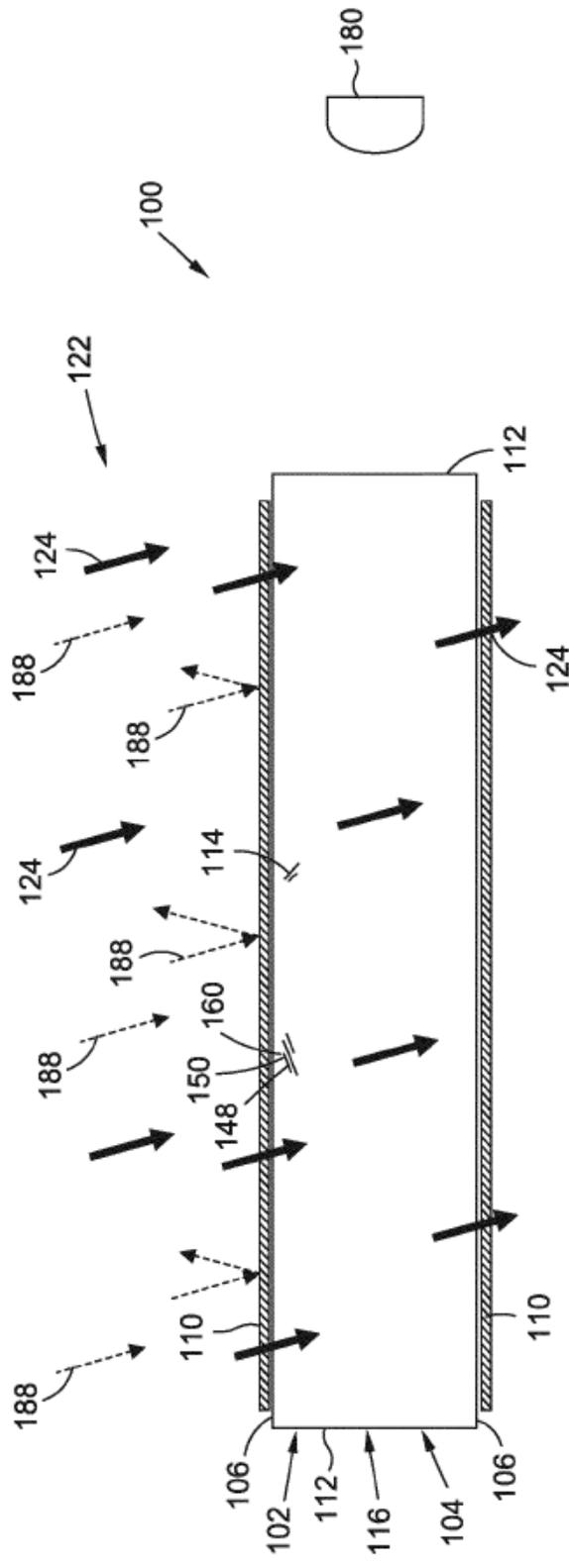


FIG. 9

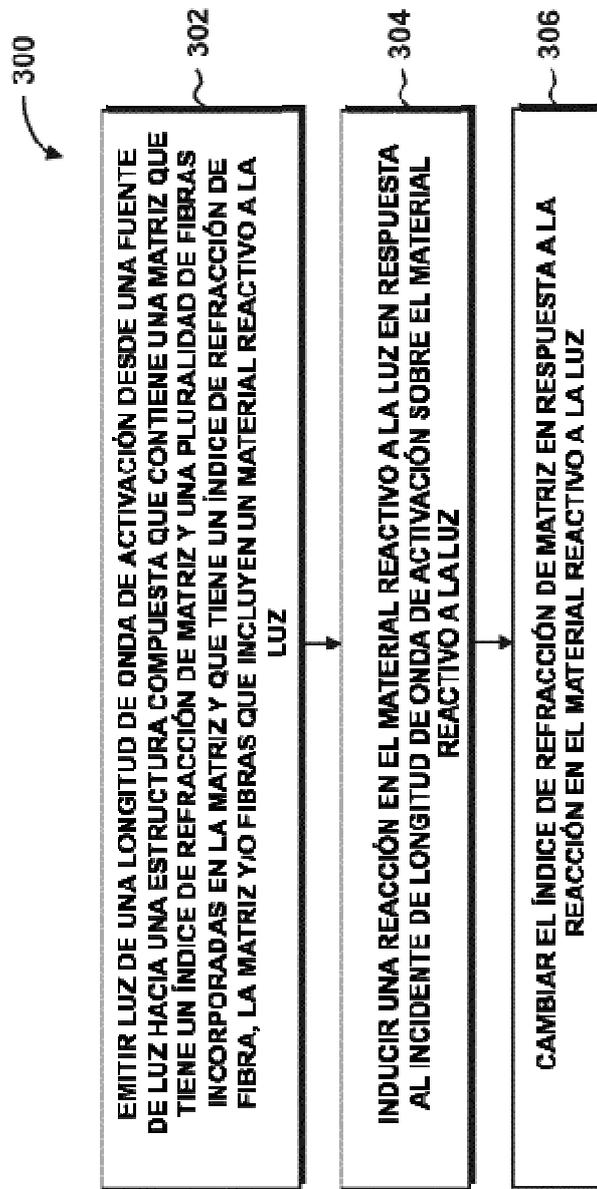


FIG. 10