

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 561**

51 Int. Cl.:

G02F 1/167 (2009.01)

G02F 1/1675 (2009.01)

B32B 17/10 (2006.01)

B60J 3/04 (2006.01)

E06B 3/67 (2006.01)

E06B 9/24 (2006.01)

G09G 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2014** **PCT/EP2014/060074**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014** **WO14191232**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2014** **E 14727169 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024** **EP 3004981**

54 Título: **Dispositivo de control solar**

30 Prioridad:

31.05.2013 IE 20130181

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.10.2024

73 Titular/es:

E INK CORPORATION (100.0%)
1000 Technology Park Drive
Billerica, MA 01821, US

72 Inventor/es:

O'KEEFFE, DONAL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 984 561 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

Dispositivo de control solar

Campo

La presente invención se refiere a un dispositivo de control solar activo.

5 Antecedentes de la invención

Las ventanas pasivas pueden reflejar el espectro infrarrojo de la luz solar mediante el uso de un revestimiento espectralmente selectivo. Este revestimiento no se puede retirar de una ventana cuando no se requiere la función. Por ejemplo, es muy deseable reflejar el espectro infrarrojo de la luz solar cuando mantener la temperatura de un entorno interior requiere enfriamiento, pero a la inversa, es muy deseable transmitir el espectro infrarrojo de la luz solar cuando mantener la temperatura de un entorno interior requiere calentamiento.

En la técnica anterior, las soluciones de ventana activa disponibles no proporcionan la funcionalidad correspondiente a un revestimiento espectralmente selectivo en un acristalamiento pasivo. Los dispositivos de vidrio inteligente de la técnica anterior no reflejan directamente el espectro infrarrojo de la luz solar; en su lugar, absorben el infrarrojo de luz solar y se calientan como consecuencia. Por ejemplo, el vidrio inteligente de cristal líquido (LC) usa un tinte dicróico en solución con cristal líquido para absorber el infrarrojo de luz solar. Los dispositivos de partículas suspendidas (SPD) proporcionan una transmitancia de luz solar visible variable, pero no proporcionan un control activo sobre el infrarrojo de luz solar. Existe una gama de tecnologías de vidrio inteligente electrocrómicas. Estas no son los simples conmutadores de luz de otras tecnologías; en su lugar, se produce una reacción química reversible cuando se cambian los estados de luz. Un vidrio inteligente electrocrómico proporciona una transmitancia de luz solar visible variable, pero absorbe sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar en todos los estados de luz. Algunos dispositivos electroforéticos son capaces de proporcionar un estado de luz transparente, pero la técnica anterior no proporciona soluciones factibles para vidrio inteligente, y las tintas electroforéticas de la técnica anterior absorben fuertemente el espectro infrarrojo de la luz solar debido a sus partículas cargadas que usan negro de carbón o cromita de cobre.

A nivel del suelo en climas cálidos, el nivel de energía en los tres espectros de luz solar por metro cuadrado con el sol en su cenit es de aproximadamente 32 vatios (3 %) de UV, 445 vatios (44 %) de visible y 527 vatios (53 %>) de infrarrojo, o aproximadamente 1004 vatios en total. La técnica anterior de vidrio inteligente no describe qué sucede con la energía infrarroja de la luz solar cuando es absorbida por estados de luz.

Además, la técnica anterior de vidrio inteligente guarda silencio en gran medida con respecto a la gestión de la acumulación de calor dentro de un dispositivo que absorbe energía de luz solar. Es deseable tener una solución activa (un vidrio inteligente) que gestione la acumulación de calor dentro de un dispositivo y regule el calentamiento solar de un entorno interior.

El documento US 2013/0088768 A1 divulga una partícula resistente al calor para una pantalla basada en partículas. La partícula resistente al calor incluye un aditivo resistivo de absorción de infrarrojo cercano mezclado con una resina polimérica, que tiene una relación de absorción relativa en un intervalo de longitud de onda de luz de infrarrojo cercano de al menos menor del 50 % en función de la absorbencia máxima en un intervalo de longitud de onda de luz visible. Las realizaciones específicas divulgadas incluyen una pantalla que comprende partículas en blanco y negro en las que las partículas negras son resistentes al calor, y una pantalla que tiene dos tipos de partículas de color negro, cian, azul, verde, rojo, magenta o amarillo, en las que ambos tipos de partículas son resistente al calor.

El documento US 2013/0063333 A1 divulga una pantalla dielectroforética que comprende un sustrato que tiene paredes que definen al menos una cavidad, teniendo la cavidad una superficie de visualización y una pared lateral inclinada a la superficie de visualización; un fluido de suspensión contenido dentro de la cavidad; una pluralidad de al menos un tipo de partícula suspendida dentro del fluido de suspensión; y medios para aplicar al fluido un campo eléctrico eficaz para provocar el movimiento dielectroforético de las partículas hacia la pared lateral de la cavidad.

El documento US 2005/0213191 A1 divulga diversas mejoras en medios electroforéticos y pantallas destinados a su uso en moduladores de luz. Estas mejoras incluyen la coincidencia de índice del fluido de suspensión con una fase continua que rodea el fluido, la coincidencia de índice de una pared de cápsula con un aglutinante, la planarización de una capa que contiene cápsulas electroforéticas antes de la aplicación de adhesivo a la misma, métodos para concentrar partículas electroforéticas en áreas limitadas de paredes laterales de cápsulas electroforéticas o microceldas en el estado transmisor de luz de la pantalla y, en el caso de moduladores de luz que comprenden una capa electroforética intercalada entre dos placas transparentes, formar al menos una de las placas para absorber la radiación electromagnética que afecta negativamente a la capa electroforética.

El documento US 2012/0188295 A1 divulga un método de visualización para aplicar un campo eléctrico a través de un electrodo a una unidad de visualización que incluye una solución, en la que las partículas se dispersan en el disolvente, y controlar al menos uno de intensidad, dirección, frecuencia de aplicación, tiempo de aplicación y ubicación de aplicación del campo eléctrico para controlar al menos uno de intervalo, ubicación y disposición de las partículas. El método de visualización conmuta selectivamente, dentro de un mismo píxel de la unidad de visualización, entre un primer modo para

controlar una longitud de onda de luz reflejada desde las partículas cuyas distancias se controlan controlando las distancias entre partículas; y un segundo modo para mostrar al menos un color de las partículas, el disolvente, la solución y el electrodo controlando la ubicación de las partículas.

La técnica anterior adicional, que puede considerarse útil para comprender la invención, incluye: documentos US 6416868 B1 y EP 1008564 A1.

Sumario de la invención

Se proporciona un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

En realizaciones, dicho fluido de suspensión transmite sustancialmente los espectros infrarrojo y visible de la luz solar.

- 10 En algunas realizaciones, dichos volúmenes de dicha tinta electroforética forman una monocapa adyacente a uno de dichos electrodos en un lado y son adyacentes a una estructura de polímero no plana que comprende una monocapa de protuberancias compactas (es decir, bolas de polímero) en el lado opuesto, y las protuberancias se proyectan en los volúmenes, y dichas partículas cargadas se mueven sobre (es decir, son desviadas por) una superficie de protuberancia que se proyecta en dicho volumen en respuesta a un campo eléctrico aplicado para concentrarse en el espacio entre
15 protuberancias en dicho segundo estado de luz.

- Las realizaciones de la invención pueden incorporarse como parte del panel exterior de una unidad de vidrio aislante (IGU) que tiene una cavidad entre un panel interior y el panel exterior. En tales realizaciones, se puede proporcionar un revestimiento de baja emisividad en una cara interior del panel interior de modo que el primer estado de luz de dicho dispositivo proporcione un SHGC de 0,22 o menos, y más preferentemente 0,17 o menos, y lo más preferentemente 0,15
20 o menos, y dicho segundo estado de luz proporcione un SHGC máximo de tres veces o más, y preferentemente cuatro veces o más, y más preferentemente cinco veces o más el SHGC de dicho primer estado de luz. Una realización que tiene partículas cargadas selectivas en longitud de onda de dicho segundo tipo funciona como una capa espectralmente selectiva conmutable eléctricamente y proporciona una relación de LSG variable que en un primer estado de luz es 1,25 o más, y preferentemente 1,35 o más, y más preferentemente 1,50 o más, y más preferentemente 1,65 o más, y en un
25 segundo estado de luz es 0,6 o menos, y preferentemente 0,5 o menos, y más preferentemente 0,4 o menos.

- En algunas realizaciones, dicha tinta electroforética comprende además un nivel bajo de partículas cargadas (es decir, el 10 % o menos en masa de todas las partículas cargadas, y preferentemente el 5 % o menos) de un tipo que dispersa la luz visible (por ejemplo, dióxido de titanio) para mejorar la capacidad de las partículas cargadas negras, de dicho primer o tercer tipo, para bloquear el acceso visual en dicho primer estado de luz.

- 30 En algunas realizaciones, dicho dispositivo de control solar electroforético tiene sustratos de película y es flexible y capaz de adaptarse a una curvatura (es decir, rollo) que tiene un diámetro de 300 mm o más, y preferentemente 150 mm o más.

- En algunas realizaciones de película, una cara de dicha película de control solar electroforético tiene una superficie (o capa) adhesiva para aplicar dicha película a un panel rígido en uso; preferentemente dicho adhesivo es un adhesivo sensible a la presión, y más preferentemente dicho adhesivo sensible a la presión permite la retirada de la película usando
35 medios externos.

- En algunas realizaciones, dicha película de control solar electroforético se aplica a la cara interior de un laminado de vidrio en uso, proporcionando dicho laminado de vidrio estándares de seguridad especificados por la industria o un rendimiento mejorado, tal como protección mecánica, aislamiento acústico o decoración, y proporcionando dicha película electroforética estados de luz variables; y, preferentemente, dicho laminado de vidrio comprende un par de paneles de
40 vidrio unidos ópticamente entre sí usando una capa intermedia de PVB y un proceso de autoclave.

- En algunas realizaciones, dicha película de control solar electroforético se proporciona en un laminado rígido que comprende dicha película electroforética ensamblada entre un par de capas adhesivas (por ejemplo, capas intermedias de EVA) y un par de paneles rígidos, y cada capa adhesiva cubre sustancialmente la superficie completa de cada panel y une una cara opuesta de dicha película de control solar a una cara de un panel, y el laminado electroforético es un
45 monolito.

- En las realizaciones que unen dicha película de control solar electroforético a un único panel de vidrio, a una cara de un laminado de vidrio, o entre un par de paneles de vidrio dentro de un laminado, preferentemente dicho vidrio se trata previamente para hacerlo más resistente al choque térmico, usando dicho tratamiento previo uno de los siguientes procesos: endurecimiento por calor, endurecimiento químico o endurecimiento térmico, y más preferentemente dicho
50 vidrio tratado se prueba por inmersión en calor para identificar buenos paneles (a través de un proceso de eliminación de paneles susceptibles de rotura espontánea) para unirlos a dicho película electroforética.

- En realizaciones que tienen el primer y posiblemente tercer tipo de partículas cargadas, la energía de luz visible absorbida en dicho primer estado de luz se disipa significativamente de la cara de dicho dispositivo por radiación térmica y convección, y la energía absorbida se disipa de dichas partículas cargadas a la cara por conducción térmica y radiación
55 térmica.

En algunas realizaciones, una de las capas (por ejemplo, un sustrato o capa adhesiva óptica) entre dicha celda electroforética y un entorno exterior absorbe el espectro ultravioleta de la luz solar para proteger dicha celda electroforética de la degradación inducida por UV.

5 En realizaciones, dichas partículas cargadas contienen colorante (es decir, pigmento o tinte) dentro de su núcleo y dicho colorante refleja directamente una parte significativa del espectro infrarrojo de la luz solar y absorbe fuertemente el espectro visible.

10 En las realizaciones, dicho colorante puede ser un único colorante o una mezcla de colorantes, y puede seleccionarse de los siguientes: una espinela formulada principalmente con níquel, manganeso, cromo y hierro (es decir, C.I. Pigmento negro 30), una mezcla de ftalocianina de cobre halogenada (es decir, C.I. Pigmento verde 7) y diimida de ácido perilentetracarboxílico (es decir, C.I. Pigmento violeta 29), óxido de hierro y cromo (por ejemplo, Fe_2O_3 y hematita Cr_2O_3), óxido de hierro y manganeso que comprende un elemento seleccionado del grupo: magnesio, silicio, calcio, aluminio, carbonato de bario o estroncio, óxido de estroncio y manganeso (por ejemplo, Sr_2MnO_4), óxido de estroncio y manganeso dopado (por ejemplo, dopado con magnesio), óxido de calcio y manganeso (por ejemplo, Ca_2MnO_4), óxido de calcio y manganeso dopado, óxido de bario y manganeso (por ejemplo, Ba_2MnO_4), óxido de bario y manganeso dopado, óxido de manganeso y vanadio (por ejemplo, $\text{Mn}_2\text{V}_2\text{O}_7$), óxido de vanadio y manganeso dopado, óxido de manganeso y bismuto (por ejemplo, $\text{Bi}_2\text{Mn}_4\text{O}_{10}$), óxido de manganeso y bismuto dopado, óxido de manganeso e itrio (por ejemplo, YMnO_3), óxido de manganeso y lantano (por ejemplo, LaMnO_3), óxido de manganeso y cerio (por ejemplo, CeMnO_3) y óxido de manganeso y praseodimio (por ejemplo, PrMnO_3).

20 En las realizaciones, se prefieren óxido de manganeso y calcio, óxido de manganeso y estroncio, óxido de manganeso y bario o sus materiales dopados equivalentes como pigmento negro reflectante de infrarrojos para su uso en dichas partículas cargadas.

25 En las realizaciones, los siguientes semiconductores son material conductor adecuado para obtener dicha longitud de onda de plasma: óxido de indio dopado con estaño (es decir, ITO), óxido de estaño dopado con antimonio (es decir, ATO), óxido de estaño dopado con óxido de antimonio, hexaboruro de lantano, óxido de zinc dopado con aluminio, óxido de zinc dopado con indio, óxido de zinc dopado con estaño, óxido de zinc dopado con silicio, óxido de zinc dopado con flúor, óxido de zinc dopado con galio, óxido de estaño dopado con flúor, óxido de estaño y cadmio, óxido de wolframio, compuesto de óxido de wolframio, óxido de cobalto, óxido de cromo, óxido de hierro, óxido de níquel, nitruro de titanio o hexaboruro de cerio.

30 En las realizaciones, se prefieren ITO, ATO y hexaboruro de lantano como material conductor reflectante de infrarrojos para su uso en dichas partículas cargadas, y lo más preferido es una mezcla de los tres materiales conductores.

35 En algunas realizaciones, se puede usar hexaboruro de lantano en una mezcla con cualquiera de ITO o ATO, pero esto es menos efectivo que usar los tres en una mezcla. En dicho medio electroforético, la masa de material conductor de ITO y ATO utilizada puede ser igual o cualquiera puede ser mayoritaria, y el hexaboruro de lantano como porcentaje de la masa combinada de material conductor es del 0,1 % al 25 %, más preferentemente del 1 % al 15 %, y lo más preferentemente del 3 % al 10 %.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, realizaciones, algunas de las cuales están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones y algunas de las cuales no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, en las que:

40 la figura 1A muestra una realización de un dispositivo de control solar 280 de la presente invención y un medio electroforético 35. Las realizaciones 280 y 35 pueden encender y apagar el calentamiento por infrarrojos de la luz solar de un entorno interior mientras se mantiene la iluminación de la luz solar. La figura muestra un primer estado de luz que apaga el calentamiento infrarrojo solar.

45 La figura 1B muestra las realizaciones 280 y 35 en un segundo estado de luz que enciende el calentamiento infrarrojo solar.

50 La figura 2A muestra una realización de un dispositivo de control solar 281 y un medio electroforético 37 en una unidad de vidrio aislante configurada para un clima de moderado a cálido. Las realizaciones 281 y 37 no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, estas realizaciones pueden encender y apagar el calentamiento por infrarrojos de luz solar de un entorno interior en sincronización con encender y apagar la iluminación de luz solar. La figura muestra un primer estado de luz que apaga el calentamiento infrarrojo solar y la iluminación de luz solar.

La figura 2B muestra las realizaciones 281 y 37, que no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, en el segundo estado de luz correspondiente.

55 La figura 3A es similar a la figura 2A excepto que muestra la realización 281 y el medio electroforético 37, que no están cubiertos por la materia objeto de las reivindicaciones, en uso en una unidad de vidrio con aislamiento electroforético configurada para un clima frío.

La figura 3B muestra las realizaciones 281 y 37, que no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, en el segundo estado de luz correspondiente.

La figura 4A muestra un dispositivo de control solar 216 y un medio electroforético 32, que no están cubiertos por la materia objeto de las reivindicaciones. La película 216 y el medio 32 pueden encender y apagar la iluminación de la luz solar de un entorno interior mientras mantienen el calentamiento por infrarrojos de la luz solar. La figura muestra un primer estado de luz que apaga la iluminación de luz solar.

La figura 4B muestra la película 216 y el medio 32, que no están cubiertos por la materia objeto de las reivindicaciones, en un segundo estado de luz que enciende la iluminación de luz solar.

La figura 5A muestra una realización 283 de la presente invención que tiene un medio electroforético 38 que tiene dos tipos de partículas cargadas reflectantes de infrarrojos con una movilidad electroforética similar. La figura muestra un primer estado de luz.

La figura 5B muestra las realizaciones 283 y 38 en un segundo estado de luz.

La figura 5C muestra las realizaciones 283 y 38 en un estado de luz intermedio de un primer conjunto de estados de luz intermedios.

La figura 5D muestra las realizaciones 283 y 38 en un estado de luz intermedio de un segundo conjunto de estados de luz intermedios.

La figura 6A muestra una realización 284 de la presente invención que tiene un medio electroforético 39 que tiene dos tipos de partículas cargadas reflectantes de infrarrojos con una movilidad electroforética diferente. La figura muestra un ejemplo de un estado de luz.

La figura 6B muestra las realizaciones 284 y 39 en otro estado de luz.

La figura 7A muestra una realización 285 de la presente invención que tiene un medio electroforético 40 que tiene dos tipos de partículas cargadas, reflectantes de infrarrojos 15 y transmisoras de infrarrojos 14, con una movilidad electroforética similar. La figura muestra un primer estado de luz.

La figura 7B muestra las realizaciones 285 y 40 en un segundo estado de luz.

La figura 8A muestra una realización 286 de la presente invención que tiene un medio electroforético 41 que tiene dos tipos de partículas cargadas, reflectantes de infrarrojos 15 y transmisoras de infrarrojos 14, con una movilidad electroforética diferente. La figura muestra un ejemplo de un estado de luz.

La figura 8B muestra las realizaciones 286 y 41 en otro estado de luz.

La figura 9A muestra una realización 287, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, que tiene un medio electroforético 42 que tiene dos tipos de partículas cargadas, reflectantes de infrarrojos 17 y transmisoras de infrarrojos 14, con una movilidad electroforética similar. La figura muestra un primer estado de luz.

La figura 9B muestra las realizaciones 287 y 42, que no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, en un segundo estado de luz.

La figura 10A muestra una realización 288, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, que tiene un medio electroforético 43 que tiene dos tipos de partículas cargadas, reflectantes de infrarrojos 17 y transmisoras de infrarrojos 14, con una movilidad electroforética diferente. La figura muestra un ejemplo de un estado de luz.

La figura 10B muestra las realizaciones 288 y 43, que no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones, en otro estado de luz.

La figura 11 muestra una realización 289, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, de un techo solar para un vehículo y comprende una película electroforética reflectante de infrarrojos 281 aplicada a un laminado de vidrio.

La figura 12 es similar a la figura 2A, excepto que la película electroforética reflectante de infrarrojos 281 se aplica a un panel de vidrio exterior de una IGU y el revestimiento de baja emisividad está en la cara número 3.

La figura 13 muestra un conjunto de partículas cargadas selectivas en longitud de onda que comprenden partículas dispersas ultrafinas reflectantes de infrarrojos de un tipo.

La figura 14 muestra una partícula cargada de longitud de onda selectiva que comprende tipos de partículas dispersas ultrafinas, reflectantes de infrarrojos y mixtas.

La figura 15 muestra un conjunto de partículas cargadas de color complementario que comprenden partículas de pigmento dispersas ultrafinas de un color.

La figura 16 muestra una partícula cargada de color complementario que tiene partículas de pigmento dispersas ultrafinas mezcladas.

La figura 17 muestra una partícula cargada selectiva en longitud de onda que tiene una mezcla de partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos y partículas de pigmento ultrafinas de color complementario.

5 La figura 18 muestra una realización 291 en un primer estado de luz que comprende tinta electroforética 730 de transmisión visible y reflectante de infrarrojos que a su vez comprende partículas cargadas de las figuras 13 y 15.

La figura 19 muestra una realización 292 en un primer estado de luz que comprende tinta electroforética 731 de transmisión visible y reflectante de infrarrojos que a su vez comprende partículas cargadas de las figuras 14 y 16.

10 La figura 20 muestra una realización 293 en un primer estado de luz que comprende tinta electroforética 732 de transmisión visible y reflectante de infrarrojos que a su vez comprende partículas cargadas de la figura 17.

La figura 21 muestra un conjunto de partículas cargadas ultrafinas selectivas en longitud de onda.

La figura 22 muestra un conjunto de partículas de pigmento ultrafinas, de color complementario y cargadas.

15 La figura 23 muestra una realización 294 en un primer estado de luz que comprende tinta electroforética 733 de transmisión visible y reflectante de infrarrojos que, a su vez, comprende partículas cargadas ultrafinas de las figuras 21 y 22.

Descripción detallada

20 El acristalamiento pasivo puede reflejar directamente el espectro infrarrojo de la luz solar mediante el uso de un revestimiento espectralmente selectivo y, en consecuencia, no se calienta apreciablemente cuando rechaza el infrarrojo de luz solar. La presente invención proporciona una solución activa (un dispositivo de control solar) que rechaza selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar reflejándolo directamente. En las realizaciones, un dispositivo de control solar refleja directamente el infrarrojo de luz solar a un entorno exterior usando un dispositivo electroforético que tiene tinta electroforética reflectante de infrarrojos y proporciona reflectancia infrarroja de luz solar variable usando sus estados de luz. Como consecuencia del uso de tinta electroforética reflectante de infrarrojos, la energía solar no se absorbe significativamente cuando se rechaza el espectro infrarrojo de la luz solar y las realizaciones no se calientan apreciablemente.

30 Las figuras muestran realizaciones, algunas de las cuales están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones y algunas de las cuales no están cubiertas por la materia objeto de las reivindicaciones como se marca. Las realizaciones comprenden primeros y segundos electrodos que pueden soportarse o transportarse sobre primeros y segundos sustratos. Los electrodos son paralelos y están separados, y el espacio entre los electrodos comprende una celda electroforética que contiene una tinta o medio electroforético reflectante de infrarrojos. La tinta electroforética usa partículas cargadas selectivas en longitud de onda para reflejar parte del espectro de la luz solar y las partículas restringen sustancialmente la reflexión al espectro infrarrojo de la luz solar y transmiten sustancialmente el espectro visible de la luz solar. La tinta electroforética puede tener partículas cargadas de más de un tipo. En las realizaciones, uno o más tipos de partículas cargadas reflejan directamente la energía solar reflejando selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar a un entorno exterior.

40 Las partículas cargadas selectivas en longitud de onda responden a un campo eléctrico aplicado a los electrodos del dispositivo de control solar para moverse a través del fluido de suspensión de la tinta y formar los estados de luz. En un primer estado de luz extrema, las partículas cargadas se extienden al máximo dentro de la celda electroforética para permanecer en la trayectoria de la luz solar a través de la celda y para reflejar sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar que cae sobre la celda. En un segundo estado de luz extrema, las partículas cargadas se concentran al máximo dentro de la celda para eliminarlas de la trayectoria de la luz solar a través de la celda y para transmitir sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar a través de la celda. Y, en uno o más estados de luz intermedios, las partículas cargadas pueden moverse a posiciones variables entre el primer y el segundo estados de luz para reflejar parcialmente el espectro infrarrojo de la luz solar. Las realizaciones rechazan el espectro infrarrojo de la luz solar con un bajo nivel de absorción y calor consecuente. La celda electroforética tiene al menos un estado de luz transparente a la luz visible para proporcionar acceso visual.

50 Las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 según la reivindicación 1 transmiten sustancialmente el espectro visible y reflejan el espectro infrarrojo. Este tipo de partícula 15 se denomina segundo tipo en el presente documento y las realizaciones que comprenden únicamente este tipo de partícula parecen ópticamente transparentes o translúcidas. Las realizaciones proporcionan acceso visual en todos los estados de luz. Estas realizaciones pueden apagar y encender el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior (reflejando selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar) mientras se mantiene la iluminación de la luz solar (transmitiendo el espectro visible). Y, usando los estados de luz intermedios, las realizaciones pueden proporcionar un calentamiento infrarrojo solar adaptable a la intemperie de un entorno interior mientras se mantiene la iluminación de la luz solar. Estas realizaciones desacoplan el espectro infrarrojo de la luz solar del espectro visible para proporcionar control sobre el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior independiente de la iluminación de la luz solar.

En algunas realizaciones, además de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 del segundo tipo, el medio electroforético puede contener partículas cargadas selectivas en longitud de onda 17 que absorben fuertemente el espectro visible de la luz solar y reflejan el espectro infrarrojo. Este tipo de partícula 17 se denomina primer tipo en el presente documento. Este tipo de partícula puede aparecer negra en un primer estado de luz y teñida de negro en estados de luz intermedios. Estas realizaciones pueden apagar y encender el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior (reflejando selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar) en sincronización con apagar y encender la iluminación de la luz solar (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar). Y, usando los estados de luz intermedios, las realizaciones pueden variar el calentamiento infrarrojo solar y la iluminación de luz solar en sincronía.

En algunas realizaciones, además de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 del segundo tipo, el medio electroforético puede contener un tercer tipo de partícula cargada selectiva en longitud de onda 14 que absorbe fuertemente el espectro visible de la luz solar y transmite el espectro infrarrojo. Este tercer tipo de partículas mezclado con el segundo tipo mejora el intervalo de funcionalidad de las realizaciones de control solar como se describe más adelante. Este tercer tipo de partícula puede aparecer negro en un primer estado de luz y teñido de negro en estados de luz intermedios. Dichos dispositivos pueden apagar y encender la iluminación de la luz solar de un entorno interior (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar) mientras mantienen el calentamiento solar infrarrojo (transmitiendo el espectro infrarrojo de la luz solar). Y, usando los estados de luz intermedios, los dispositivos pueden variar la iluminación de la luz solar mientras se mantiene el calentamiento infrarrojo solar. Estas realizaciones desacoplan el espectro visible de la luz solar del espectro infrarrojo para proporcionar control sobre la iluminación de la luz solar de un entorno interior independiente del calentamiento infrarrojo solar.

En realizaciones que tienen una mezcla de tipos de partículas cargadas, la polaridad de los tipos de partículas es preferentemente la misma y puede ser positiva o negativa. En algunas realizaciones, la movilidad electroforética media de cada tipo de partícula cargada es similar para proporcionar estados de luz comunes con la interacción de la luz solar determinada por la funcionalidad combinada y la fracción relativa (en masa) de cada tipo de partícula para los espectros infrarrojo y visible de la luz solar. En realizaciones alternativas, la movilidad electroforética media de cada tipo puede ser significativamente diferente y el intervalo de movilidad para cada tipo suficientemente estrecho para proporcionar estados de luz independientes para cada tipo de partícula cargada.

Las realizaciones usan una mezcla de tipos de partículas cargadas selectivas en longitud de onda para mejorar la adaptabilidad para un clima operativo. Las mezclas incluyen una de las siguientes:

- a) una mezcla que incluye el primer y segundo tipos de partículas cargadas, o
- b) una mezcla que incluye el segundo y tercer tipos de partículas cargadas.

Las realizaciones del dispositivo de control solar electroforético incluyen el uso como un atenuador de luz solar, un obturador de luz solar, un modulador de luz solar, una lámina de transmitancia de luz solar variable, una lámina de rechazo de luz solar variable, una lámina de reflectancia de luz solar variable o un dispositivo de evitación de deslumbramiento de luz solar.

Los dispositivos electroforéticos y las celdas electroforéticas que se muestran en las figuras tienen un estado de luz transparente inherente y los dispositivos, métodos de construcción y métodos de operación se describen en el documento EP 3 396 446 B. Se apreciará que cualquier celda electroforética que tenga uno o más estados de luz transparentes pueden usarse igualmente como un sustituto de las celdas electroforéticas en el presente documento una vez que se aplican la tinta electroforética reflectante de infrarrojos y los métodos descritos en el presente documento.

En muchas de las figuras que siguen, las realizaciones se muestran en dos vistas: una vista muestra una sección transversal, y la otra vista es de una cara de una realización y puede ser una cara delantera o trasera a menos que se indique lo contrario. Las vistas en sección transversal representan una sección transversal diagonal de la vista frontal a menos que se indique lo contrario. Además, una figura que tiene un denominador de letra representa una realización en un estado de luz específico y cada letra denominada figura (para un número dado) es de la misma realización, simplemente diferentes estados de luz. Por ejemplo, las figuras 5A a 5D son de la misma realización 283 en diferentes estados de luz. Las realizaciones mostradas en unidades de vidrio aislado (IGU) tienen sus caras numeradas como se muestra en la figura 2A asignando la cara número 1 a la superficie plana expuesta al entorno exterior 1034, la cara número 2 a la superficie plana expuesta a la cavidad sellada 557 y más cercana al entorno exterior, la cara número 3 a la superficie plana opuesta expuesta a la cavidad sellada 557, y la cara número 4 a la superficie plana expuesta al entorno interior 1033.

La figura 1A muestra una realización 280 de un dispositivo de película electroforética que tiene una tinta electroforética reflectante de infrarrojos 35 (también denominada medio electroforético 35) en una celda electroforética 380. Este último se indica mediante una flecha en la figura 1B e incluye todos los elementos intercalados entre los electrodos superior e inferior 60. La tinta 35 tiene partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 que son sustancialmente transparentes a la luz visible y se denominan en el presente documento segundo tipo. Las partículas 15 se dispersan en un fluido de suspensión transparente 25. Para minimizar y evitar la turbidez en los estados de luz, el índice de refracción de los elementos de polímero transparente dentro de la celda electroforética 380 (incluidas las paredes de polímero 70, el polímero de relleno de espacio 50 y las bolas de polímero 2 y 3) se empareja (por ejemplo, dentro de 0,002 entre sí) con

el fluido de suspensión 25.

En las vistas frontales de las figuras 1A y 1B, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 se muestran en gris para diferenciarlas en las figuras de las áreas vacías de partículas 15. En la figura 1A, la vista frontal se muestra como gris uniforme con las partículas 15 enmascarando áreas correspondientes a las bolas de polímero 2 y 3, mientras que en la figura 1B las partículas 15 están vacías de las áreas correspondientes a las bolas de polímero. Se apreciará que como las partículas 15 son sustancialmente transparentes a la luz visible, existe una diferencia aparente insignificante para la luz visible entre los dos estados de luz mostrados en las figuras 1A y 1B y las partículas 15 no son grises en la práctica.

La figura 1A muestra la realización 280 en el primer estado de luz y representa una dispersión o distribución máxima de partículas cargadas 15 en un plano adyacente al electrodo superior 60. Las partículas cargadas negativamente 15 (las partículas cargadas son preferentemente todas positivas o todas negativas) se mueven dentro del fluido de suspensión 25 en respuesta a un campo eléctrico hasta que se extienden casi uniformemente planas con el electrodo superior 60 y se encuentran en la trayectoria de la luz solar a través de la celda 380. El campo eléctrico se aplica entre los electrodos 60 mediante un controlador (no mostrado) que establece un potencial positivo (en el caso de partículas cargadas negativamente 15) entre los electrodos 60 superior (es decir, la capa aislante adyacente 95) e inferior (es decir, el adhesivo transparente óptico adyacente 45). Un controlador adecuado y señales para operar la película electroforética 280 se describen en el documento EP 3 396 446 B mencionado anteriormente. En el primer estado de luz, las partículas cargadas 15 cubren una cara de la realización 280, el espectro infrarrojo de la luz solar incidente se refleja fuertemente por las partículas 15 y el espectro visible de la luz solar se transmite, y la película 280 tiene una turbidez insignificante y es transparente.

La figura 1B muestra la realización 280 en el segundo estado de luz y representa una concentración o recogida máxima de partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 sobre la superficie de la estructura no plana 1380. Las partículas cargadas negativamente 15 se mueven dentro del fluido de suspensión 25 en respuesta a un campo eléctrico hasta que se concentran en el espacio entre las bolas de polímero 2 y 3 (es decir, el volumen definido por las superficies entre ellas) para eliminarlas de la trayectoria de la luz solar a través de la celda 380. El campo eléctrico se aplica entre los electrodos 60 y establece un potencial negativo (en el caso de partículas cargadas negativamente 15) entre los electrodos superior e inferior 60. Cada bola de polímero 2 o 3 define una abertura 1006 que está sustancialmente libre de partículas 15 y, en consecuencia, es transparente al espectro infrarrojo de la luz solar. La luz solar en los espectros visible e infrarrojo que incide en la realización 280 se transmite a través de una abertura 1006 definida por una bola de polímero 2 y sale de la celda 380 sustancialmente libre de atenuación o dispersión de luz.

Usando el segundo tipo de partículas cargadas (es decir, las partículas 15), el dispositivo de control solar puede apagar (véase la figura 1A) y encender (véase la figura 1B) el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior mientras se mantiene la iluminación de la luz solar (es decir, se mantiene la transparencia para luz visible) usando el primer y segundo estado de luz respectivamente. La capacidad de encender y apagar el calentamiento solar de esta manera proporciona los medios para adaptar el calentamiento solar de un entorno interior para diferentes estaciones y condiciones climáticas. Por el contrario, una ventana pasiva convencional con un revestimiento espectralmente selectivo no puede adaptar el calentamiento solar a las estaciones o cambios climáticos y siempre refleja el espectro infrarrojo de la luz solar a pesar de la necesidad de calentamiento solar en invierno y durante el clima frío.

Las bolas de polímero 2 pueden ser microesferas, semiesferas o protuberancias y representan > 90 % de las bolas, y las bolas de polímero 3 pueden ser monodispersas y actuar como espaciadores de huecos de celda estableciendo el espesor de la celda 380. Las bolas de polímero 3 también aseguran que la tinta electroforética 35 esté libre para rodear o engullir las bolas de polímero 2 en la capa de tinta electroforética 1280 y que las partículas 15 puedan extenderse sobre las bolas de polímero 2 sin obstrucciones en el primer estado de luz. Las bolas de polímero 2 y 3 se proyectan en el volumen de la tinta electroforética 35 y llenan parcialmente la capa electroforética 1280 que, de lo contrario, indica el volumen lleno de tinta electroforética 35. La estructura polimérica 1380 indica una estructura no plana opcionalmente unida a un adhesivo óptico transparente (OCA) 45 y adyacente al electrodo inferior 60 dentro de la celda 380. Comprende el polímero 50 y las bolas de polímero 2 y 3. El polímero 50 llena el espacio entre las bolas de polímero 2 y 3 aproximadamente hasta un plano ecuatorial. En la realización 280, las bolas de polímero 2 y 3 están dispuestas estrechamente en una monocapa y se describen como que tienen un empaquetamiento cerrado. La vista frontal de la figura 1B muestra bolas de polímero 2 que tienen un empaquetamiento cerrado aleatorio.

En las realizaciones, los sustratos 90 pueden ser rígidos (por ejemplo, vidrio) o flexibles. Cualquier material de lámina de polímero transparente adecuado, tal como PET (es decir, tereftalato de polietileno), PEN (es decir, naftalato de polietileno), PES (es decir, poliéster sulfona), PC (es decir, policarbonato), PI (es decir, poliimida) o FRP (es decir, plástico reforzado con fibra) puede usarse para sustratos flexibles. Además, también se puede usar vidrio flexible delgado con un espesor de 30 a 150 micrómetros para sustratos 90, como los disponibles de Nippon Electric Glass Co. Ltd en formatos de rollo de 50 micrómetros o 100 micrómetros. Preferentemente, las realizaciones tienen sustratos de película y son flexibles y capaces de adaptarse a una curvatura (es decir, rollo) que tiene un diámetro de 300 mm o más, y preferentemente 150 mm o más. En algunas realizaciones, el sustrato, una capa adhesiva separada o una capa de filtro separada, entre la celda electroforética 280 y un entorno exterior 1034 absorbe el espectro ultravioleta de la luz solar para proteger la celda electroforética de la degradación inducida por UV.

A menos que se describa lo contrario, los electrodos 60 son cualquier conductor transparente adecuado. Por ejemplo, ITO

- (es decir, óxido de indio y estaño), FTO (es decir, óxido de flúor y estaño), IZO (es decir, óxido de indio y zinc), nanotubos de carbono, nanocables de plata o un polímero conductor tal como PEDOT (es decir, poli(etilendioxitiofeno). Los nanocables de plata o PEDOT se pueden imprimir o recubrir como una tinta conductora sobre un sustrato o sobre la celda electroforética. Un electrodo superior 60 puede ser de un tipo, tal como ITO, y un electrodo inferior 60, de otro tipo, tal como nanoalambres de plata. Se prefieren electrodos transparentes de color neutro para realizaciones que requieren alta calidad óptica tal como electrodos que tienen un revestimiento antirreflectante para minimizar el reflejo de luz visible (por ejemplo, los electrodos ITO de gama Flexvue de Solutia). Los electrodos 60 transmiten sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar y, preferentemente, transmiten al menos parcialmente la radiación térmica.
- La capa aislante 95 es opcional y se usa para evitar el contacto eléctrico entre una tinta electroforética 35 y un electrodo 60. Pero, dependiendo de cómo se formen las paredes 70 de las cavidades 80, el proceso de formación de cavidades puede formar una pared de polímero delgada 70 adyacente al electrodo superior 60 que hace que la capa aislante 95 sea redundante.
- Las paredes de polímero 70 definen las cavidades 80 (véase la figura 1B) que dividen la tinta electroforética 35 en volúmenes o regiones discretos o semidiscretos dentro de la celda electroforética 380. Las vistas en sección transversal muestran las paredes 70 como predominantemente verticales y que se extienden desde la superficie de las bolas de polímero 2 y 3 hasta el electrodo superior 60. Las paredes de polímero 70 pueden formarse mediante un proceso de separación de fases inducido por polímero (conocido como PIPS en la técnica anterior).
- En la figura 1A, el rayo de luz solar 1550 tiene su espectro infrarrojo sustancialmente reflejado por las partículas cargadas 15 como se muestra por el rayo infrarrojo reflejado 1551 y su espectro visible transmitido a un entorno interior 1033 en un primer estado de luz. La energía solar en su espectro infrarrojo se rechaza a un entorno exterior 1034 por reflexión sin absorción significativa. Debido a que la realización 280 no absorbe significativamente la energía de la luz solar en sus estados de luz, no se calienta apreciablemente (puede ser casi insignificante), y la temperatura de funcionamiento de la celda electroforética 380 en uso expuesta a la luz solar intensa permanece cerca de la temperatura de los entornos de contacto (es decir, el entorno al que está expuesta cada cara de un dispositivo). La figura 1B muestra el segundo estado de luz de la realización 280. El rayo de luz solar 1552 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente por la abertura 1006 (definida aproximadamente por el diámetro de las bolas de polímero 2) a un entorno interior 1033.
- Las partículas cargadas selectivas en longitud de onda que transmiten sustancialmente la luz solar visible (es decir, las partículas 15) proporcionan una iluminación de la luz solar sin obstáculos de un entorno interior, mientras que sus estados de luz proporcionan una reflectancia variada del espectro infrarrojo de la luz solar para gestionar activamente el calentamiento solar de un entorno interior que refleja directamente el espectro infrarrojo de la luz solar en clima cálido (para minimizar el calentamiento solar) y transmitirlo en clima frío (para maximizar el calentamiento solar). Las realizaciones tienen una funcionalidad correspondiente a un revestimiento activo espectralmente selectivo y pueden describirse con expresiones solares asociadas con acristalamiento y definidas en las normas EN 400:201 o ISO 9050-03, por ejemplo. El coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) se minimiza en un primer estado de luz reflejando infrarrojo de luz solar y se maximiza en un segundo estado de luz transmitiendo infrarrojo de luz solar. La realización 280 proporciona una relación de LSG variable (es decir, (transmitancia visible)/(SHGC)) que en un primer estado de luz es 1,25 o más, y preferentemente 1,35 o más, y más preferentemente 1,50 o más, y lo más preferentemente 1,65 o más, y en un segundo estado de luz es 0,6 o menos, y preferentemente 0,5 o menos, y más preferentemente 0,4 o menos.
- En las figuras 2A y 2B, la realización de película 281, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, se incorpora en un laminado electroforético 454 que a su vez forma el panel exterior en una unidad de vidrio aislante electroforético (IGU). El documento EP 3 004 505 B describe un acristalamiento que incorpora dispositivos de película electroforética. La unidad de vidrio aislante electroforético está configurada para un clima de moderado a cálido. La cara número 1 está en contacto con un entorno exterior 1034. La cara interior del laminado 454 forma la cara número 2 y tiene un revestimiento de baja emisividad 556. Este último está en contacto con la cavidad de gas sellada 557. El panel de vidrio 555 está en contacto con un entorno interior 1033. En las disposiciones, un revestimiento de baja emisividad 556 es transparente a la luz visible, sustancialmente transparente a infrarrojo de luz solar, y refleja la radiación térmica (es decir, infrarrojo de onda larga). El laminado de vidrio electroforético 454 comprende la realización 281 ensamblada entre un par de capas adhesivas ópticamente transparentes 510 (conocidas como capas intermedias) y un par de paneles de vidrio 500 y 501. Cada capa adhesiva 510 cubre sustancialmente toda la superficie de cada panel y une una cara opuesta de la película electroforética 281 a una cara de un panel. Las capas adhesivas 510 absorben el 99 % o más del espectro ultravioleta de la luz solar para proteger la celda electroforética 381 de la degradación inducida por UV. El laminado electroforético 454 resultante es un monolito.
- La realización 281 tiene tinta electroforética 37 (también denominada medio electroforético 37) que tiene partículas cargadas 17 que reflejan sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar y absorben el espectro visible. Las partículas 17 se denominan en el presente documento como un primer tipo y están suspendidas en el fluido transparente 27 (véase la descripción anterior del fluido 25). Por lo demás, la película electroforética 281 es similar a la película 280 descrita anteriormente: su celda electroforética es 381, su capa de tinta electroforética es 1281 y su estructura no plana es 1381. El uso de partículas cargadas 17 que absorben fuertemente la luz solar visible reduce aproximadamente a la mitad la acumulación de calor y el aumento de temperatura de la cara de un laminado electroforético 454 cuando se expone a la luz solar intensa en comparación con las partículas cargadas negras conocidas. Estos últimos absorben fuertemente infrarrojo de luz solar, así como la luz visible, y los ejemplos incluyen partículas cargadas de negro de carbón o cromita

de cobre (es decir, CuCr_2O_4) u óxido de hierro sintético (es decir, magnetita Fe_3O_4).

Las partículas cargadas 17 son negras y una tinta que contiene únicamente este primer tipo de partículas cargadas (con una carga suficiente) proporciona al dispositivo 281 un primer estado de luz que tiene una apariencia negra y estados de luz intermedios que tienen una apariencia teñida de negro. En disposiciones, el primer estado de luz refleja directamente el 33 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar, y más preferentemente el 50 % o más, y lo más preferentemente el 65 % o más. Ventajosamente, las partículas cargadas 17 reflejan difusamente infrarrojo de luz solar y, en consecuencia, la celda electroforética 381 refleja difusamente infrarrojo de luz solar en un primer estado de luz. Esto contrasta con la reflexión similar a un espejo (es decir, especular) del infrarrojo por un revestimiento espectralmente selectivo de un acristalamiento. La reflexión difusa de infrarrojo de luz solar mediante disposiciones evita el riesgo de que las paredes de acristalamiento actúen como espejos gigantes que enfocan infrarrojo de luz solar en puntos locales en su entorno.

En las disposiciones, la energía de la luz solar absorbida por las partículas cargadas selectivas en longitud de onda se difunde como radiación térmica y conducción de calor aumentadas, de modo que la energía de luz solar absorbida fluye espontáneamente desde las partículas cargadas hasta la cara de una disposición en contacto con un entorno. Esta situación persiste mientras haya un gradiente de temperatura positivo entre las partículas cargadas de una tinta electroforética y la cara de una disposición en contacto con un entorno. La cara luego difunde o transfiere esta energía solar al entorno de contacto por convección y radiación térmica.

En disposiciones que tienen el primer tipo de partículas cargadas (es decir, partículas 17), el primer y segundo estados de luz pueden apagar (véase la figura 2A) y encender (véase la figura 2B) el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior (reflejando selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar) en sincronía con apagar y encender la iluminación de la luz solar (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar). Y, usando las disposiciones de estados de luz intermedios puede variar el calentamiento infrarrojo solar y la iluminación de luz solar en sincronía.

La figura 2A muestra un primer estado de luz. El rayo de luz solar 1553 incide sobre la cara número 1 de la IGU. El dispositivo electroforético 281 absorbe el visible y refleja directamente el espectro infrarrojo del rayo 1553 usando las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 17 de su tinta electroforética 37 (el infrarrojo reflejado se muestra como el rayo 1554); el calor conducido que se difunde desde las partículas 17 (de la luz solar visible absorbida) fluye hacia la cara número 1 como se representa por el rayo 1555 y fluye hacia la cara número 2 como se representa por el rayo 1556; la cavidad 557 bloquea el rayo de calor 1556 haciendo que el calor conducido fluya hacia la cara número 1 como se representa por el rayo 1557; la radiación térmica emitida por las partículas 17 (de la luz solar visible absorbida) fluye hacia la cara número 1 como se representa por el rayo 1558 y fluye hacia la cara número 2 como se representa por el rayo 1559; el revestimiento de baja emisividad 556 refleja el rayo 1559 haciendo que la radiación térmica fluya hacia la cara número 1 como se representa por el rayo 1560; y, la cara número 1 de la IGU devuelve la energía en el rayo 1553 absorbido por las partículas 17 (es decir, el espectro visible) a un entorno exterior 1034 por radiación térmica y convección de aire (no mostrada) desde su superficie. De esta manera, la energía solar en el espectro visible de la luz solar se rechaza indirectamente a un entorno exterior 1034 y la energía en el espectro infrarrojo de la luz solar se rechaza directamente por la celda electroforética 381.

La figura 2B muestra el segundo estado de luz de la IGU electroforética. El rayo de luz solar 1561 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente por una abertura 1006 (definida por una bola de polímero 2) a un entorno interior 1033 para maximizar el calentamiento solar. La realización de la IGU mostrada en las figuras 2A y 2B evita el calentamiento solar (es decir, SHGC casi insignificante) de un entorno interior en un primer estado de luz, proporciona niveles variables de calentamiento solar en estados de luz intermedios y maximiza el calentamiento solar en un segundo estado de luz. El primer estado de luz proporciona un SHGC de 0,22 o menos, y más preferentemente 0,17 o menos, y lo más preferentemente 0,15 o menos, y el segundo estado de luz proporciona un SHGC máximo de tres veces o más, y preferentemente cuatro veces o más, y lo más preferentemente cinco veces o más el SHGC del primer estado de luz.

Las figuras 3A y 3B también muestran la realización 281, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, en una IGU similar a las figuras 2A y 2B, excepto que estas figuras muestran una configuración de clima frío: una cara del laminado de vidrio electroforético 454 está en contacto con un entorno interior 1033 y la energía de luz solar absorbida por el laminado electroforético se dirige sustancialmente al entorno interior 1033. La figura 3A muestra la realización 281 en un primer estado de luz. El rayo de luz solar 1562 tiene su espectro visible absorbido y su espectro infrarrojo reflejado a un entorno exterior (véase el rayo infrarrojo reflejado 1563), por separado, la energía absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1562 se dirige a un entorno interior 1033 desde la cara 4: véanse los rayos de calor conducidos 1564, 1565 y 1566 y los rayos de radiación térmica 1567, 1568 y 1569. La figura 3B muestra la realización 281 en un segundo estado de luz. El rayo de luz solar 1570 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos dentro de una abertura 1006 similar a la descrita anteriormente para la figura 2B. La realización de la IGU mostrada en las figuras 3A y 3B reduce a la mitad o más el calentamiento solar de un entorno interior al reflejar el espectro infrarrojo de la luz solar en un primer estado de luz, proporciona niveles variables de calentamiento solar en estados de luz intermedios y maximiza el calentamiento solar en un segundo estado de luz.

La energía de luz solar visible absorbida (por partículas cargadas selectivas en longitud de onda que absorben fuertemente el espectro visible) puede someter a los paneles de vidrio unidos a una película electroforética (por ejemplo, los paneles 500 y 501) a choques térmicos significativos, y se ha encontrado que en tales disposiciones los paneles deben ser resistentes a la tensión térmica.

Preferentemente, un panel de vidrio que se une a tales películas electroforéticas se trata para hacerlas más resistentes al choque térmico usando uno de los siguientes procesos: endurecimiento por calor (por ejemplo, según EN 1863-1), endurecimiento químico (por ejemplo, según EN 12337-1) o endurecimiento térmico (por ejemplo, según EN 12150-1). Pero cualquiera de estos tres procesos, aunque mejora la resiliencia al choque térmico, aún puede dejar un bajo nivel de paneles de vidrio susceptibles de rotura espontánea. En disposiciones preferidas, el riesgo de rotura espontánea debido a la tensión térmica puede reducirse o eliminarse en gran medida sometiendo el vidrio que ya se trató para ser endurecido por calor, endurecido químicamente o endurecido térmicamente, a una prueba o tratamiento de inmersión en calor (por ejemplo, según EN 14179-1) que a través de un proceso de eliminación identifica buenos paneles para unirlos a una película electroforética. Una prueba o tratamiento de inmersión en calor consiste en colocar paneles de vidrio tratados previamente en un horno a una temperatura definida y durante una duración definida para promover y acelerar la rotura de los paneles susceptibles. Se apreciará que la película electroforética 280 descrita anteriormente no absorbe significativamente la energía solar en sus estados de luz y los paneles de vidrio unidos a esta película electroforética no están sujetos a un choque térmico significativo por una realización.

La figura 4A muestra un dispositivo de control solar 216 que tiene una tinta electroforética 32 (también denominada medio electroforético 32) que comprende partículas cargadas 14 que transmiten sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar (es decir, son transparentes a infrarrojo de luz solar) y absorben el espectro visible. Las partículas 14 se denominan en el presente documento tercer tipo y están suspendidas en el fluido transparente 26 (véase la descripción anterior del fluido 25). La película electroforética 216 tiene elementos similares a la película 280: su celda electroforética es 316, su capa de tinta electroforética es 1216 y su estructura no plana es 1316. De manera similar a las partículas cargadas 17 (es decir, el primer tipo), el uso de partículas cargadas selectivas en longitud de onda 14 reduce aproximadamente a la mitad la acumulación de calor y el aumento de temperatura de la cara de una película electroforética cuando se expone a la luz solar intensa en comparación con las partículas cargadas negras conocidas (es decir, aquellas que absorben fuertemente infrarrojo de luz solar, así como la luz visible).

Las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 14 son negras y una tinta que contiene únicamente este tercer tipo de partículas cargadas (con una carga suficiente) proporciona al dispositivo 216 un primer estado de luz que tiene una apariencia negra y estados de luz intermedios que tienen una apariencia teñida de negro. El primer estado de luz de la celda electroforética 316 transmite directamente el 50 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar, y más preferentemente el 60 % o más, y lo más preferentemente el 65 % o más.

En dispositivos que tienen el tercer tipo de partículas cargadas (es decir, partículas 14), el primer y segundo estados de luz pueden apagar (véase la figura 4A) y encender (véase la figura 4B) la iluminación de luz solar de un entorno interior (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar) mientras se mantiene el calentamiento infrarrojo solar (transmitiendo el espectro infrarrojo de la luz solar). Y, usando los estados de luz intermedios, los dispositivos pueden variar la iluminación de la luz solar mientras se mantiene el calentamiento infrarrojo solar.

En la figura 4A, el rayo de luz solar 1571 incide sobre la película electroforética 216; en un primer estado de luz, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 14 absorben los espectros visibles y transmiten los espectros infrarrojos del rayo 1571 a un entorno interior 1033; el calor conducido de las partículas 14 (de la luz solar visible absorbida) fluye hacia el entorno exterior 1034 como se representa por el rayo 1572 y fluye hacia el entorno interior 1033 como se representa por el rayo 1573; la radiación térmica emitida por las partículas 14 (de la luz solar visible absorbida) fluye hacia el entorno exterior como se representa por el rayo 1574 y fluye hacia el entorno interior como se representa por el rayo 1575. Ambas caras de la película electroforética 216 difunden la energía conducida en el rayo 1571 absorbido por las partículas 14 a sus respectivos entornos de contacto por convección de aire y radiación térmica (no mostrada).

La figura 4B muestra el segundo estado de luz de la película electroforética 216. El rayo de luz solar incidente 1576 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente a un entorno interior 1033 a través de una abertura 1006. La película electroforética 216 mantiene la transmitancia infrarroja de la luz solar en todos los estados de luz para proporcionar calentamiento solar de un entorno interior y usa su primer estado de luz para denegar el acceso visual y proporcionar privacidad, y estados de luz intermedios para proporcionar una transmitancia de luz visible variable para minimizar o evitar el deslumbramiento del sol. En un uso alternativo, la película electroforética 216 puede disponerse adyacente a una capa espectralmente selectiva que refleja el espectro infrarrojo de la luz solar y las partículas cargadas 14 reemiten este espectro a un entorno exterior para minimizar el calentamiento solar de un entorno interior en todos los estados de luz. En ambos usos descritos para la película 216, el control del espectro infrarrojo de la luz solar es pasivo y no puede conmutarse eléctricamente a diferencia de las realizaciones 280 y 281 descritas anteriormente o las realizaciones del dispositivo de control solar descritas en las siguientes figuras.

Las figuras 1-4 ilustran los dispositivos de control solar descritos que comprenden únicamente uno de los tres tipos de partículas cargadas. En las siguientes figuras se describen realizaciones de control solar que comprenden una mezcla de tipos de partículas cargadas, y estas realizaciones muestran funcionalidad y adaptabilidad mejoradas. Los dispositivos pueden comprender mezclas de tipos de partículas cargadas e incluir uno de los siguientes:

- a) una mezcla que incluye el primer y segundo tipos de partículas cargadas y que se describe en las figuras 5A a 6B;
- b) una mezcla que incluye el segundo y tercer tipos de partículas cargadas y que se describe en las figuras 7A a 8B;

c) una mezcla que incluye el primer y el tercer tipo de partículas cargadas y que se describe en las figuras 9A a 10B (no es una realización de la presente invención).

5 La realización 283 mostrada en las figuras 5A a 5C tiene propiedades ópticas intermedias a las de las películas 280 (únicamente las partículas 15) y 281 (únicamente las partículas 17) como consecuencia del uso de una mezcla de partículas cargadas 15 y 17. En un primer estado de luz (mostrado en la figura 5A), la luz solar visible se transmite parcialmente para proporcionar acceso visual y se absorbe parcialmente para reducir el deslumbramiento de la luz solar y rechazar (indirectamente) parte de la energía solar en el espectro visible de la luz solar. Por lo demás, la película electroforética 283 es similar a las películas 280 y 281 descritas anteriormente: su celda electroforética es 383, su capa de tinta electroforética es 1283 y su estructura no plana es 1383.

10 La tinta electroforética 38 (también denominada medio electroforético 38) comprende dos tipos de partículas cargadas: las partículas 17, un primer tipo, absorben fuertemente la luz solar visible y reflejan infrarrojo de luz solar, y las partículas 15, un segundo tipo, transmiten sustancialmente la luz solar visible y reflejan infrarrojo de luz solar. Ambos tipos de partículas cargadas tienen la misma polaridad y están suspendidas en el fluido de suspensión 28. En la realización 283, las partículas 15 y 17 tienen una movilidad electroforética similar y se mueven uniformemente a través del fluido de suspensión 28 en respuesta a un campo eléctrico. Las partículas 15 y 17 se mezclan lo suficiente en estados de luz para proporcionar características de luz uniformes.

15 En la tinta electroforética 38, a medida que aumenta la fracción (en masa) del segundo tipo (es decir, las partículas 15), la transmitancia de la luz solar visible en un primer estado de luz aumenta, pero la reflectancia del espectro infrarrojo de la luz solar permanece casi constante ya que ambos tipos de partículas reflejan sustancialmente infrarrojo de luz solar. Las realizaciones que comprenden el primer y segundo tipos de partículas cargadas (es decir, 15 y 17) son típicamente transparentes en todos los estados de luz con un primer estado de luz que proporciona una transmitancia de luz mínima que aún permite el acceso visual mientras que los estados de luz intermedios proporcionan transmitancia de luz visible variable y reflectancia infrarroja de la luz solar variable.

20 En la figura 5A, el rayo de luz solar 1577 tiene su espectro infrarrojo sustancialmente reflejado en un primer estado de luz por ambas partículas cargadas 15 y 17 como se muestra por el rayo infrarrojo reflejado 1578. Su espectro visible se transmite parcialmente a un entorno interior 1033 y se absorbe parcialmente en proporción a la relación de los tipos de partículas cargadas. La energía solar en su espectro infrarrojo se rechaza a un entorno exterior 1034 por reflexión directa sin absorción significativa. La energía solar en el espectro visible parcialmente absorbido se conduce de manera difusa desde las partículas 17 y fluye hacia el entorno exterior 1034 como se representa por el rayo 1579 y fluye hacia el entorno interior 1033 como se representa por el rayo 1580; y, la radiación térmica emitida por las partículas 17 (de la luz solar visible absorbida) fluye hacia el entorno exterior 1034 como se representa por el rayo 1581 y fluye hacia el entorno interior como se representa por el rayo 1582. La energía solar absorbida (de la luz solar visible parcialmente absorbida) se irradia térmicamente y sufre convección desde ambas caras del dispositivo 283. La fracción de radiación térmica de cada cara es proporcional a la diferencia de temperatura entre una cara y el aire en el entorno de contacto, y la fracción de convección de cada cara también es proporcional a la diferencia de temperatura, así como a la velocidad del aire en el entorno de contacto. Como son las diferencias de temperatura respectivas las que determinan cómo se distribuye el calor causado por la luz solar absorbida (es decir, la energía solar) entre un entorno interior y exterior, una realización monolítica tal como 283 (o película 283 unida a uno o dos paneles de vidrio) es menos eficiente que cuando se emplea en una IGU como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 2A.

30 En la medida en que la realización 283 no absorba significativamente la energía de la luz solar en sus estados de luz, no se calienta apreciablemente (puede ser casi insignificante), y la temperatura de funcionamiento de la celda electroforética 383 en uso expuesta a la luz solar intensa puede permanecer cerca de la temperatura del entorno de contacto. La figura 5B muestra el segundo estado de luz de la realización 283. El rayo de luz solar 1583 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente por la abertura 1006 a un entorno interior 1033. La realización 283 proporciona las realizaciones intermedias de rendimiento de control solar 280 y 281, y reduce significativamente el calentamiento solar de un entorno interior en un primer estado de luz, proporciona niveles variables de calentamiento solar en estados de luz intermedios y maximiza el calentamiento solar en un segundo estado de luz.

35 La figura 5C muestra un estado de luz intermedio en un primer conjunto de estados de luz intermedios para la realización 283. Las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 y 17 se concentran parcialmente por las protuberancias 2 (es decir, las semiesferas de las bolas de polímero 2) y definen las aberturas 1006 que tienen un diámetro más pequeño que en el segundo estado de luz mostrado en la figura 5B. El rayo de luz solar 1584 incide fuera de las aberturas 1006 y tiene su espectro visible de luz solar parcialmente absorbido por las partículas concentradas 17 y su espectro infrarrojo de luz solar reflejado directamente (véase el rayo reflejado 1585), mientras que el rayo de luz solar 1590 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente dentro de las aberturas 1006. La energía solar absorbida (es decir, parte del espectro visible) del rayo 1584 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1586 y 1587 y los rayos de radiación térmica 1588 y 1589. Los estados de luz intermedios proporcionan a la realización 283 una apariencia teñida de negro variable.

40 La figura 5D es similar a la figura 5C excepto que muestra un estado de luz intermedio en un segundo conjunto de estados de luz intermedios. Las partículas cargadas 15 y 17 se concentran parcialmente por las protuberancias 2 y luego se mueven adyacentes a un electrodo superior 60 donde definen las aberturas 1006. El rayo de luz solar 1591 incide fuera

de las aberturas 1006 y tiene su espectro visible de luz solar parcialmente absorbido por las partículas concentradas 17 y su espectro infrarrojo de luz solar reflejado directamente (véase el rayo reflejado 1592), mientras que el rayo de luz solar 1597 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente dentro de las aberturas 1006. La energía absorbida del rayo 1591 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1593 y 1594 y los rayos de radiación térmica 1595 y 1596.

Las figuras 6A y 6B muestran una realización 284 que tiene una tinta electroforética 39 (o medio electroforético 39) que también comprende partículas cargadas 17, un primer tipo, y partículas 15, un segundo tipo, excepto en la realización 284, las partículas 15 y 17 tienen movilidad electroforética significativamente diferente para proporcionar los medios para seleccionar estados de luz para cada tipo de partícula en gran medida independientes entre sí. En esta realización, la movilidad electroforética media de cada tipo de partícula cargada es significativamente diferente y el intervalo de movilidad de cada tipo es suficientemente estrecho para proporcionar estados de luz independientes para cada tipo que son direccionables con un campo eléctrico. Por ejemplo, el documento US 8.441.714 de E Ink describe una pantalla electroforética que tiene partículas cargadas de diferentes colores (por ejemplo, rojo, verde y azul) con diferente movilidad electroforética para permitir el direccionamiento independiente de cada color de partícula cargada (es decir, cada tipo). Como un ejemplo, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 pueden tener un potencial zeta (relacionado con la movilidad electroforética) de 100 mV y las partículas cargadas 17 pueden tener un potencial zeta de 33 mV. En este ejemplo, las partículas 15 se mueven más rápido debido a su mayor potencial zeta y, por lo tanto, las partículas 17 se dirigen para formar su estado de luz requerido (las partículas 15 también cambiarán a este estado de luz momentáneamente), seguido inmediatamente por el direccionamiento de las partículas 15 para formar su estado de luz. (las partículas 17 son demasiado lentas o están por debajo del umbral para seguir).

Las realizaciones que comprenden primeros y segundos tipos de partículas cargadas (es decir, 15 y 17) que son direccionables independientemente proporcionan una funcionalidad similar a cualquier tipo de partícula por sí mismo. Las figuras 1A y 1B mostraron la funcionalidad proporcionada por las partículas 15 y las figuras 2A y 2B mostraron la funcionalidad de las partículas 17. En la realización 284 se puede seleccionar cualquier funcionalidad o se pueden seleccionar ambas en estados de luz concurrentes. Por lo demás, la película electroforética 284 es similar a las películas 280 y 281 descritas anteriormente: su celda electroforética es 384, su capa de tinta electroforética es 1284 y su estructura no plana es 1384.

En la figura 6A, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 están en un primer estado de luz y las partículas cargadas 17 están en un segundo estado de luz. El perfil de transmisión de luz solar resultante está determinado predominantemente por las partículas 15 ya que las partículas 17 están en el estado concentrado. El rayo de luz solar 1598 tiene su espectro infrarrojo sustancialmente reflejado en un primer estado de luz por partículas cargadas 15 como se muestra por el rayo infrarrojo reflejado 1599, y su espectro visible se transmite a un entorno interior 1033 por una abertura 1006. La energía solar en su espectro infrarrojo se rechaza a un entorno exterior 1034 por reflexión directa sin absorción significativa.

La figura 6B muestra un ejemplo de dónde los diferentes estados de luz concurrentes para cada tipo de partícula en la realización 284 contribuyen a la transmisión de luz solar resultante. Las partículas cargadas 15 están en un primer estado de luz y reflejan el espectro infrarrojo de la luz solar, mientras que las partículas cargadas 17 están en un estado de luz intermedio para reducir la transmisión de luz visible y, en consecuencia, el deslumbramiento de la luz solar. El rayo de luz solar 1600 tiene su espectro infrarrojo reflejado por las partículas 15 (véase el rayo infrarrojo reflejado 1601) y su espectro visible transmitido incide sobre las partículas 17 en el estado de luz intermedio. Las partículas 17 absorben la luz restante en el rayo 1600. La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1600 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1602 y 1603 y los rayos de radiación térmica 1604 y 1605. El estado de luz intermedio para las partículas 17 proporciona a la realización 284 un aspecto teñido de negro. El rayo de luz solar 1606 tiene su espectro infrarrojo reflejado por las partículas 15 (véase el rayo infrarrojo reflejado 1607) y su espectro visible transmitido se transmite sustancialmente por la abertura 1006 a un entorno interior 1033.

En la realización 284, el segundo tipo de partículas cargadas (es decir, las partículas 15) puede conmutar selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar para adaptar el calentamiento solar de un entorno interior para clima cálido o frío, y el primer tipo de partículas cargadas (es decir, las partículas 17) puede conmutar selectivamente la luz solar para adaptar la iluminación de la luz solar de un entorno interior para la hora del día, el nivel de iluminación de luz solar cómodo o la evitación del deslumbramiento.

La realización 285 mostrada en las figuras 7A y 7B tiene propiedades ópticas intermedias a las de las películas 280 (únicamente las partículas 15) y 216 (únicamente las partículas 14) como consecuencia del uso de una mezcla de partículas cargadas 15 y 14. Es similar a la película 283 descrita anteriormente (figura 5A) excepto que sus partículas cargadas negras 14 transmiten el espectro infrarrojo de la luz solar en lugar de reflejarlo. En un primer estado de luz (mostrado en la figura 7A), la luz solar visible se transmite parcialmente por las partículas 15 para proporcionar un nivel reducido de iluminación de luz solar de un entorno interior y el infrarrojo de luz solar se transmite parcialmente por las partículas 14 para proporcionar un nivel reducido de calentamiento solar. Por lo demás, la película electroforética 285 es similar a las películas 280 y 216 descritas anteriormente: su celda electroforética es 385, su capa de tinta electroforética es 1285 y su estructura no plana es 1385.

La tinta electroforética 40 (también denominada medio electroforético 40) comprende dos tipos de partículas cargadas:

- las partículas 15, un segundo tipo, transmiten sustancialmente la luz solar visible y reflejan infrarrojo de luz solar y las partículas 14, un tercer tipo, absorben fuertemente la luz solar visible y transmiten infrarrojo de luz solar. Ambos tipos de partículas cargadas tienen la misma polaridad y están suspendidas en el fluido de suspensión 29. En la realización 285, las partículas 15 y 14 tienen una movilidad electroforética similar y se mueven uniformemente a través del fluido de suspensión 29 en respuesta a un campo eléctrico. Las partículas 15 y 14 se mezclan lo suficiente en estados de luz para proporcionar características de luz uniformes.
- En la tinta electroforética 40, a medida que aumenta la fracción (en masa) del segundo tipo (es decir, las partículas 15), aumenta la transmitancia del espectro visible de la luz solar y la reflectancia del espectro infrarrojo de la luz solar en un primer estado de luz. Las realizaciones que comprenden el segundo y tercer tipos de partículas cargadas (es decir, 15 y 14) son típicamente transparentes en todos los estados de luz con un primer estado de luz que proporciona una transmitancia de luz mínima que aún permite el acceso visual mientras que los estados de luz intermedios proporcionan transmitancia de luz visible variable y reflectancia infrarroja de la luz solar variable.
- La figura 7A muestra un primer estado de luz de la realización 285. El rayo de luz solar 1608 tiene su espectro infrarrojo parcialmente reflejado a un entorno exterior 1034 como se muestra por el rayo 1609 y parcialmente transmitido a un entorno interior 1033 (es decir, reflejado por las partículas 15 y transmitido por las partículas 14). Su espectro visible se transmite parcialmente a un entorno interior 1033 y se absorbe parcialmente en proporción a la relación de los tipos de partículas cargadas (es decir, transmitido por las partículas 15 y absorbido por las partículas 14). La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1608 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1610 y 1611 y los rayos de radiación térmica 1612 y 1613.
- En la medida en que la realización 285 no absorba significativamente la energía de la luz solar en sus estados de luz, no se calienta apreciablemente (puede ser casi insignificante), y la temperatura de funcionamiento de la celda electroforética 385 en uso expuesta a la luz solar intensa puede permanecer cerca de la temperatura del entorno de contacto. La figura 7B muestra el segundo estado de luz de la realización 285. El rayo de luz solar 1614 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente por la abertura 1006 a un entorno interior 1033.
- Las figuras 8A y 8B muestran una realización 286 que tiene una tinta electroforética 41 (o medio electroforético 41) que también comprende partículas cargadas 15, un segundo tipo, y partículas 14, un tercer tipo, excepto en la realización 286, las partículas 15 y 14 tienen movilidad electroforética significativamente diferente para proporcionar los medios para seleccionar estados de luz para cada tipo de partícula en gran medida independientes entre sí. Las partículas cargadas que tienen diferente movilidad electroforética se describieron anteriormente en relación con la realización 284 (véanse las figuras 6A y 6B).
- Las realizaciones que comprenden segundos y terceros tipos de partículas cargadas (es decir, 15 y 14) que son direccionables independientemente proporcionan una funcionalidad similar a cualquier tipo de partícula por sí mismo. Las figuras 1A y 1B mostraron la funcionalidad proporcionada por las partículas 15 y las figuras 4A y 4B mostraron la funcionalidad de las partículas 14. En la realización 286 se puede seleccionar cualquier funcionalidad o se pueden seleccionar ambas en estados de luz concurrentes (por ejemplo, un tipo de partícula en un primer estado de luz y el otro tipo en un estado de luz intermedio). Por lo demás, la película electroforética 286 es similar a las películas 280 y 216 descritas anteriormente: su celda electroforética es 386, su capa de tinta electroforética es 1286 y su estructura no plana es 1386.
- En la figura 8A, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 están en un primer estado de luz y las partículas cargadas 14 están en un segundo estado de luz. El perfil de transmisión de luz solar resultante está determinado predominantemente por las partículas 15 ya que las partículas 14 están en el estado de luz recogida. El rayo de luz solar 1615 tiene su espectro infrarrojo sustancialmente reflejado en un primer estado de luz por las partículas cargadas 15 como se muestra por el rayo 1616. Su espectro visible se transmite a un entorno interior 1033 mediante una abertura 1006. La energía solar en su espectro infrarrojo se rechaza a un entorno exterior 1034 por reflexión directa sin absorción significativa. El primer estado de luz para las partículas 15 proporciona a la realización 286 un aspecto claro o transparente.
- En la figura 8B, las partículas cargadas 14 están en un primer estado de luz y las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 están en un segundo estado de luz. El perfil de transmisión de luz solar resultante está determinado predominantemente por las partículas 14 ya que las partículas 15 están en el estado de luz recogida. El rayo de luz solar 1617 tiene su espectro visible sustancialmente absorbido en un primer estado de luz por las partículas cargadas 14. Su espectro infrarrojo se transmite a un entorno interior 1033 mediante una abertura 1006. La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1617 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1618 y 1619 y los rayos de radiación térmica 1620 y 1621. El primer estado de luz para las partículas 14 proporciona a la realización 286 un aspecto negro.
- En la realización 286, el segundo tipo de partículas cargadas (es decir, las partículas 15) puede conmutar selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar para adaptar el calentamiento solar de un entorno interior para clima cálido o frío, y el tercer tipo de partículas cargadas (es decir, las partículas 14) puede conmutar selectivamente el espectro visible de la luz solar para adaptar la iluminación de la luz solar de un entorno interior para la hora del día, el nivel de iluminación de la luz solar cómodo o la evitación del deslumbramiento. En la realización 286, los perfiles de transmisión de luz solar del segundo tipo de partículas cargadas complementan los del tercer tipo de partículas cargadas, ya que cada uno transmite el espectro

rechazado del otro. Las partículas 15 están restringidas a rechazar infrarrojo de luz solar (por reflexión) y transmitir el espectro visible, mientras que las partículas 14 están restringidas a rechazar el espectro visible (por absorción) y transmitir el espectro infrarrojo de la luz solar.

La realización 287 que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, mostrada en las figuras 9A y 9B, tiene propiedades ópticas intermedias a las de las películas 281 (únicamente partículas 17) y 216 (únicamente partículas 14) como consecuencia del uso de una mezcla de partículas cargadas 17 y 14. En un primer estado de luz (mostrado en la figura 9A), ambos tipos de partículas absorben fuertemente la luz solar visible y las partículas 14 transmiten parcialmente infrarrojo de luz solar para proporcionar un nivel reducido de calentamiento solar. Por lo demás, la película electroforética 287 es similar a las películas 281 y 216 descritas anteriormente: su celda electroforética es 387, su capa de tinta electroforética es 1287 y su estructura no plana es 1387.

La tinta electroforética 42 (también denominada medio electroforético 42) comprende dos tipos de partículas cargadas: las partículas 17, un primer tipo, absorben sustancialmente la luz solar visible y reflejan infrarrojo de luz solar y las partículas 14, un tercer tipo, absorben fuertemente la luz solar visible y transmiten infrarrojo de luz solar. Ambos tipos de partículas cargadas tienen la misma polaridad y están suspendidas en el fluido de suspensión 23. En la realización 287, las partículas 17 y 14 tienen una movilidad electroforética similar y se mueven uniformemente a través del fluido de suspensión 23 en respuesta a un campo eléctrico. Las partículas 17 y 14 se mezclan lo suficiente en estados de luz para proporcionar características de luz uniformes. En disposiciones a medida que la tinta electroforética 42 aumenta la fracción (en masa) del primer tipo (es decir, las partículas 17), la reflectancia del espectro infrarrojo de la luz solar aumenta en un primer estado de luz, pero la absorbancia visible de la luz solar permanece casi constante.

La figura 9A muestra un primer estado de luz de la realización 287. El rayo de luz solar 1622 tiene su espectro infrarrojo parcialmente reflejado a un entorno exterior 1034 como se muestra por el rayo 1623 y parcialmente transmitido a un entorno interior 1033 (es decir, reflejado por las partículas 17 y transmitido por las partículas 14). Su espectro visible se absorbe fuertemente. La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1622 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1624 y 1625 y los rayos de radiación térmica 1626 y 1627.

En la medida en que la realización 287 no absorba significativamente la energía de la luz solar en sus estados de luz, no se calienta apreciablemente (puede ser casi insignificante), y la temperatura de funcionamiento de la celda electroforética 387 en uso expuesta a la luz solar intensa puede permanecer cerca de la temperatura del entorno de contacto. La figura 9B muestra el segundo estado de luz de la realización 287. El rayo de luz solar 1628 tiene sus espectros visible e infrarrojo transmitidos sustancialmente por la abertura 1006 a un entorno interior 1033.

Las figuras 10A y 10B muestran una realización 288, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, que tiene una tinta electroforética 43 (o medio electroforético 43) que también comprende partículas cargadas 17, un primer tipo, y partículas 14, un tercer tipo, excepto en la realización 288, las partículas 17 y 14 tienen una movilidad electroforética significativamente diferente para proporcionar los medios para seleccionar estados de luz para cada tipo de partícula en gran medida independientes entre sí. Las partículas cargadas que tienen diferente movilidad electroforética se describieron anteriormente en relación con la realización 284 (véanse las figuras 6A y 6B).

Las disposiciones que comprenden el primer y tercer tipo de partículas cargadas (es decir, 17 y 14) que son direccionables independientemente proporcionan una funcionalidad similar a cualquier tipo de partícula por sí mismo. Las figuras 2A y 2B mostraron la funcionalidad proporcionada por las partículas 17 y las figuras 4A y 4B mostraron la funcionalidad de las partículas 14. En la realización 288, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, 8 puede seleccionarse cualquier funcionalidad o ambas pueden seleccionarse en estados de luz concurrentes (por ejemplo, un tipo de partícula en un primer estado de luz y el otro tipo en un estado de luz intermedio). Por lo demás, la película electroforética 288 es similar a las películas 281 y 216 descritas anteriormente: su celda electroforética es 388, su capa de tinta electroforética es 1288 y su estructura no plana es 1388.

En la figura 10A, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 17 están en un primer estado de luz y las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 14 están en un segundo estado de luz. El perfil de transmisión de luz solar resultante está determinado por las partículas 17 ya que las partículas 14 están en el estado de luz recogida. El rayo de luz solar 1629 tiene su espectro visible fuertemente absorbido y su espectro infrarrojo reflejado sustancialmente (véase el rayo infrarrojo reflejado 1630) en un primer estado de luz por las partículas cargadas 17. La energía solar en su espectro infrarrojo se rechaza a un entorno exterior 1034 por reflexión directa sin absorción significativa. La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1629 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1631 y 1632 y los rayos de radiación térmica 1633 y 1634. El primer estado de luz para las partículas 17 proporciona a la realización 288 un aspecto negro.

En la figura 10B, las partículas cargadas 14 están en un primer estado de luz y las partículas cargadas 17 están en un segundo estado de luz. El perfil de transmisión de luz solar resultante está determinado predominantemente por las partículas 14 ya que las partículas 17 están en el estado de luz concentrada. El rayo de luz solar 1635 tiene su espectro visible sustancialmente absorbido en un primer estado de luz por las partículas cargadas 14, y su espectro infrarrojo se transmite a un entorno interior 1033 por una abertura 1006. La energía solar absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1635 se dirige tanto a un entorno exterior como a un entorno interior: véanse los rayos de calor conducidos 1636 y

1637 y los rayos de radiación térmica 1638 y 1639. El primer estado de luz para las partículas 14 también proporciona a la realización 288 un aspecto negro.

En la realización 288, un dispositivo de control solar puede operarse en dos modos. En un modo, el primer tipo de partículas cargadas se opera en estados de luz intermedios para variar el calentamiento solar (es decir, refleja infrarrojo de luz solar) en sincronización con la iluminación variable de la luz solar de un entorno interior en clima moderado a cálido, y el tercer tipo de partículas cargadas permanece en el segundo estado de luz. En el otro modo, el tercer tipo de partículas cargadas proporciona calentamiento solar (es decir, transmite infrarrojo de luz solar) en clima frío mientras se opera en estados de luz intermedios para variar la iluminación de la luz solar, y el primer tipo de partículas cargadas permanece en el segundo estado de luz.

En las disposiciones descritas hasta ahora, el dispositivo de control solar tiene preferentemente sustratos de película para su incorporación en laminados electroforéticos que comprenden la película electroforética laminada a un par de capas adhesivas (por ejemplo, capas intermedias de EVA) y un par de paneles de vidrio flotado (por ejemplo, véase el laminado 454 en las figuras 2A a 3B). En uso, un dispositivo de control solar como se describe en el presente documento se puede aplicar como una película (es decir, un compuesto electroforético) a un laminado de vidrio ensamblado anteriormente usando una capa adhesiva ópticamente transparente. Esto se muestra en la figura 11. Un tipo de adhesivo adecuado para aplicar una disposición de película electroforética a una superficie de vidrio incluye un adhesivo sensible a la presión y una técnica adecuada incluye laminar entre un par de rodillos NIP. Preferentemente, el adhesivo está en forma de una capa (protegida con un recubrimiento de liberación hasta su uso), y preferentemente el adhesivo es reprocesable o proporciona la capacidad de eliminarse usando medios externos, tales como un disolvente adecuado. Si aún no se ha proporcionado, la capa adhesiva 45 puede incorporar una función de filtrado ultravioleta (UV) y, en uso, filtra el 99 % o más del espectro ultravioleta de la luz solar para proteger la película electroforética aplicada. El adhesivo adecuado 45 se puede cargar con nanopartículas absorbentes de UV que tienen una absorción visible e infrarroja insignificante. Las películas de OCA de filtración UV están disponibles comercialmente. En un uso alternativo similar, se aplica una disposición de película electroforética a un único panel rígido (ya sea de vidrio o de polímero) usando una capa adhesiva; esta última disposición se muestra en la figura 12. Se apreciará que uno o ambos sustratos de una disposición pueden ser rígidos y tener suficiente resistencia para usarse directamente en una aplicación sin fijarse a un panel de soporte (o portador) o lámina rígida.

La figura 11 muestra una realización 289 de techo solar de vehículo, que no está cubierta por la materia objeto de las reivindicaciones, que comprende una película electroforética 281 (descrita anteriormente en relación con las figuras 2A a 3B) unida con una capa adhesiva óptica transparente 45 al laminado de vidrio 457. Una ventaja particular de la realización 289 sobre el laminado de vidrio electroforético 454 (véase la figura 2B) es que el laminado de vidrio 457 se ensambla y optimiza previamente para proporcionar estándares de seguridad especificados por la industria o rendimiento mejorado, tal como mecánica, protección contra la penetración, resistencia a la tensión térmica, aislamiento acústico, o efectos decorativos añadidos, y la película electroforética 281 está optimizada para el control variable de la reflectancia solar. Preferentemente, el laminado de vidrio 457 comprende un par de paneles de vidrio 555 unidos ópticamente entre sí usando una capa intermedia de PVB 548 y un proceso de autoclave. Este es el proceso de laminación de vidrio estándar de la industria y no puede usarse cuando se incluye una película electroforética dentro del proceso de laminación de vidrio; una temperatura de procesamiento más baja, una capa intermedia de EVA y un proceso de bolsa de vacío es típico para los laminados de vidrio electroforético 454 (véase la figura 2B).

En la figura 11, la realización 289 ocupa una abertura en el techo de un vehículo 1049 y su película electroforética 281 se muestra en un segundo estado de luz. Un bastidor opcional 598 soporta el laminado de vidrio 457 y el elemento de enmascaramiento opcional 524 (por ejemplo, esmalte o pintura) oculta las áreas de borde de la película 281 y juntos estos elementos pueden crear una apariencia sin costuras desde el exterior de un vehículo. La capa intermedia de PVB 548 filtra el 99 % o más del espectro ultravioleta de la luz solar para proteger la película 281.

En la figura 12, la realización 281 se aplica a un panel rígido 555 (por ejemplo, vidrio o polímero) usando una capa adhesiva óptica transparente para formar el laminado electroforético 290. El laminado electroforético 290 es el panel exterior de una unidad de vidrio aislante similar a la Figura 2A descrita anteriormente, excepto que una cara de la película electroforética 281 está en contacto con la cavidad sellada 557, y el revestimiento de baja emisividad 556 está en la cara número 3. La realización 281 está en un primer estado de luz en la figura 12. El rayo de luz solar 1640 tiene su espectro visible absorbido y su espectro infrarrojo reflejado a un entorno exterior (véase el rayo infrarrojo reflejado 1641) por las partículas selectivas en longitud de onda 17, por separado, la energía absorbida (es decir, el espectro visible) del rayo 1640 se dirige a un exterior entorno 1034 desde la cara 1: véanse los rayos de calor conducidos 1642, 1643 y 1644 y los rayos de radiación térmica 1645, 1646 y 1647. La radiación térmica del entorno interior 1033 se refleja por el revestimiento 556; véanse los rayos de radiación térmica 1648 y 1649.

En las siguientes secciones, se describen medios electroforéticos (también denominados tintas electroforéticas) y partículas cargadas selectivas en longitud de onda para su uso en las disposiciones de dispositivo de control solar en el presente documento. En primer lugar, se describen medios o tintas que contienen partículas cargadas selectivas en longitud de onda 17 (un primer tipo: reflectantes de infrarrojos y absorbentes de visible), luego medios que contienen partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 (un segundo tipo: reflectantes de infrarrojos y transmisoras de visible), y luego medios que incluyen partículas cargadas selectivas en longitud de onda 14 (un tercer tipo: transmisoras de infrarrojos y absorbentes de visible).

La técnica anterior describe fluidos de suspensión útiles, agentes de carga y componentes aditivos para tintas electroforéticas para dispositivos de visualización. Los aspectos de estos pueden adaptarse para su uso en las realizaciones descritas en la presente invención. Por ejemplo, las partículas cargadas negras de cobre-cromita se describen en la patente de EE. UU. 7.002.728 de E Ink y las partículas cargadas negras de cobre-hierro-manganeso-óxido-espinela se describen en el documento WO 2010/091398 de E Ink. Ambos materiales de partículas cargadas absorben fuertemente todo el espectro de la luz solar y, en consecuencia, no son adecuados para las realizaciones descritas en el presente documento. El documento WO/2011/154104 de Merck describe partículas cargadas blancas. La preparación de partículas cargadas negras, blancas y coloreadas, y fluidos de suspensión y aditivos se describen en el documento US 7.417.787 de Xerox. Otros ejemplos de materiales, aditivos, fluidos de suspensión y técnicas de preparación de partículas cargadas están disponibles en el documento US7.951.938 de Sipix o el documento US2011/0310465 de Sony.

En las siguientes secciones se describen materiales selectivos de longitud de onda para su uso en partículas cargadas. Los materiales selectivos en longitud de onda adecuados están disponibles de los proveedores en forma de polvo fino y se pueden moler a un tamaño seleccionado (por ejemplo, de 5 nm a 50 nm o de 300 nm a 500 nm) usando un molino de bolas rotatorio, un molino de vibración, un molino de medios horizontal o vertical agitado, un molino de cesta, máquinas de tipo rotor/estátor o molino de desgaste, por ejemplo. Las partículas de material se pueden moler mediante una operación por lotes o mediante recirculación y/o paso discreto. Se puede emplear cualquier tipo y tamaño conocido de medios en el proceso de molienda, por ejemplo, medios de vidrio, cerámica, arena, poliméricos y metálicos con tamaños en un intervalo de 30 micrómetros a aproximadamente 10 cm. Después de la molienda, la distribución de partículas de material se puede clasificar de acuerdo con el tamaño requerido. Las partículas de material adecuadas pueden recubrirse opcionalmente con una o más capas dieléctricas protectoras antes de usarlas en una partícula cargada.

En los medios electroforéticos de las realizaciones, el material selectivo en longitud de onda puede rodearse, encapsularse, sellarse o revestirse con un dieléctrico y, en este caso, no entra en contacto directo con el fluido de suspensión. Esta es la forma preferida de partículas cargadas, pero también es posible la aplicación de carga directamente al material de pigmento donde el material de pigmento está en contacto con el fluido de suspensión. Se puede incorporar un material selectivo en longitud de onda adecuado en el núcleo polimérico de una partícula cargada, o el material puede tachonar la superficie de un núcleo polimérico, o el material puede formar un revestimiento que encapsula eficazmente un núcleo polimérico, o el material puede ser el núcleo en cuyo caso puede rodearse con una capa o cubierta dieléctrica, o la carga puede desarrollarse directamente sobre la superficie del material. Se puede usar cualquiera de las técnicas conocidas de la técnica anterior, que incluyen: adsorción física (es decir, fisisorción) y/o precipitación de resina, oligómero o polímero en la superficie de una partícula de material, adsorción química (es decir, quimisorción), atracción electrostática, coacervación o la polimerización de monómeros u oligómeros en presencia de partículas de material con o sin reticulación o curado. La polimerización se puede realizar a través de cualquier mecanismo conocido de polimerización, tal como polimerización interfacial, polimerización in situ, polimerización en cadena, polimerización en cadena condensativa, policondensación, poliadición, separación de fases de polímero, coacervación y polimerización por radicales libres. Otras técnicas de revestimiento dieléctrico incluyen revestimiento electrostático, secado por pulverización, revestimiento en lecho fluidizado y evaporación de disolvente.

Las partículas de material revestido dieléctrico pueden exhibir una carga superficial nativa, o se puede aplicar una carga superficial. Por ejemplo, se puede usar un agente de control de carga, o las partículas pueden adquirir una carga en el fluido de suspensión, o un campo eléctrico grande puede inducir una carga. Los agentes de control de carga adecuados se describen en la técnica anterior e incluyen tipos poliméricos y no poliméricos que pueden ser polares, iónicos, no iónicos, tensioactivos iónicos o tensioactivos no iónicos. Se apreciará que cualquiera de los procesos de la técnica anterior de pantallas electroforéticas para rodear una partícula de material con un dieléctrico y aplicar una superficie cargada para lograr partículas cargadas que demuestren una movilidad electroforética en un fluido de suspensión se puede aplicar en el presente documento.

Para promover la dispersión uniforme de partículas cargadas adyacentes a una cara de electrodo superior en un primer estado de luz de las realizaciones, las partículas cargadas son preferentemente esféricas y preferentemente la media de partículas es inferior a un micrómetro. Se ha descubierto que cuanto más pequeña es la media de partículas cargadas, más similar a un líquido (es decir, uniforme) se vuelve la dispersión de partículas en un primer estado de luz de las realizaciones. Más preferentemente, las partículas cargadas son inferiores a 700 nm y, lo más preferentemente, las partículas cargadas son inferiores a 600 nm.

En los medios electroforéticos de las realizaciones, un fluido de suspensión es isotrópico, preferentemente incoloro, transparente a la luz visible, transparente a infrarrojo de luz solar, preferentemente parcialmente transparente a la radiación térmica (es decir, infrarrojo de onda larga), y el índice de refracción coincide con los elementos poliméricos en una celda electroforética. En realizaciones, el índice de refracción del fluido de suspensión se selecciona para que coincida con elementos no planos tales como protuberancias que forman una interfaz con el medio en uso y que cooperan con el medio para formar uno o más de sus estados de luz como se ha descrito anteriormente. La coincidencia del índice de refracción garantiza una turbidez insignificante en el segundo estado de luz y en los estados de luz intermedios.

Un fluido de suspensión adecuado es preferentemente una mezcla de dos o más fluidos. Un fluido de suspensión adecuado tiene una conductividad de 0 pS/cm a 30 pS/cm, preferentemente de 0 pS/cm a 10 pS/cm, y lo más preferentemente de 0 pS/cm a 5 pS/cm, y se clasifica como un fluido aislante. Además, un fluido de suspensión adecuado

- tiene una constante dieléctrica de entre 2,0 y 3, un punto de ebullición de aproximadamente 150 °C o más, preferentemente 200 °C o más, y una presión de vapor de aproximadamente 0,13 kPa (0,1 mmHg) o menos. En algunas realizaciones, un fluido puede colorearse con pigmento suspendido ultrafino (es decir, de 5 nm a 50 nm) sin conmutación (es decir, no presenta electroforesis). Por ejemplo, se puede añadir un ligero tinte de color a un fluido de suspensión para compensar un tinte de color indeseable provocado por los electrodos de ITO. El documento US2012/0092753 de Sun Chemical describe cómo se puede preparar un fluido no polar coloreado incorporando pigmento orgánico suspendido (en oposición al tinte solubilizado). Dicho fluido coloreado se puede combinar con partículas cargadas y aditivos asociados para hacer una tinta electroforética. El documento no dice nada con respecto a las propiedades del espectro infrarrojo de la luz solar de un fluido coloreado.
- En las realizaciones, las partículas cargadas 17 (es decir, el primer tipo), 15 (es decir, el segundo tipo) y 14 (es decir, el tercer tipo) tienen sustancialmente una única polaridad y pueden ser positivas o negativas. Preferentemente, las partículas cargadas dentro de cada tipo tienen una movilidad electroforética similar, y preferentemente se mueven uniformemente dentro del fluido de suspensión en respuesta a un campo eléctrico aplicado.
- En las realizaciones, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 17, 15 y 14 están provistas de la capacidad de moverse sobre la superficie de las protuberancias que se proyectan en el medio electroforético en respuesta a un campo eléctrico. Además de tener un campo eléctrico suficientemente fuerte para desviar partículas cargadas sobre la superficie de un sólido, las partículas también usan uno o más de impedimento estérico, repulsión electrostática o incompatibilidad química/funcional con la superficie de una protuberancia.
- Los medios electroforéticos descritos en el presente documento pueden usarse en las celdas electroforéticas, películas atenuadoras de luz y dispositivos de visualización descritos en el documento EP 3 396 446 B. Se apreciará que cualquier dispositivo electroforético que tenga uno o más estados de luz transparentes puede usarse igualmente como un sustituto a los dispositivos electroforéticos del presente documento una vez que se aplican los medios electroforéticos reflectantes de infrarrojos y los métodos descritos en el presente documento. Las figuras que muestran estados de luz de las realizaciones pueden ser los estados de luz de un dispositivo de control solar o los estados de luz de una sección de celda electroforética correspondiente a un píxel de matriz activa.
- En las realizaciones, las partículas cargadas 17 proporcionan la capacidad de apagar (véase la figura 2A) y encender (véase la figura 2B) el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior (reflejando selectivamente el espectro infrarrojo de la luz solar) en sincronización con el apagado y el encendido de la iluminación de la luz solar (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar) usando el primer y segundo estados de luz respectivamente. Y, usando los estados de luz intermedios, las realizaciones proporcionan la capacidad de variar el calentamiento infrarrojo solar y la iluminación de luz solar en sincronía (véanse las figuras 5C y 5D).
- En las realizaciones, las partículas cargadas reflejan el 33 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar, y más preferentemente el 50 % o más, y lo más preferentemente el 65 % o más. Preferentemente, las partículas 17 reflejan la radiación térmica (es decir, infrarrojos de onda larga) así como el espectro infrarrojo de la luz solar. En las realizaciones, las partículas cargadas 17 reflejan el espectro infrarrojo de la luz solar con un bajo nivel de absorción y calor consecuente. En las realizaciones, las partículas cargadas 17 reflejan de manera difusa el espectro infrarrojo de la luz solar y, en este sentido, las realizaciones que usan una media de partículas grandes (es decir, aproximadamente 1 micrómetro) reflejan de manera difusa el infrarrojo con más fuerza que aquellas que usan una media de partículas pequeñas (aproximadamente 300 nm).
- Como se ha descrito anteriormente, el calentamiento de las partículas cargadas 17 inducido por la exposición a la luz solar se reduce aproximadamente a la mitad al reflejar el espectro infrarrojo de la luz solar en comparación con las partículas cargadas de negro de carbón o cromita de cobre (es decir, aquellas que absorben todas las bandas de luz solar). Esto reduce la acumulación de calor (y la temperatura de funcionamiento) en realizaciones de pantalla exterior y realizaciones de control solar.
- En las realizaciones, las partículas cargadas aparecen negras y un medio que contiene partículas 17 con una carga suficientemente alta tiene la capacidad de proporcionar un primer estado de luz con una apariencia negra, así como estados de luz intermedios entre el primer y segundo estados de luz con una apariencia teñida de negro.
- Las figuras 2A a 3B mostraron que el medio electroforético tiene la capacidad de regular la transmisión solar y proporcionar reflectancia infrarroja de luz solar directa y variable y transmitancia de luz solar (visible + infrarroja) variable.
- El colorante adecuado para su uso en partículas cargadas reflectantes de infrarrojos 17 que absorben la luz solar visible puede ser una mezcla de pigmentos de óxido metálico (en particular en forma de hematita), o una mezcla de pigmentos coloreados inorgánicos complejos, o una mezcla o combinación de estos dos. Poseen una excelente solidez a la luz y se han probado en pintura de alto rendimiento para aplicaciones al aire libre.
- El colorante (o mezclas de colorantes) que tiene una propiedad de absorción de visible que refleja el infrarrojo de la luz solar para su uso en tintas electroforéticas de las realizaciones se selecciona de los siguientes, o mezclas de algunos de los siguientes: una espinela formulada principalmente con níquel, manganeso, cromo, y hierro (es decir, C.I. Pigmento negro 30), una mezcla de ftalocianina de cobre halogenada (es decir, C.I. Pigmento verde 7) y diimida de ácido perilentetracarboxílico (es decir, C.I. Pigmento violeta 29), óxido de hierro y cromo (por ejemplo, Fe_2O_3 y Cr_2O_3 hematita),

5 óxido de hierro y manganeso que comprende un elemento seleccionado del grupo: carbonato de magnesio, silicio, calcio, aluminio, bario o estroncio, óxido de manganeso y estroncio (por ejemplo, Sr_2MnO_4), óxido de manganeso y estroncio dopado (por ejemplo, dopado con magnesio), óxido de manganeso y calcio (por ejemplo, Ca_2MnO_4), óxido de calcio y manganeso dopado, óxido de bario y manganeso (por ejemplo, Ba_2MnO_4), óxido de bario y manganeso dopado, óxido de manganeso y vanadio (por ejemplo, $\text{Mn}_2\text{V}_2\text{O}_7$), óxido de vanadio y manganeso dopado, óxido de manganeso y bismuto (por ejemplo, $\text{Bi}_2\text{manganeso}_{40}$), óxido de manganeso y bismuto dopado, óxido de manganeso e itrio (por ejemplo, YMnO_3), óxido de manganeso y lantano (por ejemplo, LaMnO_3), óxido de manganeso y cerio (por ejemplo, CeMnO_3) y óxido de manganeso y praseodimio (por ejemplo, PrMnO_3).

10 En las realizaciones, se prefieren el óxido de calcio y manganeso, el óxido de estroncio y manganeso, el óxido de bario y manganeso o sus materiales dopados equivalentes. Estos pigmentos de óxido de manganeso se describen en el documento US6.416.868 de DMC2, por ejemplo, para su uso en pintura negra. Los tipos de pigmento adecuados están disponibles como 10201 y 10203 Eclipse Black de Ferro Corporation (véase www.ferro.com).

15 Los pigmentos de óxido metálico enumerados se pueden preparar usando un proceso de calcinación como se conoce en la técnica anterior de colorantes (o cualquier proceso adecuado de la técnica anterior). En un proceso de calcinación, se pueden usar óxidos o compuestos tales como sulfato, carbonato o hidróxido. Después del proceso de calcinación, el pigmento se muele mediante molienda.

20 Los colorantes enumerados proporcionan partículas cargadas 17 negras, reflectantes de infrarrojos para la tinta electroforética de las realizaciones. En uso, los colorantes enumerados proporcionan resistencia a altas temperaturas, resistencia a productos químicos en el fluido de suspensión (cuando se revisten/encapsulan por la capa dieléctrica de una partícula para que las partículas de pigmento no estén en contacto directo con un fluido de suspensión) y resistencia a la intemperie (en combinación con un filtro UV separado tal como en una capa intermedia en un laminado de vidrio). La durabilidad de las químicas de los colorantes enumerados se ha probado en formulaciones de pintura usadas para aplicaciones arquitectónicas, automotrices, marinas o aeronáuticas. En relación con este último punto, cualquier química de colorante negro probada en una formulación de pintura para exteriores para reflejar significativamente el espectro infrarrojo de la luz solar es adecuada para su incorporación en las partículas cargadas de una realización.

30 En las realizaciones, las partículas cargadas 15 son capaces de responder a un campo eléctrico aplicado al medio y moverse a través del fluido de suspensión 25 sobre la superficie de las protuberancias que se proyectan en el medio. En un primer estado de luz extrema, las partículas 15 son capaces de extenderse al máximo para encontrarse en la trayectoria de la luz solar a través del medio y para reflejar sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar y transmitir el espectro visible. En un segundo estado de luz extrema, las partículas 15 son capaces de concentrarse al máximo para eliminarlas de la trayectoria de la luz solar a través del medio y para transmitir sustancialmente los espectros infrarrojo y visible de la luz solar a través del medio. En las realizaciones, las partículas cargadas 15 son capaces de moverse entre el primer y el segundo estados de luz para proporcionar al menos un estado de luz intermedio entre el primer y el segundo estado. En algunas realizaciones, el acceso visual a través del medio se mantiene para todos los estados de luz; en realizaciones alternativas, el primer estado de luz puede parecer débilmente translúcido (es decir, transmite luz cuasi difusa) restringiendo el acceso visual, mientras que el segundo estado de luz proporciona acceso visual sin restricciones (es decir, transmite luz especular y parece ópticamente transparente). En la última realización, el acceso visual puede estar suficientemente restringido en el primer estado de luz para que el medio niegue el acceso visual (es decir, transmite luz fuertemente difusa) y parece translúcido.

40 Las partículas cargadas 15 desacoplan el espectro infrarrojo de la luz solar del espectro visible para proporcionar al medio electroforético la capacidad de apagar (véase la figura 1A) y encender (véase la figura 1B) el calentamiento infrarrojo solar de un entorno interior mientras se mantiene la transparencia a la luz visible. Y, usando los estados de luz intermedios, las realizaciones proporcionan la capacidad de variar el calentamiento infrarrojo solar (véanse las figuras 5C y 5D). Al mantener la transparencia a la luz visible, la iluminación de la luz solar de un entorno interior permanece casi constante incluso aunque el calentamiento solar del entorno interior se pueda conmutar independientemente para proporcionar un calentamiento solar adaptable a la intemperie. En las realizaciones, las partículas cargadas 15 son espectralmente selectivas (es decir, selectivas en longitud de onda en el espectro infrarrojo de la luz solar) y proporcionan un medio electroforético con la capacidad de funcionar como una capa espectralmente selectiva eléctricamente conmutable (es decir, activa) para infrarrojo de luz solar.

50 En las realizaciones, las partículas cargadas 15 reflejan el 33 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar, y más preferentemente el 50 % o más, y lo más preferentemente el 65 % o más. Preferentemente, las partículas 15 reflejan la radiación térmica (es decir, infrarrojos de onda larga) así como el espectro infrarrojo de la luz solar.

55 Como se ha descrito anteriormente, las partículas cargadas 15 resisten apreciablemente el calentamiento cuando se exponen a la luz solar intensa reflejando el espectro infrarrojo de la luz solar y transmitiendo el espectro visible. Las figuras 1A a 1B mostraron que el medio electroforético tiene la capacidad de regular la transmisión de infrarrojos solares proporcionando una reflectancia infrarroja de luz solar directa y variable usando sus estados de luz intermedios.

Los materiales selectivos en longitud de onda que transmiten luz visible y reflejan luz infrarroja para su uso en partículas cargadas 15 de las realizaciones contienen electrones libres, son conductores y poseen una frecuencia de plasma que corresponde a una longitud de onda de plasma (es decir, $(\text{velocidad de la luz en el material})/(\text{frecuencia de plasma})$). A

una longitud de onda más larga que la longitud de onda de plasma de un material, la luz incidente se refleja (y se absorbe en menor medida) ya que los electrones libres pueden responder a esta frecuencia y, a la inversa, a una longitud de onda más corta, la luz incidente se transmite ya que los electrones libres no pueden responder. La longitud de onda de plasma disminuye proporcionalmente con la raíz cuadrada de la concentración de electrones libres, y en las realizaciones cae adyacente, o preferentemente en, el espectro infrarrojo de la luz solar y preferentemente está adyacente o cerca del espectro visible. En las realizaciones, la longitud de onda de plasma de un material conductor se selecciona para reflejar sustancialmente parte o todo el espectro infrarrojo de la luz solar. La frecuencia angular de plasma ω_p y la longitud de onda de plasma λ_p se dan en la técnica anterior mediante:

$$\omega_p = 2 \pi c / \lambda_p = [N_e e^2 / \epsilon_0 m^*]^{1/2}$$

10 N_e = la densidad de electrones libres,

m^* = masa de electrones efectiva,

e = carga electrónica,

c = velocidad de la luz,

ϵ_0 = constante dieléctrica

15 En las realizaciones, el material conductor selectivo en longitud de onda adecuado se selecciona para tener una longitud de onda de plasma dentro del intervalo de 0,65 a 2,0 micrómetros, y preferentemente de 0,7 a 1,75 micrómetros, y lo más preferentemente de 0,725 a 1,5 micrómetros. El material conductor se proporciona en una forma suficientemente delgada para transmitir el espectro visible con un nivel de atenuación aceptablemente bajo (por ejemplo, 30 % o menos de atenuación). El material también debe ser lo suficientemente delgado para seleccionar una resistividad correspondiente a la longitud de onda de plasma requerida de un material.

El material conductor selectivo en longitud de onda que transmite sustancialmente el espectro visible de la luz solar y refleja el espectro infrarrojo de la luz solar puede ser un solo material o una mezcla de materiales, y se selecciona de compuestos metálicos, metales dopados y semiconductores, y se proporciona con una resistividad y espesor de material (por ejemplo, el diámetro de una partícula de material) para obtener la longitud de onda de plasma seleccionada.

25 El material conductor adecuado para obtener una longitud de onda de plasma en o adyacente al espectro infrarrojo de la luz solar incluye óxidos metálicos, nitruros metálicos, oxinitruros metálicos y sulfuros metálicos, y estos materiales pueden doparse con antimonio o flúor (o compuestos de estos), o con compuestos de boruro, compuestos de estaño o compuestos de aluminio. Los siguientes semiconductores son material conductor adecuado para obtener esta longitud de onda de plasma: óxido de indio dopado con estaño (es decir, ITO), óxido de estaño dopado con antimonio (es decir, ATO), óxido de estaño dopado con óxido de antimonio, hexaboruro de lantano, óxido de zinc dopado con aluminio, óxido de zinc dopado con indio, óxido de zinc dopado con estaño, óxido de zinc dopado con silicio, óxido de zinc dopado con flúor, óxido de zinc dopado con galio, óxido de estaño dopado con flúor, óxido de estaño y cadmio, óxido de wolframio, compuesto de óxido de wolframio, óxido de cobalto, óxido de cromo, óxido de hierro, óxido de níquel, nitruro de titanio o hexaboruro de cerio. En las realizaciones, se prefieren ITO, ATO y hexaboruro de lantano como material conductor de transmisión de luz visible y reflectante de infrarrojos para su uso en partículas cargadas, y lo más preferido es una mezcla de los tres materiales conductores.

En las realizaciones, el material de transmisión de luz visible que refleja infrarrojos está en forma de partículas finas que son lo suficientemente finas como para que la interacción con la luz visible sea insignificante cuando se dispersa dentro del núcleo de una partícula cargada más grande. Esto requiere que aproximadamente el 90 % (o más) de la distribución de una partícula reflectante de infrarrojos se encuentre en el intervalo de tamaño de 5 nm a 50 nm, y preferentemente de 5 nm a 30 nm. En este documento, este intervalo de tamaño se denomina ultrafino. La figura 13 muestra partículas transmisoras de luz visible ultrafinas, reflectantes de infrarrojos, dispersadas dentro del núcleo de polímero de partículas cargadas 700, 701 y 702 más grandes. En otras realizaciones, las partículas infrarrojas ultrafinas pueden tener un revestimiento exterior dieléctrico y una capa de carga (que incluye impedimento estérico) aplicada de modo que las partículas ultrafinas sean en sí mismas partículas cargadas como se muestra en la figura 21.

En un conjunto de partículas preferido (es decir, que comprende ITO, ATO y hexaboruro de lantano), ATO tiene la longitud de onda de plasma más larga (aproximadamente 1,4 micrómetros), el siguiente es ITO (aproximadamente 1 micrómetro) y el más corto es el hexaboruro de lantano (aproximadamente 0,78 micrómetros). Las partículas ultrafinas de ATO, ITO y hexaboruro de lantano (o cualquiera de los materiales enumerados anteriormente) pueden usarse como únicas partículas transmisoras de luz visible reflectantes de infrarrojos en el medio electroforético, o ventajosamente se usan como un conjunto de partículas ultrafinas que reflejan el infrarrojo en el medio electroforético para lograr una reflexión infrarroja significativa sin una absorción significativa de aproximadamente 0,78 micrómetros a 2,5 micrómetros (infrarrojo de luz solar). El hexaboruro de lantano se puede usar en un conjunto con ITO o ATO, pero esto es menos efectivo que usar los tres en un conjunto. Las partículas ultrafinas de ITO están disponibles en American Elements Inc. (EE. UU.) o Mitsui Kinzoku Co. Ltd (JP). Las partículas ultrafinas de ATO están disponibles en American Elements Inc. (EE. UU.) o Sumitomo Osaka Cement Co. Ltd (JP), y las partículas ultrafinas de hexaboruro de lantano están disponibles en American Elements Inc. (EE. UU.).

En algunas realizaciones, partículas transmisoras de luz visible ultrafinas reflectantes de infrarrojos se dispersan con pigmento negro en el núcleo de una partícula cargada para aumentar la reflectancia infrarroja de una partícula cargada negra en un primer estado de luz.

La figura 13 muestra un conjunto de partículas cargadas reflectantes de infrarrojos ultrafinas (sinónimas de partículas transmisoras de luz visible, reflectantes de infrarrojos) dispersas dentro del núcleo de partículas cargadas más grandes. No se muestra la estabilización/impedimento estérico en la superficie de las partículas cargadas y los elementos que dan lugar a la carga superficial, pero estos son similares a las partículas cargadas de la técnica anterior (para luz visible) para su uso en pantallas electroforéticas como se ha analizado anteriormente. Las partículas ultrafinas de ITO 750 (típicamente de 20 nm a 50 nm) se dispersan aleatoriamente en el núcleo de polímero 740 de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 700 (típicamente de 300 a 1000 nm); las partículas ultrafinas de ATO 751 se dispersan aleatoriamente en el núcleo de polímero 740 de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 701; y las partículas ultrafinas de lantano-hexaboruro 752 se dispersan aleatoriamente en el núcleo de polímero 740 de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 702. La mezcla de las partículas ultrafinas en la resina de núcleo usada para formar partículas cargadas puede usar cualquier técnica adecuada, tal como un mezclador Zeppelin Reimelt, un mezclador planetario, un homogeneizador o un mezclador ultrasónico.

En peso, el porcentaje de partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos y transmisoras de luz visible dispersas en las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 700, 701 o 702 es inferior al 25 %, y más preferentemente inferior al 15 %, y lo más preferentemente inferior al 10 %. En peso, la cantidad de material de ITO a ATO usado en partículas cargadas (es decir, 700 a 701) puede ser igual en el medio electroforético, o cualquiera puede ser mayoritario. El hexaboruro de lantano se usa como un porcentaje del peso combinado de ITO, ATO y material de hexaboruro de lantano, y como un porcentaje del peso combinado en el medio electroforético, el hexaboruro de lantano es del 0,1 % al 25 %, más preferentemente del 1 % al 15 %, y lo más preferentemente del 3 % al 10 %.

En la partícula cargada 702, la cantidad de partículas ultrafinas de lantano-hexaboruro 752 se muestra como la misma que para la partícula cargada de ATO 700 y para la partícula cargada de ITO 701. Estas partículas cargadas se pueden combinar en el medio electroforético en los porcentajes dados. Como alternativa, una partícula cargada 702 puede contener menos hexaboruro de lantano que las partículas correspondientes que contienen ITO y ATO. La partícula cargada selectiva en longitud de onda 703 mostrada en la figura 14 es similar a las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 700, 701 y 702, excepto que se incluye una mezcla de partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos de ITO, ATO y hexaboruro de lantano en una única partícula cargada 703. En la partícula cargada 703, el peso de hexaboruro de lantano usado como porcentaje del peso combinado de las partículas ultrafinas de ITO, ATO y hexaboruro de lantano permanece como se ha indicado anteriormente en relación con la figura 13 para el medio electroforético.

Las partículas ultrafinas de ATO, ITO y hexaboruro de lantano dispersas en partículas cargadas transmiten sustancialmente la luz visible pero con una transmisión espectral no uniforme asociada que conduce a un tinte de color indeseable (es decir, no neutro) en las realizaciones. Por ejemplo, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda en el medio electroforético en un primer estado de luz pueden transmitir luz visible con un tinte amarillo-verde. En las realizaciones, se pueden añadir partículas de pigmento de color ultrafinas o partículas de colorante para complementar el tinte de color de las partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos de modo que la luz visible transmitida por la celda electroforética parezca neutra (es decir, sin un tinte de color aparente) en estados de luz o con un tinte de color deseado.

La figura 15 muestra un conjunto de partículas cargadas rojas (704), verdes (705) y azules (706) que usan partículas de pigmento rojo ultrafinas 753, partículas de pigmento verde ultrafinas 754 y partículas de pigmento azul ultrafinas 755 respectivamente similares a la forma anterior de partículas en la figura 13. El peso de partículas ultrafinas de color complementario (o material de colorante de color) utilizado como porcentaje del peso combinado con ITO, ATO y material de hexaboruro de lantano (es decir, como porcentaje de la suma de color complementario y material reflectante de infrarrojos) en el medio electroforético es del 0,1 % al 20 % y, preferentemente, del 0,5 % al 10 %. El nivel de material de color complementario añadido debe ser suficiente para complementar perceptiblemente el tinte de color del material de transmisión de luz visible que refleja infrarrojos, pero preferentemente no es tan alto como para reducir significativamente la transmisión de luz visible.

En la partícula cargada 707 de color complementario mostrada en la figura 16, las partículas de pigmento ultrafinas se combinan en una proporción que complementa el tinte de color de las partículas reflectantes de infrarrojos ultrafinas. Por ejemplo, las partículas rojas ultrafinas 753 y las partículas azules ultrafinas 755 se pueden usar para complementar el tinte de color amarillo-verde de la luz transmitida por las partículas reflectantes de infrarrojos ultrafinas en una relación de rojo a azul de aproximadamente 2. En la figura 17, una partícula cargada selectiva en longitud de onda 708 tiene una mezcla de partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos 750, 751 y 752 y partículas ultrafinas de color complementario 753 y 755.

La realización 291 mostrada en la figura 18 muestra partículas cargadas apiladas adyacentes a un electrodo superior en un primer estado de luz. Los otros elementos de la celda electroforética de una realización no se muestran, pero son similares a la realización 280. El medio electroforético 730 tiene un fluido de suspensión 720 y una mezcla de partículas cargadas selectivas en longitud de onda 700, 701 y 702, cada una con un único tipo de partícula ultrafina, y partículas cargadas de color complementario 704 y 706, de manera similar, cada una con un único tipo de partícula ultrafina. El porcentaje de masa de cada tipo de partícula cargada con respecto a la suma de la masa de todas las partículas cargadas

(es decir, reflectantes de infrarrojos y de color complementario) en el medio electroforético se proporcionó anteriormente (en función de la masa de material en cada partícula cargada). Se apreciará que al describir la realización 280 anteriormente en relación con las figuras 1A y 1B, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15 se describieron como un único tipo de partícula cuando, en la práctica, un medio electroforético reflectante de infrarrojos puede comprender una mezcla de partículas cargadas selectivas en longitud de onda y partículas cargadas de color complementario (por ejemplo, como se muestra en la realización 291) para construir la funcionalidad descrita para el segundo tipo de partícula (es decir, las partículas 15).

La realización 292 mostrada en la figura 19 muestra partículas cargadas apiladas adyacentes a un electrodo superior 60 en un primer estado de luz y es similar a la figura 18. El medio electroforético 731 tiene un fluido de suspensión 721 y una mezcla de partículas cargadas selectivas en longitud de onda 703 (que son una mezcla de diferentes partículas ultrafinas que reflejan el infrarrojo) y partículas cargadas de color complementario 707 (que son una mezcla de diferentes partículas ultrafinas de color). Se apreciará que, en la práctica, un medio electroforético reflectante de infrarrojos puede comprender una mezcla de partículas cargadas selectivas en longitud de onda y partículas cargadas de color complementario, siendo cada una de estas partículas cargadas mezclas de partículas ultrafinas de diferentes tipos como se muestra en la realización 292.

La realización 293 mostrada en la figura 20 muestra partículas cargadas apiladas adyacentes a un electrodo superior 60 en un primer estado de luz y es similar a las figuras 18 y 19. El medio electroforético 732 tiene un fluido de suspensión 722 y un único tipo de partícula cargada de longitud de onda selectiva 708 que en sí mismo es una mezcla de diferentes partículas ultrafinas reflectantes de infrarrojos y diferentes partículas de color complementario ultrafinas. En relación con la descripción anterior de la realización 280, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 708 se corresponden directamente con las partículas cargadas selectivas en longitud de onda 15. Las realizaciones 291, 292 y 293 difunden la luz visible transmitida en el primer estado de luz en diversos grados dependiendo del desajuste del índice de refracción entre sus partículas cargadas y el fluido de suspensión. Para minimizar el desajuste del índice de refracción, se selecciona un polímero de núcleo de partícula cargada 740 para que coincida con el índice (es decir, aproximadamente 0,002 o menos) con el índice del fluido de suspensión. Sin embargo, las partículas conductoras y de color ultrafinas dispersas elevan el índice de la partícula resultante, lo que provoca cierta dispersión de la luz. En otras realizaciones, se requiere una fuerte difusión de la luz y se selecciona un polímero de núcleo de partícula cargada 740 para que no coincida significativamente con el fluido de suspensión (es decir, aproximadamente 0,01 o más).

La figura 21 tiene similitudes con la figura 13 y muestra un conjunto de partículas cargadas selectivas en longitud de onda excepto que en la figura 21 cada partícula cargada es una única partícula ultrafina (es decir, el 90 % de la distribución de partículas se encuentra en el intervalo de tamaño de 5 nm a 50 nm). La partícula cargada selectiva en longitud de onda 709 tiene un núcleo de partícula de ITO ultrafino; la partícula cargada selectiva en longitud de onda 710 tiene un núcleo de partícula de ATO ultrafino; y la partícula cargada selectiva en longitud de onda 711 tiene un núcleo de partícula de hexaboruro de lantano ultrafino. Estas partículas cargadas ultrafinas tienen un núcleo conductor y están revestidas con (o encapsuladas por) un material dieléctrico tal como un polímero o un óxido de silicio. No se muestra la estabilización/impedimento estérico en la superficie de partículas cargadas ultrafinas y elementos de carga superficial, pero estos son similares a las partículas cargadas de la técnica anterior (para luz visible) para su uso en pantallas electroforéticas como se ha analizado anteriormente.

La figura 22 es similar a la figura 15 y muestra un conjunto de partículas cargadas de color complementario para su uso con partículas cargadas selectivas en longitud de onda excepto que en la figura 22 cada partícula cargada es una única partícula de pigmento o colorante ultrafina. La partícula cargada de color complementario 712 tiene un núcleo de partícula roja ultrafina; la partícula cargada de color complementario 713 tiene un núcleo de partícula verde ultrafina; y la partícula cargada complementaria de color 714 tiene un núcleo de partícula azul ultrafina. De manera similar a las partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas, las partículas cargadas de color complementario ultrafinas tienen su núcleo revestido con (o encapsulado por) un material dieléctrico tal como un polímero o un óxido de silicio, y la estabilización/impedimento estérico y carga se aplica a esta superficie dieléctrica (no mostrado en la figura 22).

En la realización 294 mostrada en la figura 23, las partículas cargadas ultrafinas se apilan como una cuasi redícula en un primer estado de luz. El espacio entre partículas es suficientemente pequeño (de < 1 nm a unos pocos nm) y la redícula es suficientemente uniforme como para que la transmisión de luz visible por partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas tenga una dispersión de luz casi insignificante (o menor). El rayo de luz solar 1675 tiene su espectro visible transmitido sustancialmente por partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas apiladas (cuasi redícula) mientras que el espectro infrarrojo se refleja sustancialmente (véase el rayo reflejado 1676).

En la figura 23, las partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas se mezclan con un porcentaje relativo bajo de partículas cargadas de color complementario ultrafinas en el medio electroforético 733 que tiene un fluido de suspensión 723. El peso porcentual de cada tipo de partícula cargada ultrafina con respecto a la suma de los pesos de todas las partículas cargadas ultrafinas (es decir, reflectantes de infrarrojos y de color complementario) en el medio electroforético 733 se describió anteriormente (es decir, con respecto al material de partículas ultrafinas de núcleo).

La transmisión de luz visible a través de una cuasi redícula de partículas ultrafinas puede tener una transmisión espectral no uniforme asociada que surge de la estructura de cuasi redícula. Esto se suma a la transmisión espectral no uniforme de los materiales de transmisión de luz visible reflectantes de infrarrojos utilizados en un conjunto de partículas selectivas

en longitud de onda ultrafinas, y los efectos dan lugar a un tinte de color. En las realizaciones, se usan partículas cargadas de color complementario ultrafinas para negar la transmisión espectral no uniforme de materiales reflectantes infrarrojos, y la transmisión espectral no uniforme de partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas que surgen de la estructura de cuasi red de estados de luz.

5 En la figura 23, el espesor en el eje z de una capa que comprende partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas apiladas (con un porcentaje relativo bajo opcional de partículas cargadas de color complementario ultrafinas) en un primer estado de luz se indica mediante la dimensión 1070. En las realizaciones, el espesor de una capa que comprende partículas cargadas ultrafinas apiladas en un primer estado de luz es de 20 nm a 300 nm, más preferentemente de 30 nm a 200 nm, y lo más preferentemente de 50 nm a 150 nm. Por el contrario, el diámetro de una
10 partícula cargada selectiva en longitud de onda que tiene partículas ultrafinas dispersas en su núcleo (véanse las figuras 13, 14 y 17) es típicamente de 300 nm a 1000 nm, y tales partículas cargadas se apilan en un primer estado de luz (como se muestra en las figuras 18, 19 y 20 respectivamente) con un espesor de tres o más veces el de la dimensión 1070 en la realización 294.

15 La descripción de la realización anterior 280 (véanse las figuras 1A y 1B) es igualmente aplicable a las realizaciones 291, 292, 293 y 294. Las últimas realizaciones son ejemplos específicos de la funcionalidad de la realización representada por 280.

En la descripción anterior, los materiales reflectantes de infrarrojos adecuados tienen una longitud de onda de plasma adyacente o en el espectro infrarrojo de la luz solar, y los materiales conductores transmiten luz visible en espesores de escala de nm. El pigmento o material colorante complementa la transmisión de luz visible no uniforme de los materiales
20 reflectantes de infrarrojos, y el pigmento o material colorante no tuvo un papel en la absorción o reflexión del espectro infrarrojo de la luz solar. En algunas realizaciones se usa pigmento o material colorante suplementario para absorber o reflejar (es decir, rechazar) parte del espectro infrarrojo de la luz solar, y en particular luz infrarroja en la región de 0,78 micrómetros a 1,2 micrómetros. En este sentido, este pigmento de rechazo de infrarrojos o material colorante reemplaza o complementa el hexaboruro de lantano (véase la descripción anterior).

25 El pigmento de rechazo de infrarrojos o material colorante puede usarse en realizaciones como partículas ultrafinas dispersas en el núcleo de partículas cargadas más grandes o combinadas con las partículas ultrafinas ya descritas (por ejemplo, ITO, ATO o hexaboruro de lantano) dentro de partículas cargadas como según las figuras 13 a 19. Como alternativa, las partículas ultrafinas de pigmento (o colorante) de rechazo de infrarrojos pueden ser en sí mismas partículas cargadas y combinadas con las partículas cargadas selectivas en longitud de onda ultrafinas ya descritas en relación con
30 las figuras 21 a 23.

El pigmento de rechazo de infrarrojos o material colorante adecuado rechaza significativamente más luz en el espectro infrarrojo de la luz solar que en el espectro visible. Por ejemplo, un material adecuado tiene una absorbancia de cuatro veces o más para el infrarrojo de luz solar que para la luz visible. Las partículas de color complementario ultrafinas se pueden usar en realizaciones para complementar el color de la luz visible transmitida por partículas de pigmento o
35 colorante de rechazo de infrarrojos (como se ha descrito anteriormente en relación con partículas ultrafinas de ITO, ATO y hexaboruro de lantano).

Los materiales o compuestos de pigmentos o colorantes infrarrojos adecuados para su uso para complementar el perfil de rechazo de infrarrojo de luz solar en el medio electroforético de las realizaciones se seleccionan de los siguientes: diimonio, aminio, diazeno, cuaterrilrentetracarboxílico diazeno, antraquinona, ftalocianina, bencenoditiol amonio, derivados
40 de tiourea, polimetino, o un complejo metálico de tiol. Se prefiere un compuesto de diimonio. Para información de antecedentes sobre compuestos de diimonio, véase el documento US7.521.006 de Nippon Kayaku. El pigmento de rechazo de infrarrojos y el material colorante adecuados están disponibles en Nippon Kayaku Co. Ltd (JP), Epolin Inc. (EE. UU.) o Mitsui Toatsu Chemical Co. Ltd (JP).

45 En las realizaciones que combinan pigmento de rechazo de infrarrojos o material colorante con material de ITO o ATO, el material de pigmento (o colorante) infrarrojo se proporciona como un porcentaje del peso combinado de ITO, ATO y material de pigmento infrarrojo: como un porcentaje del peso combinado en el medio electroforético es del 0,1 % al 33 %, más preferentemente del 1 % al 25 % y, lo más preferentemente del 3 % al 20 %.

En las disposiciones, las partículas cargadas 14 son capaces de responder a un campo eléctrico aplicado al medio y moverse a través del fluido de suspensión sobre la superficie de las protuberancias que se proyectan en el medio. En un
50 primer estado de luz extrema, las partículas 14 son capaces de extenderse al máximo para permanecer en la trayectoria de la luz solar a través del medio y transmitir sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar y absorber el espectro visible. En un segundo estado de luz extrema, las partículas 14 son capaces de concentrarse al máximo para eliminarlas de la trayectoria de la luz solar a través del medio y para transmitir sustancialmente los espectros infrarrojo y visible de la luz solar a través del medio, proporcionando así acceso visual a través del medio. En las disposiciones, las partículas
55 cargadas 14 son capaces de moverse entre el primer y el segundo estados de luz para proporcionar al menos un estado de luz intermedio entre el primer y el segundo estados.

En las disposiciones, las partículas cargadas 14 transmiten el espectro infrarrojo de la luz solar con un bajo nivel de absorción y calor consecuente.

- En las disposiciones, las partículas cargadas 14 desacoplan el espectro visible de la luz solar del espectro infrarrojo para proporcionar la capacidad de apagar (véase la figura 4A) y encender (véase la figura 4B) la iluminación de la luz solar de un entorno interior (absorbiendo selectivamente el espectro visible de la luz solar) mientras se mantiene el calentamiento infrarrojo solar (transmitiendo el espectro infrarrojo de la luz solar) usando el primer y segundo estados de luz respectivamente. Y, el uso de las disposiciones de estados de luz intermedios proporciona la capacidad de variar la iluminación de la luz solar mientras se mantiene el calentamiento infrarrojo solar.
- En las disposiciones, las partículas cargadas 14 transmiten el 50 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar, y más preferentemente el 60 % o más, y lo más preferentemente el 65 % o más. Preferentemente, las partículas 14 transmiten significativamente radiación térmica (es decir, infrarrojos de onda larga) así como el espectro infrarrojo de la luz solar. Como se ha descrito anteriormente, el calentamiento de las partículas cargadas 14 inducido por la exposición a la luz solar se reduce aproximadamente a la mitad al transmitir el espectro infrarrojo de la luz solar en comparación con las partículas cargadas de negro de carbón o cromita de cobre (es decir, aquellas que absorben todas las bandas de luz solar).
- En las disposiciones, las partículas cargadas 14 aparecen negras y un medio que contiene partículas 14 con una carga suficientemente alta tiene la capacidad de proporcionar un primer estado de luz con una apariencia negra, así como estados de luz intermedios entre el primer y segundo estados de luz con una apariencia teñida de negro. Las figuras 4A y 4B muestran que el medio electroforético tiene la capacidad de proporcionar transmitancia de luz solar visible variable y, en consecuencia, iluminación variable de un entorno interior, y puede denegar el acceso visual en un estado de luz de máxima difusión mientras mantiene la transmitancia infrarroja de la luz solar para proporcionar calentamiento solar. En disposiciones alternativas, el medio electroforético se puede usar en un dispositivo de control solar que tiene un revestimiento espectralmente selectivo separado adyacente a la celda electroforética para reflejar infrarrojo de luz solar a un entorno exterior.
- La propiedad selectiva en longitud de onda de las partículas cargadas de este tercer tipo se deriva del colorante (es decir, pigmento o tinte) dentro del núcleo de las partículas y el colorante adecuado transmite el espectro infrarrojo de la luz solar y absorbe fuertemente el espectro visible. Preferentemente, dicho colorante aparece negro. En las disposiciones, el colorante o la mezcla adecuados se pueden seleccionar de la clase de pigmentos de pintura para exteriores donde los pigmentos muestran una excelente solidez a la luz y a la intemperie con transmitancia demostrable del espectro infrarrojo de la luz solar.
- El colorante (o mezclas de colorantes) transparente a los infrarrojos para su uso en las tintas electroforéticas negras de las disposiciones se selecciona de los siguientes, o mezclas de algunos de los siguientes: negro de anilina, pirazolona, perinona, azo, azometina, cumarina, antraquinona, metano, compuestos metálicos de azo, compuestos metálicos de azometina, compuestos metálicos de metina, quinacridona, dioxazina, isoindolina, isoindolinona, ftalocianina, pirrolopirrol, tioíndigo, vanadato de bismuto y pigmentos de perileno.
- En las disposiciones, se prefiere el pigmento negro de perileno que es un condensado de perileno, dianhídrido/ácido tetracarboxílico y una diamina aromática como el pigmento negro de transmisión de infrarrojos para su uso en el tercer tipo de partículas cargadas selectivas en longitud de onda. Los pigmentos de perileno en el núcleo de las partículas cargadas exhiben una excelente solidez a la luz y a la intemperie cuando se exponen a la luz solar intensa.
- Los tipos de pigmentos de perileno se analizan en los documentos US7.416.601 o US2011/0064935 de BASF, por ejemplo. Un polvo de pigmento de perileno adecuado como materia prima de una mezcla de pigmentos para su uso en el núcleo de partículas cargadas negras de disposiciones incluye BASF Paliogen Black L0086. Este pigmento orgánico absorbe fuertemente la luz visible y tiene un aspecto negro azabache. Tiene una disminución abrupta de la absorción a una longitud de onda de aproximadamente 0,7 micrómetros, lo que permite que se transmita infrarrojo de luz solar. Normalmente, su absorción de infrarrojo de luz solar es del 10 % o menos. En las disposiciones, un pigmento negro de perileno en el núcleo de partículas negras cargadas de una tinta electroforética transmite parcialmente la radiación térmica emitida por partículas cargadas negras o reflejada por un revestimiento de baja emisividad incorporado.
- Si bien la descripción ha sido sobre el pigmento negro de perileno, se apreciará que el pigmento de perileno coloreado se puede usar en disposiciones que requieren un primer estado de luz coloreado. Por ejemplo, los tonos rojos del pigmento de perileno para aplicaciones de alto rendimiento, tales como revestimientos de automóviles, están disponibles en Sun Chemical en su gama Perrindo.
- En algunas disposiciones, una mezcla de pigmentos negros de transmisión de infrarrojos para una tinta electroforética negra también puede incluir una pequeña cantidad de pigmento de dióxido de titanio. La pequeña proporción de dióxido de titanio cuando se añade a una mezcla de perileno negro en una tinta electroforética negra puede ser suficiente para hacer que el infrarrojo de luz solar se refleje parcialmente o casi por completo. Además, una mezcla de pigmentos negros transmisores de infrarrojos también puede incluir cualquier mezcla de materiales ultrafinos, reflectantes de infrarrojos y transmisores de luz visible como se describe más adelante.
- Se han descrito los tres medios electroforéticos, estando cada uno asociado con un tipo de partícula selectiva en longitud de onda particular, pero un medio electroforético también puede contener otros tipos de partículas como se ha descrito anteriormente. Un medio electroforético puede adaptarse para (o ajustarse a) un clima operativo seleccionando el tipo y

la fracción de masa relativa de partículas cargadas selectivas en longitud de onda dentro de su fluido de suspensión, y las mezclas incluyen una de las siguientes:

- a) una mezcla que incluye el primer (17) y el segundo (15) tipos de partículas cargadas, y
- b) una mezcla que incluye el segundo (15) y el tercer tipo de partículas cargadas (14).

- 5 Las figuras 5A a 6B describen medios electroforéticos que tienen partículas cargadas 17 y 15. Ambos tipos de partículas cargadas tienen una movilidad electroforética similar en las figuras 5A a 5D y una movilidad significativamente diferente en las figuras 6A a 6D. En realizaciones que tienen una movilidad similar, los dos tipos se combinan para proporcionar estados de luz comunes con la interacción de la luz solar determinada por la funcionalidad combinada y la fracción relativa (en masa) de cada tipo de partícula para los espectros infrarrojo y visible de la luz solar. En realizaciones alternativas
 - 10 donde la movilidad electroforética media de cada tipo es significativamente diferente (y el intervalo de movilidad suficientemente estrecho para cada tipo), el medio electroforético proporciona la capacidad de estados de luz independientes para cada tipo. En tales realizaciones, los estados de luz incluyen un tipo que se extiende al máximo mientras que otro está concentrado o ambos concentrados o diversas combinaciones de estados de luz intermedios para regular la transmitancia infrarroja de la luz solar, atenuar la luz visible y proporcionar o denegar el acceso visual.
 - 15 Las figuras 7A a 8B describen medios electroforéticos que tienen partículas cargadas 15 y 14. Ambas partículas cargadas tienen una movilidad electroforética similar en las figuras 7A y 7B y una movilidad significativamente diferente en las figuras 8A y 8B.
- En estas realizaciones, los dos tipos de partículas tienen una polaridad común. También es posible que los diferentes tipos puedan tener una polaridad opuesta en un medio electroforético.
- 20 En algunas realizaciones, un medio electroforético comprende además un nivel bajo de partículas cargadas (es decir, el 10 % o menos en masa de todas las partículas cargadas, y preferentemente el 5 % o menos) de un tipo que dispersa la luz visible (por ejemplo, dióxido de titanio) para mejorar la capacidad de las partículas cargadas negras para bloquear el acceso visual en el estado de luz de máxima difusión (es decir, el primer estado de luz).

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control solar (280) que comprende:
 - un primer electrodo (60),
 - un segundo electrodo (60) separado de dicho primer electrodo,
 - entre dichos electrodos, una celda electroforética (380) que contiene una tinta electroforética (35), teniendo dicha tinta partículas cargadas (14, 15, 17) suspendidas en un fluido de suspensión (25) y comprendiendo las partículas cargadas (14, 15, 17) partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) de un segundo tipo, en donde cada partícula del segundo tipo refleja sustancialmente parte del espectro infrarrojo de la luz solar,
 - estando dispuesto el dispositivo de control solar de tal manera que dichas partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) del segundo tipo responden a un campo eléctrico aplicado por dichos electrodos (60) para moverse entre: un primer estado de luz extrema en el que dichas partículas (15) del segundo tipo se extienden al máximo dentro de dicha celda (380) para encontrarse en la trayectoria de la luz solar que entra en la celda (380) a través del primer electrodo (60) y para reflejar el infrarrojo en la luz solar de vuelta a través del primer electrodo (60) y un segundo estado de luz extrema en el que dichas partículas (15) del segundo tipo se concentran al máximo dentro de la celda (380) para eliminarlas de la trayectoria de la luz solar a través de la celda y para transmitir infrarrojos en la luz solar que entra en la celda (380) a través del primer electrodo (60) para salir de la celda (380) a través del segundo electrodo (60);
 - en donde cada partícula de las partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) del segundo tipo transmite sustancialmente luz visible.
2. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo de control solar está dispuesto de tal manera que dichas partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) del segundo tipo se mueven entre dichos primer y segundo estados de luz extremos para proporcionar al menos un estado de luz intermedio entre dicho primer y segundo estados.
3. Un dispositivo que incluye uno de: un atenuador de luz solar, un obturador de luz solar, un modulador de luz solar, una lámina de transmitancia de luz solar variable, una lámina de rechazo de luz solar variable, una lámina de reflectancia de luz solar variable o un dispositivo de evitación de deslumbramiento de luz solar que incorpora el dispositivo de control solar según se reivindica en la reivindicación 1.
4. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha tinta electroforética comprende además partículas cargadas selectivas en longitud de onda (17) de un primer tipo que reflejan sustancialmente una parte significativa del espectro infrarrojo de la luz solar y absorben fuertemente la luz visible.
5. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el dispositivo de control solar está dispuesto de tal manera que dichas partículas cargadas selectivas en longitud de onda (17) del primer tipo responden a dicho campo eléctrico aplicado para moverse entre dicho primer y segundo estados de luz para apagar y encender la transmisión de luz solar infrarroja a través de la celda (383) de manera sincrónica con apagar y encender la transmisión de luz visible a través de las mismas.
6. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dichas partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) del segundo tipo contienen material conductor y el material conductor se proporciona en una forma suficientemente delgada para transmitir con atenuación mínima el espectro visible y exhibe una longitud de onda de plasma seleccionada para reflejar sustancialmente parte o todo el espectro infrarrojo de la luz solar.
7. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el dispositivo de control solar está dispuesto de tal manera que dicha celda electroforética en dicho primer estado de luz refleja difusamente el 33 % o más del espectro infrarrojo de la luz solar.
8. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicha tinta electroforética comprende además partículas cargadas selectivas en longitud de onda (14) de un tercer tipo que transmiten sustancialmente el espectro infrarrojo de la luz solar y absorben el espectro visible.
9. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha celda electroforética comprende la tinta electroforética distribuida en volúmenes discretos, en donde dichos volúmenes de dicha tinta electroforética forman una monocapa adyacente a uno de dichos electrodos (60) en un lado y son adyacentes a una estructura de polímero no plana que comprende una monocapa de protuberancias compactas (2, 3) en el lado opuesto, y las protuberancias (2, 3) se proyectan en los volúmenes, y el dispositivo de control solar está dispuesto de tal manera que en el segundo estado de luz dichas partículas cargadas selectivas en longitud de onda (15) del segundo se mueven sobre la superficie de una protuberancia que se proyecta en uno de dichos volúmenes en respuesta a un campo eléctrico aplicado para concentrarse en el espacio entre las protuberancias (2, 3).
10. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dichas partículas cargadas (17) del primer

- tipo contienen colorante que se selecciona de entre los siguientes: una espinela formulada principalmente con níquel, manganeso, cromo y hierro; una mezcla de ftalocianina de cobre halogenada y diimida de ácido perilentetracarboxílico; óxido de hierro y cromo; óxido de manganeso y hierro que comprende un elemento seleccionado del grupo: carbonato de magnesio, silicio, calcio, aluminio, bario o estroncio; óxido de manganeso y estroncio; óxido de manganeso y estroncio dopado; óxido de calcio y manganeso; óxido de calcio y manganeso dopado; óxido de bario y manganeso; óxido de bario y manganeso dopado; óxido de manganeso y vanadio; óxido de manganeso y vanadio dopado; óxido de manganeso y bismuto; óxido de manganeso y bismuto dopado; óxido de manganeso e itrio; óxido de manganeso y lantano; óxido de manganeso y cerio; y óxido de praseodimio y manganeso; y preferentemente dicho colorante se selecciona de: óxido de manganeso y calcio, óxido de manganeso y estroncio u óxido de manganeso y bario.
- 10 11. Un dispositivo de control solar de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicho material conductor se selecciona de semiconductores que incluyen: óxido de indio dopado con estaño, óxido de estaño dopado con antimonio, óxido de estaño dopado con óxido de antimonio, hexaboruro de lantano, óxido de zinc dopado con aluminio, óxido de zinc dopado con indio, óxido de zinc dopado con estaño, óxido de zinc dopado con silicio, óxido de zinc dopado con flúor, óxido de zinc dopado con galio, óxido de estaño dopado con flúor, óxido de estaño y cadmio, óxido de wolframio, compuesto de
- 15 óxido de wolframio, óxido de cobalto, óxido de cromo, óxido de hierro, óxido de níquel, nitruro de titanio o hexaboruro de cerio; y preferentemente dicho material conductor comprende una mezcla de óxido de indio dopado con estaño, óxido de estaño dopado con antimonio y hexaboruro de lantano.

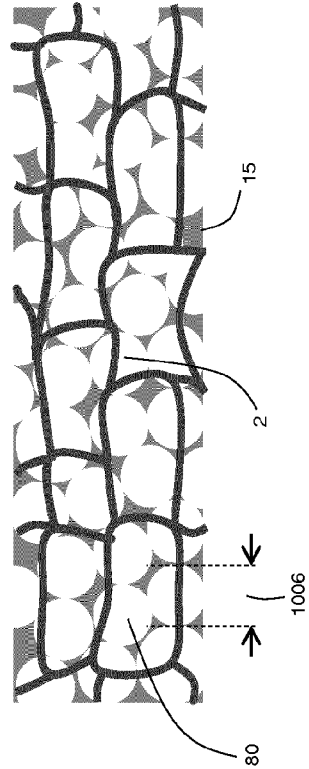
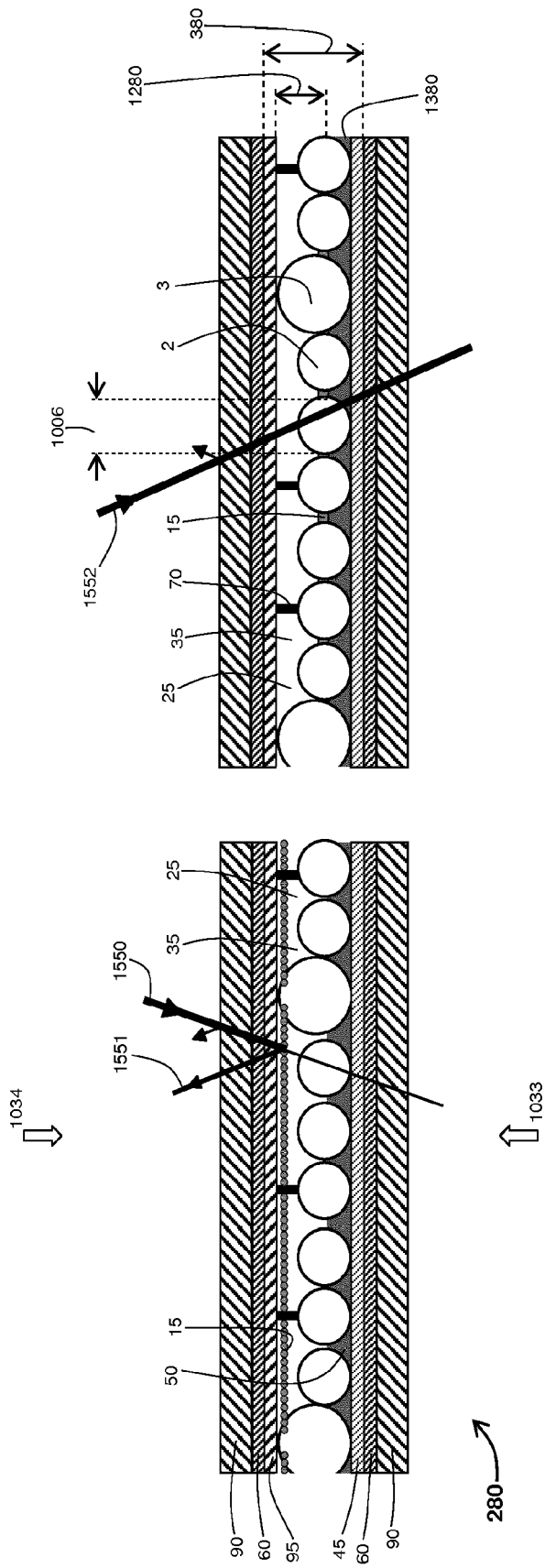


Fig. 1B

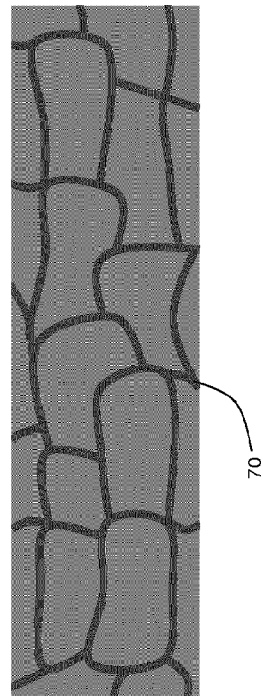


Fig. 1A

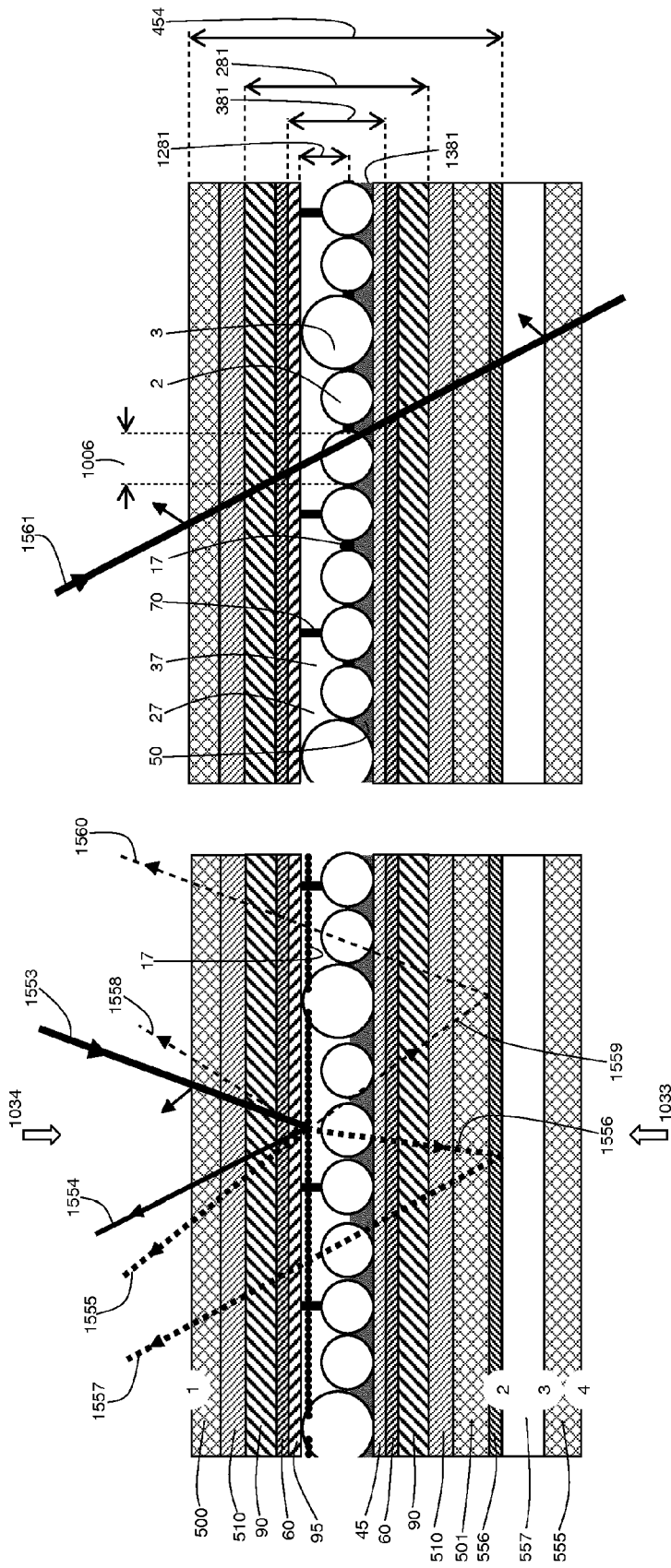


Fig. 2A

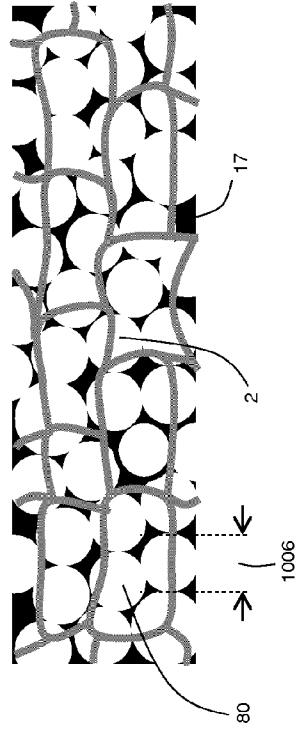


Fig. 2B

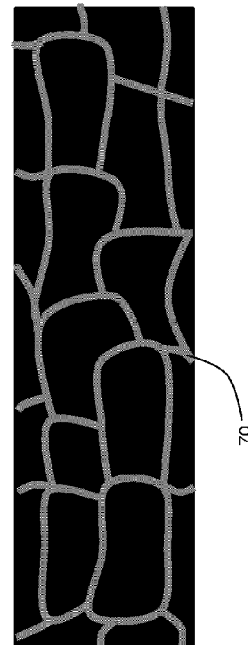
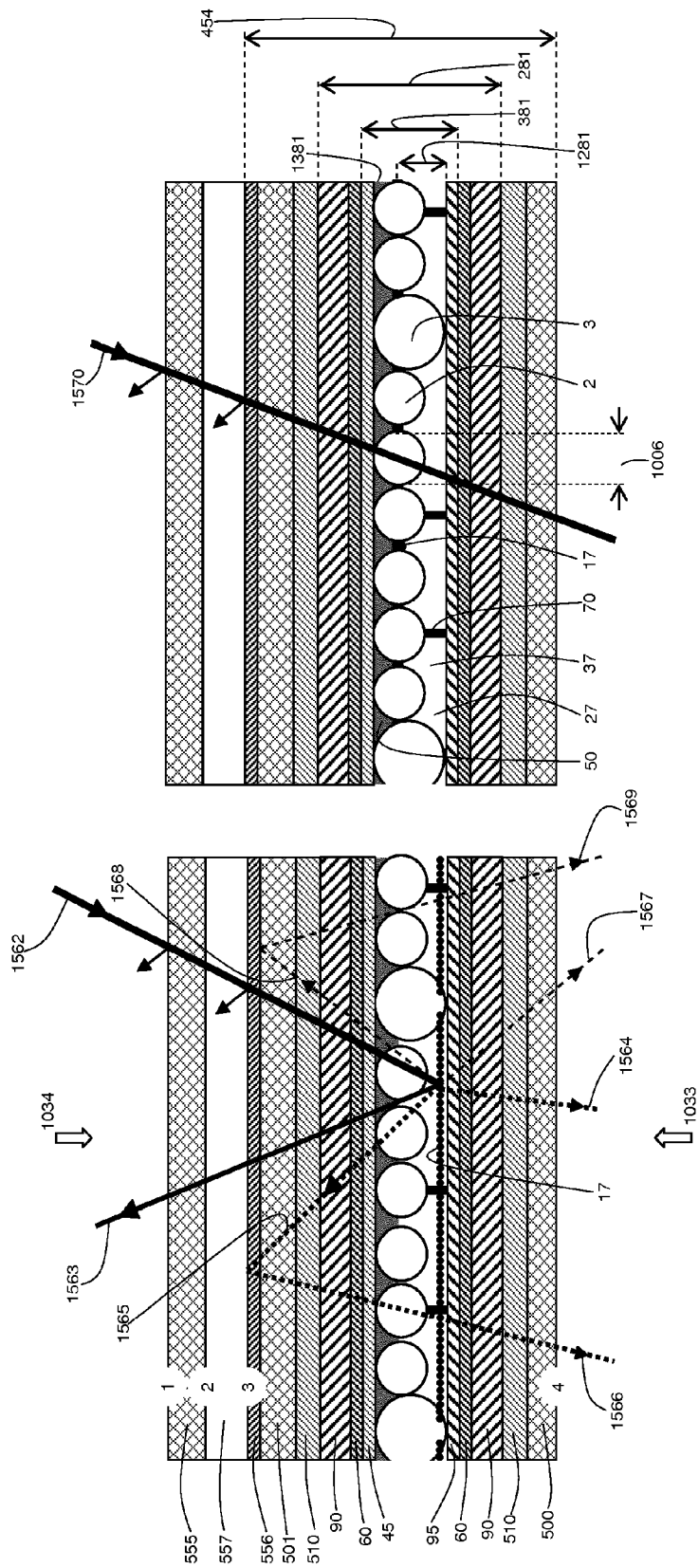


Fig. 3A

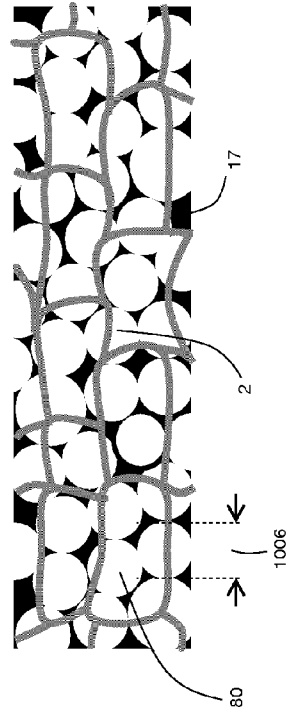


Fig. 3B

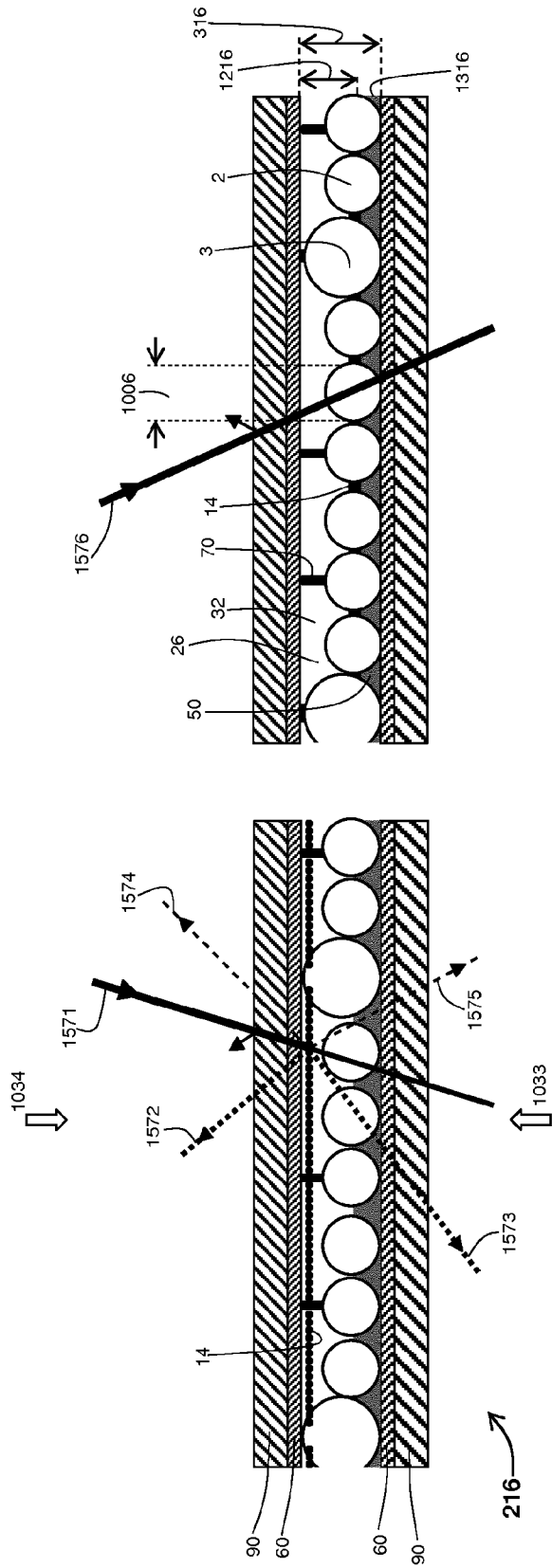


Fig. 4A

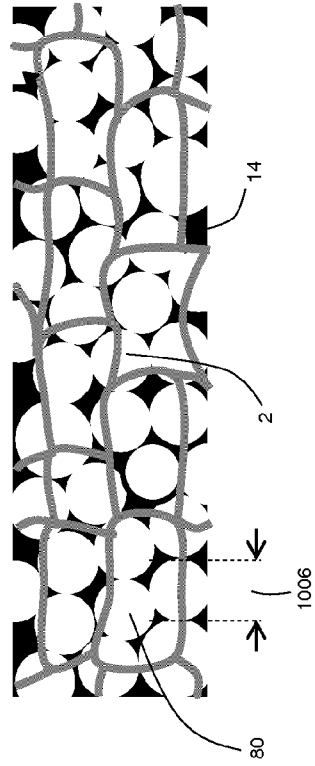


Fig. 4B

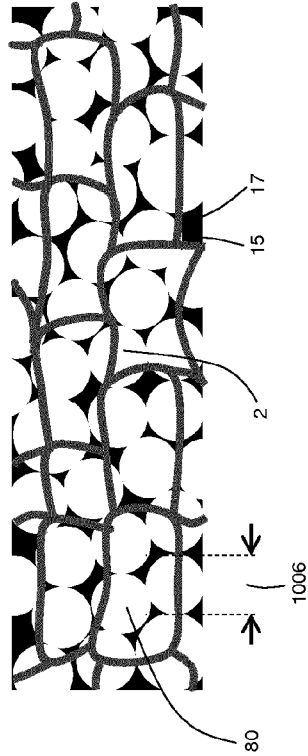
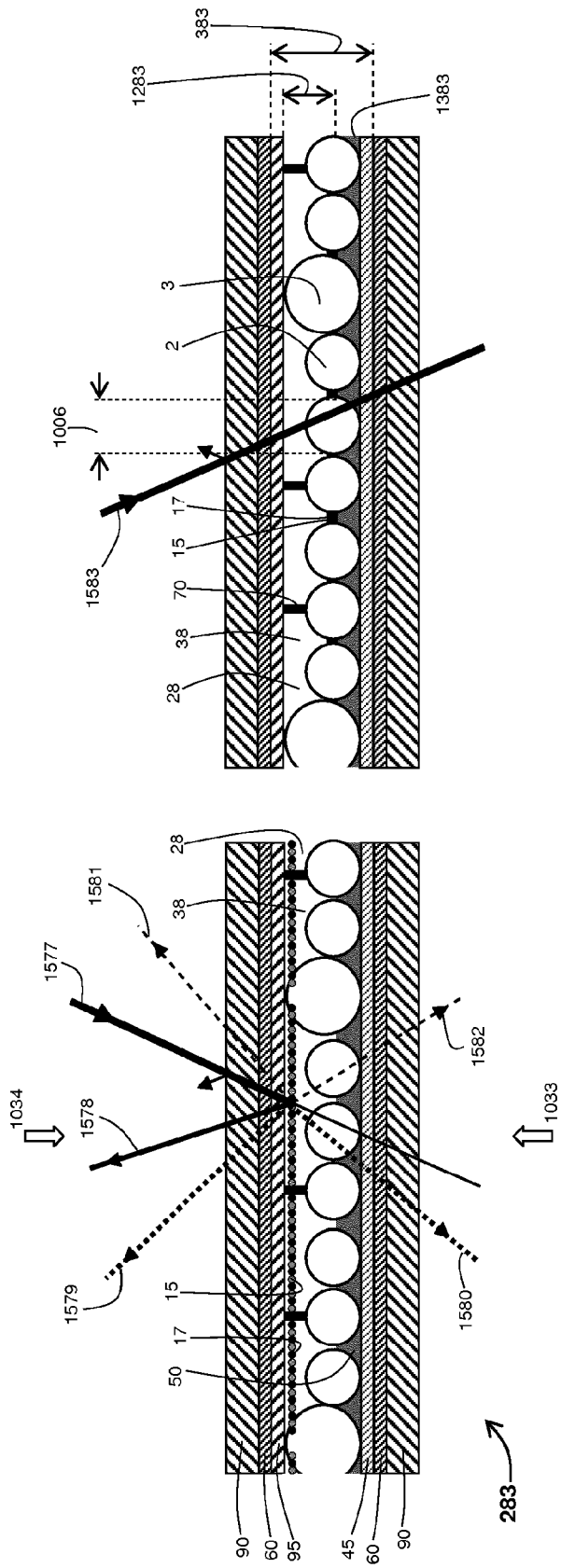


Fig. 5B

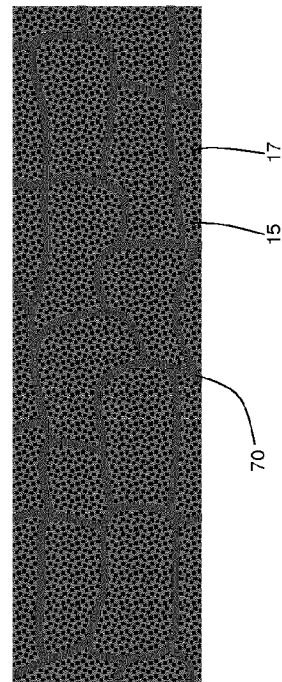


Fig. 5A

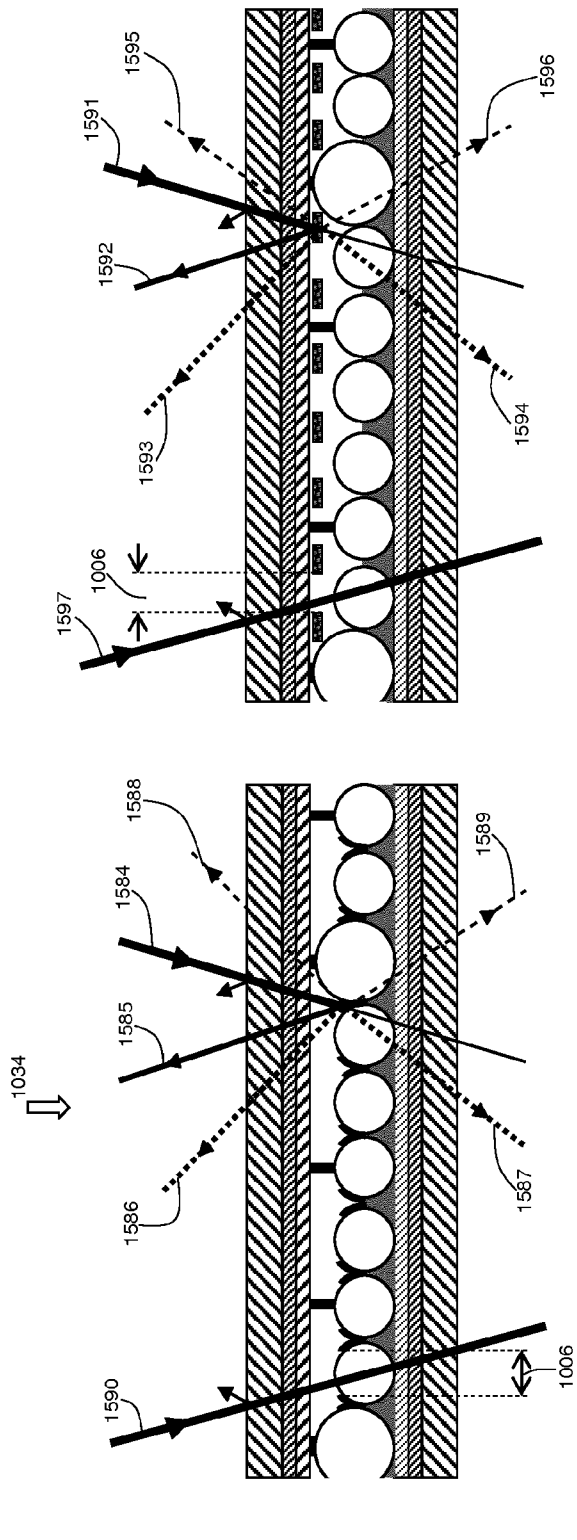


Fig. 5D

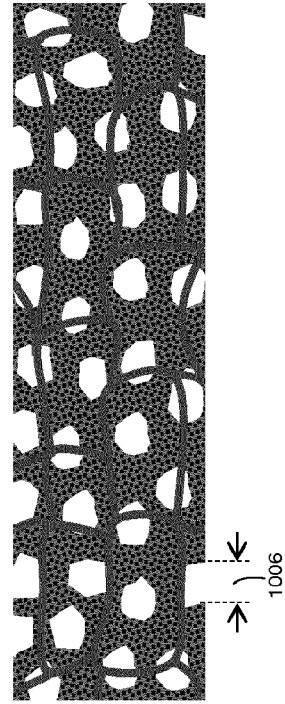
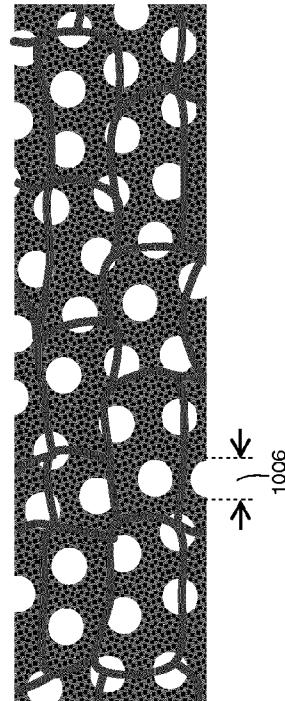


Fig. 5C



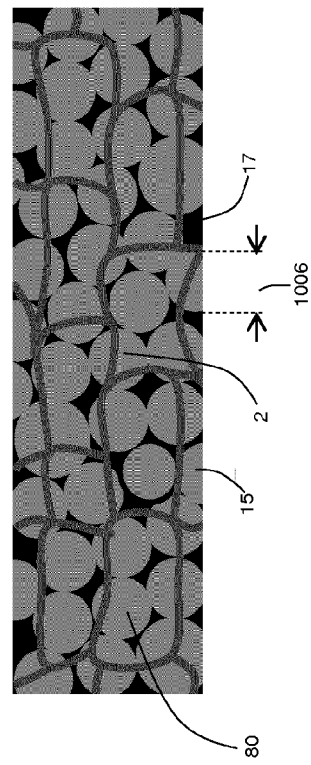
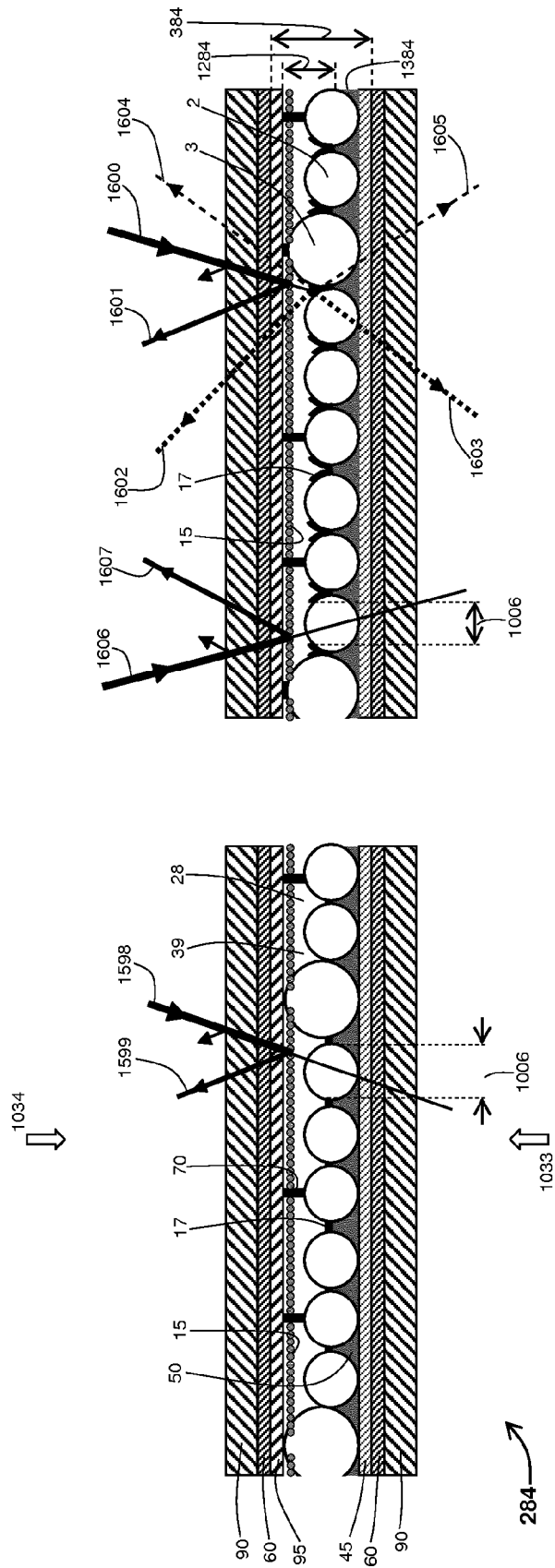


Fig. 6A

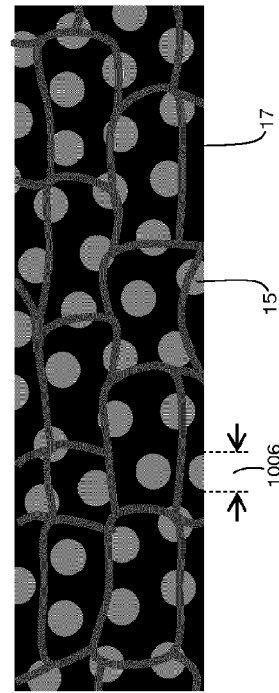


Fig. 6B

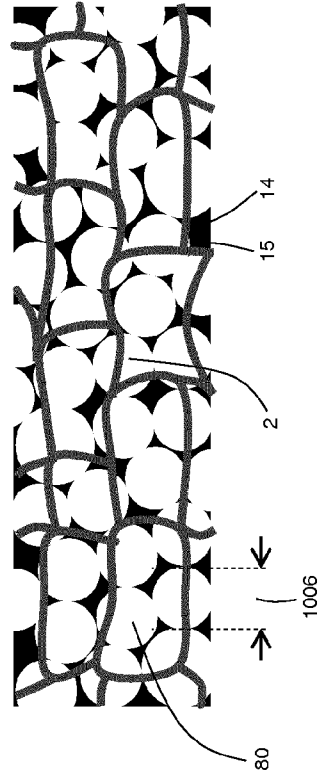
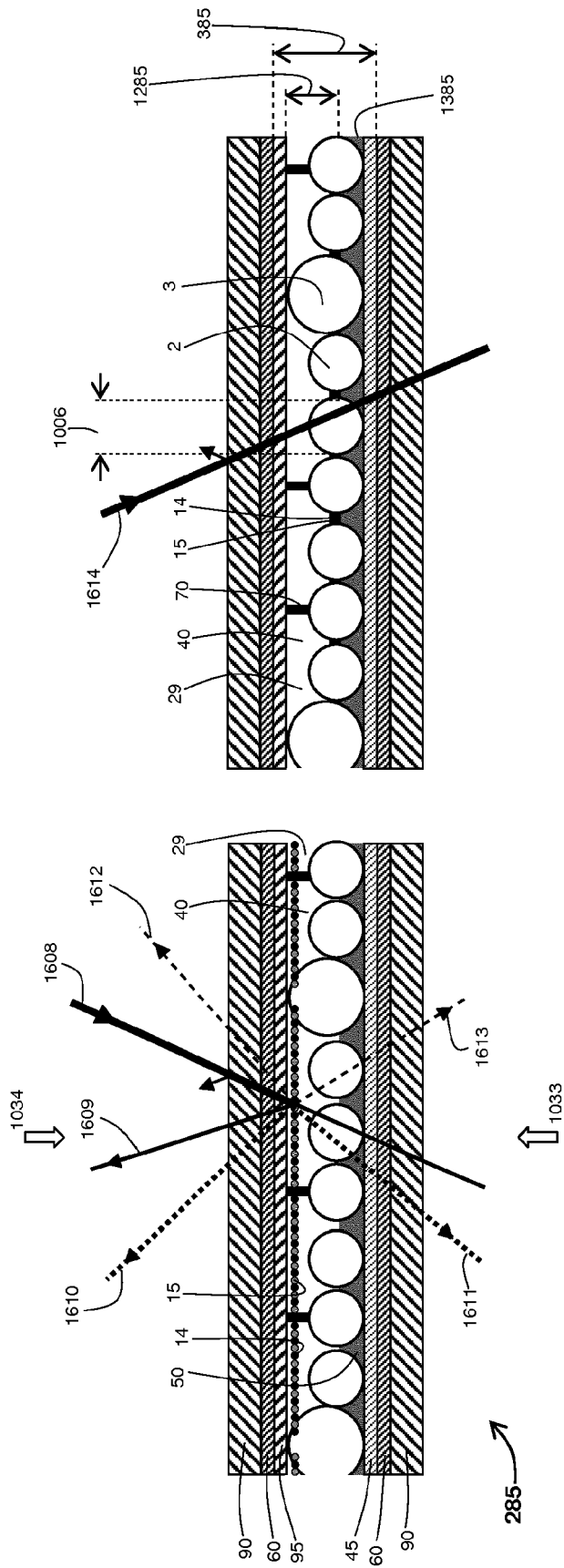


Fig. 7B

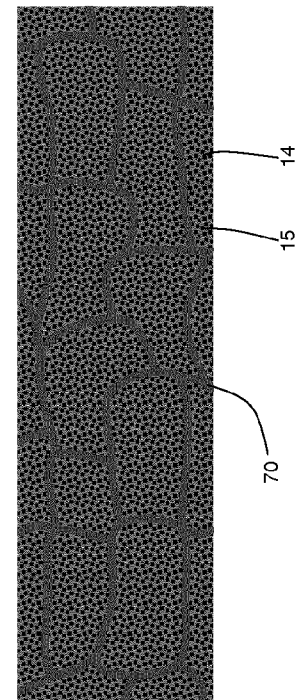


Fig. 7A

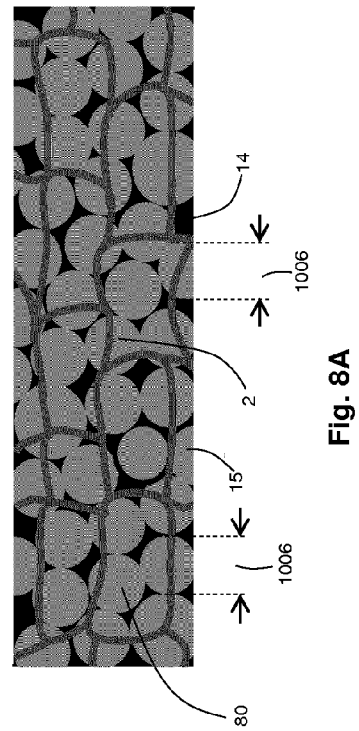
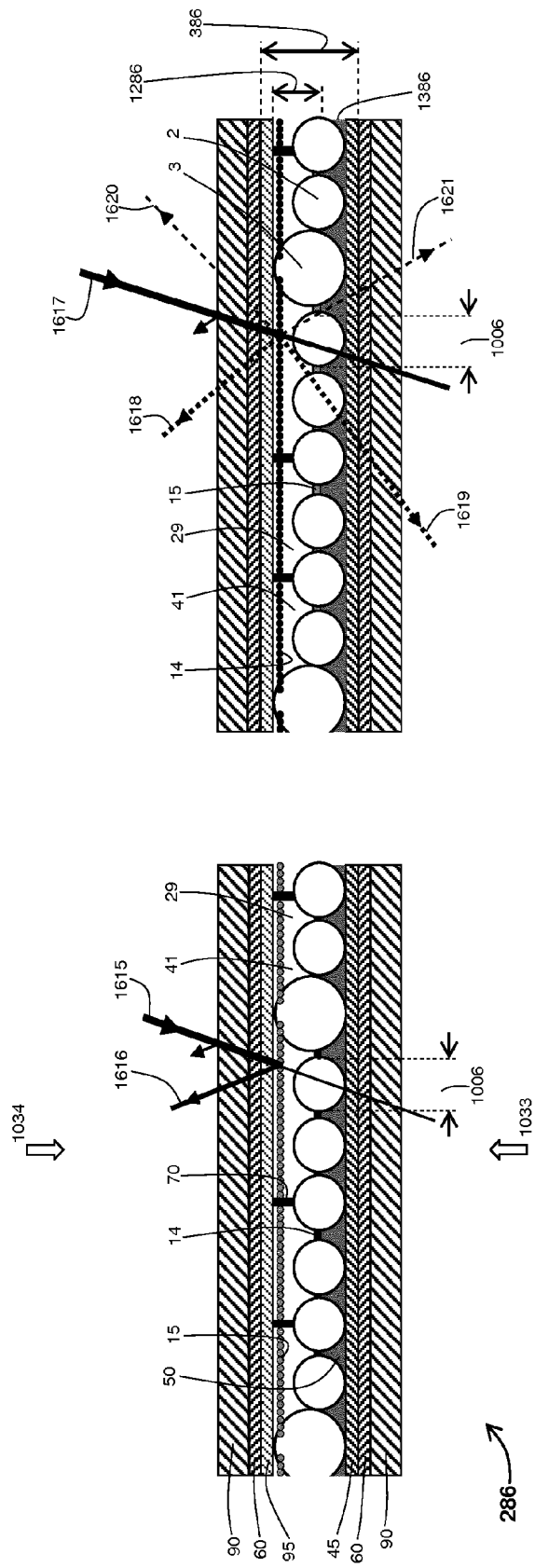


Fig. 8A

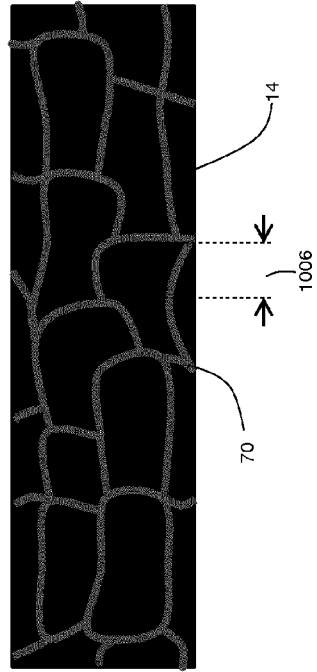


Fig. 8B

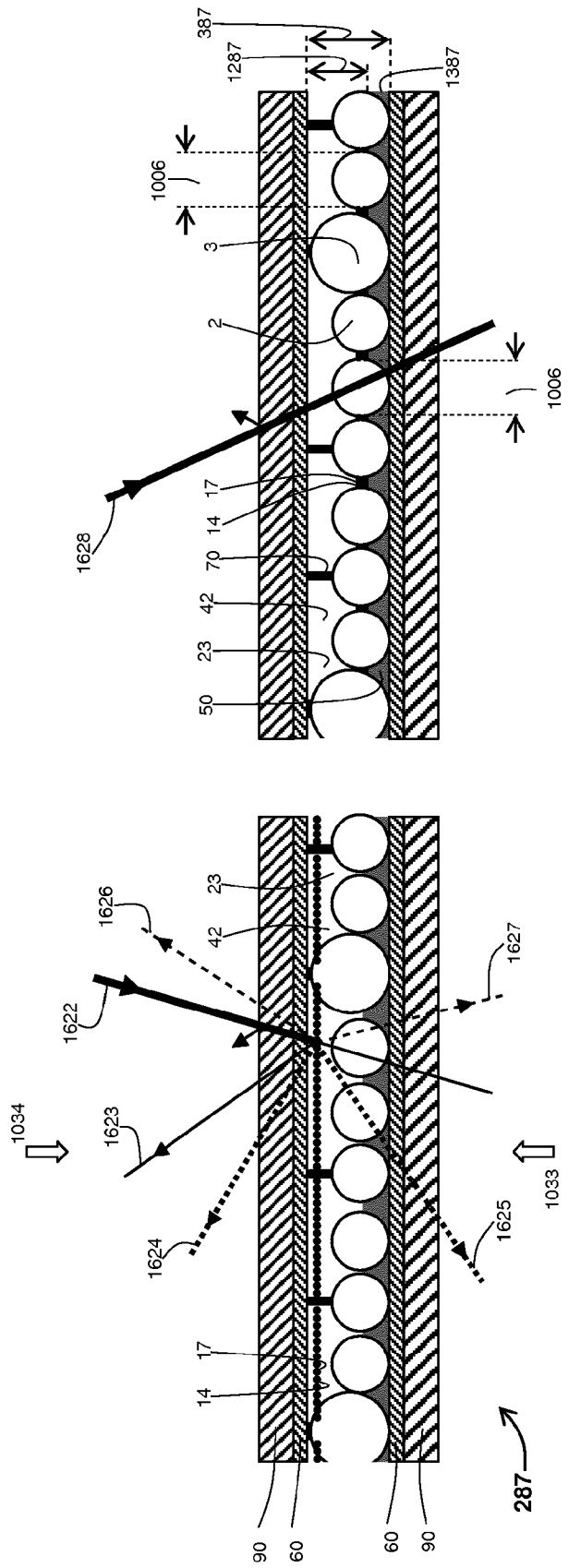


Fig. 9A

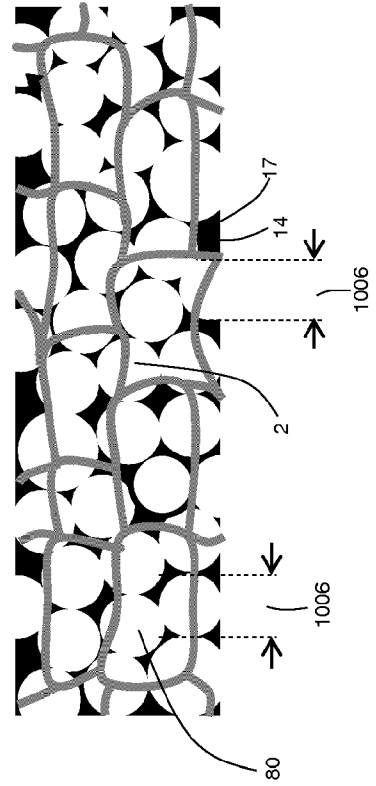


Fig. 9B

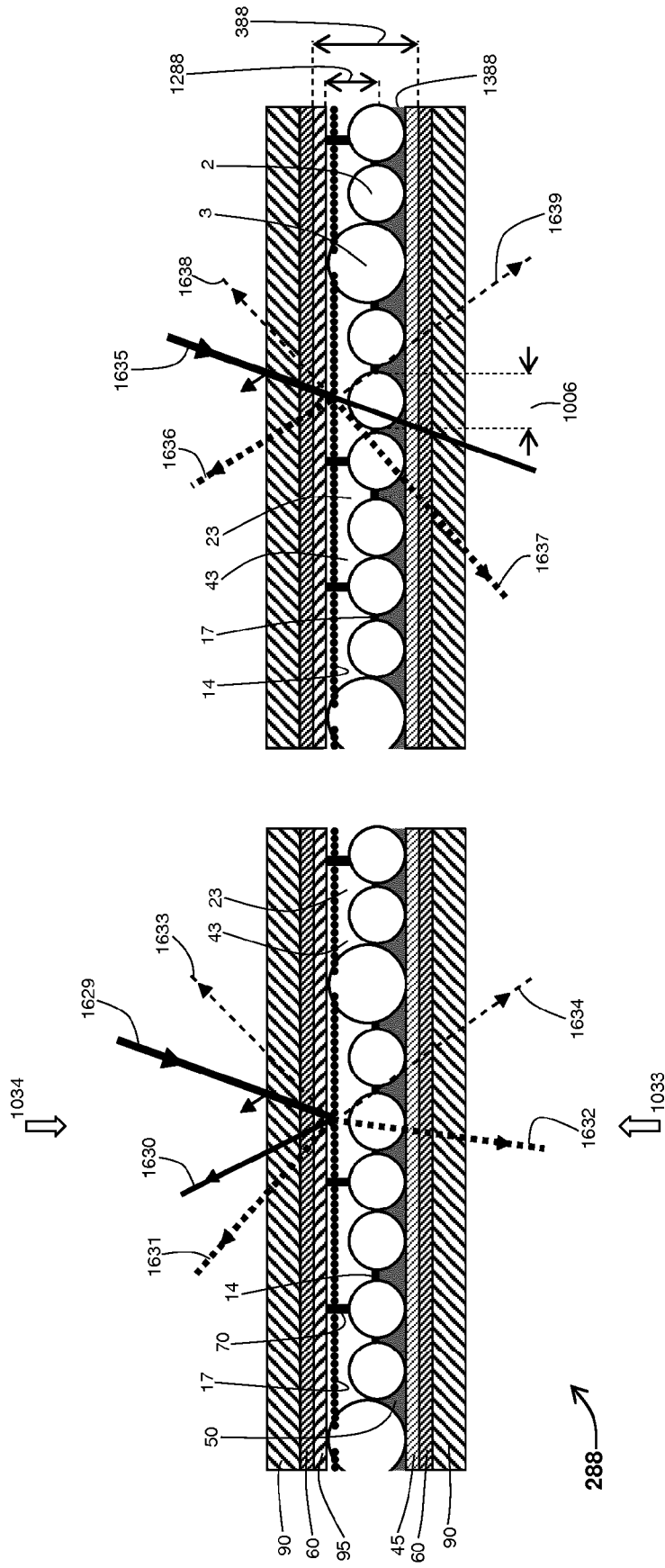


Fig. 10A

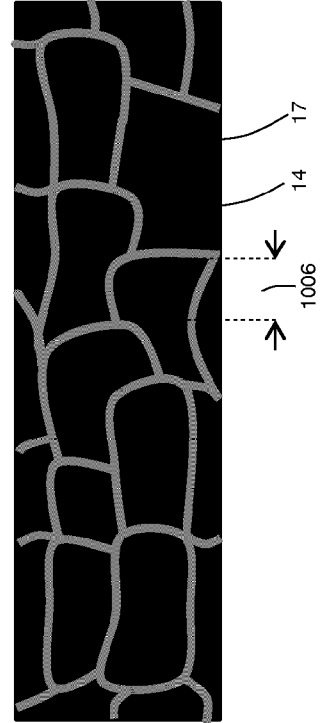


Fig. 10B

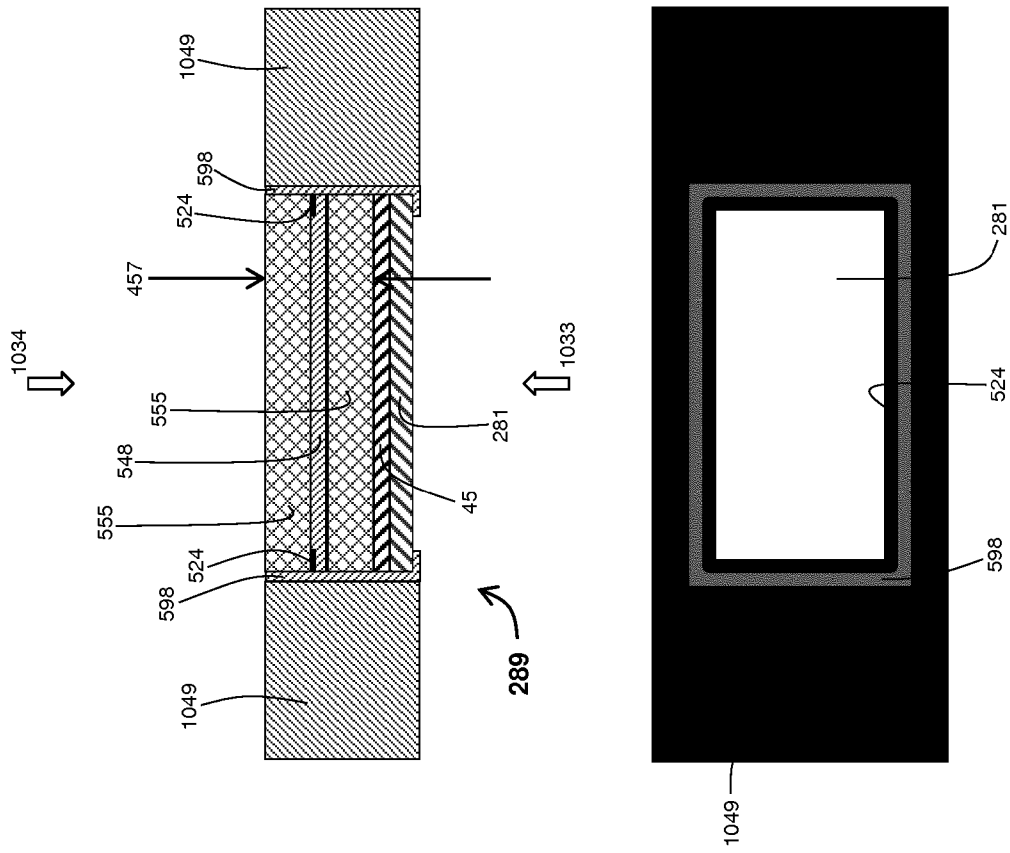


Fig. 11

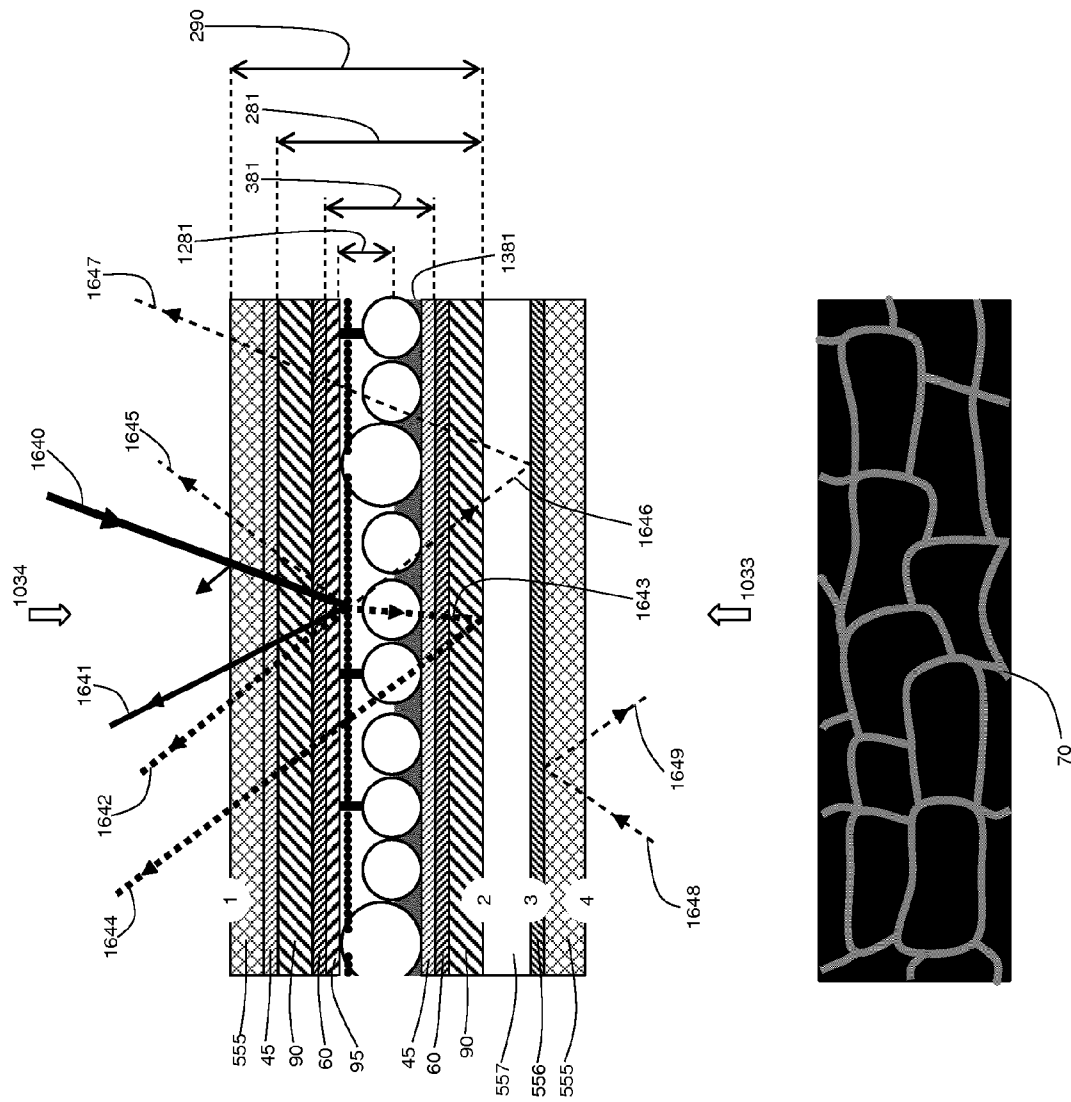


Fig. 12

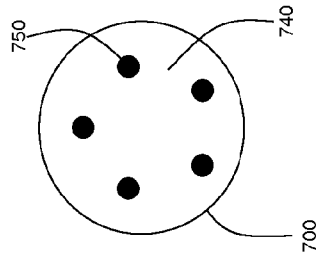
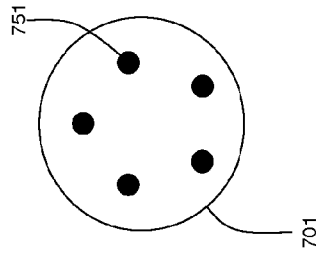
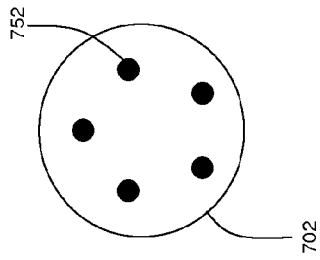


Fig. 13

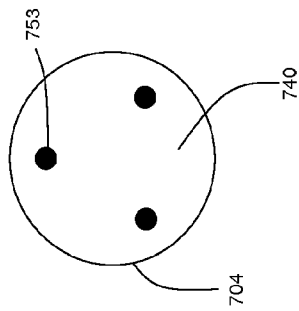
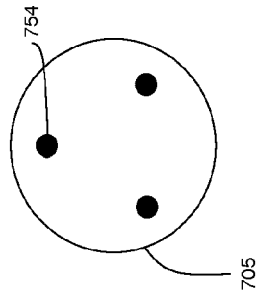
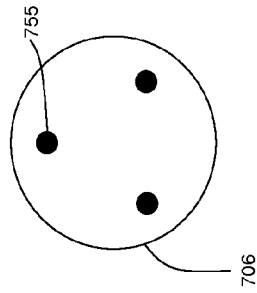


Fig. 15

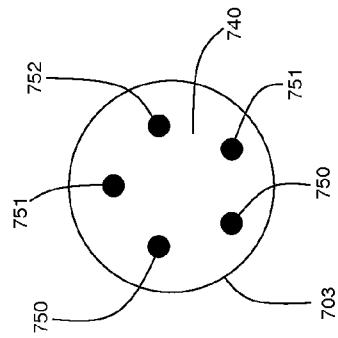


Fig. 14

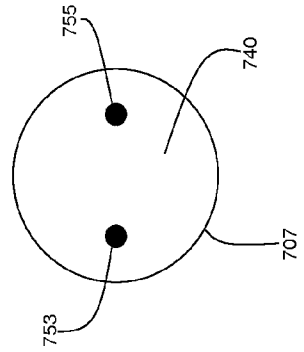


Fig. 16

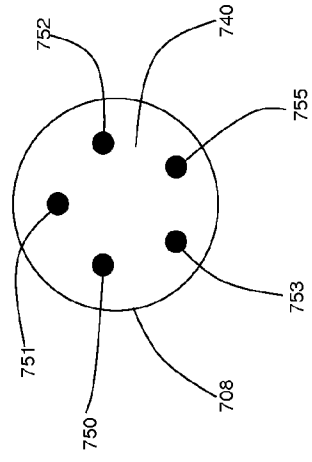
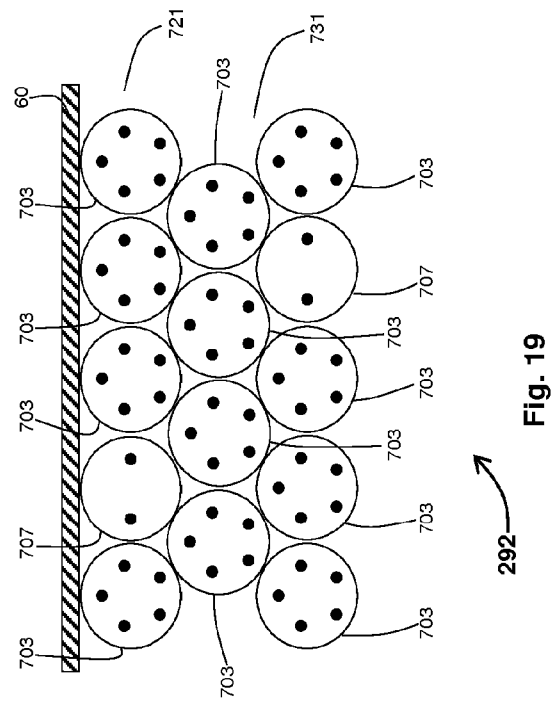
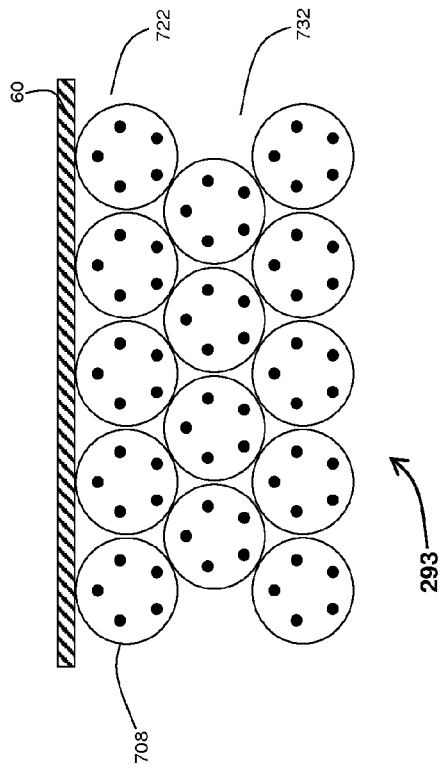
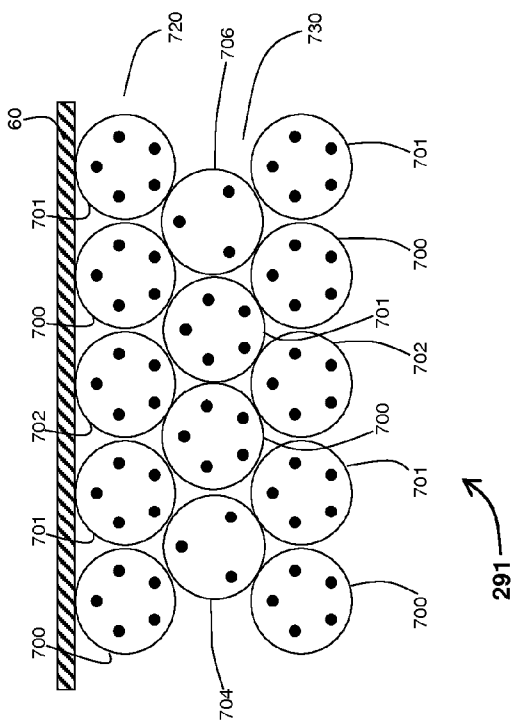


Fig. 17



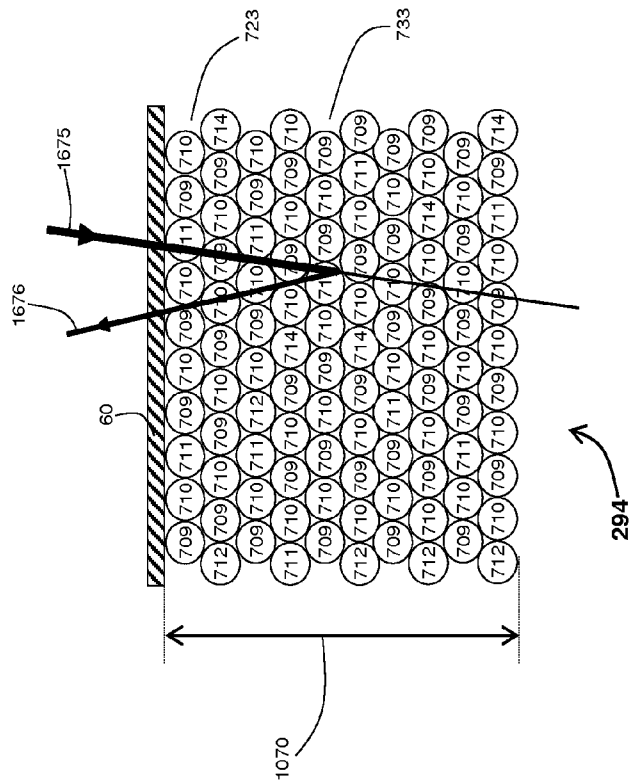


Fig. 23

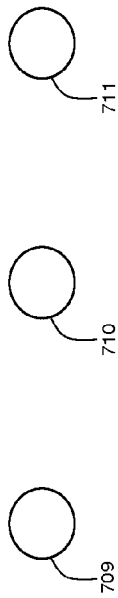


Fig. 21

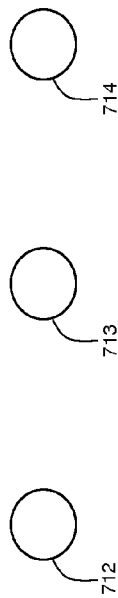


Fig. 22