

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 378**

51 Int. Cl.:

C03C 17/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.08.2018 PCT/US2018/045070**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2019 WO19028294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2018 E 18759462 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021 EP 3661884**

54 Título: **Óxido conductor transparente que tiene una película incrustada**

30 Prioridad:

04.08.2017 US 201715669411

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

01.12.2021

73 Titular/es:

**VITRO FLAT GLASS LLC (100.0%)
400 Guys Run Road
Cheswick, PA 15024, US**

72 Inventor/es:

**GANJOO, ASHTOSH;
NARAYANAN, SUDARSHAN y
O'SHAUGNESSY, DENNIS J.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 882 378 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

Óxido conductor transparente que tiene una película incrustada

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

La invención se refiere a artículos revestidos que tienen baja emisividad y color neutro.

10

Descripción de la técnica relacionada

Se aplican óxidos conductores transparentes ("TCO") al sustrato para proporcionar al artículo revestido una emisividad más baja y una menor resistencia laminar. Esto hace que los TCO sean particularmente útiles en electrodos (por ejemplo, celdas solares) o capas calefactoras, unidades de acristalamiento activas o mamparas. Los TCO generalmente se aplican mediante técnicas de deposición al vacío, tal como deposición al vacío mediante pulverización por magnetrón (MSVD). Generalmente, una capa de TCO más gruesa proporciona una menor resistencia laminar. El espesor del TCO, sin embargo, afecta al color del artículo revestido, véase, por ejemplo, el documento US 2016/0002098. Por lo tanto, es necesario ajustar el efecto de coloración causado por las capas de TCO. También existe la necesidad de minimizar el espesor de una capa de TCO para minimizar el impacto que el TCO tiene sobre el color del artículo revestido mientras se mantiene la resistencia laminar requerida.

15

20

25

30

Los apilamientos de revestimiento pueden corroerse con el tiempo. Para protegerse de esto, se pueden aplicar sobrecapas protectoras a los revestimientos. Por ejemplo, las películas de dióxido de titanio divulgadas en las patentes de EE. UU. números 4.716.086 y 4.786.563 son películas protectoras que proporcionan resistencia química a un revestimiento. El óxido de silicio divulgado en la patente de Canadá número 2.156.571, el óxido de aluminio y el nitrato de silicio divulgados en las patentes de EE.UU. números 5.425.861; 5.344.718; 5.376.455; 5.584.902 y 5.532.180; y en la Publicación de Patente Internacional PCT N.º 95/29883 son también películas protectoras que proporcionan resistencia química a un revestimiento. Esta tecnología podría mejorarse mediante sobrecapas más duraderas química y/o mecánicamente.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona artículos revestidos de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 8. La presente invención proporciona además un método para reducir la resistencia laminar de un artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 11.

35

Breve descripción de los dibujos

El archivo de patente o solicitud contiene al menos un dibujo realizado a color. La oficina proporcionará copias de esta patente o publicación de solicitud de patente con dibujos a color previa solicitud y pago de la tarifa necesaria.

40

Las Figuras 1a, 1b, 1c y 1d son vistas laterales (no a escala) de revestimientos que incorporan una característica de la invención;

45

Las Figuras 2a, 2b, 2c, 2d y 2e son vistas laterales de otros revestimientos (no a escala) que incorporan una característica de la invención;

Las Figuras 3a, 3b, 3c, 3d, 3e son vistas laterales de otros revestimientos (no a escala) que incorporan una característica de la invención;

50

Las Figuras 4a y 4b son vistas laterales de otros revestimientos (no a escala) que incorporan una característica de la invención;

Las Figuras 5a y 5b son vistas laterales de otros revestimientos (no a escala) que incorporan una característica de la invención;

Las Figuras 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g y 6h son vistas laterales de otros revestimientos (no a escala) que incorporan una característica de la invención;

55

La Figura 7 es un gráfico que muestra la resistencia laminar de ITO frente al espesor para muestras que tenían la superficie de la capa de óxido conductor transparente de ITO calentada a temperaturas especificadas.

Las Figuras 8a-c son gráficos XRD que muestran la cristalización de capas de óxido conductor transparente de óxido de indio dopado con estaño.

60

La Figura 9 muestra la resistencia laminar de una capa de óxido conductor transparente de óxido de cinc dopado con galio tal cual se deposita y tras calentarla.

La Figura 10 muestra la resistencia laminar de la capa de óxido conductor transparente de óxido de cinc dopado con aluminio tal cual se deposita y tras calentarla.

La Figura 11 es un gráfico que muestra el efecto de la capa inferior sobre el color de un sustrato que tiene una capa de óxido conductor transparente de óxido de indio dopado con estaño de 170 nm de espesor.

65

La Figura 12 es un gráfico que muestra el efecto de la capa inferior sobre el color de un sustrato que tiene una capa de óxido conductor transparente de óxido de indio dopado con estaño de 175-225 nm de espesor y una capa

protectora de sílice.

La Figura 13a es un gráfico que muestra el efecto de la película incrustada sobre la resistencia laminar.

La Figura 13b es un gráfico que muestra el efecto de la película incrustada sobre la emisividad.

La Figura 13c es un gráfico XRD de óxido de estaño dopado con indio que tiene una película incrustada.

5 La Figura 14 es un gráfico de barras que muestra la durabilidad de diferentes capas protectoras.

La Figura 15 es un gráfico de barras que muestra la durabilidad de diferentes capas protectoras.

Las Figuras 16(a) y (b) son gráficos de líneas que muestran la absorción normalizada para capas de óxido conductor transparente que comprenden óxido de estaño dopado con indio en una atmósfera con 0 % a 2 % de oxígeno.

10 Las Figuras 17(a) y (b) son gráficos que muestran la emisividad para capas de óxido conductor transparente que comprenden óxido de estaño dopado con indio en una atmósfera con 0 % a 2 % de oxígeno.

La Figura 18 es un gráfico que muestra la absorbancia normalizada para la capa de óxido conductor transparente que comprende óxido de cinc dopado con aluminio en una atmósfera con 0 % a 6 % de oxígeno.

15 La Figura 19 es un gráfico que muestra la absorbancia normalizada en función del contenido de oxígeno suministrado a un revestidor.

La Figura 20 es un gráfico que muestra la resistencia laminar para una capa de óxido conductor transparente que comprende óxido de estaño dopado con indio después del procesamiento post-deposición en función de la temperatura de la superficie de la capa de óxido conductor transparente.

20 La Figura 21 es un gráfico que muestra la resistencia laminar en función de la temperatura de la superficie de un óxido conductor transparente.

Descripción de la invención

El término "película" se refiere a una región de un revestimiento que tiene una composición deseada o seleccionada.

25 Una "capa" comprende una o más "películas". Un "revestimiento" o "apilamiento de revestimientos" puede comprender una o más "capas". Se debe considerar que los términos "metal" y "óxido metálico" incluyen silicio y sílice, respectivamente, así como los metales y óxidos metálicos tradicionalmente reconocidos, aunque el silicio técnicamente no es un metal.

30 El término "sobre" significa "más lejos de la superficie del sustrato". Por ejemplo, una segunda capa ubicada "sobre" una primera capa significa que la segunda capa está ubicada más distanciada del sustrato de lo que está la primera capa. La segunda capa puede estar en contacto directo con la primera capa o una o más de diferentes capas que se pueden localizar entre la segunda capa y la primera capa.

35 Cualquier referencia a cantidades, salvo que se indique lo contrario, está en "porcentaje en peso".

La expresión "luz visible" significa una radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo de 380 nm a 780 nm. La expresión "radiación infrarroja" significa una radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo por encima de 780 nm a 100.000 nm. La expresión "radiación ultravioleta" significa una energía electromagnética que tiene una longitud de onda en el intervalo de 100 nm a menos de 380 nm.

40

Los términos "metal" y "óxido metálico" incluyen silicio y sílice, respectivamente, así como los metales y óxidos metálicos tradicionalmente reconocidos, incluso aunque el silicio no se considere convencionalmente un metal. Por "al menos" se entiende "mayor que o igual a". Por "no más de" se entiende "menor que o igual a".

45 Todos los valores de turbidez y transmitancia del presente documento son los determinados utilizando un medidor de turbidez Haze-Gard Plus (disponible en el mercado de BYK-Gardner USA) y conforme a la norma ASTM D1003-07.

En los casos en los que se hace referencia al porcentaje de oxígeno en un revestidor, el porcentaje de oxígeno es la cantidad de oxígeno añadida a la cámara de revestimiento en relación con otros gases. Por ejemplo, si se añade 2 % de oxígeno a la atmósfera de la cámara de revestimiento, entonces se añade 2 % de oxígeno y 98 % de argón a la cámara de revestimiento. El argón se puede sustituir por otros gases, aunque a menudo los gases son gases inertes.

50

El análisis de la invención del presente documento puede describir ciertas características como "particularmente" o "preferentemente" dentro de ciertas limitaciones (por ejemplo, "preferentemente", "más preferentemente" o "incluso más preferentemente", dentro de ciertas limitaciones). Se debe entender que la invención no queda limitada a estas limitaciones particulares o preferidas sino que abarca el alcance completo de la divulgación.

55

La invención comprende, consiste en o consiste esencialmente en, los siguientes aspectos de la invención, en cualquier combinación. Diversos aspectos de la invención se ilustran en figuras de dibujos separadas. Sin embargo, debe entenderse que esto es simplemente para facilitar su ilustración y discusión. En la práctica de la invención, uno o más aspectos de la invención que se muestran en una figura de dibujo puede(n) combinarse con uno o más aspectos de la invención que se muestra(n) en una o más de las otras Figuras de los dibujos.

60

En la Figura 1 se muestran un artículo de ejemplo que incluye un sustrato 10, una capa inferior 12 sobre el sustrato 10 y un óxido conductor transparente 14 sobre la capa inferior 12.

65

El artículo 2 puede ser una ventana, un espejo solar, una celda solar o un diodo emisor de luz orgánico. El revestimiento aplicado al sustrato 10 puede proporcionar baja emisividad, baja resistividad, resistencia a los arañazos, atenuación de radiofrecuencia o un color deseado.

5 El sustrato 10 puede ser transparente, translúcido o transparente a la luz visible. Por "transparente" se entiende que tiene una transmitancia de luz visible mayor que 0 % hasta 100 %. Como alternativa, el sustrato 12 puede ser translúcido u opaco. Por el término "translúcido/a" se entiende que permite el paso a su través de energía electromagnética (por ejemplo, luz visible), pero que difunde esta energía, de tal manera que los objetos en el lado opuesto al observador no sean claramente visibles. Por "opaco" se entiende que tiene una transmitancia de luz visible del 0 %.

15 El sustrato 10 puede ser vidrio, plástico o metal. Algunos ejemplos de sustratos de plástico adecuados incluyen polímeros acrílicos, tales como poliacrilatos; polialquilmacrilatos, tales como polimetilmetacrilatos, polietilmetacrilatos, polipropilmetacrilatos y similares; poliuretanos; policarbonatos; polialquiltereftalatos, tales como polietilentereftalato (PET), polipropilentereftalatos, polibutilentereftalatos y similares; polímeros que contienen polisiloxano; o copolímeros de cualquier monómero para la preparación de estos o cualquier mezcla de los mismos); o sustratos de vidrio. Algunos ejemplos de sustratos de vidrio adecuados incluyen vidrio convencional de silicato de sosa-cal, vidrio de borosilicato o vidrio emplomado. El vidrio puede ser vidrio transparente. Por "vidrio transparente" se entiende vidrio no tintado o no coloreado. Como alternativa, el vidrio puede ser vidrio tintado o vidrio coloreado de otra manera. El vidrio puede ser vidrio recocido o sometido a tratamiento térmico. Como se usa en el presente documento, la expresión "sometido a tratamiento térmico" significa templado o al menos parcialmente templado. El vidrio puede ser de cualquier tipo, tal como vidrio flotado convencional, y puede ser de cualquier composición que tenga cualquier propiedad óptica, p. ej., cualquier valor de transmisión visible, transmisión ultravioleta, transmisión infrarroja y/o transmisión de energía solar total. Los ejemplos de sustratos metálicos adecuados incluyen aluminio o acero inoxidable.

20 El sustrato 10 puede tener una alta transmisión de luz visible a una longitud de onda de referencia de 550 nanómetros (nm) y un espesor de 2 milímetros. Por "alta transmitancia de luz visible" se entiende una transmitancia de luz visible a 550 nm mayor que o igual al 85 %, tal como mayor que o igual al 87 %, tal como mayor que o igual al 90 %, tal como mayor que o igual al 91 %, tal como mayor que o igual al 92 %.

30 La capa inferior 12 puede ser de una sola capa, una capa homogénea, una capa de gradiente, una bicapa o puede incluir una pluralidad de capas. Por "capa homogénea" se entiende una capa en la que los materiales se distribuyen aleatoriamente por todo el revestimiento. Por "capa de gradiente" se entiende una capa que tiene dos o más componentes, variando la concentración de los componentes (cambiando continuamente o de forma escalonada) a medida que cambia la distancia desde el sustrato 12.

40 La capa inferior 12 incluye dos películas: una primera película de la capa inferior 20 y una segunda película de la capa inferior 22. La primera película de la capa inferior 20 se coloca sobre el sustrato 10 y está más cerca del sustrato 10 que la segunda película de la capa inferior 22. La primera película de la capa inferior 20 es un material que tiene un índice de refracción más alto que la segunda película de la capa inferior 22 y/o el sustrato 10. La primera película de la capa inferior 20 incluye un óxido de cinc y/o estaño. Por ejemplo, la primera película de la capa inferior 20 puede incluir óxido de cinc y óxido de estaño, o estannato de cinc.

45 La primera película de la capa inferior 20 puede incluir óxido de cinc. Una diana de cinc para pulverizar una película de óxido de cinc puede incluir uno o más de otros materiales para mejorar las características de pulverización de la diana de cinc. Por ejemplo, la diana de cinc puede incluir hasta 15 % en peso, tal como hasta 10 % en peso, tal como hasta 5 % en peso, de tal material. La capa de óxido de cinc resultante incluiría un pequeño porcentaje de un óxido del material añadido, p. ej., hasta 15 % en peso, hasta 10 % en peso, hasta 9 % en peso del óxido del material. Una capa depositada de una diana de cinc que tiene hasta 10 % en peso, p. ej., hasta 5 % en peso de un material adicional para mejorar las características de pulverización de la diana de cinc se denomina en el presente documento "una capa de óxido de cinc", aunque puede estar presente una pequeña cantidad del material añadido (o un óxido del material añadido). Un ejemplo de tal material es el estaño.

50 La primera película de la capa inferior 20 puede incluir una aleación de óxido de cinc y óxido de estaño. Por ejemplo, la primera película de la capa inferior 20 puede incluir o puede ser una capa de estannato de cinc. Por "estannato de cinc" se entiende una composición de la fórmula: $Zn_xSn_{1-x}O_{2-x}$ (Fórmula 1) donde "x" varía en el intervalo de mayor que 0 a menor que 1. Por ejemplo, "x" puede ser mayor que 0 y puede ser cualquier fracción o decimal mayor que 0 y menor que 1. Una capa de estannato de cinc tiene una o más de las formas de la Fórmula 1 en una cantidad predominante. Una capa de estannato de cinc en la que $x = 2/3$ se denomina convencionalmente " Zn_2SnO_4 ". La aleación de óxido de cinc y óxido de estaño puede incluir de 80 % en peso a 99 % en peso de cinc y de 20 % en peso a 1 % en peso de estaño; tal como de 85 % en peso de cinc a 99 % en peso de cinc y de 15 % en peso de estaño a 1 % en peso de estaño; de 90 % en peso de cinc a 99 % en peso de cinc y de 10 % en peso de estaño a 1 % en peso de estaño; tal como aproximadamente 90 % en peso de cinc y 10 % en peso de estaño.

La segunda película de la capa inferior 22 es un material que tiene un índice de refracción más bajo que la primera película de la capa inferior 20. Por ejemplo, la segunda película 22 puede comprender un óxido, nitruro u oxinitruro metálico. Algunos ejemplos de metales adecuados para la segunda película de la capa inferior 22 incluyen silicio, titanio, aluminio, circonio, fósforo, hafnio, niobio, cinc, bismuto, plomo, indio, estaño, aleaciones de tantalio de los mismos o mezclas de los mismos.

Por ejemplo, la segunda película de la capa inferior 22 puede incluir sílice y alúmina. De acuerdo con este ejemplo, la segunda película de la capa inferior 22 tendría al menos 50 % en peso de sílice; de 50 a 99 % en peso de sílice y de 50 a 1 % en peso de alúmina; de 60 a 98 % en peso de sílice y de 40 a 2 % en peso de alúmina; de 70 a 95 % en peso de sílice y de 30 a 5 % en peso de alúmina; de 80 a 90 % en peso de sílice y de 10 a 20 % en peso de alúmina, u 8 % en peso de sílice y 15 % en peso de alúmina.

Una capa de óxido conductor transparente 14 está sobre la capa inferior 12. La capa de óxido conductor transparente 14 puede ser una sola capa o puede tener múltiples capas o regiones. La capa de óxido conductor transparente 14 tiene al menos una capa de óxido conductor. Por ejemplo, la capa de óxido conductor transparente 14 puede incluir uno o más materiales de óxido metálico. Por ejemplo, la capa de óxido conductor transparente 14 puede incluir uno o más óxidos de uno o más de Zn, Fe, Mn, Al, Ce, Sn, Sb, Hf, Zr, Ni, Bi, Ti, Co, Cr, Si, In, o una aleación de dos o más de estos materiales. Por ejemplo, la capa de óxido conductor transparente 14 puede comprender óxido de estaño. En otro ejemplo, la capa de óxido conductor transparente 14 comprende óxido de cinc

La capa de óxido conductor transparente 14 puede incluir uno o más materiales dopantes, tal como, pero sin limitación, F, In, Al, P, Cu, Mo, Ta, Ti, Ni, Nb, W, Ga, Mg y/o Sb. Por ejemplo, el dopante puede ser In, Ga, Al o Mg. El dopante puede estar presente en una cantidad inferior al 10 % en peso, tal como menos del 5 % en peso, tal como menos del 4 % en peso, tal como menos del 2 % en peso, tal como menos del 1 % en peso. La capa de óxido conductor transparente 14 puede ser un óxido metálico dopado tal como óxido de cinc dopado con galio ("GZO"), óxido de cinc dopado con aluminio ("AZO"), óxido de cinc dopado con indio ("IZO"), óxido de cinc dopado con magnesio ("MZO") u óxido de indio dopado con estaño ("ITO").

La capa de óxido conductor transparente 14 puede tener un espesor en el intervalo de 75 Å a 950 Å, tal como de 90 nm a 800 nm, tal como de 100 nm a 700 nm. Por ejemplo, la capa de óxido conductor transparente 14 puede tener un espesor en el intervalo de 125 nm a 450 nm; al menos 150 nm; o al menos 175 nm. La capa de óxido conductor transparente 14 puede tener un espesor que no sea mayor que 600 nm, 500 nm, 400 nm, 350 nm, 300 nm, 275 nm, 250 nm o 225 nm.

Los diferentes materiales de la capa de óxido conductor transparente 14 tienen una resistencia laminar diferente con el mismo espesor y afectan a la óptica del artículo también de manera diferente. Idealmente, la resistencia laminar debe ser menor de $25 \Omega/\square$ ohmios por cuadrado, o menor de $20 \Omega/\square$, o menor de $18 \Omega/\square$. Por ejemplo, si la capa de óxido conductor transparente 14 comprende GZO, esta puede tener un espesor de al menos 300 nm y como máximo 400 nm. Si la capa de óxido conductor transparente 14 comprende AZO, esta debe tener un espesor de al menos 350 nm, o al menos 400 nm, y un espesor como máximo de 950 nm, o como máximo 800 nm, o como máximo 700 nm, o como máximo 600 nm. Si la capa de óxido conductor transparente 14 comprende ITO, esta puede tener un espesor de al menos 75 nm, al menos 90 nm, al menos 100 nm, al menos 125 nm, o al menos 150 nm, o al menos 175 nm; y como máximo 350 nm, como máximo 300 nm, como máximo 275 nm, o como máximo 250 nm, o como máximo 225 nm.

La capa de óxido conductor transparente 14 puede tener una rugosidad superficial (RMS) en el intervalo de 5 nm a 60 nm, tal como de 5 nm a 40 nm, tal como de 5 nm a 30 nm, tal como de 10 nm a 30 nm, tal como de 10 nm a 20 nm, tal como de 10 nm a 15 nm, tal como de 11 nm a 15 nm.

Por ejemplo, cuando la capa de óxido conductor transparente 14 es óxido de indio dopado con estaño, el espesor de la capa de óxido conductor transparente 14 puede estar en el intervalo de 75 nm a 350 nm; de 100 nm a 300 nm; de 125 nm a 275 nm; de 150 nm a 250 nm; de 175 nm a 225 nm.

La capa de óxido conductor transparente 14 puede tener una resistencia laminar en el intervalo de $5 \Omega/\square$ a $25 \Omega/\square$, tal como de $8 \Omega/\square$ a $20 \Omega/\square$. Por ejemplo, tal como de $10 \Omega/\square$ a $18 \Omega/\square$.

Por ejemplo, el artículo puede ser un sustrato de vidrio 10 con una capa inferior 12 sobre el sustrato de vidrio 10. La capa inferior 12 puede tener al menos dos películas: una primera película de la capa inferior 20 y una segunda película de la capa inferior 22. La primera película de la capa inferior 20 puede ser una aleación de óxido de cinc y óxido de estaño, y la segunda película de la capa inferior 22 puede ser una aleación de sílice y alúmina. Una capa de óxido conductor transparente 14 puede estar sobre la segunda película 22. La capa de óxido conductor transparente 14 puede ser de ITO, GZO o AZO.

La película de óxido conductor transparente proporciona a ese artículo una cierta resistencia laminar, por ejemplo, menos de $25 \Omega/\square$. En general, a medida que aumenta el espesor del óxido conductor transparente, la resistencia laminar disminuye. Una vez que se identifica la resistencia laminar deseada y el espesor necesario para que el óxido

conductor transparente logre la resistencia laminar deseada, se puede utilizar un software de diseño óptico para determinar el espesor de la primera película y la segunda película. Un ejemplo de software de modelado óptico adecuado es FILM STAR. Idealmente, se procura tener un color de a^* , b^* , que sea de -1, -1. Es aceptable alguna variabilidad en este color. Por ejemplo, a^* puede ser tan alto como 1,0 o -0,5 y tan bajo como -9, -4, -3 o -1,5 y el valor b^* puede ser tan alto como 1,0 o -0,5 y tan bajo como -9, -4, -3 o -1,5. Para obtener el color deseado, se cambia el espesor de la primera película 20 y la segunda película 22 para obtener el color deseado para el óxido conductor transparente identificado y el espesor del óxido conductor transparente. Por ejemplo, la primera película puede tener entre 10 y 20 nm de espesor, o entre 11 y 15 nm de espesor; y la segunda película puede tener entre 25 y 35 nm de espesor, o entre 29 y 34 nm de espesor.

En referencia a las Figuras 1c y 1d, el artículo 2 puede incluir opcionalmente una capa protectora 16 sobre la capa de óxido conductor transparente 14, tal como la capa protectora como se describe en el presente documento. Por ejemplo, la capa protectora 16 puede incluir una primera película protectora 60 y una segunda película protectora 62. La segunda película protectora 62 puede incluir una mezcla de titania y sílice. Por ejemplo, la capa protectora 16 lleva incluida una primera película protectora 60, una segunda película protectora 62 y una tercera película protectora 64.

Un método de ejemplo de la invención consiste en formar un sustrato revestido. Se proporciona un sustrato 10. Se identifica un óxido conductor transparente. Una vez que se identifica el óxido conductor transparente, se puede identificar un espesor para la película conductora transparente que proporcionará al sustrato revestido una resistencia laminar de al menos $5 \Omega/\square$ y/o no más de $25 \Omega/\square$, específicamente no más de $20 \Omega/\square$, más específicamente, no más de $18 \Omega/\square$. También se identifica un color deseado del sustrato revestido. Un primer material de capa inferior y un segundo material de capa inferior se identifican utilizando un software de diseño óptico, se determina un primer espesor de película de capa inferior y un segundo espesor de película de capa inferior que proporcionará al artículo que tiene la capa de óxido conductor transparente identificada anteriormente un color en donde a^* puede ser tan alto como 1 y tan bajo como -9, y el valor de b^* puede ser tan alto como 1 y tan bajo como -9. La capa inferior 12 se aplica sobre el sustrato aplicando el primer material de capa inferior sobre el sustrato para formar una primera película de la capa inferior 20 al primer espesor de película identificado, y aplicando el segundo material de capa inferior sobre la primera película de la capa inferior al segundo espesor de película de capa inferior identificado para formar la segunda película de la capa inferior 22. El material de óxido conductor transparente se aplica sobre la capa inferior 12 hasta el espesor de película conductora transparente identificado para formar la capa de óxido conductor transparente 14.

El espesor de la capa de óxido conductor transparente 14 afecta a la resistencia laminar y el color de un sustrato. La capa inferior 12 se usa para ajustar el color del artículo que tiene la capa de óxido conductor transparente 14 con un espesor específico. Esto se hace identificando un primer material de capa inferior y un segundo material de capa inferior, después, utilizando una herramienta tal como FILM STAR, se identifican los espesores para cada material de capa inferior que proporcionan el color deseado. Una vez que se identifican los materiales de la primera y segunda capa, se puede ajustar el espesor de cada uno de estos materiales para lograr el color deseado. Normalmente, un color deseado es a^* , b^* , de -1, -1. Es aceptable alguna variabilidad en este color. Por ejemplo, a^* puede ser tan alto como 1 y tan bajo como -9, y el valor de b^* puede ser tan alto como 1 y tan bajo como -9.

Por ejemplo, puede desearse preparar una celda solar que tenga un color de a^* -1 y b^* -1. Se proporcionaría un sustrato de vidrio. El material de óxido conductor transparente podría identificarse como óxido de estaño dopado con indio ("ITO"). Se entendería que si el espesor de la película de óxido conductor transparente ITO está entre 125 nm y 275 nm, se puede conseguir una resistencia laminar de $5 \Omega/\square$ a $25 \Omega/\square$ con la invención divulgada en el presente documento. Para lograr el color deseado, se podría seleccionar una capa inferior 12 que tenga una primera película de la capa inferior 20 que comprenda óxido de cinc y óxido de estaño, y una segunda película de la capa inferior 22 que comprenda sílice y alúmina. La primera película de la capa inferior 20 tendría un espesor de entre 10 nm y 15 nm, y la segunda película de la capa inferior 22 tendría un espesor de entre 29 nm y 34 nm. La primera película de la capa inferior 20 se aplica sobre el sustrato 10 con el espesor identificado, y la segunda película de la capa inferior 22 se aplica sobre la primera película de la capa inferior 20 con el espesor identificado. La capa de óxido conductor transparente 14 se aplica sobre la segunda película de la capa inferior 22 con el espesor identificado, formando así un artículo que tiene un color con un a^* entre -9 a 1, específicamente entre -4 y 0, más específicamente entre -3 y 1, más específicamente entre -1,5 y -0,5; y b^* entre -9 a 1, específicamente entre -4 y 0, más específicamente entre -1,5 y -0,5.

En otro ejemplo, se proporcionaría un sustrato de vidrio 10. El material de la capa de óxido conductor transparente podría identificarse como óxido de estaño dopado con indio ("ITO"). Se entendería que si el espesor de la película de óxido conductor transparente ITO está entre 125 nm y 275 nm, se lograría una resistencia laminar de $5 \Omega/\square$ a $25 \Omega/\square$, específicamente no más de $20 \Omega/\square$, más específicamente, no más de $18 \Omega/\square$. Para lograr el color deseado, se podría seleccionar una capa inferior 12 que tiene una primera película de la capa inferior 20 que comprende óxido de cinc y óxido de estaño, y una segunda película de la capa inferior 22 que comprende sílice, y también considerar el efecto sobre el color que la capa protectora 16 tendría sobre el sustrato revestido. En este ejemplo, se utiliza una capa protectora de sílice que tiene un espesor de al menos 30 nm y no más de 45 nm. La primera película de la capa inferior 20 tendría un espesor de entre 10 nm y 15 nm, y la segunda película de la capa inferior 22 tendría un espesor de entre 29 nm y 34 nm. La primera película de la capa inferior 20 se aplica sobre el sustrato 10 con el espesor identificado, y la segunda película de la capa inferior 22 se aplica sobre la primera película de la capa inferior 20 con el espesor

identificado. La capa de óxido conductor transparente 14 se aplica sobre la segunda película 22 de la capa inferior con el espesor identificado que proporciona la resistencia laminar discutida anteriormente, formando así un sustrato revestido que tiene un color entre a^* de -9 a 1, o de -4 a 0, o de -3 a 1, o de -1,5 a -0,5 y b^* de -9 a 1; o de -4 a 0, o de -3 a 1, o de -1,5 a -0,5.

5

En estos ejemplos, la capa inferior se utiliza para ajustar el color del sustrato revestido.

La Figura 2 muestra otro artículo 2 de ejemplo que incluye un sustrato 10, una capa inferior 12 sobre el sustrato, una capa de óxido conductor transparente 14 sobre la capa inferior 12 y una película incrustada 24 que comprende un segundo material de alto índice de refracción que está incrustado en la capa de óxido conductor transparente 14.

10

El sustrato 10 puede ser cualquiera de los sustratos discutidos en el presente documento.

La capa inferior 12 puede tener una primera película de la capa inferior 20 y una segunda película de la capa inferior 22 opcional. La primera película de la capa inferior 20 tiene un primer material de alto índice de refracción. La segunda película de la capa inferior opcional 22 tiene un primer material de bajo índice de refracción. El primer material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción más alto que el primer material de índice de refracción más bajo.

15

La capa de óxido conductor transparente 14 puede ser cualquiera de los óxidos conductores transparentes discutidos anteriormente.

20

La película incrustada 24 tiene un segundo material de alto índice de refracción incrustado dentro de la capa de óxido conductor transparente 14. El segundo material de alto índice de refracción puede ser cualquier material que tenga un índice de refracción más alto que el primer material de bajo índice de refracción. Por ejemplo, el segundo material de alto índice de refracción que forma la película incrustada 24 puede comprender un óxido, nitruro u oxinitruro metálico. Algunos ejemplos de materiales de óxido adecuados para la película incrustada 24 incluyen óxidos de silicio, titanio, aluminio, circonio, fósforo, hafnio, niobio, cinc, bismuto, plomo, indio, estaño y/o aleaciones y/o mezclas de los mismos. Por ejemplo, la película incrustada 24 puede incluir un óxido de silicio y/o aluminio.

25

Por ejemplo, la película incrustada 24 puede incluir un óxido de silicio y aluminio. De acuerdo con este ejemplo, la segunda película de la capa inferior 22 tendría al menos 50 % en volumen de sílice; de 50 a 99 % en volumen de sílice y de 50 a 1 % en volumen de alúmina; de 60 a 98 % en volumen de sílice y de 40 a 2 % en volumen de alúmina; de 70 a 95 % en volumen de sílice y de 30 a 5 % en volumen de alúmina; de 80 a 90 % en peso de sílice y de 10 a 20 % en peso de alúmina, u 8 % en peso de sílice y 15 % en peso de alúmina.

30

35

La película incrustada 24 puede tener un espesor en el intervalo de 5 nm a 50, de 10 nm a 40 nm o de 15 nm a 30 nm.

El artículo puede incluir opcionalmente una capa protectora 16 sobre la capa de óxido conductor transparente 14, tal como la capa protectora que se describe en el presente documento. Por ejemplo, la capa protectora 16 puede incluir una primera película protectora 60 y una segunda película protectora 62. La segunda película protectora 62 puede incluir una mezcla de titanio y sílice. Por ejemplo, la capa protectora 16 incluye una primera película protectora 60, una segunda película protectora 62 y una tercera película protectora 64.

40

La Figura 3 muestra otro artículo 2 de ejemplo que incluye un sustrato 10, una capa inferior 12 sobre el sustrato, una primera capa de óxido conductor transparente 114 sobre la capa inferior 12, una película incrustada 124 sobre la primera capa de óxido conductor transparente 114. Una segunda capa de óxido conductor transparente 115 sobre la película incrustada 124. Opcionalmente, se puede aplicar una capa protectora 16 sobre la segunda capa de óxido conductor transparente 115.

45

La película incrustada 124 puede comprender un óxido, nitruro u oxinitruro metálico. Algunos ejemplos de materiales adecuados para el segundo metal de alto índice de refracción incluyen óxidos de silicio, titanio, aluminio, circonio, fósforo, hafnio, niobio, cinc, bismuto, plomo, indio, estaño y/o aleaciones y/o mezclas de los mismos. Por ejemplo, el segundo material de alto índice de refracción puede incluir sílice y/o alúmina.

50

Por ejemplo, la película incrustada 124 puede incluir sílice y alúmina. El segundo material de alto índice de refracción tendría al menos 50 % en volumen de sílice; de 50 a 99 % en volumen de sílice y de 50 a 1 % en volumen de alúmina; de 60 a 98 % en volumen de sílice y de 40 a 2 % en volumen de alúmina; o de 70 a 95 % en volumen de sílice y de 30 a 5 % en volumen de alúmina; de 80 a 90 % en peso de sílice y de 10 a 20 % en peso de alúmina, u 8 % en peso de sílice y 15 % en peso de alúmina.

55

60

La película incrustada 124 puede tener un espesor en el intervalo de 5 nm a 50, de 10 nm a 40 nm o de 15 nm a 30 nm.

La primera capa de óxido conductor transparente 114 y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 tienen un espesor combinado en el intervalo de 75 nm a 950 nm, tal como de 90 nm a 800 nm, tal como de 125 nm a 700 nm. Por ejemplo, el espesor combinado no puede ser mayor que 950 nm, 800 nm, 700 nm, 600 nm, 500 nm, 400 nm,

65

350 nm, 300 nm, 275 nm, 250 nm o 225 nm. El espesor combinado puede ser de al menos 75 nm, al menos 90 nm, al menos 100 nm, al menos 125 nm, 150 nm o 175 nm. La primera capa de óxido conductor transparente 114 puede tener un espesor de al menos 10 nm, al menos 25 nm, 50 nm, 75 nm o 100 nm; y como máximo 650 nm, 550 nm, 475 nm, 350 nm, 250 nm o 150. La segunda capa de óxido conductor transparente 115 puede tener un espesor de al menos 10 nm, al menos 25 nm, 50 nm, 75 nm o 100 nm; y como máximo 650 nm, 550 nm, 475 nm, 350 nm, 250 nm o 150. Por ejemplo, si la primera capa de óxido conductor transparente 114 y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 comprenden ITO, la primera capa de óxido conductor transparente 114 puede tener un espesor de al menos 25 nm, 50 nm, 75 nm o 100 nm; y como máximo 200 nm, 175 nm, 150 nm o 125 nm; y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 puede tener un espesor de al menos 25 nm, 50 nm, 75 nm o 100 nm; y como máximo 200 nm, 175 nm, 150 nm o 125 nm. En otro ejemplo, si la capa de óxido conductor transparente 114 y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 comprenden AZO, la primera capa de óxido conductor transparente 114 puede tener un espesor de al menos 100 nm, al menos 150 nm, al menos 200 nm, 250 nm o 300 nm; y como máximo 650 nm, 550 nm, como máximo 450 nm, como máximo 325 nm o como máximo 200 nm; y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 puede tener un espesor de al menos 100 nm, al menos 150 nm, al menos 200 nm, 250 nm o 300 nm; y como máximo 650 nm, 550 nm, como máximo 450 nm, como máximo 325 nm o como máximo 200 nm. En otro ejemplo, si la capa de óxido conductor transparente 114 y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 comprenden GZO, la primera capa de óxido conductor transparente 114 puede tener un espesor de al menos 30 nm, al menos 60 nm, al menos 75 nm, al menos 90 nm, al menos 100 nm, al menos 125 nm, al menos 150 nm, 200 nm o 300 nm; y como máximo 350 nm, como máximo 300 nm, 275 nm, como máximo 250 nm o como máximo 225 nm; y la segunda capa de óxido conductor transparente 115 puede tener un espesor de al menos 30 nm, al menos 60 nm, al menos 75 nm, al menos 90 nm, al menos 100 nm, al menos 125 nm, al menos 150 nm, 200 nm o 300 nm; y 350 nm, como máximo 300 nm, 275 nm, como máximo 250 nm, o como máximo 225 nm.

Al cambiar el espesor de la primera y segunda capas de óxido conductor transparente 114, 115, se mueve la película incrustada 124 ya sea más arriba en la capa de óxido conductor transparente 14, o más abajo en la capa de óxido conductor transparente 14. Sorprendentemente, independientemente de dónde se coloque la película incrustada 24, 124 dentro del apilamiento de revestimiento, hay un aumento significativo en la resistencia laminar (véase la Figura 13a). También, sorprendentemente, la posición de la película incrustada 24, 124 dentro de la capa de óxido conductor transparente 14 tiene un impacto diferente sobre la transmisión de luz (véase la Figura 13b). Cuando la primera capa de óxido conductor transparente 114 es más fina que la segunda capa de óxido conductor transparente 115, de modo que la película incrustada 124 se coloca más abajo dentro de la capa de óxido conductor transparente 14, hay un aumento en la transmisión de luz (véase la Figura 13b). Este aumento es más pronunciado cuando la primera capa de óxido conductor transparente 114 es más gruesa que la segunda capa de óxido conductor transparente 115, de modo que la película incrustada 124 se coloca más arriba dentro de la capa de óxido conductor transparente 14 (véase la Figura 13b). Sin embargo, si el espesor de la primera capa de óxido conductor transparente 114 es aproximadamente igual al espesor de la segunda capa de óxido conductor transparente 115, de modo que la película incrustada 124 se coloca aproximadamente en el medio de la capa de óxido conductor transparente 14, la transmisión disminuye (véase la Figura 13b). Por ejemplo, la segunda película de óxido conductor transparente 115 puede ser al menos 25 %, al menos 50 %, al menos 75 %, al menos 100 % (es decir, al menos el doble), al menos 125 % o al menos 150 % más gruesa que la primera película de óxido conductor transparente 114; y puede ser como máximo 250 % más gruesa; como máximo 200 % más gruesa; como máximo 150 % más gruesa; como máximo 125 % más gruesa; como máximo 100 % (es decir, como máximo el doble) más gruesa; como máximo 75 % más gruesa; como máximo 50 % más gruesa o como máximo 25 % más gruesa que la primera película de óxido conductor transparente 114. Como alternativa, la segunda película de óxido conductor transparente 115 puede ser al menos 25 %, al menos 50 %, al menos 75 %, al menos 100 % (es decir, al menos el doble), al menos 125 % o al menos 150 % más fina que la primera película de óxido conductor transparente 114; y puede ser como máximo 250 % más fina; como máximo 200 % más fina; como máximo 150 % más fina; como máximo 125 % más fina; como máximo 100 % (es decir, como máximo el doble) más fina; como máximo 75 % más fina; como máximo 50 % más fina o como máximo 25 % más fina que la primera película de óxido conductor transparente 114

Otro ejemplo de la invención es un método para fabricar un artículo revestido 2. Se proporciona un sustrato 10. Se aplica una primera película de la capa inferior 20 que tiene un primer material de alto índice de refracción sobre al menos una parte del sustrato 10. Se aplica una segunda película de la capa inferior 22 que tiene un primer material de bajo índice de refracción sobre al menos una parte de la primera película de la capa inferior 20, en donde el primer material de índice de refracción más bajo tiene un índice de refracción que es menor que la primera película de alto índice de refracción. Se aplica una primera película de óxido conductor transparente 114 sobre al menos una parte de la capa inferior 12. Se aplica una película incrustada 124 que tiene un segundo material de alto índice de refracción sobre al menos una parte de la primera película de óxido conductor transparente 114, en donde el segundo material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción que es mayor que el primer material de bajo índice de refracción, o tiene un índice de refracción que está dentro del 10 %, o el 5 %, del índice de refracción para el primer alto índice de refracción, o es el mismo material que el primer material de alto índice de refracción, o tiene el mismo índice de refracción que el primer material de alto índice de refracción. Se aplica una segunda película 115 conductora transparente de óxido sobre al menos una parte de la película incrustada 124. La segunda película de alto índice de refracción divide la película de óxido conductor transparente en dos partes, la primera película de óxido conductor transparente y la segunda película de óxido conductor transparente.

La película incrustada 124 también permite ajustar un color para el sustrato revestido. El color puede tener un a^* de al menos -9, -4, -3 o -1,5 y como máximo 1, 0 o -0,5 y tienen un b^* de al menos -9, -4, -3 o -1,5 y como máximo 1,0 o -0,5.

5 Al cambiar los espesores de los dos materiales de alto índice de refracción y el material de bajo índice de refracción, se puede ajustar el color del sustrato revestido. Para este fin, en primer lugar, se debe identificar el material que se utilizará en las películas de óxido conductor transparente 114 y 115. Una vez que se identifica ese material, se identifica una resistencia laminar deseada. Conociendo el material y la resistencia laminar, se puede determinar el espesor de la capa de óxido conductor transparente 14, o el espesor combinado de la primera y la segunda películas de óxido conductor transparente 114 y 115. La capa de óxido conductor transparente 14 afectará al color del sustrato revestido. Para compensar este impacto sobre el color, se puede utilizar una herramienta de diseño óptico (por ejemplo, FILM STAR) para identificar los espesores de la primera y segunda películas de la capa inferior 20 y 22, y el espesor de la película incrustada 24, 124. Esto se hace introduciendo el espesor de la capa de óxido conductor transparente 14 en el software, identificando el primer material de alto índice de refracción, el segundo material de alto índice de refracción y el primer material de índice de refracción más bajo. Con estos parámetros, se puede determinar el espesor de la primera y segunda películas de la capa inferior 20 y 24, y la película incrustada 24, 124. A continuación, estas películas se aplican en los espesores identificados.

20 Por ejemplo, el método puede incluir identificar un primer material de óxido conductor transparente que se utilizará en la primera película de óxido conductor transparente 114, y un segundo material de óxido conductor transparente que se utilizará en la segunda película de óxido conductor transparente 115. Estos óxidos conductores transparentes pueden ser GZO, AZO, IZO, MZO o ITO.

25 El espesor de la capa de óxido conductor transparente 14 puede identificarse identificando en primer lugar una resistencia laminar deseada. Una vez que se identifica la resistencia laminar, entonces se puede identificar el espesor combinado de ambas películas de óxido conductor transparente 114, 115. La resistencia laminar puede ser de al menos $8 \Omega/\square$, al menos $10 \Omega/\square$, o al menos $12 \Omega/\square$; y puede ser como máximo de $25 \Omega/\square$, como máximo $20 \Omega/\square$, o como máximo $18 \Omega/\square$. Para alcanzar esos valores, el espesor combinado de la capa de óxido conductor transparente 14 puede ser de al menos 75 nm, al menos 90 nm, al menos 100 nm; al menos 175 nm; al menos 180 nm; al menos 190 nm; al menos 200 nm; al menos 205 nm; al menos 225 nm; o al menos 360 nm. Dado que la capa de óxido conductor transparente 14 afecta al color del sustrato revestido, es importante minimizar el espesor combinado de las películas de óxido conductor transparente 114, 115. Para este fin, el espesor combinado de las películas de óxido conductor transparente 114, 115 puede ser como máximo de 800 nm; como máximo 700 nm; como máximo 360 nm; al menos 350 nm, como máximo 300 nm, como máximo 275 nm, como máximo 250 nm, como máximo 225 nm; como máximo 205 nm; como máximo 200 nm; como máximo 190 nm; como máximo 180 nm o como máximo 175 nm.

40 También se determina la posición de la película incrustada 24, 124 dentro del óxido conductor transparente. De este modo, se considera si se desea aumentar o disminuir la transmisión (véase la Figura 13 (b)). La primera película de óxido conductor transparente 114 puede ser más gruesa, más fina o aproximadamente del mismo espesor que la segunda película de óxido conductor 115.

45 Se identifican un primer material de alto índice de refracción para una primera película de la capa inferior 20, un primer material de bajo índice de refracción para una segunda película de la capa inferior 22 y un segundo material de alto índice de refracción para una película incrustada 24, 124. Opcionalmente, se puede identificar una capa protectora 16 con un espesor identificado para cada película de capa protectora 60, 62 y/o 64. Se identifica un color deseado. Estos parámetros se introducen en una herramienta de diseño óptico, tal como FILM STAR, y se identifican el espesor de la primera película de la capa inferior 20 y la película de capa inferior 22 y la película incrustada 124.

50 El apilamiento de revestimiento que tiene la capa inferior 12, la capa de óxido conductor transparente 14, la película incrustada 24, 124 y la capa protectora opcional 16 se aplican sobre el sustrato con el espesor identificado. El espesor de las películas de la capa inferior 20, 22 y la película incrustada 24,124 ajustan el color del artículo 2 al color deseado.

55 Las Figuras 4a y 4b muestran otro artículo 2 de ejemplo que incluye un sustrato 10, una capa inferior 12 sobre el sustrato 10, una capa de óxido conductor transparente 14 sobre la capa inferior 12 y una capa protectora 16 sobre la capa de óxido conductor transparente 14. El sustrato 10, la capa inferior 12 y la capa de óxido conductor transparente 14 pueden ser cualquiera de los sustratos o capas inferiores que se describen en el presente documento. La capa de óxido conductor transparente 14 se puede dividir por las capas incrustadas 24, 124 discutidas en el presente documento.

60 La capa protectora 16 está sobre la capa de óxido conductor transparente 14, u opcionalmente en contacto directo con la capa de óxido conductor transparente 14. Puede incluir al menos dos películas protectoras 60, 62 o al menos tres películas protectoras 60, 62, 64.

65 La Figura 4a muestra un ejemplo de un artículo con una capa protectora que tiene dos películas protectoras 60, 62. La primera película protectora 60 se coloca sobre la capa de óxido conductor transparente 14, y está más cerca de la capa de óxido conductor transparente 14 que la segunda película protectora 62. La segunda película protectora 62 es

la película más externa del revestimiento 18 sobre el artículo revestido.

La primera película protectora 60 puede comprender alúmina, sílice, titania, circonia, óxido de estaño o mezclas de los mismos. Por ejemplo, la primera película protectora puede comprender una mezcla de sílice y alúmina. En otro ejemplo, la primera película 60 puede comprender estannato de cinc. En otro ejemplo, la primera película protectora 60 puede comprender circonia.

La segunda película protectora 62 comprende una mezcla de titania y alúmina. La segunda película protectora 62 es la última película de un revestimiento 18 aplicado sobre el sustrato 10.

La segunda película protectora 62 comprende 40-60 por ciento en peso de alúmina y 60-40 por ciento en peso de titania; 45-55 por ciento en peso de alúmina y 55-45 por ciento en peso de titania; 48-52 por ciento en peso de alúmina y 52-48 por ciento en peso de titania; 49-51 por ciento en peso de alúmina y 51-49 por ciento en peso de titania; o 50 por ciento en peso de alúmina y 50 por ciento en peso de titania.

Como se muestra en la Figura 4b, la capa protectora 16 puede comprender además una tercera película protectora 64 colocada entre la primera película protectora 60 y la segunda película protectora 62. La tercera película protectora 64 puede comprender alúmina, sílice, titania, circonia, óxido de estaño o mezclas de los mismos. Por ejemplo, la tercera película protectora 64 puede comprender una mezcla de sílice y alúmina. En otro ejemplo, la tercera película protectora 64 comprende estannato de cinc. En otro ejemplo, la tercera película protectora 64 comprende circonia.

En las Figs. 5a y b se muestra otro artículo de ejemplo, que incluye un sustrato 10, un revestimiento funcional 112 y una capa protectora 16. El sustrato en este método puede ser vidrio, plástico o metal.

El revestimiento funcional 112 puede ser cualquier revestimiento funcional. Por ejemplo, puede incluir múltiples películas dieléctricas o múltiples películas metálicas. El revestimiento funcional puede incluir la capa inferior 12 descrita en el presente documento y/o la capa de óxido conductor transparente 14 descrita en el presente documento. La capa protectora 16 puede ser una primera película protectora 60 y una segunda película protectora 62 como se describe en el presente documento. En este caso, la segunda película protectora 62 es la película más externa e incluye alúmina y titania.

El revestimiento protector puede tener un espesor de al menos 20 nm, 40 nm, 60 nm u 80 nm, 100 nm o 120 nm; y como máximo 275 nm, 255 nm, 240 nm, 170 nm, 150 nm, 125 nm o 100 nm. La primera película protectora puede tener un espesor de al menos 10 nm, al menos 15 nm, al menos 27 nm, al menos 35 nm, al menos 40 nm, al menos 54 nm, al menos 72 nm; y como máximo 85 nm, 70 nm, 60 nm, 50 nm, 45 nm, 30 nm. La segunda película protectora puede tener un espesor de al menos 10 nm, al menos 15 nm, al menos 27 nm, al menos 35 nm, al menos 40 nm, al menos 54 nm, al menos 72 nm; y como máximo 85 nm, 70 nm, 60 nm, 50 nm, 45 nm, 30 nm. La tercera película protectora opcional puede tener un espesor de al menos 10 nm, al menos 15 nm, al menos 27 nm, al menos 35 nm, al menos 40 nm, al menos 54 nm, al menos 72 nm; y como máximo 85 nm, 70 nm, 60 nm, 50 nm, 45 nm, 30 nm. Por ejemplo, la capa protectora puede tener el espesor indicado en la Tabla 1, a continuación. En una realización, la 1ª la película protectora tiene un espesor de al menos 20 nm o al menos 30 nm; y como máximo 60 nm o como máximo 50 nm. La segunda película protectora tiene un espesor de al menos 15 nm o al menos 20 nm; y como máximo 50 nm o como máximo 40 nm. La tercera capa protectora opcional tiene un espesor de al menos 5 nm o al menos 10 nm; y como máximo 30 nm o como máximo 20 nm. La tercera capa protectora opcional puede colocarse entre la primera película protectora y la capa funcional, o entre la primera película protectora y la segunda película protectora.

Tabla 1: Espesor de ejemplo para una capa protectora

| 1ª Película protectora | 3ª Película protectora opcional | 2ª Película protectora |
|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 27 nm | -- | 33 nm |
| 27 nm | -- | 50 nm |
| 27 nm | -- | 68 nm |
| 27 nm | -- | 85 nm |
| 54 nm | -- | 33 nm |
| 54 nm | -- | 50 nm |
| 54 nm | -- | 68 nm |
| 54 nm | -- | 85 nm |

(continuación)

| 1ª Película protectora | 3ª Película protectora opcional | 2ª Película protectora |
|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 72 nm | -- | 33 nm |
| 72 nm | -- | 50 nm |
| 72 nm | -- | 68 nm |
| 72 nm | -- | 85 nm |
| 50 nm | -- | 50 nm |
| 50 nm | -- | 70 nm |
| 50 nm | -- | 85 nm |
| 70 nm | -- | 50 nm |
| 70 nm | -- | 70 nm |
| 70 nm | -- | 85 nm |
| 20 nm | -- | 20 nm |
| 20 nm | -- | 30 nm |
| 20 nm | -- | 40 nm |
| 30 nm | -- | 20 nm |
| 30 nm | -- | 30 nm |
| 30 nm | -- | 40 nm |
| 40 nm | -- | 20 nm |
| 40 nm | -- | 30 nm |
| 40 nm | -- | 40 nm |
| 50 nm | 15 nm | 50 nm |
| 50 nm | 15 nm | 70 nm |
| 50 nm | 15 nm | 85 nm |
| 70 nm | 15 nm | 50 nm |
| 70 nm | 15 nm | 70 nm |
| 70 nm | 15 nm | 85 nm |
| 15 nm | 50 nm | 50 nm |
| 15 nm | 50 nm | 70 nm |
| 15 nm | 50 nm | 85 nm |
| 15 nm | 70 nm | 50 nm |
| 15 nm | 70 nm | 70 nm |
| 15 nm | 70 nm | 85 nm |

El revestimiento funcional 112 puede ser un revestimiento funcional de película única o puede ser un revestimiento funcional de varias películas que incluye una o más capas dieléctricas y/o una o más capas reflectantes de infrarrojos.

5 El revestimiento funcional 112 puede ser, por ejemplo, un revestimiento de control solar. La expresión "revestimiento de control solar" se refiere a un revestimiento que está compuesto por una o más capas o películas que afectan a las propiedades solares del artículo revestido, tal como, pero sin limitación, la cantidad de radiación solar, por ejemplo, radiación visible, radiación infrarroja o ultravioleta, reflejada desde, absorbida mediante o que pasa a través del artículo revestido; el coeficiente de sombreado; la emisividad, etc. El revestimiento de control solar puede bloquear, absorber o filtrar las partes seleccionadas del espectro solar, tal como, pero sin limitación, los espectros IR, UV y/o visible.

10

El revestimiento funcional 112 puede incluir, por ejemplo, una o más películas dieléctricas. La película dieléctrica puede comprender un material antirreflectante, que incluye, pero sin limitación, óxidos metálicos, óxidos de aleaciones metálicas, nitruros, oxinitruros o mezclas de los mismos. La película dieléctrica puede ser transparente a la luz visible.

5 Los ejemplos de óxidos metálicos adecuados para la película dieléctrica incluyen óxidos de titanio, hafnio, circonio, niobio, cinc, bismuto, plomo, indio, estaño y mezclas de los mismos. Estos óxidos metálicos pueden tener cantidades pequeñas de otros materiales, tales como manganeso en óxido de bismuto, estaño en óxido de indio, etc. De manera adicional, pueden usarse óxidos de aleaciones metálicas o mezclas de metales, tal como óxidos que contienen cinc y estaño (p. ej., estannato de cinc, definido a continuación), óxido de aleaciones de indio-estaño, nitruros de silicio,

10 nitruros de aluminio y silicio o nitruros de aluminio. Asimismo, pueden usarse óxidos metálicos dopados, tales como óxidos de estaño dopados con antimonio o indio u óxidos de silicio dopados con boro o níquel. La película dieléctrica puede ser una película sustancialmente monofásica, tal como una película de óxido de aleación metálica, p. ej., estannato de cinc, o puede ser una mezcla de fases formadas de óxidos de cinc y estaño o puede estar formada de una pluralidad de películas.

15 El revestimiento funcional 112 puede incluir una película reflectante de la radiación. La película reflectante de la radiación puede incluir un metal reflectante, tal como, pero sin limitación, oro metálico, cobre, paladio, aluminio, plata o mezclas de los mismos. En una realización, la película reflectante de la radiación comprende una capa de plata metálica.

20 En una realización, el revestimiento funcional comprende una primera capa dieléctrica 120 sobre el sustrato 10, una segunda capa dieléctrica 122 sobre la primera capa dieléctrica 120, y una capa metálica 126 entre la primera capa dieléctrica y la segunda capa dieléctrica 120 (véase la Figura 7) o sobre la segunda capa dieléctrica 122 (véase la Figura 6a). El revestimiento protector 16 se coloca sobre la capa metálica 126 (véase la Figura 6b). Opcionalmente,

25 se puede aplicar una imprimación 128 entre la película metálica y la primera capa dieléctrica (véase la Figura 6c) o la segunda capa dieléctrica (véase la Figura 6d).

30 Las películas dieléctricas 120 y 122 pueden ser transparentes a la luz visible. Algunos ejemplos de óxidos metálicos adecuados para las películas dieléctricas 120 y 122 incluyen óxidos de titanio, hafnio, circonio, niobio, cinc, bismuto, plomo, indio, estaño y mezclas de los mismos. Estos óxidos metálicos pueden tener cantidades pequeñas de otros materiales, tales como manganeso en óxido de bismuto, estaño en óxido de indio, etc. De manera adicional, pueden usarse óxidos de aleaciones metálicas o mezclas de metales, tal como óxidos que contienen cinc y estaño (p. ej., estannato de cinc, definido anteriormente), óxido de aleaciones de indio-estaño, nitruros de silicio, nitruros de aluminio

35 y silicio o nitruros de aluminio. Asimismo, pueden usarse óxidos metálicos dopados, tales como óxidos de estaño dopados con antimonio o indio u óxidos de silicio dopados con boro o níquel. Las películas dieléctricas 120 y 122 pueden ser una película sustancialmente monofásica, tal como una película de óxido de aleación metálica, p. ej., estannato de cinc, o puede ser una mezcla de fases compuestas por óxidos de cinc y estaño. Las películas dieléctricas 120 y 122 pueden tener un espesor combinado en el intervalo de 100 Å a 600 Å, tal como de 200 Å a 500 Å, tal como de 250 Å a 350 Å.

40 La película metálica 126 puede seleccionarse del grupo que consiste en oro metálico, cobre, paladio, aluminio, plata, y aleaciones de los mismos. Por ejemplo, la película metálica 126 puede ser de plata.

45 La imprimación 128 opcional puede ser una sola película o varias películas. Por ejemplo, la imprimación 128 puede incluir un material captador de oxígeno que puede sacrificarse durante el proceso de deposición para evitar la degradación u oxidación de la película metálica 126 durante el proceso de pulverización o procesos de calentamiento posteriores. La imprimación 128 también puede absorber al menos una parte de la radiación electromagnética, tal como la luz visible, que pasa a través del revestimiento. Algunos ejemplos de materiales útiles para las capas de imprimación 128 incluyen titanio, silicio, dióxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, aleaciones de níquel-cromo (tales como Inconel), circonio, aluminio, aleaciones de silicio y aluminio, aleaciones que contienen cobalto y cromo (por ejemplo, Stellite®) y mezclas de los mismos. Por ejemplo, la imprimación 148 puede ser de titanio.

50 La capa protectora 16 puede incluir una primera película protectora 60 y una segunda película protectora 62; o una primera película protectora 60 (véanse las Figuras 5a y 6a-d), una segunda película protectora 62 y una tercera película protectora 64 (véanse las Figuras 5b y 6e-h).

55 En un método para fabricar un artículo revestido, se aplica una capa inferior 12 sobre un sustrato 10, y se aplica una capa de óxido conductor transparente 14 sobre la capa inferior 12. La capa inferior 12 se puede aplicar sobre el sustrato 10, y la capa de óxido conductor transparente 14 se puede aplicar sobre al menos una parte de la capa inferior 12; o se puede proporcionar un sustrato 10 que tiene la capa inferior 12 y la capa de óxido conductor transparente 14 sobre esta. Se aplica una capa protectora 16 sobre al menos una parte del óxido conductor transparente. La capa protectora 16 se aplica aplicando en primer lugar una primera película protectora 60 sobre el óxido conductor transparente, y aplicando después una segunda película protectora 62 sobre la primera película protectora 60.

60 Opcionalmente, se puede aplicar una tercera película protectora 64 sobre la primera película protectora 60, y la segunda película protectora 62 se puede aplicar sobre la tercera película protectora 64.

65

En un método para fabricar un artículo revestido, se aplica un revestimiento funcional 112 sobre un sustrato 10. Puede aplicarse un revestimiento funcional 112 sobre el sustrato 10, o puede proporcionarse un sustrato que tenga un revestimiento funcional 112. Se aplica una capa protectora 16 sobre el revestimiento funcional 112. La capa protectora 16 se aplica aplicando en primer lugar una primera película protectora 60 sobre el óxido conductor transparente, y aplicando después una segunda película protectora 62 sobre la primera película protectora 60. Opcionalmente, se puede aplicar una tercera película protectora 64 sobre la primera película protectora 60, y la segunda película protectora 62 se puede aplicar sobre la tercera película protectora 64.

Otro método de ejemplo de la invención es un método para aumentar la resistencia laminar de un artículo revestido. Se proporciona un artículo revestido. El artículo revestido tiene un sustrato y una capa de óxido conductor transparente sobre al menos parte del sustrato. El artículo revestido se procesa con un proceso de post-deposición.

El proceso post-deposición puede consistir en templar el artículo revestido, recocido instantáneo de solo una superficie de la capa de óxido conductor transparente, o hacer pasar una corriente de Foucault a través de la capa de óxido conductor transparente.

El templado del artículo revestido se realiza calentando todo el artículo de modo que la superficie de la capa de óxido conductor transparente alcance más de 193,3 °C (380 °F), al menos 223,9 °C (435 °F), o al menos 335 °C (635 °F) durante al menos 5, 10, 15, 20, 25 o 30 segundos, y como máximo 120, 90, 60, 55, 50, 45, 40, 35 o 30 segundos. La capa de óxido conductor transparente no debe calentarse a más de 335 °C (635 °F) o 430 °C (806 °F). Después de calentar el articulado revestido, este se enfría rápidamente a una temperatura normal a un ritmo particular.

El artículo revestido se puede recocer instantáneamente para aumentar la resistencia laminar. Esto se hace usando una lámpara de destellos para calentar una superficie del artículo revestido. La superficie que se calienta es la superficie sobre la que reside la capa de óxido conductor transparente. La superficie se calienta a una temperatura superior a 193,3 °C (380 °F), al menos 223,9 °C (435 °F) o al menos 335 °C (635 °F) durante al menos 5, 10, 15, 20, 25 o 30 segundos, y como máximo 120, 90, 60, 50, 55, 45, 40, 35 o 30 segundos. La superficie debe calentarse a no más de 520 °C (968 °F), no más de 470 °C (878 °F), no más de 430 °C (806 °F) o no más de 335 °C (635 °F). Después de calentar la superficie, esta se enfría a una temperatura normal.

El paso de una corriente de Foucault a través del óxido conductor transparente ("TCO") se puede hacer exponiendo la capa de óxido conductor transparente a un campo magnético cambiante. Por ejemplo, se puede aplicar un campo magnético sobre un sustrato que está revestido con un TCO. El TCO se enfrenta al campo magnético. La corriente de Foucault pasa a través de la capa de óxido conductor transparente.

Otro método de ejemplo es un método para reducir la resistencia laminar de un artículo revestido. Se proporciona un sustrato. El sustrato en este método puede ser vidrio, plástico o metal. Opcionalmente, el sustrato se reviste con una capa inferior. La capa inferior puede comprender una película, dos películas o más. El sustrato se reviste con un óxido conductor transparente aplicando un óxido conductor transparente sobre al menos una parte del sustrato o capa inferior. Opcionalmente, se aplica una película incrustada dentro de la capa de óxido conductor transparente. Esta etapa opcional se realiza aplicando una primera parte de la capa de óxido conductor transparente, aplicando la capa incrustada sobre al menos una parte de la primera parte de la capa de óxido conductor transparente, y aplicando una segunda parte de la capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la capa incrustada. El artículo revestido se procesa con uno de los procesos de post-deposición descritos anteriormente.

Opcionalmente, el método puede incluir además la aplicación de una capa protectora, como se describe en el presente documento, sobre al menos una parte de la capa de óxido conductor transparente. La capa protectora puede tener dos películas protectoras o tres películas protectoras.

Al tratar un artículo con un proceso de post-deposición, la resistencia laminar del artículo disminuye a menos de 25 ohmios por cuadrado, menos de 20 ohmios por cuadrado; menos de 18 ohmios por cuadrado, menos de 16 ohmios por cuadrado, o menos de 15 ohmios por cuadrado. Esto es particularmente útil para reducir el espesor de un TCO. Por ejemplo, el AZO puede tener un espesor de menos de 400 nm o 320 nm y mayor de 160 nm. El AZO debe tener un espesor de menos de 344 nm y mayor de 172 nm. El ITO debe tener un espesor de menos de 275 nm o 175 nm; y mayor que 95 nm.

Una realización de ejemplo es un método para fabricar un artículo de vidrio revestido en donde se proporciona un sustrato de vidrio. Se aplica una capa inferior sobre el sustrato de vidrio, preferentemente mediante un proceso o deposición al vacío pulverizado por magnetrón, se aplica algún otro proceso que no utilice calor radiante o la capa inferior sobre el sustrato a temperatura ambiente. Preferentemente, la capa inferior comprende dos películas en donde la primera película comprende un óxido de cinc y un óxido de estaño y la segunda película comprende sílice y titanía. Se aplica un óxido conductor transparente sobre la capa inferior, preferentemente mediante un proceso de deposición al vacío pulverizado por magnetrón, algún otro proceso que no use calor radiante o el óxido conductor transparente se aplica sobre la capa inferior a temperatura ambiente. Preferentemente, el óxido conductor transparente es óxido de indio dopado con estaño. Se aplica una capa protectora opcional sobre el óxido conductor transparente, preferentemente mediante un proceso o deposición al vacío pulverizado por magnetrón, se aplica algún otro proceso

que no utilice calor radiante o la capa protectora opcional sobre el óxido conductor transparente a temperatura ambiente. La absorción del óxido conductor transparente no es mayor que 0,2 y/o es al menos tan alta como 0,05.

5 En una realización de ejemplo, el artículo es una puerta de frigorífico. Las puertas de frigorífico se tratarían con un proceso de post-deposición en algún momento antes del montaje, pero bastante después de que se revista el metal para el exterior de la puerta. Normalmente, las puertas de frigorífico se calientan para permitir que se doble el artículo revestido en una forma que se ajuste apropiadamente a la puerta. Este proceso de calentamiento cristalizaría el óxido conductor transparente y reduciría la resistencia laminar.

10 EJEMPLOS DE REFERENCIA

Ejemplo 1 (010761)

15 Se revistió un sustrato de vidrio con una capa inferior y una capa de óxido conductor transparente. La capa inferior tenía una primera película de la capa inferior y una segunda película de la capa inferior. La primera película de la capa inferior era estannato de cinc sobre el sustrato de vidrio, y la segunda película de la capa inferior era una aleación de sílice-alúmina que tenía aproximadamente un 85 por ciento en peso de sílice y un 15 por ciento en peso de alúmina sobre la primera película de la capa inferior. La capa de óxido conductor transparente sobre la segunda película de la capa inferior era óxido de indio dopado con estaño ("ITO").

20 Para mejorar la conductividad del artículo revestido, todo el artículo se colocó en un horno y se midió la temperatura de la capa de óxido conductor transparente (véase la Figura 7).

25 Se ensayaron las siguientes muestras para establecer la conductividad mejorada para cada espesor del ITO.

| Muestra | Espesor de ITO (nm) | Temp. superficie del ITO [°C (°F)] | Resistencia laminar (Ω/\square) |
|---------|---------------------|------------------------------------|--|
| 1 | 96,8 | Sin recocido instantáneo | 68,4 |
| 2 | 96,8 | 223,9 (435) | 23,6 |
| 3 | 96,8 | 335 (635) | 24,8 |
| 4 | 96,8 | 430 (806) | 21,8 |
| 5 | 96,8 | 470 (878) | 21,2 |
| 6 | 96,8 | 520 (968) | 20,2 |
| 8 | 105,2 | Sin recocido instantáneo | 67,2 |
| 8 | 105,2 | 223,9 (435) | 23,0 |
| 9 | 105,2 | 335 (635) | 23,6 |
| 10 | 105,2 | 430 (806) | 21,2 |
| 11 | 105,2 | 470 (878) | 20,6 |
| 12 | 105,2 | 520 (968) | 19,6 |
| 13 | 111,6 | Sin recocido instantáneo | 67,2 |
| 14 | 111,6 | 223,9 (435) | 21,8 |
| 15 | 111,6 | 335 (635) | 23,6 |
| 16 | 111,6 | 430 (806) | 20,6 |
| 17 | 111,6 | 470 (878) | 20,0 |
| 18 | 111,6 | 520 (968) | 19,0 |
| 19 | 114,9 | Sin recocido instantáneo | 67,2 |
| 20 | 114,9 | 223,9 (435) | 21,2 |
| 21 | 114,9 | 335 (635) | 22,4 |

(continuación)

| Muestra | Esesor de ITO (nm) | Temp. superficie del ITO [°C (°F)] | Resistencia laminar (Ω/\square) |
|---------|--------------------|------------------------------------|--|
| 22 | 114,9 | 430 (806) | 18,9 |
| 23 | 114,9 | 470 (878) | 18,9 |
| 24 | 114,9 | 520 (968) | 17,9 |
| 25 | 127,9 | Sin recocido instantáneo | 61,3 |
| 26 | 127,9 | 223,9 (435) | 18,9 |
| 27 | 127,9 | 335 (635) | 20,0 |
| 28 | 127,9 | 430 (806) | 17,7 |
| 29 | 127,9 | 470 (878) | 17,1 |
| 30 | 127,9 | 520 (968) | 14,9 |
| 31 | 133,1 | Sin recocido instantáneo | 60,2 |
| 32 | 133,1 | 223,9 (435) | 17,7 |
| 33 | 133,1 | 335 (635) | 19,5 |
| 34 | 133,1 | 430 (806) | 17,1 |
| 35 | 133,1 | 470 (878) | 15,9 |
| 36 | 133,1 | 520 (968) | 14,3 |
| 37 | 147,9 | Sin recocido instantáneo | 58,4 |
| 38 | 147,9 | 223,9 (435) | 17,7 |
| 39 | 147,9 | 335 (635) | 18,9 |
| 40 | 147,9 | 430 (806) | 16,5 |
| 41 | 147,9 | 470 (878) | 15,3 |
| 42 | 147,9 | 520 (968) | 13,1 |
| 43 | 160,3 | Sin recocido instantáneo | 56,6 |
| 44 | 160,3 | 223,9 (435) | 16,5 |
| 45 | 160,3 | 335 (635) | 18,3 |
| 46 | 160,3 | 430 (806) | 15,3 |
| 47 | 160,3 | 470 (878) | 14,1 |
| 48 | 160,3 | 520 (968) | 13,1 |
| 49 | 170,8 | Sin recocido instantáneo | 54,3 |
| 50 | 170,8 | 223,9 (435) | 15,3 |
| 51 | 170,8 | 335 (635) | 16,5 |
| 52 | 170,8 | 430 (806) | 14,1 |
| 53 | 170,8 | 470 (878) | 14,1 |
| 54 | 170,8 | 520 (968) | 12,0 |

5 Como puede observarse en la Figura 7, el calentamiento posterior a la deposición del ITO, independientemente del espesor, disminuyó la resistencia laminar de aproximadamente 55-70 Ω/\square a aproximadamente 10-25 Ω/\square . Cuando el espesor del ITO era de al menos 96,8 nm de espesor, la resistencia laminar era inferior a 25 Ω/\square independientemente de la temperatura de calentamiento. Cuando el espesor del ITO fue de al menos 109,2, la resistencia laminar era inferior a 20 Ω/\square si la superficie del ITO alcanzaba los 520 °C (968 °F). A aproximadamente a 127,9 nm, el ITO tenía una resistencia laminar de menos de 20 Ω/\square cuando se calentaba a cualquier temperatura. Las mejoras en la

resistencia laminar fueron inesperadas. Se obtuvieron resultados similares con otros óxidos conductores transparentes, sugiriendo que la temperatura, independientemente del óxido conductor transparente, debe estar por encima de 193,3 °C (380 °F), al menos 223,9 °C (435 °F), o no por encima de 430 °C (806 °F).

- 5 Como se muestra en las Figuras 8a-c, el calentamiento posterior a la deposición aumentó la cristalinidad de la capa de ITO. Las muestras que se analizaron se enumeran en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2: Muestras para el Ejemplo 1

| Muestra | ID de las muestras | Descripción |
|---------|--------------------------------|--|
| A | Transparente sin revestimiento | Vidrio transparente sin revestimiento |
| B | PC-4042 | Vidrio transparente revestido con ITO a 168,7 nm |
| C | PC-4042-40 AH | PC-4042 después del calentamiento |
| D | PC-4045 | Vidrio transparente revestido con ITO a 141,7 nm |
| E | PC-4045-30 AH | PC-4045 después del calentamiento |
| F | PC-4046 | Vidrio transparente revestido con ITO a 129,4 nm |
| G | PC-4046-30 AH | PC-4046 después del calentamiento |

- 10 Al centrarse en la temperatura superficial mínima necesaria para aumentar la formación de cristales del ITO, se obtiene un tremendo beneficio al conservar la energía.

Ejemplo 2

- 15 Se revistió un sustrato de vidrio con una capa de óxido conductor transparente. El óxido conductor transparente era óxido de cinc dopado con galio ("GZO"). Se prepararon varias muestras con diferentes espesores de GZO y se midió la resistencia laminar para las muestras para comparar los efectos del procesamiento post-deposición con la resistencia laminar del GZO tal cual se deposita. El proceso de post-deposición consistió en colocar el artículo revestido en un horno. La resistencia laminar de cada muestra se ensayó antes y después del recocido instantáneo, y los resultados se muestran en la Figura 9. El espesor y la resistencia laminar para el ensayo de muestras se enumeran en la Tabla 3, a continuación.

Tabla 3: Muestras del Ejemplo 2

| Muestra | Espesor de GZO (nm) | Resistencia laminar (tal cual se deposita) | Resistencia laminar (recocido instantáneo) |
|---------|---------------------|--|--|
| 1 | 160 | 84,4 | 36,6 |
| 2 | 320 | 35,6 | 12,7 |
| 3 | 400 | 26,9 | 9,6 |
| 4 | 480 | 21,8 | 7,8 |
| 5 | 640 | 16,2 | 5,3 |
| 6 | 800 | 12,0 | 4,2 |
| 7 | 960 | 7,6 | 2,7 |
| 8 | 1200 | 9,9 | 3,5 |

- 25 Como se muestra en la Figura 9, el recocido instantáneo post-deposición del GZO mejoró la resistencia laminar para todos los espesores ensayados. La mejora fue más significativa cuando el GZO tenía un espesor de aproximadamente 320-480 nm. Cuando la capa de GZO tenía aproximadamente 320 nm de espesor, la capa de GZO "tal cual se deposita" proporcionó una resistencia laminar de 35,6 Ω/□ mientras que después del tratamiento térmico, la resistencia laminar fue de 12,7 Ω/□. Esto es significativo porque, a este espesor, el recocido instantáneo redujo la resistencia laminar a un intervalo aceptable mientras que sin el recocido instantáneo, la resistencia laminar era inaceptablemente alta.

- 35 Se observó un resultado similar cuando el GZO tenía un espesor de 480 nm. La resistencia laminar de la muestra de GZO "tal cual se deposita" fue de aproximadamente 21,8 Ω/□ mientras que la muestra tratada térmicamente fue de 7,8 Ω/□.

La diferencia en la resistencia laminar se reduce a cuando se encuentran en espesores muy altos de GZO. Por

ejemplo, a aproximadamente 950 nm, la muestra de GZO "tal cual se deposita" tenía una resistencia laminar de aproximadamente 8 Ω/\square mientras que la muestra recocida instantánea tenía una resistencia laminar de aproximadamente 5 Ω/\square . En este caso, ambas muestras tenían una resistencia laminar suficientemente baja.

5 Por tanto, como se muestra en la Figura 9, para muestras con GZO como el óxido conductor transparente, los espesores que proporcionan la mayor y más significativa diferencia en la resistencia laminar es cuando la capa de GZO tiene al menos 300 nm de espesor y como máximo 500 nm de espesor.

10 El tratamiento térmico reduce el espesor de la capa de óxido conductor transparente necesario para alcanzar una resistencia laminar aceptable. Sin ningún tratamiento post-deposición, el GZO tendría que aplicarse a al menos 550 nm antes de que la resistencia laminar sea inferior a 20 Ω/\square . El calentamiento permite aplicar capas de GZO más finas. Esto no solo reduce el coste de preparar un artículo revestido apropiado, sino que también reduce el efecto que tiene el GZO sobre la óptica y el color del artículo revestido.

15 Esto fue sorprendente de encontrar y proporcionó un enfoque rentable para mejorar la resistencia laminar de capas de óxido conductor transparente más finas.

Ejemplo 3

20 Se revistió un sustrato de vidrio con una capa de óxido conductor transparente de óxido de cinc dopado con aluminio ("AZO"). Se prepararon varias muestras con diferentes espesores de AZO y se midió la resistencia laminar para las muestras para comparar los efectos del procesamiento post-deposición con la resistencia laminar del AZO tal cual se deposita. El proceso de post-deposición implicó colocar el artículo revestido en un horno. La resistencia laminar de cada muestra se ensayó antes y después del recocido instantáneo, y los resultados se muestran en la Figura 10. El espesor y la resistencia laminar para el ensayo de muestras se enumeran en la Tabla 4, a continuación.

Tabla 4: Muestras del Ejemplo 3

| Muestra | Espesor de AZO (nm) | Resistencia laminar (tal cual se deposita) | Resistencia laminar (recocido instantáneo) |
|---------|---------------------|--|--|
| 1 | 172 | 166,0 | 46,9 |
| 2 | 344 | 78,3 | 19,5 |
| 3 | 430 | 58,4 | 14,5 |
| 4 | 516 | 48,1 | 12,2 |
| 5 | 688 | 35,3 | 8,6 |
| 6 | 860 | 26,6 | 7,1 |
| 7 | 1032 | 17,0 | 3,9 |

30 Como se muestra en la Figura 10, el calentamiento posterior a la deposición del AZO mejoró la resistencia laminar para todos los espesores ensayados. La mejora fue más significativa cuando el AZO tenía un espesor de aproximadamente 344 a 860 nm. Cuando la capa de AZO tenía un espesor de 344 nm, la capa de AZO "tal cual se deposita" proporcionó una resistencia laminar de aproximadamente 78,3 Ω/\square mientras que después del tratamiento térmico, la resistencia laminar fue de 19,5 Ω/\square . Esto es significativo porque, a este espesor, el calentamiento redujo la resistencia laminar a un intervalo aceptable mientras que, sin calentamiento, la resistencia laminar era inaceptablemente alta.

35 Se observó un resultado similar cuando el AZO tenía un espesor de 860 nm. La resistencia laminar de la muestra de AZO "tal cual se deposita" fue de aproximadamente 26,6 Ω/\square mientras que la muestra tratada térmicamente fue de aproximadamente 7,1 Ω/\square .

40 La diferencia en la resistencia laminar se reduce a cuando se encuentran en espesores muy altos de AZO. Por ejemplo, a aproximadamente 1050 nm, la muestra de AZO "tal cual se deposita" tenía una resistencia laminar de aproximadamente 17,0 Ω/\square mientras que la muestra tratada térmicamente tenía una resistencia laminar de 3,9 Ω/\square . En este caso, ambas muestras tenían una resistencia laminar suficientemente baja.

45 Por tanto, como se muestra en la Figura 10, para muestras con AZO como el óxido conductor transparente, los espesores que proporcionan la mayor y más significativa diferencia en la resistencia laminar es cuando la capa de AZO tiene al menos 344 nm de espesor y como máximo 860 nm de espesor.

50 El calentamiento también reduce el espesor de la capa de óxido conductor transparente necesario para alcanzar una resistencia laminar aceptable. Sin ningún tratamiento post-deposición, el AZO tendría que aplicarse a al menos 1032 nm antes de que la resistencia laminar sea inferior a 20 Ω/\square . El calentamiento permite aplicar capas de AZO más

finas. Esto no solo reduce el coste de preparar un artículo revestido apropiado, sino que también reduce el efecto que tiene el AZO sobre la óptica y el color del artículo revestido.

5 Esto fue sorprendente de encontrar y proporcionó un enfoque rentable para mejorar la resistencia laminar de capas de óxido conductor transparente más finas.

Ejemplo 4

10 Usando FILM STAR, se ensayaron diversos espesores de capa inferior para determinar qué espesores proporcionaban un color neutro o aceptable. Se utilizó un sustrato de vidrio con una capa inferior y un óxido conductor transparente. La capa inferior tenía una primera película y una segunda película. La primera película de la capa inferior era estannato de cinc sobre el sustrato de vidrio, y la segunda película de la capa inferior era una aleación de sílice-alúmina que tenía aproximadamente un 85 por ciento en peso de sílice y un 15 por ciento en peso de alúmina sobre la primera película de la capa inferior. La capa de óxido conductor transparente sobre la segunda película de la capa inferior era una capa de óxido de indio dopado con estaño ("ITO") de 170 nm de espesor.

15 En primer lugar, se determinó la resistencia laminar deseada. Para este ejemplo, la resistencia laminar deseada estaba aproximadamente entre $10 \Omega/\square$ y $15 \Omega/\square$. Para lograr esta resistencia laminar, se determinó que la capa de óxido conductor transparente debería tener un espesor de aproximadamente 170 nm.

20 Usando FILM STAR, se introdujo el material y espesor del vidrio y la capa de óxido conductor transparente. A continuación, se determinó el material para la primera película de la capa inferior y la segunda película de la capa inferior. Para este ejemplo, el material de la primera película de la capa inferior fue estannato de cinc y el material de la segunda película de la capa inferior fue una aleación de sílice-alúmina que tenía 85 por ciento en peso de sílice y 15 por ciento en peso de alúmina. Los siguientes revestimientos fueron analizados por FILM STAR (véase la Tabla 5 y la Figura 11). Los espesores de la primera película de la capa inferior variaron entre 8 nm y 17 nm en las muestras, y los espesores de la segunda película de la capa inferior variaron entre 27 nm y 35 nm.

Tabla 5: Muestras del Ejemplo 4

| Muestra | Espesor de ZnSnOx (nm) | Espesor de SiAlOx (nm) | Espesor de ITO (nm) | Color (a*, b*) |
|---------|------------------------|------------------------|---------------------|----------------|
| 1 | 13 | 27 | 170 | (-3,5, 1,6) |
| 2 | 13 | 28 | 170 | (-2,9, 1,1) |
| 3 | 13 | 29 | 170 | (-2,3, 0,5) |
| 4 | 13 | 30 | 170 | (-1,8, -0,1) |
| 5 | 13 | 31 | 170 | (-1,2, -0,8) |
| 6 | 13 | 32 | 170 | (-0,7, -1,5) |
| 7 | 13 | 33 | 170 | (-0,1, -2,2) |
| 8 | 13 | 34 | 170 | (0,5, -2,9) |
| 9 | 13 | 35 | 170 | (1, -3,6) |
| 10 | 8 | 31 | 170 | (-5,3, -4) |
| 11 | 9 | 31 | 170 | (-4,6, -3,2) |
| 12 | 10 | 31 | 170 | (-3,8, -2,5) |
| 13 | 11 | 31 | 170 | (-3, -1,8) |
| 14 | 12 | 31 | 170 | (-2,1, -1,3) |
| 15 | 13 | 31 | 170 | (-1,2, -0,8) |
| 16 | 14 | 31 | 170 | (-0,3, -0,4) |
| 17 | 15 | 31 | 170 | (0,8, -0,2) |
| 18 | 16 | 31 | 170 | (1,8, 0) |
| 19 | 17 | 31 | 170 | (2,9, 0) |

30 Como se muestra en la Figura 11, se obtuvo un color neutro de a* b* de -1, -1 cuando la primera película de la capa inferior tenía un espesor de 13 nm y la segunda película de la capa inferior tenía un espesor de 31 nm. Se obtuvieron

colores aceptables en donde a^* estaba entre -3 y 1, y b^* entre -3 y 1 cuando la primera película de la capa inferior tenía un espesor de entre 11 nm y 15 nm, y la segunda película de la capa inferior tenía entre 29 nm y 33,5 nm de espesor.

5 Ejemplo 5

Usando FILM STAR, se ensayaron diferentes espesores de la capa de óxido conductor transparente para determinar los espesores apropiados para la capa inferior. En este ejemplo, los parámetros de FILM STAR incluyeron un sustrato de vidrio revestido con una capa inferior que tiene una primera película de la capa inferior y una segunda película de la capa inferior. La primera película de la capa inferior fue estannato de cinc y la segunda película de la capa inferior fue sílice. La capa de óxido conductor transparente sobre la segunda película de la capa inferior era óxido de indio dopado con estaño ("ITO"). Había una capa protectora de sílice sobre la capa de ITO. La Tabla 6 y la Figura 12 muestran las muestras que se ensayaron. La Tabla 6 muestra los valores que se introdujeron en FILM STAR para la capa de ITO y la capa de SiO₂. La salida proporcionó espesores para las dos películas de la capa inferior que proporcionarían un color -1, -1 (a^* , b^*).

Tabla 6: Muestras para el Ejemplo 5

| Muestra | ITO | SiO ₂ |
|---------|--------|------------------|
| 1 | 225 nm | 30 nm |
| 2 | 205 nm | 30 nm |
| 3 | 200 nm | 30 nm |
| 4 | 190 nm | 30 nm |
| 5 | 180 nm | 30 nm |
| 6 | 175 nm | 30 nm |
| 7 | 175 nm | 45 nm |
| 8 | 180 nm | 45 nm |
| 9 | 190 nm | 45 nm |
| 10 | 200 nm | 45 nm |
| 11 | 205 nm | 45 nm |
| 12 | 225 nm | 45 nm |

Estas muestras muestran que la primera película de la capa inferior debe tener al menos 10 nm de espesor y como máximo 15 nm de espesor y la segunda película de la capa inferior debe tener al menos 28 nm de espesor y como máximo 36 nm de espesor para lograr un color de aproximadamente -1, -1 (a^* , b^*) cuando la capa de óxido conductor transparente tiene un espesor de entre 175 nm y 225 nm y el revestimiento protector tiene un espesor de 30 nm. Las muestras también muestran que la primera película de la capa inferior debe tener un espesor mínimo de 11 nm y un espesor máximo de 14 nm, y la segunda película de la capa inferior debe tener un espesor mínimo de 32 nm y un espesor máximo de 38 nm para lograr un color apropiado cuando la capa de óxido de conductor transparente tiene un espesor de entre 175 nm y 225 nm, y la capa protectora tiene un espesor de 45 nm.

La Figura 12 muestra los espesores ideales que darán como resultado un color de -1, -1. Aunque se prefiere un color -1, -1, otros colores son aceptables, tal como los colores rodeados por un círculo en la Figura 11 (es decir, a^* entre -3 y 1, y b^* entre -3 y 1).

Ejemplo 6

Se ensayó el efecto de una película incrustada a diversas profundidades y espesores y se comparó con una capa de óxido conductor transparente sin una capa incrustada. Se revistió un sustrato de vidrio con una película de óxido conductor transparente inferior. La película de óxido conductor transparente inferior estaba hecha de óxido de indio dopado con estaño ("ITO") y tenía 120 nm, 180 nm o 240 nm de espesor. Se aplicó una película incrustada sobre la capa de óxido conductor transparente inferior. La película incrustada tenía un espesor de 15 nm o 30 nm y era una película de estannato de cinc. Se aplicó una película de óxido conductor transparente superior sobre la película incrustada. La película de óxido conductor transparente superior era ITO y tenía 240 nm, 180 nm o 120 nm de espesor. El espesor combinado de las películas de óxido conductor transparente inferior y superior fue de 360 nm. Para un control, se aplicó óxido de ITO sobre el sustrato con un espesor de 360 nm y este no contenía una película incrustada. Se midió la resistencia laminar y la transmisión a 550 nm para las muestras. Las muestras se enumeran en la Tabla 7, a continuación y en la Figura 13.

Tabla 7: Muestras del Ejemplo 6

| Muestra | ITO inferior | Zn ₂ SnO ₄ | ITO superior |
|---------|--------------|----------------------------------|--------------|
| A | 120 nm | 15 nm | 240 nm |
| B | 120 nm | 30 nm | 240 nm |
| C | 180 nm | 15 nm | 180 nm |
| D | 180 nm | 30 nm | 180 nm |
| E | 240 nm | 15 nm | 240 nm |
| F | 240 nm | 30 nm | 240 nm |
| G | 360 nm | N/A | N/A |

5 Como se muestra en la Figura 13a, las muestras experimentales A-F tuvieron al menos un 35 % de mejora en la resistencia laminar en comparación con el control, la muestra G. Las muestras A y B tuvieron al menos un 40 % de mejora en la resistencia laminar en comparación con la muestra G. Las muestras C y D tuvieron al menos un 35 % de mejora en la resistencia laminar en comparación con la muestra G. Las muestras E y F tuvieron al menos una mejora del 37 % en la resistencia laminar en comparación con la muestra G.

10 Basándose en estos datos, la película incrustada, independientemente de su posición o espesor, disminuye de forma sorprendente y significativa la resistencia laminar de la capa de óxido conductor transparente.

15 Como se muestra en la Figura 13b, las muestras E y F proporcionaron el mayor aumento en la transmisión. Se observó una mejora menor en las muestras A y B. Por lo tanto, al tener una diferencia de espesor entre la capa superior e inferior de óxido conductor transparente, se puede aumentar la cantidad de transmisión de luz. Por otro lado, fue sorprendente encontrar que si la capa superior de óxido conductor transparente es más fina que la inferior, de modo que la capa incrustada se coloca más cerca de la superficie de la parte superior de la capa de óxido conductor transparente en lugar de en la parte inferior de la capa de óxido conductor transparente, hay un aumento mucho mayor en la transmisión. Por el contrario, si la capa superior e inferior de óxido conductor transparente son aproximadamente iguales, hay una disminución inesperada en la transmisión de luz.

20 La Figura 13c muestra que la película incrustada también afecta a la cristalinidad del óxido conductor transparente. Al tener una película incrustada, se puede ver a partir de estos datos de XRD que la cristalinidad mejora inesperadamente.

25

Ejemplo 7

30 En este ejemplo, se examinaron diversas capas protectoras. Las capas protectoras se colocaron sobre un sustrato de vidrio. El artículo revestido incluía un óxido conductor transparente de óxido de cinc dopado con aluminio entre el sustrato y la capa protectora. No era de esperar que la capa inferior, la capa funcional o la capa de óxido conductor transparente no afectaría a los resultados observados.

35 El sustrato de vidrio tenía diferentes capas protectoras. Las muestras 1-3 tenían una capa protectora que comprendía una sola película. En la Tabla 8 se proporciona una lista de estas muestras.

Tabla 8: Apilamiento de capas protectoras

| Muestra | Capa protectora |
|---------|------------------|
| 1 | Ninguno |
| 2 | SiAlO |
| 3 | TiAlO |
| 4 | ZrO ₂ |

40 Las muestras 5-11 tenían una capa protectora que comprendía una primera película protectora y una segunda película protectora sobre la primera película protectora. En la Tabla 9 se proporciona una lista de estas muestras. La primera película está más cerca del sustrato que la segunda película, y la segunda película es la película más externa.

Tabla 9: Muestras de capa protectora con dos películas

| Muestra | 1ª película | 2ª película |
|---------|-------------|------------------|
| 5 | TiAlO | SiAlO |
| 6 | SiAlO | TiAlO |
| 7 | SnZnO | TiAlO |
| 8 | SnZnO | SiAlO |
| 9 | TiAlO | ZrO ₂ |
| 10 | SiAlO | ZrO ₂ |
| 11 | SnZnO | ZrO ₂ |

Las muestras 12-15 tenían una capa protectora que comprendía tres películas. En la Tabla 10 se proporciona una lista de estas muestras. La primera película está más cerca del sustrato que la segunda o la tercera película. En aras de la coherencia con las demás figuras y la descripción anterior, la segunda película protectora es la película más externa y la tercera película protectora se colocó entre la primera película y la tercera película.

Tabla 10: Muestra de capas protectoras con tres películas

| Muestra | 1ª película | 3ª película | 2ª película |
|---------|------------------|------------------|------------------|
| 12 | SnZnO | TiAlO | SiAlO |
| 13 | SnZnO | SiAlO | TiAlO |
| 14 | SnZnO | TiAlO | ZrO ₂ |
| 15 | SnZnO | SiAlO | ZrO ₂ |
| 16 | TiAlO | SiAlO | ZrO ₂ |
| 17 | SiAlO | TiAlO | ZrO ₂ |
| 18 | ZrO ₂ | TiAlO | SiAlO |
| 19 | ZrO ₂ | SiAlO | TiAlO |
| 20 | SiAlO | ZrO ₂ | TiAlO |
| 21 | TiAlO | ZrO ₂ | SiAlO |

La durabilidad de estas muestras se ensayó utilizando el ensayo de condensación ASTM Cleveland. Como se muestra en las Figuras 14 y 15, la película protectora que tenía TiAlO como la capa más externa funcionó mejor. Estas figuras muestran la dEcmc para las muestras 1-15 enumeradas en las Tablas 8-10.

Específicamente, la Figura 14 muestra que las muestras que tenían dos o tres películas protectoras en donde la película más externa era TiAlO tenían una durabilidad inesperadamente mejor. Específicamente, las muestras 6 (SiAlO/TiAlO), muestra 7 (SnZn/TiAlO) y muestra 13 (SnZn/SiAlO/TiAlO). La Figura 15 demuestra además que las capas protectoras que tienen titania y alúmina como la capa más externa proporcionaron una mayor durabilidad inesperada. La Figura 15, muestra 19 (ZrO₂/ SiAlO/TiAlO) y muestra 20 (SiAlO/ZrO₂/ TiAlO) muestran una durabilidad inesperadamente mejor en comparación con las otras muestras de capa protectora de tres películas (muestras 16, 17, 18 y 21).

Estos datos muestran un resultado inesperado de que una película protectora más externa de titania-alúmina proporciona una durabilidad muy mejorada.

25 Ejemplo 8

Se ensayaron muestras con óxidos conductores transparentes pulverizados en diversas atmósferas. Como se muestra en las Figuras 16-20, los sustratos de vidrio se revistieron con óxido de estaño dopado con indio ("ITO") o con óxido de cinc dopado con aluminio ("AZO") mediante el método de deposición al vacío mediante pulverización por magnetrón ("MSVD"). Las muestras de ITO se pulverizaron en una atmósfera que contenía 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % o 2 % de oxígeno y posteriormente se trataron térmicamente, y las muestras de AZO se pulverizaron en una atmósfera que contenía 0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % o 6 % de oxígeno y posteriormente se trataron térmicamente. El resto de la atmósfera era argón. Las muestras de ITO tenían un espesor del ITO de 225 nm, 175 nm o 150 nm, y las muestras de AZO tenían un espesor de 300 nm a 350 nm de AZO aplicado sobre el sustrato. Las muestras se analizaron para

determinar su emisividad, absorbancia y/o resistencia laminar. (La emisividad es una medida de la conductividad). Estas muestras se trataron térmicamente colocando el artículo revestido en un horno durante un periodo de tiempo de modo que la superficie de óxido conductor transparente de la muestra alcanzara al menos 223,9 °C (435 °F) durante aproximadamente 30 segundos.

5 Al revestir un artículo transparente con un óxido conductor transparente, se quiere un artículo de baja absorbancia y baja resistencia laminar (que corresponde a la emisividad). La Figura 16 muestra que a medida que se añade oxígeno a la atmósfera, la absorción disminuye. Sin embargo, como se muestra en la Figura 17, la emisividad/resistencia laminar del artículo es máxima cuando hay 0 % de oxígeno en la atmósfera. Usando las Figs. 16 y 17, el equilibrio ideal entre absorción y emisividad se obtiene cuando la atmósfera de pulverización tiene entre 0,75 % y 1,25 % de oxígeno en la atmósfera. Como muestra la Figura 17, la resistencia laminar de un artículo tratado térmicamente revestido con ITO es menor que la de los artículos no calentados revestidos con ITO si la atmósfera tiene menos del 2,0 % de oxígeno. Hay un aumento significativo en la resistencia laminar cuando la atmósfera es del 1,5 % de oxígeno. Extrapolando estos datos, se llegó a la conclusión de que la atmósfera en la cámara de revestimiento no debería contener más del 1,5 % de oxígeno, preferentemente no más del 1,25 %. Con el fin de obtener una menor absorción para el artículo revestido de ITO, la atmósfera debe contener al menos un 0,5 % de oxígeno, preferentemente al menos un 0,75 % de oxígeno.

20 Ejemplo 9

Se revistió un sustrato de vidrio con una capa de óxido de cinc dopado con aluminio mediante un proceso de deposición al vacío mediante pulverización por magnetrón ("MSVD"). La diana era un óxido cerámico de cinc dopado con aluminio, que contiene una cierta cantidad de oxígeno. Cuando se utiliza un proceso MSVD para depositar un material tal como un óxido conductor transparente, el proceso provoca la disociación de las materias primas cerámicas, posiblemente provocando que se escape parte del oxígeno. Para asegurar que el material depositado se oxide, a menudo se suministra oxígeno a la cámara de revestimiento junto con un gas inerte. En este ejemplo, el AZO se depositó por MSVD en una cámara de revestimiento cuyo contenido de oxígeno suministrado a la cámara que era del 0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % o 6 %. El resto de la atmósfera suministrada a la cámara de revestimiento era argón, sin embargo, se puede utilizar cualquier gas inerte. Se determinó la absorción normalizada del revestimiento. Como se muestra en la Figura 18, la absorción normalizada a 550 nm fue mejor cuando se suministró oxígeno al 0 % a la cámara de revestimiento. Fue aceptable cuando se suministró oxígeno al 1 % a la cámara de revestimiento. Según los datos que se muestran en la Figura 18, se extrapolaría que menos del 0,5 % de oxígeno en la cámara de revestimiento proporciona una absorción significativamente mejor que cuando se usa un 1 % de oxígeno.

35 Como se muestra en la Figura 19, la absorción normalizada tiene una fuerte disminución del 0 % de oxígeno al 1 % de oxígeno, y una disminución mínima del 1 % de oxígeno al 2 % de oxígeno. Estos datos respaldan aún más la conclusión de que, por extrapolación, se podría concluir que menos del 1 % de oxígeno, menos del 0,5 % de oxígeno, o menos del 0,25 % de oxígeno, o menos del 0,1 % de oxígeno, o el 0 % de oxígeno suministrado a la cámara de revestimiento proporciona la mejor absorción.

40 Ejemplo 10

Un problema con el calentamiento posterior a la deposición de un artículo revestido es la cantidad de energía desperdiciada. Como se ha analizado anteriormente, el calentamiento posterior a la deposición de una capa de óxido conductor transparente ("TCO") proporciona un rendimiento mejorado a espesores más pequeños. Colocar un artículo revestido en un horno que calienta todo el artículo desperdicia energía más allá de la temperatura necesaria para cristalizar la capa de TCO. Para determinar la temperatura superficial necesaria para mejorar el rendimiento de una capa de óxido conductor transparente, se revistió un sustrato de vidrio con óxido de estaño dopado con indio a 115 nm o 171 nm de espesor. Las muestras tenían la superficie de la capa de ITO calentada a las temperaturas enumeradas en las Tablas 11 y 12. Para el fin de este experimento, las superficies se calentaron colocando todo el artículo revestido en un horno, sin embargo, se podría utilizar una lámpara de destello como alternativa.

Después del calentamiento posterior a la deposición de la superficie, se midió la resistencia laminar de cada muestra (véase la Figura 21 y las Tablas 11 y 12). Los resultados muestran que a aproximadamente 223,9 °C (435 °F), la capa alcanza su resistencia laminar más baja. Además, calentar la superficie no proporciona ninguna reducción adicional en la resistencia laminar. Por lo tanto, para reducir la resistencia laminar de una capa de óxido conductor transparente, el calentamiento posterior a la deposición debe calentar la superficie de la capa de óxido conductor transparente por encima de 193,3 °C (380 °F), al menos 223,9 °C (435 °F), entre 223,9 °C (435 °F) y 430 °C (806 °F), entre 223,9 °C (435 °F) y 335 °C (635 °F), o hasta 223,9 °C (435 °F).

Tabla 11: Muestras de ITO de 115 nm de espesor del Ejemplo 10

| Temperatura máx. de la superficie [°C (°F)] | Resistencia laminar (Ω/\square) |
|---|--|
| 22,22 (72) | |
| 93,33 (200) | 69,7 |
| 148,9 (300) | 67 |
| 158,3 (317) | 68,9 |
| 176,7 (350) | 65,3 |
| 193,3 (380) | 62,6 |
| 223,9 (435) | 21,2 |
| 335 (635) | 22,4 |
| 430 (806) | 18,9 |
| 470 (878) | 18,9 |
| 520 (968) | 17,9 |

Tabla 12: Muestras de ITO de 171 nm de espesor del Ejemplo 10

| Temperatura máx. de la superficie [°C (°F)] | Resistencia laminar (Ω/\square) |
|---|--|
| Temperatura ambiente | |
| 93,33 (200) | 52,3 |
| 148,9 (300) | 52,3 |
| 158,3 (317) | 43,9 |
| 176,7 (350) | 49 |
| 193,3 (380) | 43,5 |
| 223,9 (435) | 15,3 |
| 335 (635) | 16,5 |
| 430 (806) | 14,1 |
| 470 (878) | 14,1 |
| 520 (968) | 12 |

REIVINDICACIONES

1. Un artículo revestido que comprende un sustrato,
 5 una capa inferior sobre al menos una parte del sustrato, comprendiendo la capa inferior una primera película de la capa inferior en donde la primera película de la capa inferior comprende un primer material de alto índice de refracción, en donde el primer material de alto índice de refracción comprende un óxido de cinc y/o de estaño, y
 10 una segunda película de la capa inferior sobre al menos una parte de la primera película de la capa inferior en donde la segunda película de la capa inferior comprende un material de bajo índice de refracción, y en donde el primer material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción mayor que el primer material de bajo índice de refracción,
 15 una capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la capa inferior y una película incrustada, que está incrustada dentro de la capa de óxido conductor transparente, en donde la película incrustada comprende un segundo material de alto índice de refracción y en donde el segundo material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción mayor que el primer material de bajo índice de refracción.
2. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el segundo material de alto índice de refracción comprende óxido de estaño y óxido de cinc.
 20
3. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera película incrustada tiene un espesor en el intervalo de 15 nm a 30 nm.
4. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la capa de óxido conductor transparente comprende óxido de indio dopado con estaño.
 25
5. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la película incrustada está situada más cerca de la parte inferior de la capa de óxido conductor transparente.
- 30 6. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la película incrustada está situada más cerca de la parte superior de la capa de óxido conductor transparente.
7. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la película incrustada está situada aproximadamente en la mitad de la capa de óxido conductor transparente.
 35
8. Un artículo revestido que comprende un sustrato;
 una capa inferior sobre al menos una parte del sustrato, en donde la capa inferior comprende una primera película de la capa inferior y una segunda película de la capa inferior sobre al menos una parte de la primera película de la capa inferior, en donde la primera película de la capa inferior comprende un primer material de alto índice de refracción, en donde el primer material de alto índice de refracción comprende un óxido de cinc y/o de estaño, en donde dicha segunda película de la capa inferior comprende un primer material de bajo índice de refracción, en donde el primer material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción mayor que el primer material de bajo índice de refracción;
 40 una primera capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la capa inferior, una película incrustada sobre al menos una parte de la primera capa de óxido conductor transparente, en donde la película incrustada comprende un segundo material de alto índice de refracción, y en donde el segundo material de alto índice de refracción tiene un índice de refracción mayor que el primer material de bajo índice de refracción; y una segunda capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la película incrustada.
 45
 50
9. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la película incrustada comprende óxido de estaño y óxido de cinc.
10. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la primera capa de óxido conductor transparente y la segunda capa de óxido conductor transparente comprenden óxido de indio dopado con estaño ("ITO").
 55
11. Un método para reducir la resistencia laminar de un artículo revestido, que comprende aplicar una primera película de la capa inferior sobre al menos una parte de un sustrato, en donde la primera película de la capa inferior comprende un primer material de alto índice de refracción, en donde el primer material de alto índice de refracción comprende un óxido de cinc y/o de estaño;
 60 aplicar una segunda película de la capa inferior sobre al menos una parte de la primera película de la capa inferior, en donde la segunda película de la capa inferior comprende un primer material de bajo índice de refracción;
 aplicar una primera capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la segunda película de la capa inferior;
 65 aplicar una película incrustada sobre al menos una parte de la primera capa de óxido conductor transparente, en donde la película incrustada comprende un segundo material de alto índice de refracción, y en donde el segundo material de

alto índice de refracción tiene un índice de refracción mayor que el primer material de bajo índice de refracción; y aplicar una segunda capa de óxido conductor transparente sobre al menos una parte de la película incrustada.

5 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el segundo material de alto índice de refracción comprende óxido de estaño y óxido de cinc, o en donde la primera capa de óxido conductor transparente comprende óxido de indio dopado con estaño.

10 13. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 8 o el método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la película incrustada se aplica con un espesor de al menos 15 nm y de como máximo 30 nm.

14. El artículo revestido de acuerdo con la reivindicación 8 o el método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la primera capa de óxido conductor transparente es más gruesa que la segunda capa de óxido conductor transparente.

15 15. El método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además aplicar una primera película protectora sobre al menos una parte de la segunda capa de óxido conductor transparente y aplicar una segunda película protectora sobre al menos una parte de la primera película protectora, en donde la segunda película protectora comprende titania y alúmina, y en donde la primera película protectora comprende titania, alúmina, óxido de cinc, óxido de estaño, circonia, sílice o mezclas de los mismos.

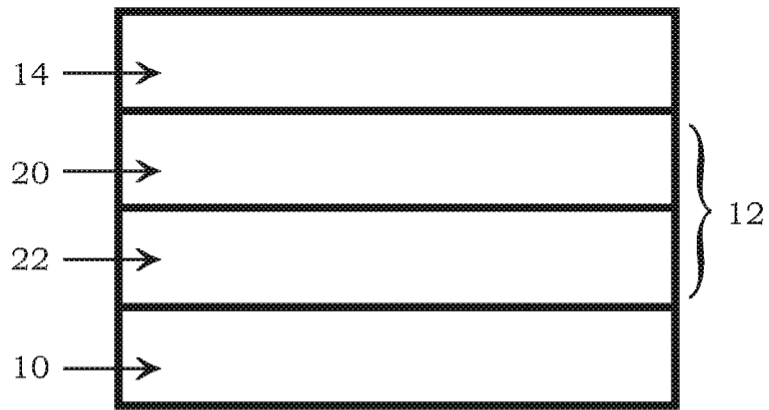


FIG. 1a

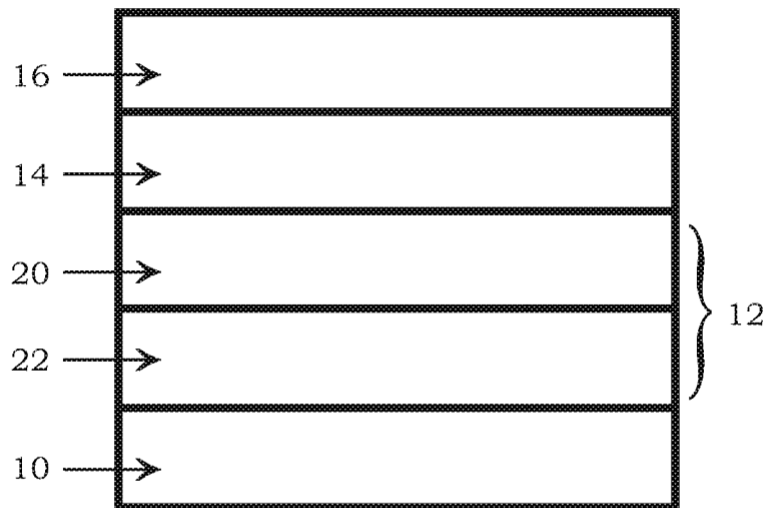


FIG. 1b

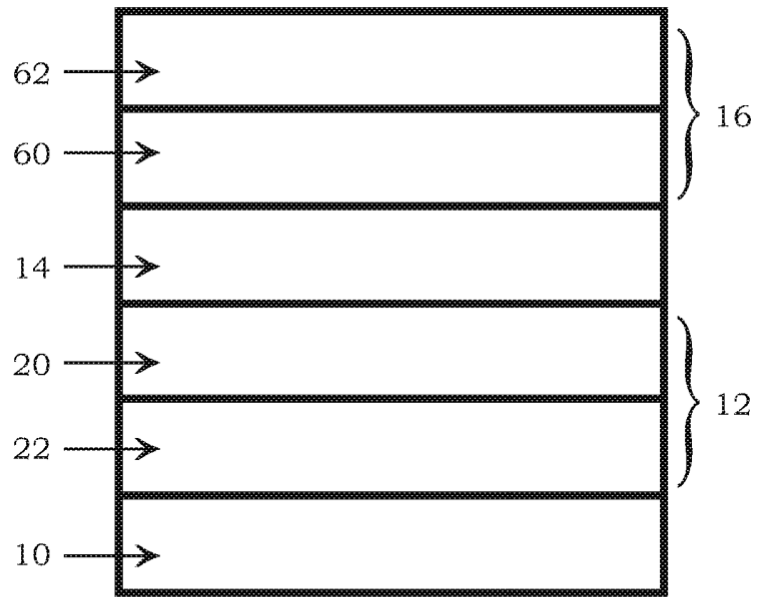


FIG. 1c

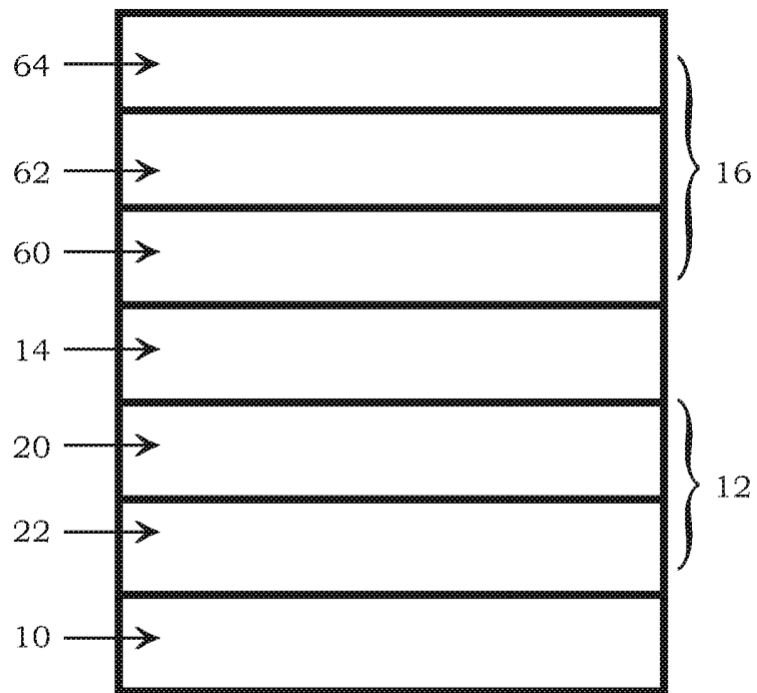


FIG. 1d

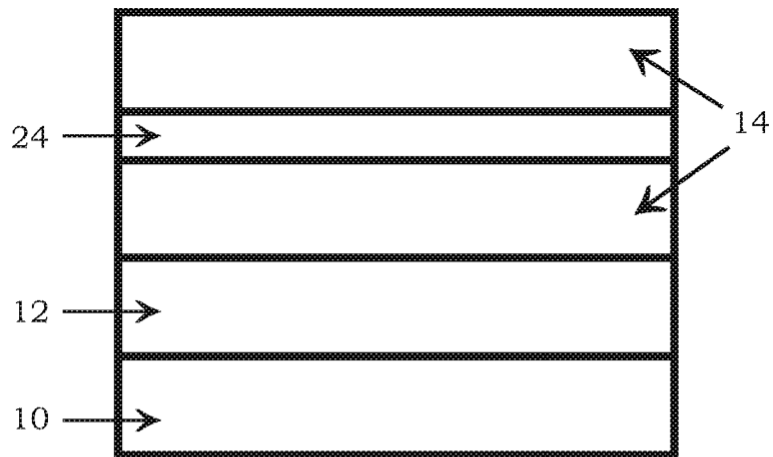


FIG. 2a

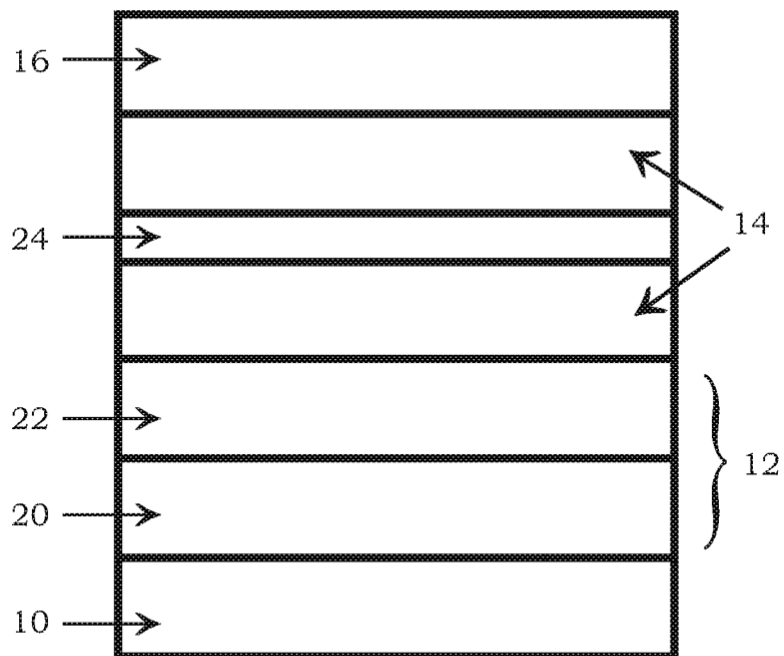


FIG. 2b

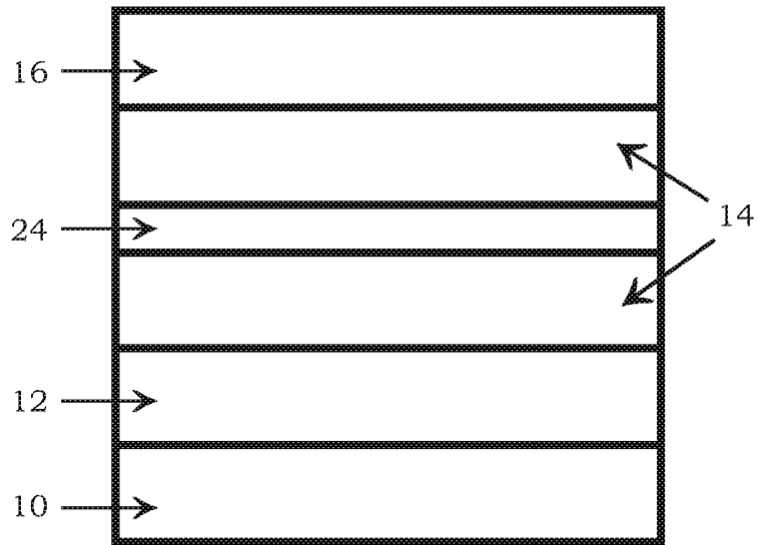


FIG. 2c

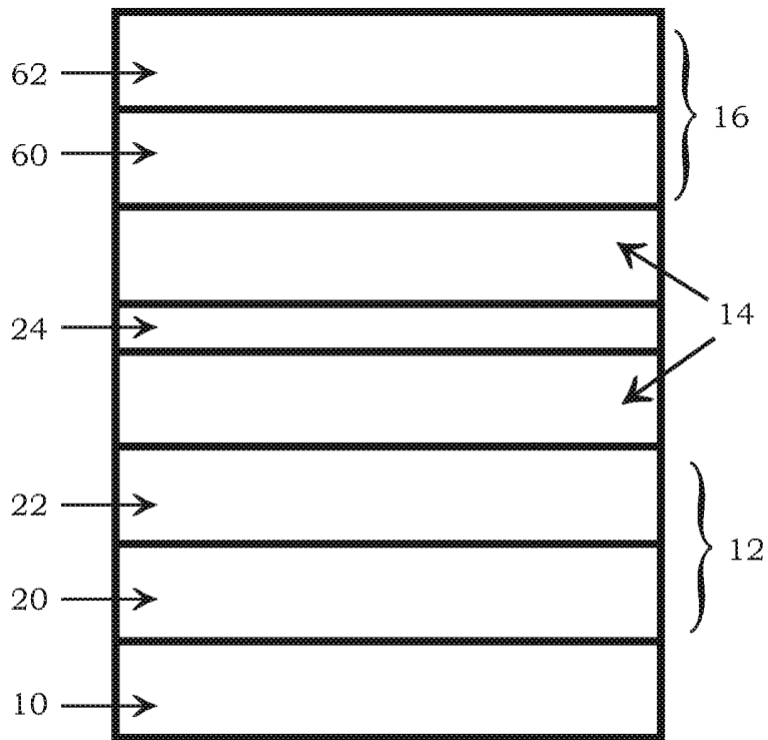


FIG. 2d

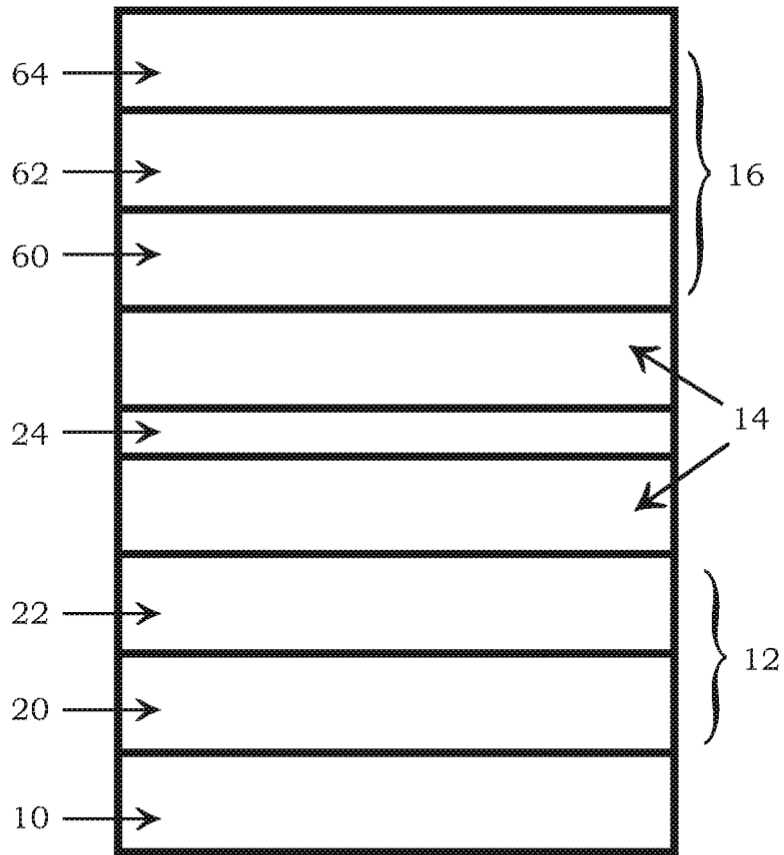


FIG. 2e

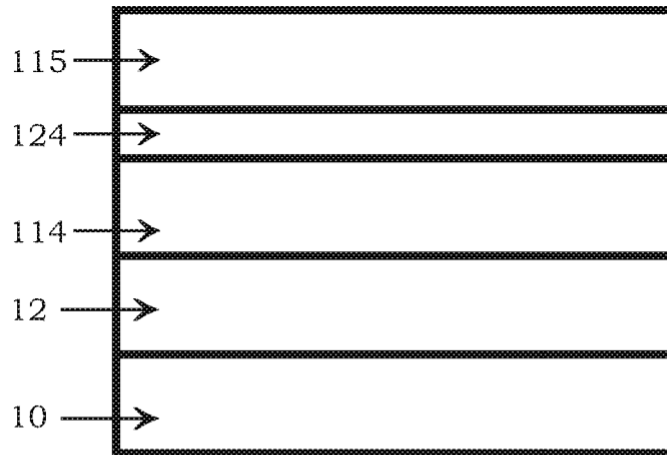


FIG. 3a

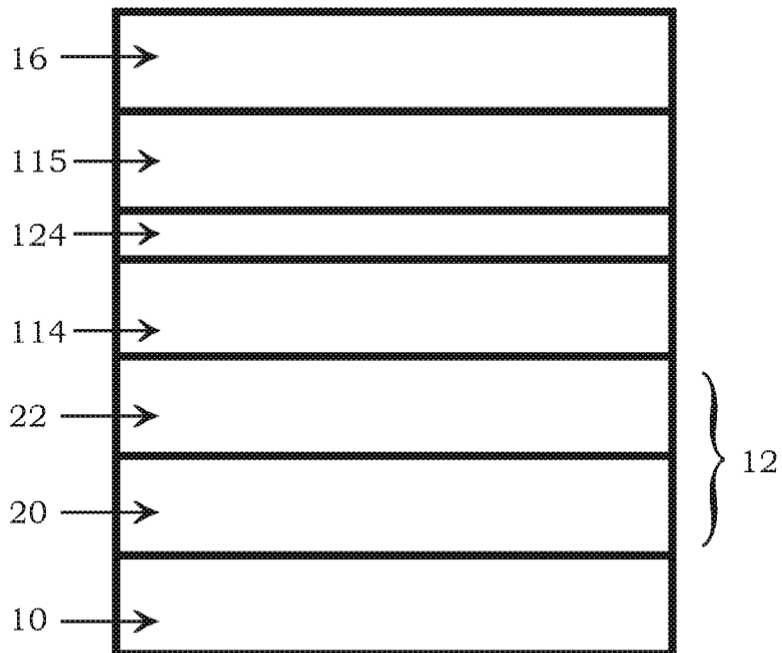


FIG. 3b

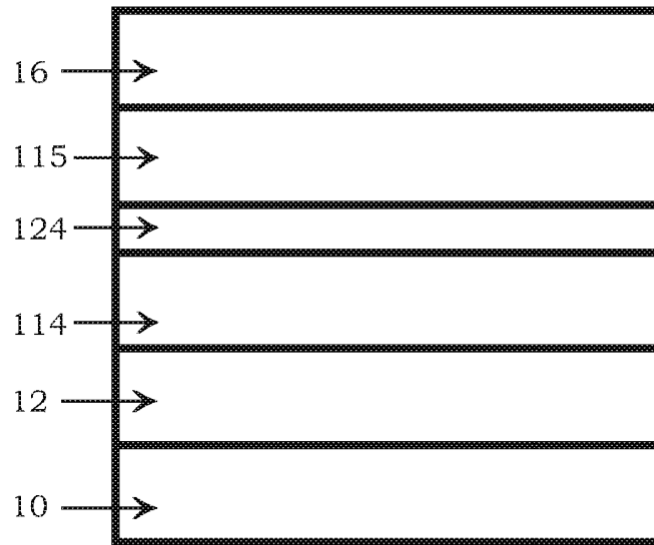


FIG. 3c

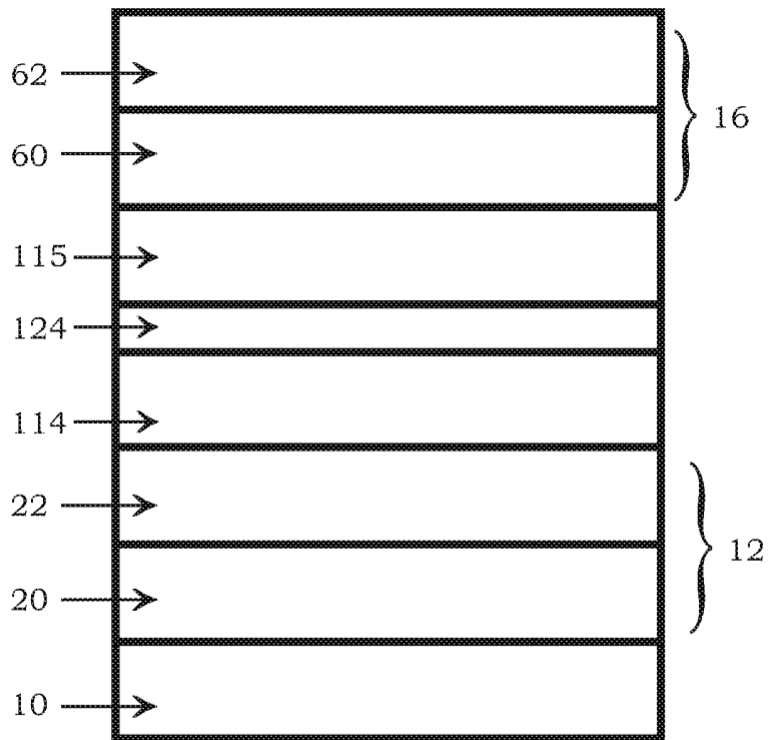


FIG. 3d

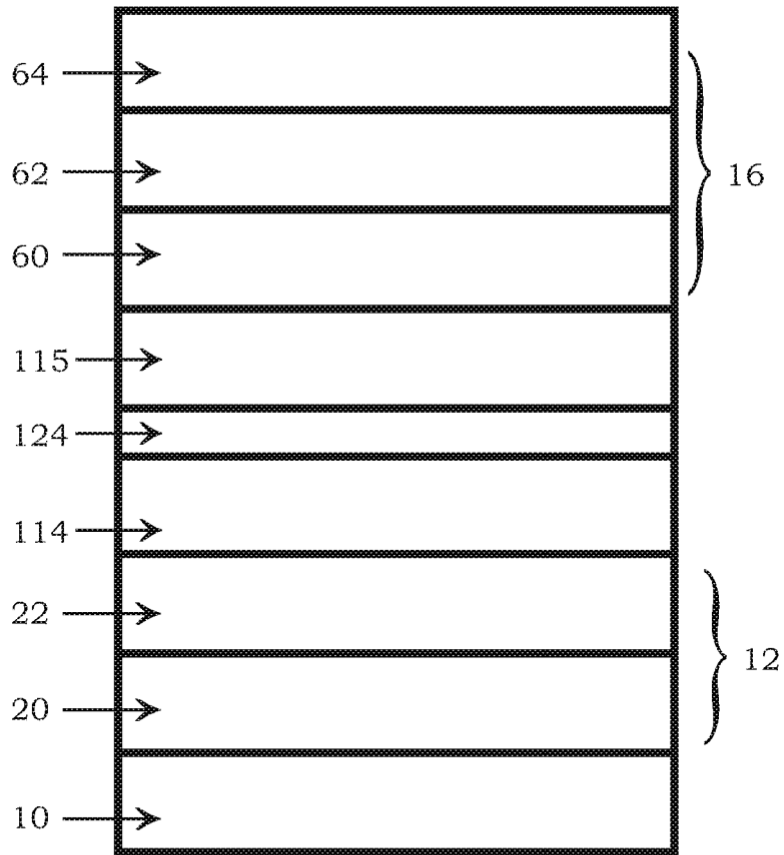


FIG. 3e

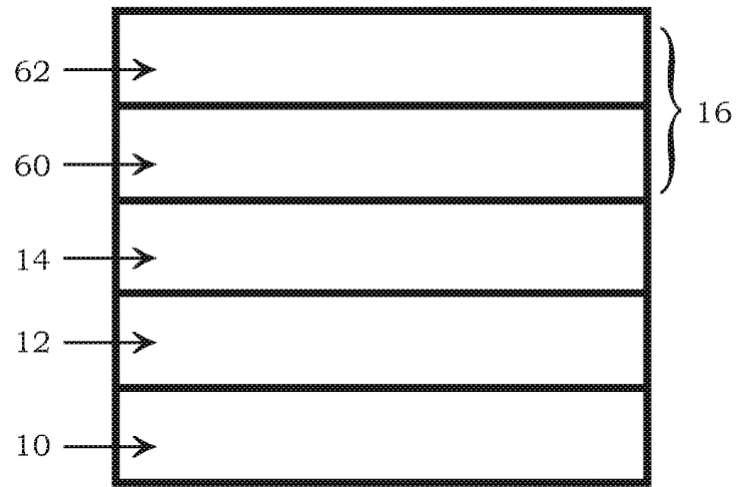


FIG. 4a

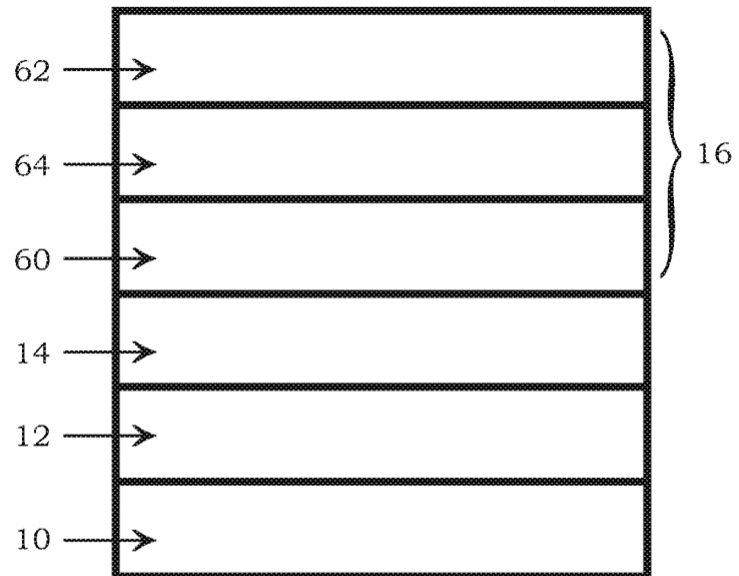


FIG. 4b

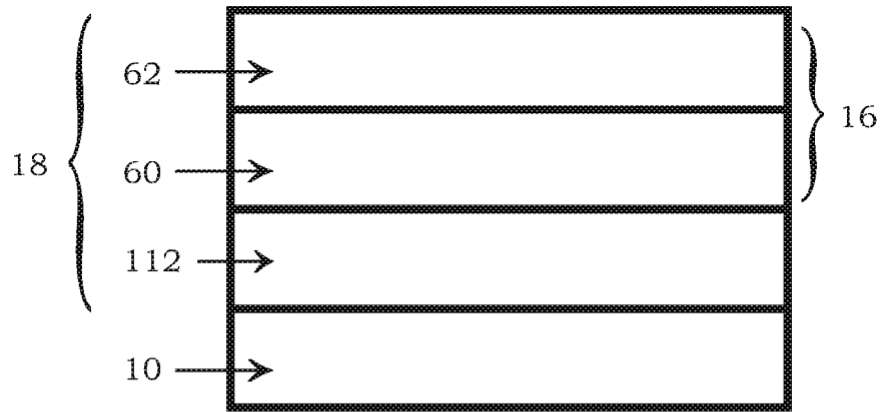


FIG. 5a

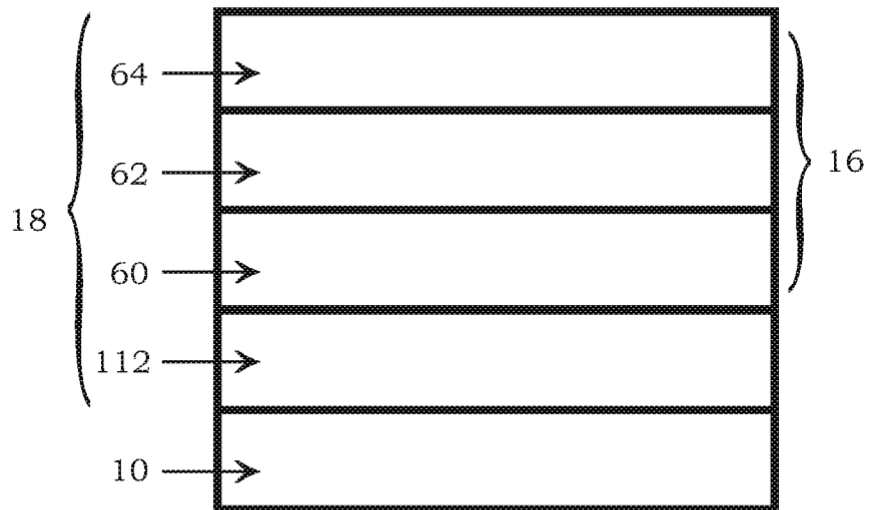


FIG. 5b

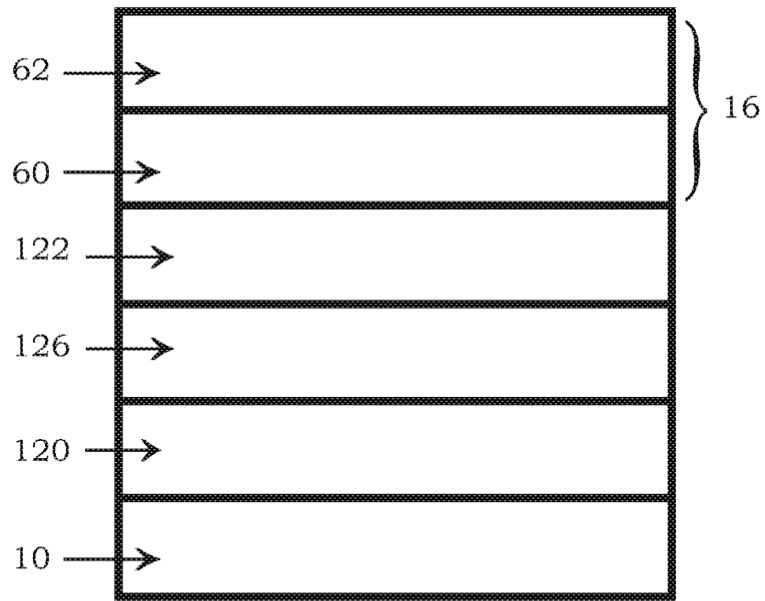


FIG. 6a

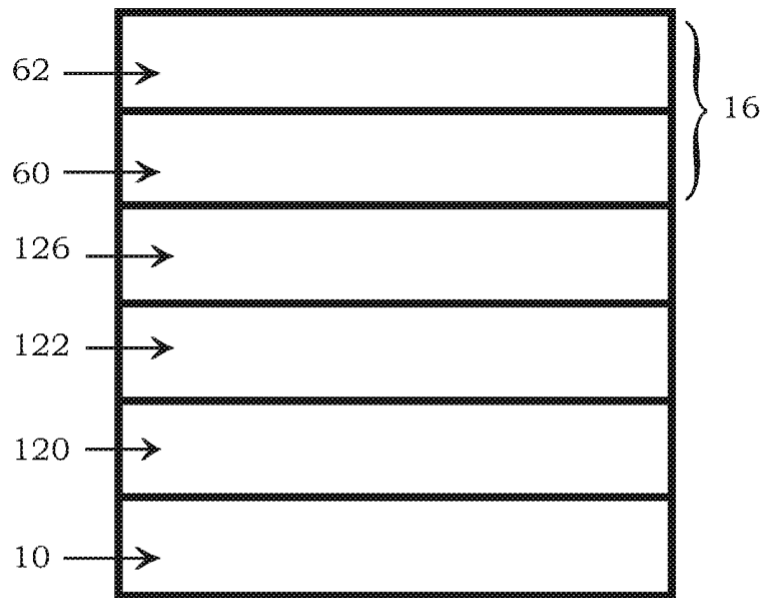


FIG. 6b

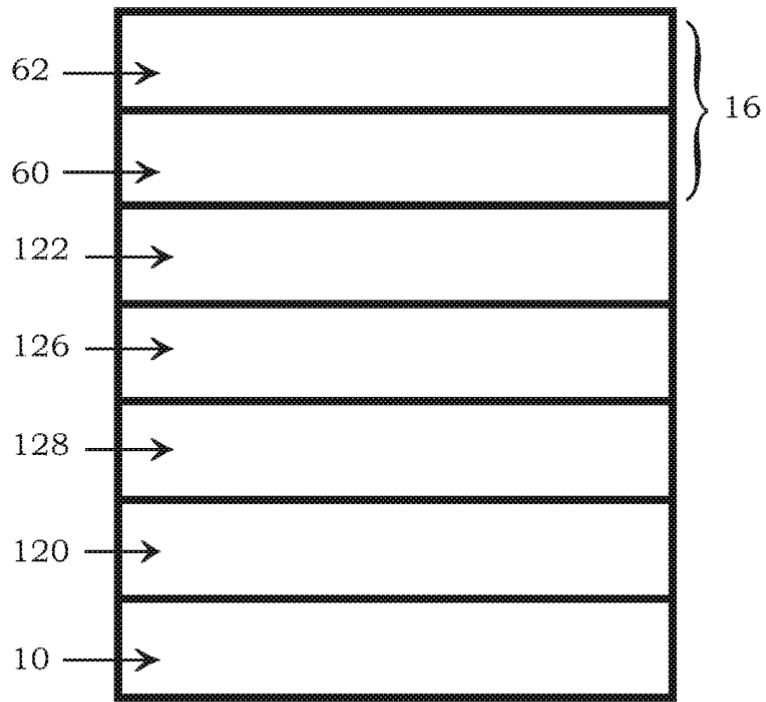


FIG. 6c

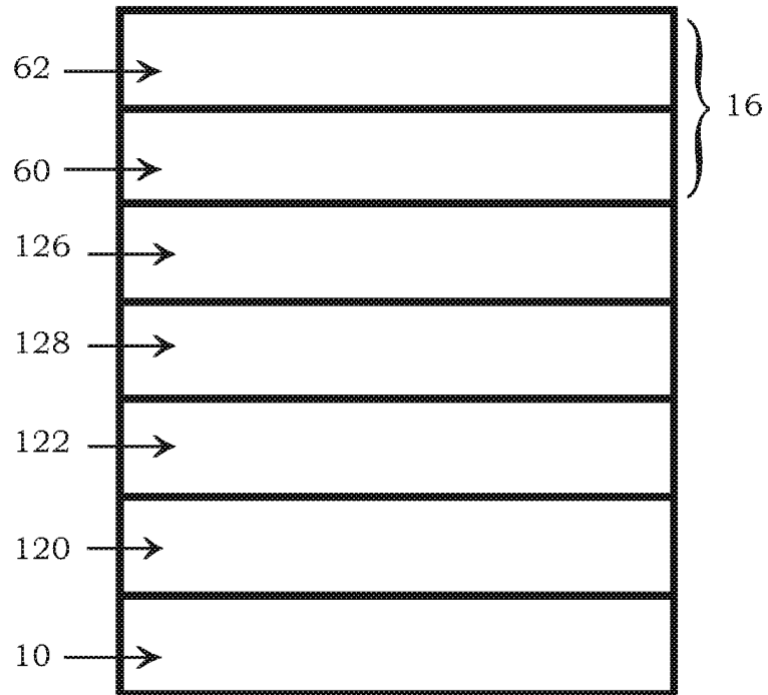


FIG. 6d

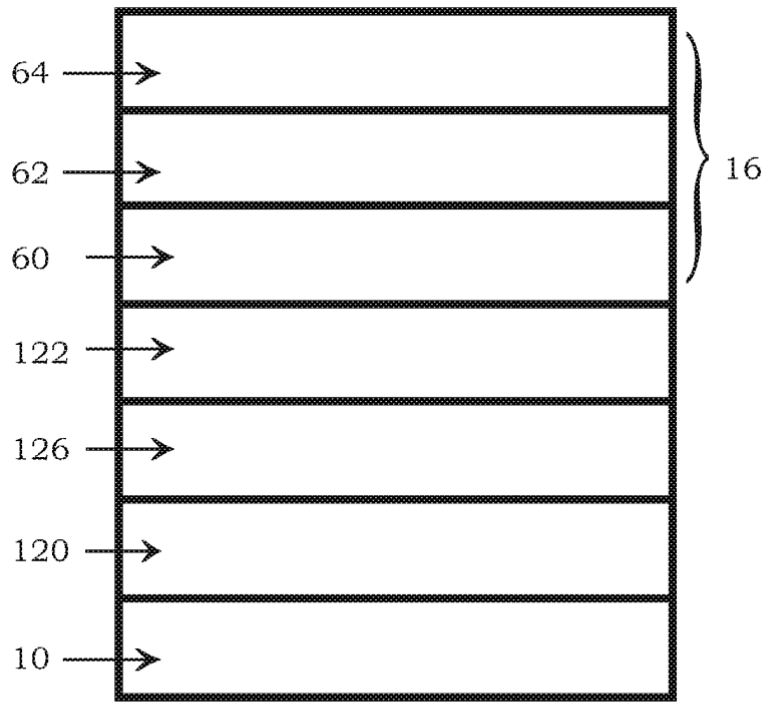


FIG. 6e

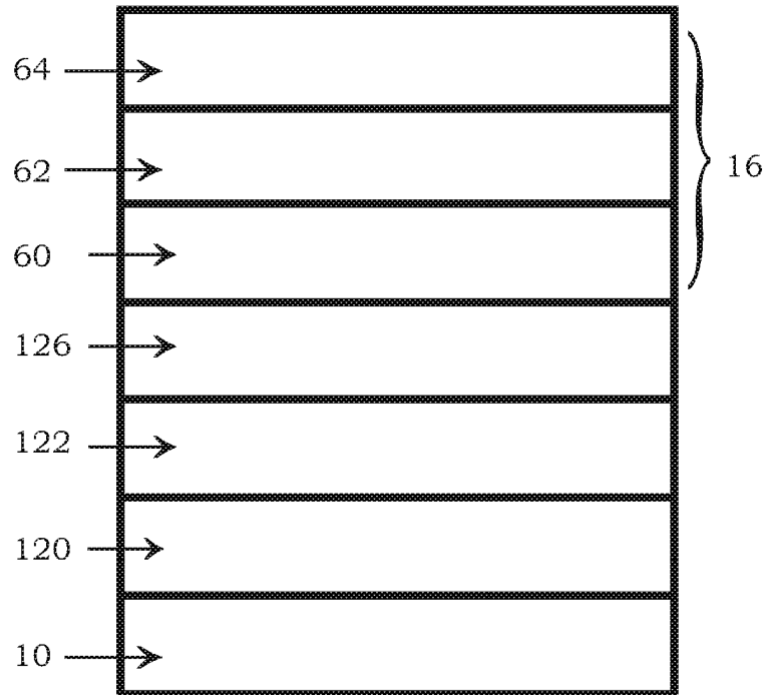


FIG. 6f

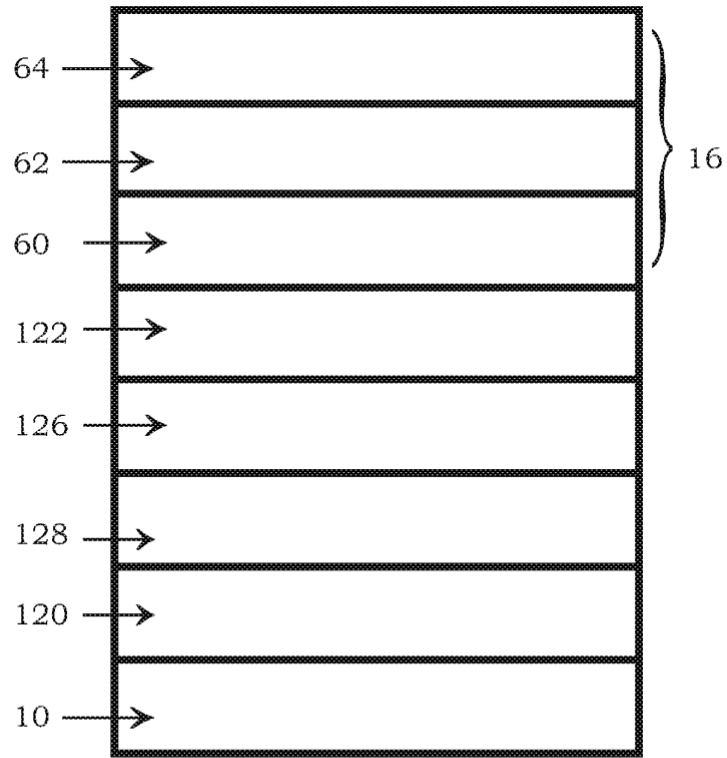


FIG. 6g

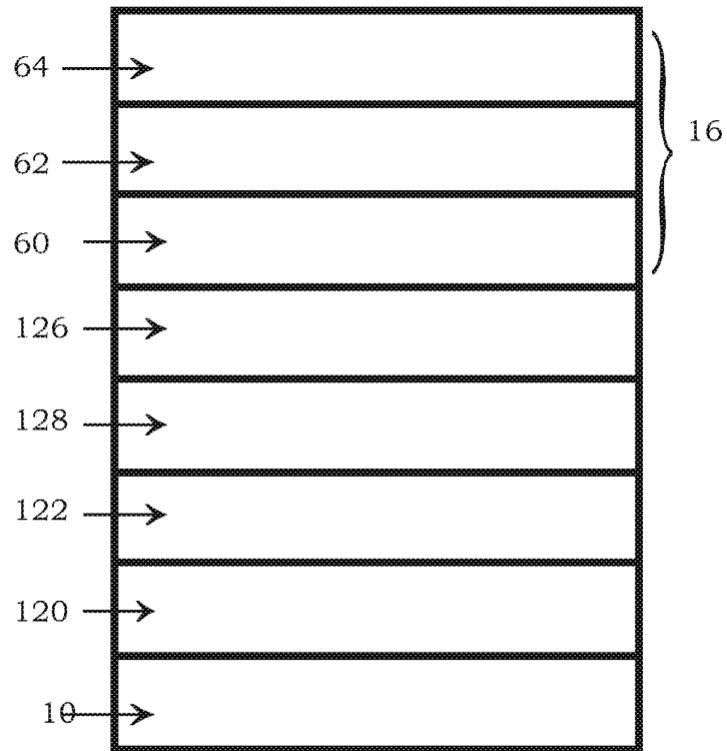


FIG. 6h

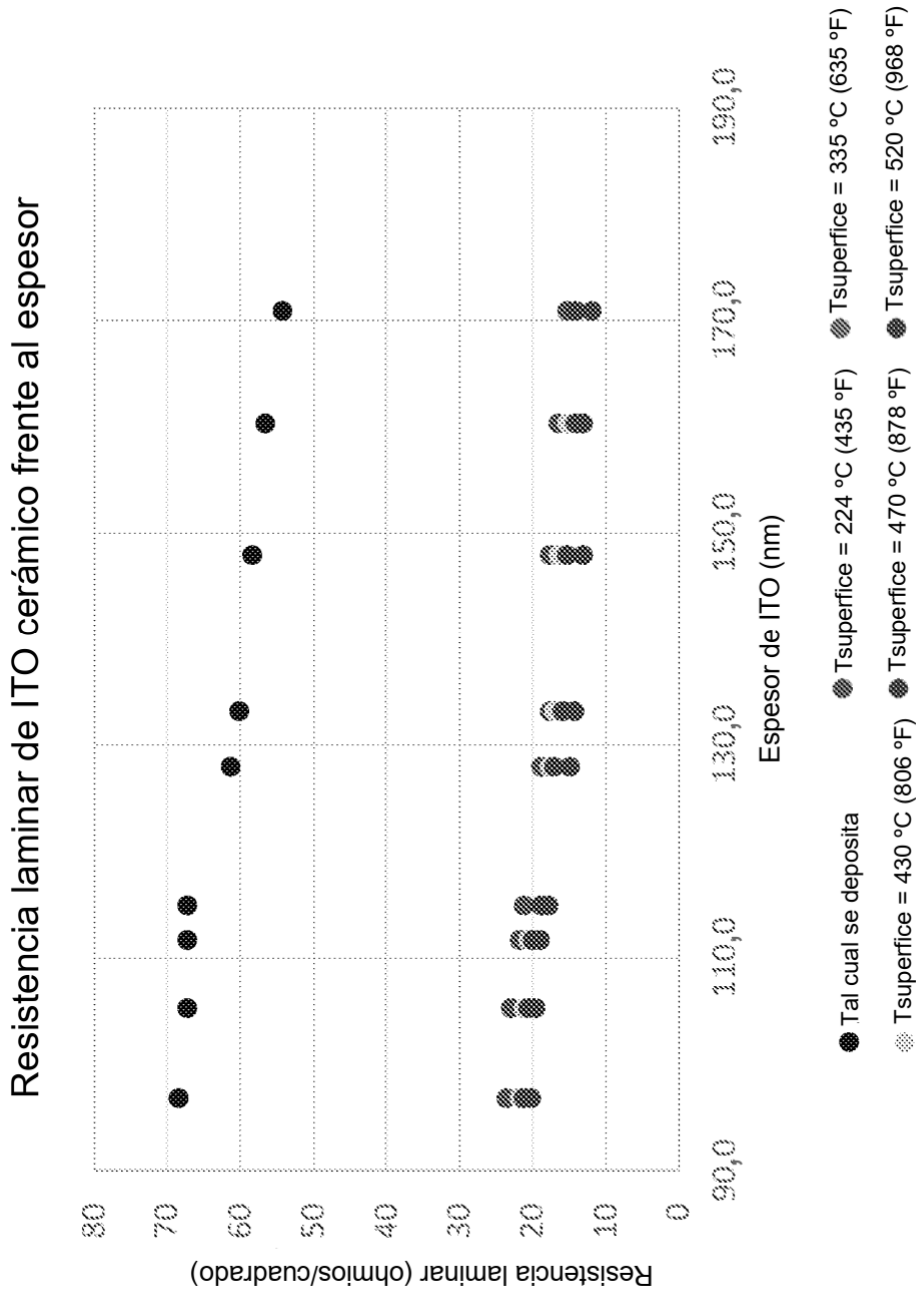


FIG. 7

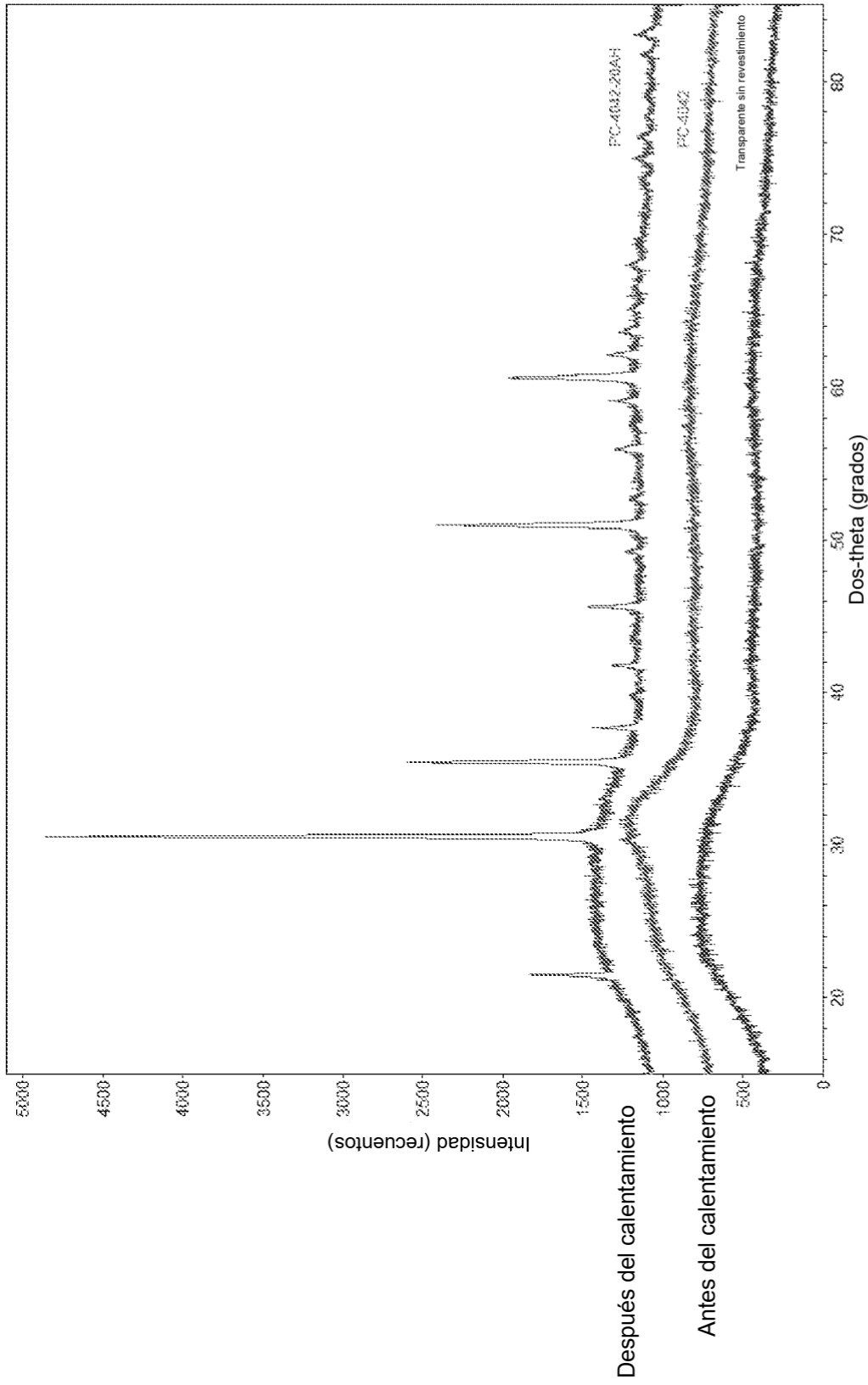


FIG. 8a

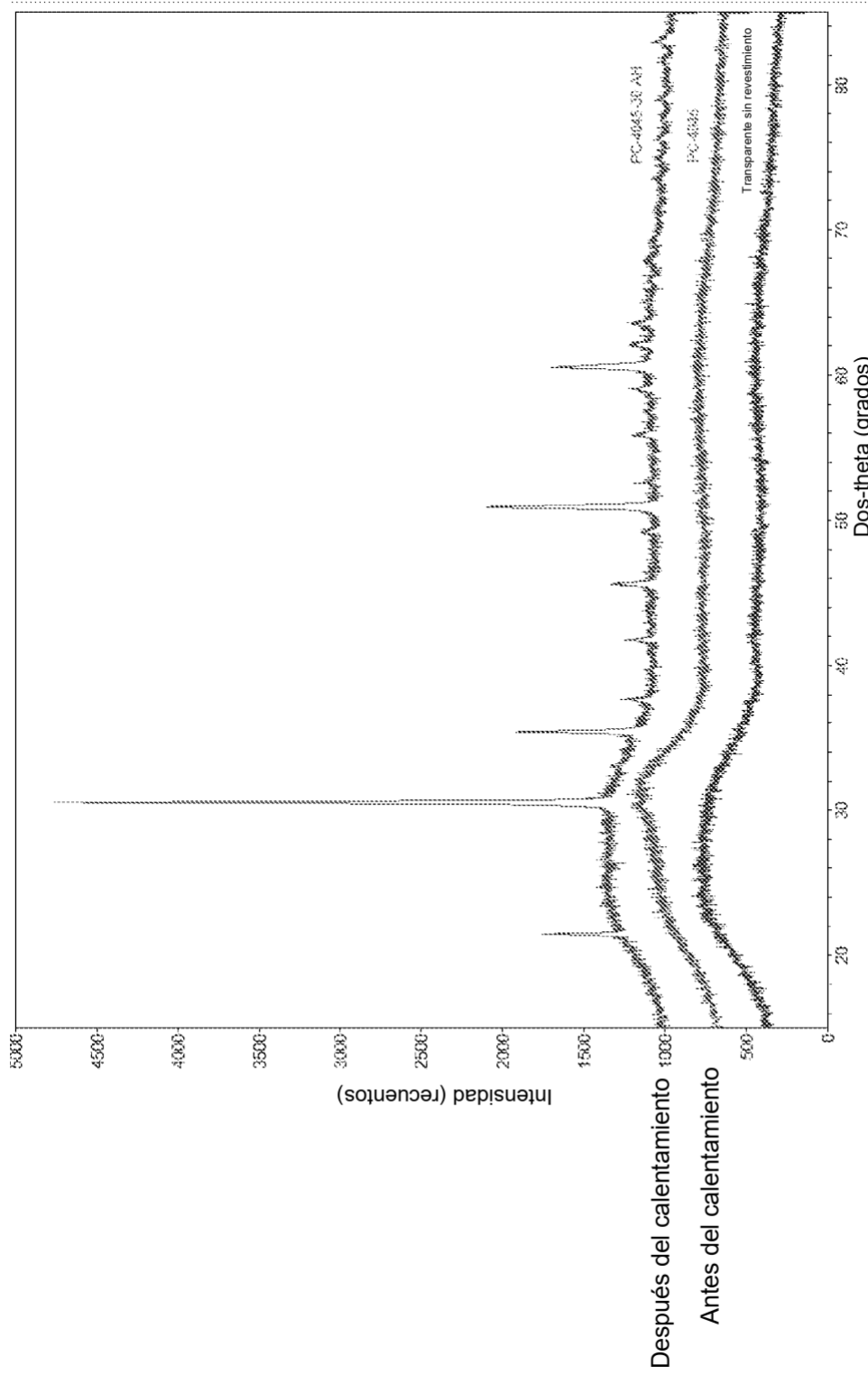


FIG. 8b

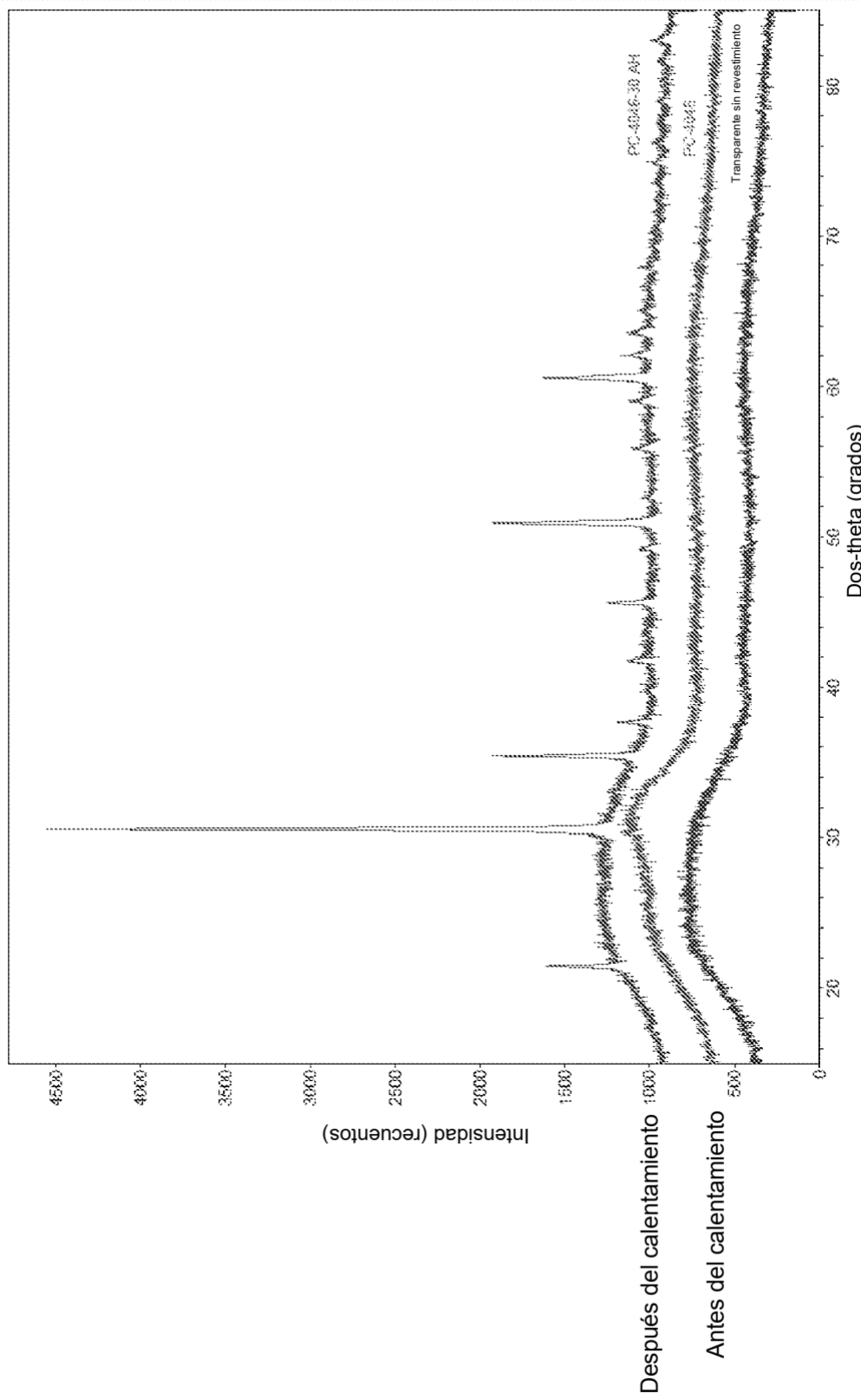


FIG. 8c

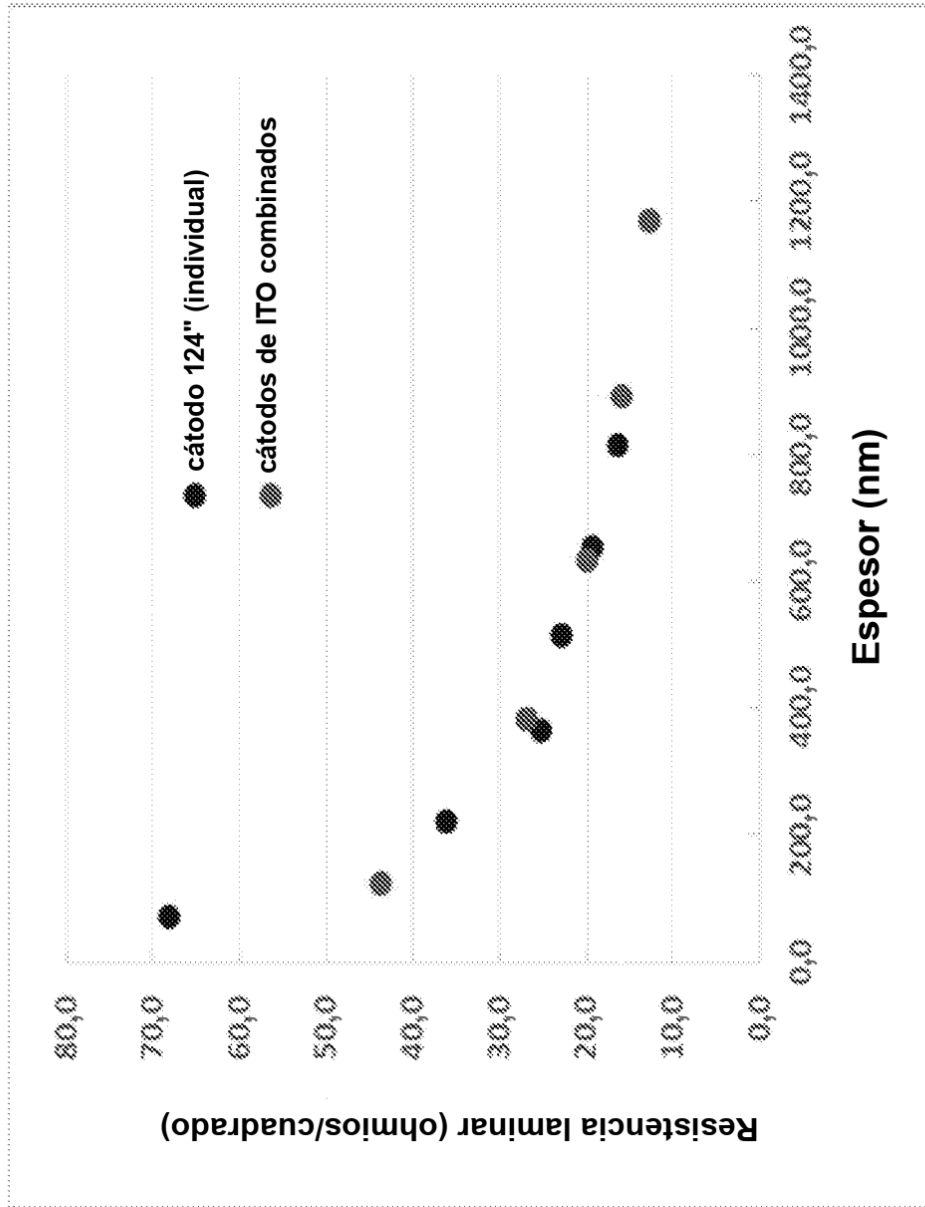


FIG. 7

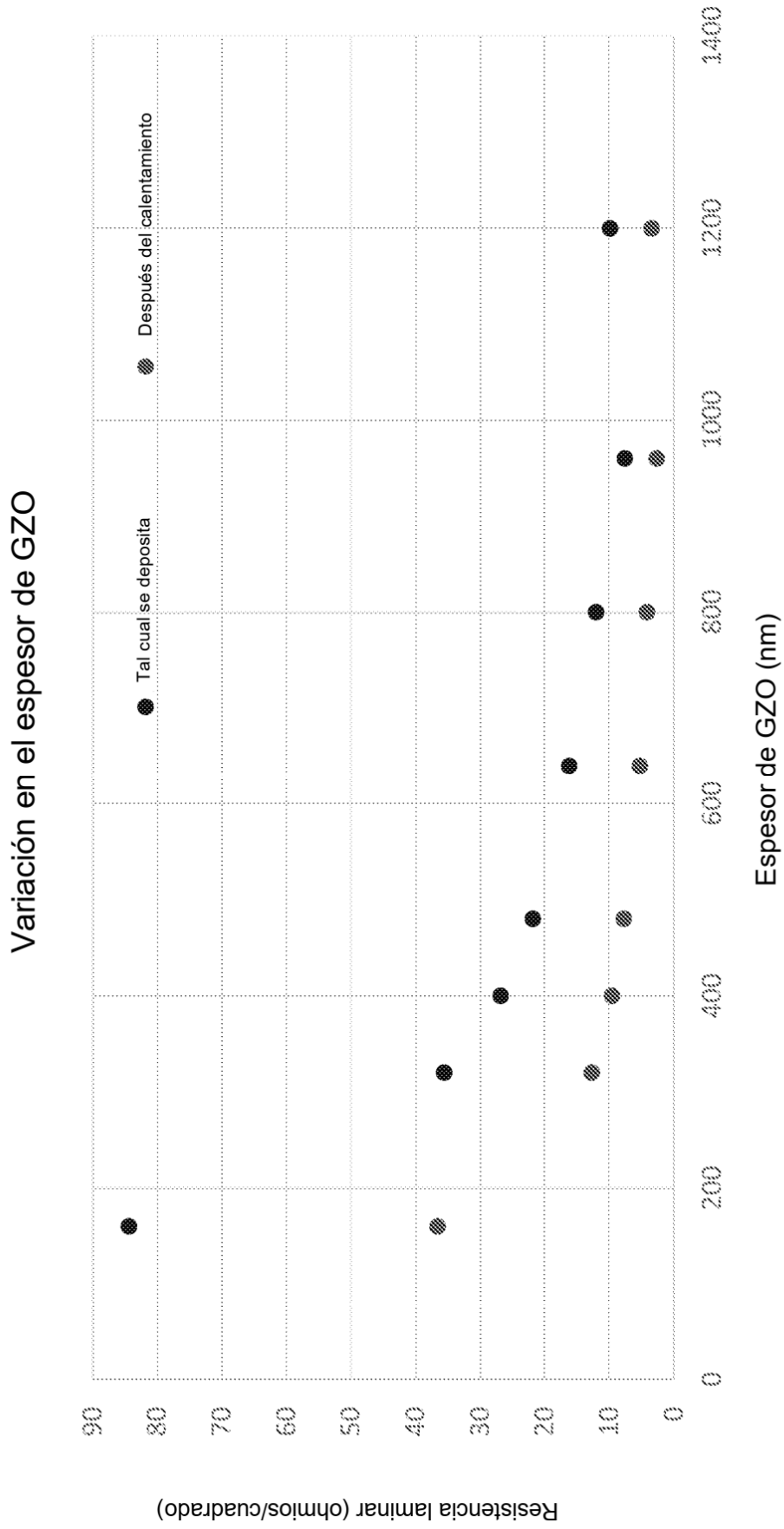


FIG. 9

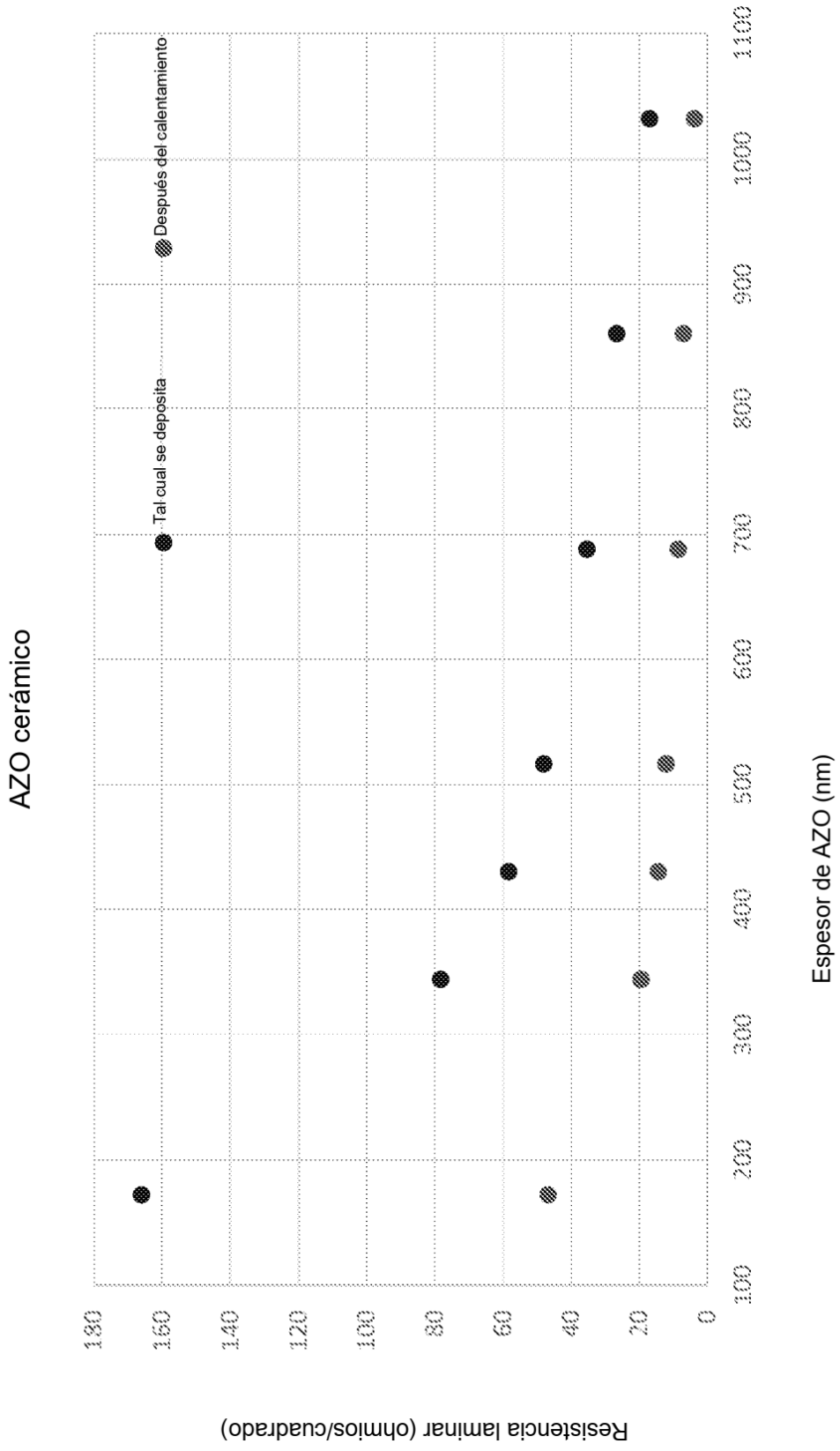


FIG. 10

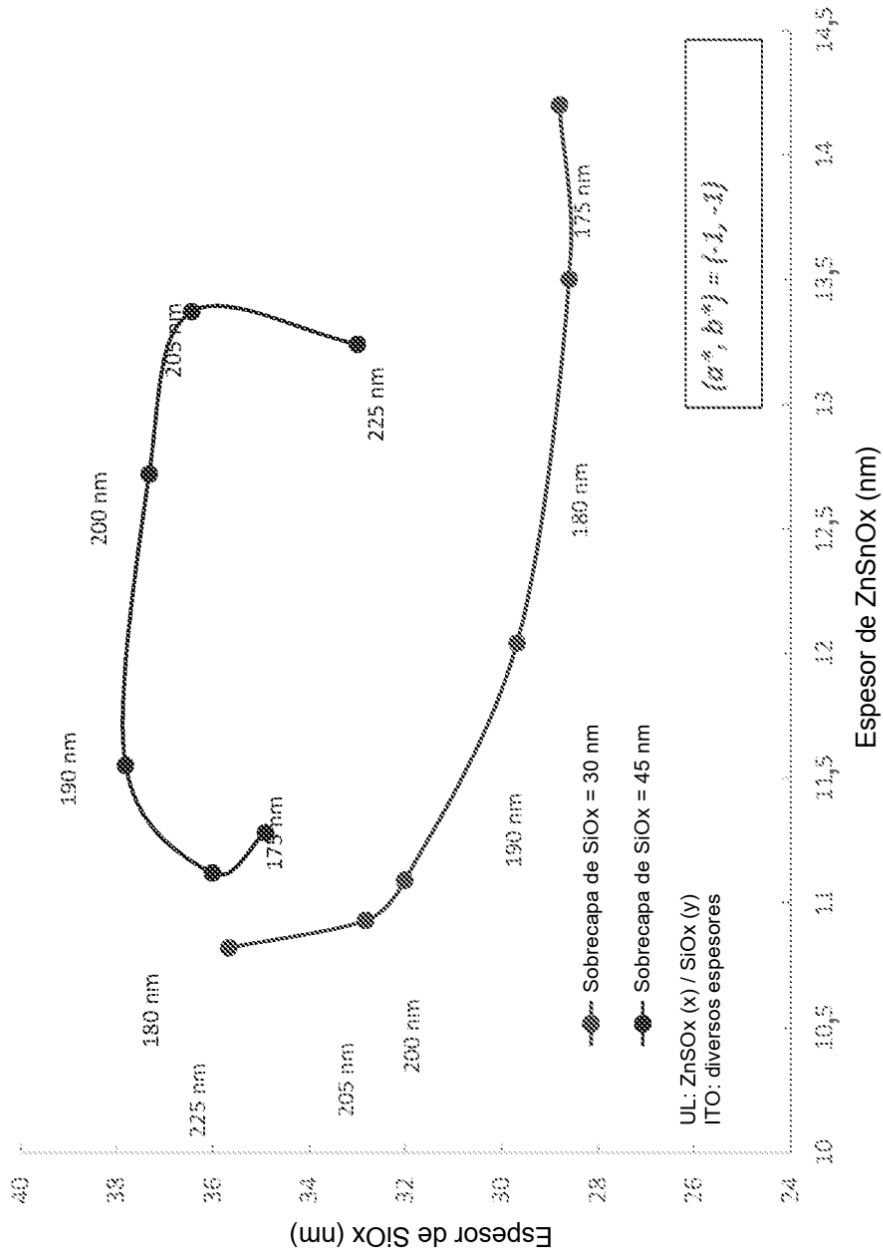


FIG. 12

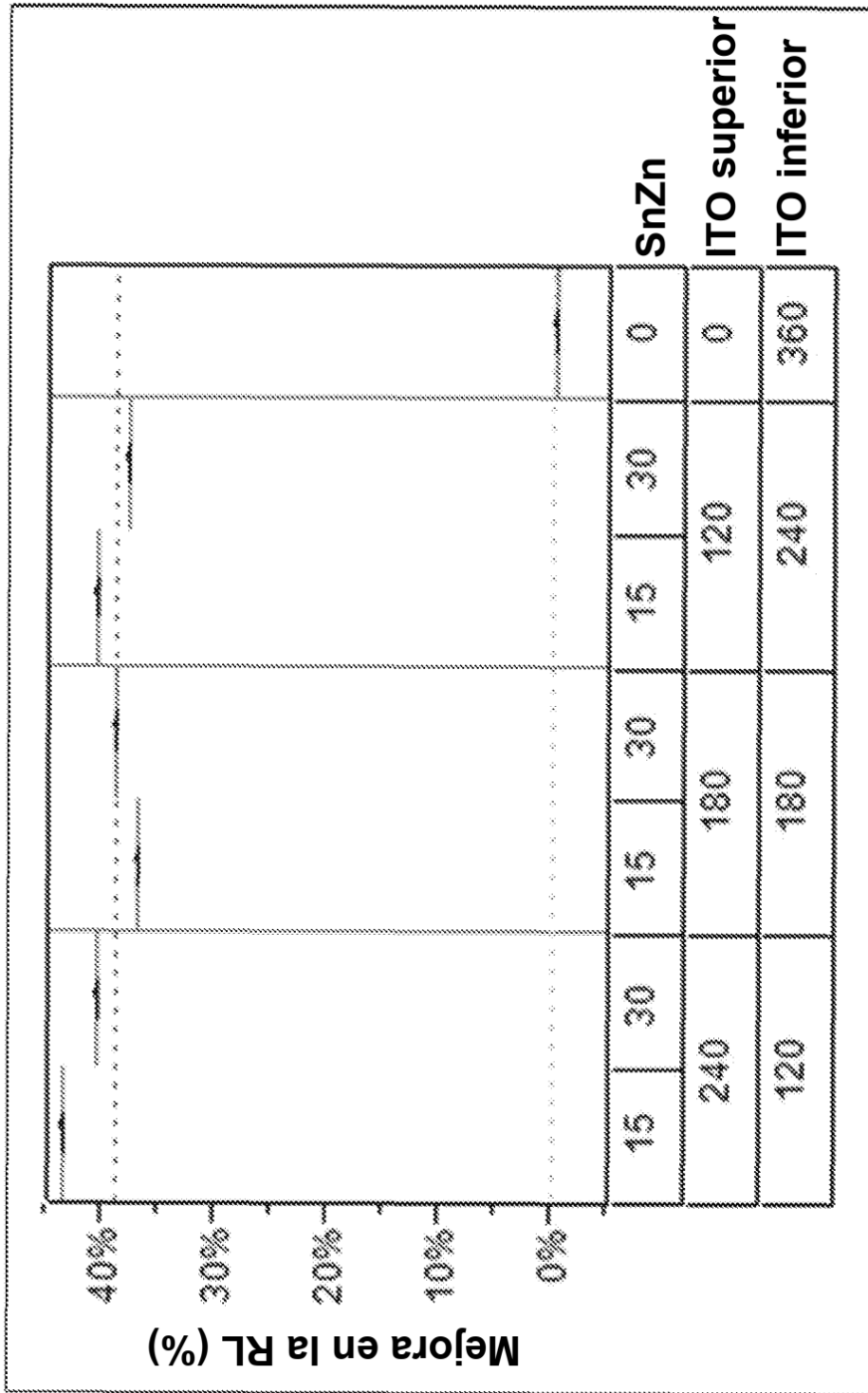


FIG. 13a

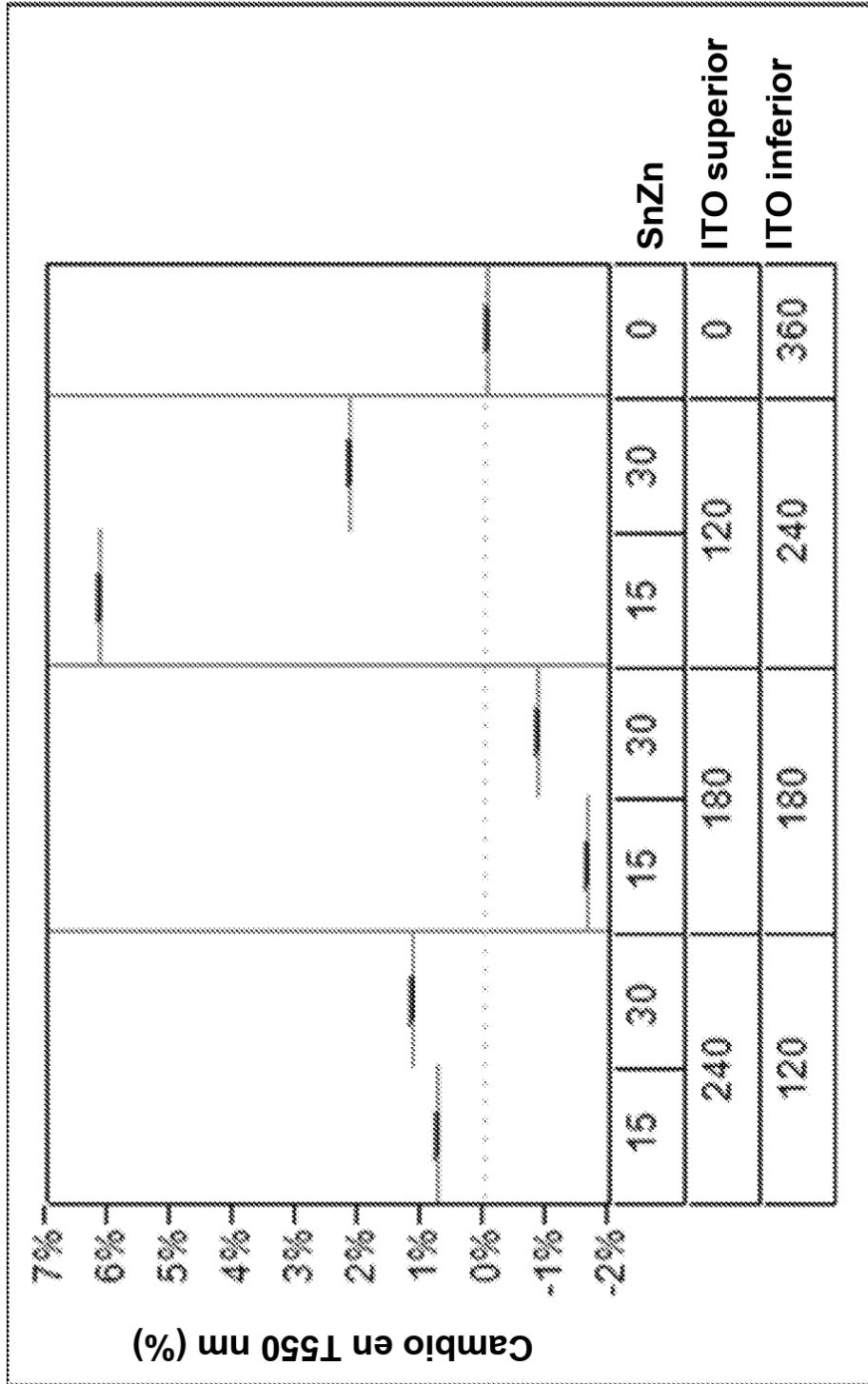


FIG. 13b

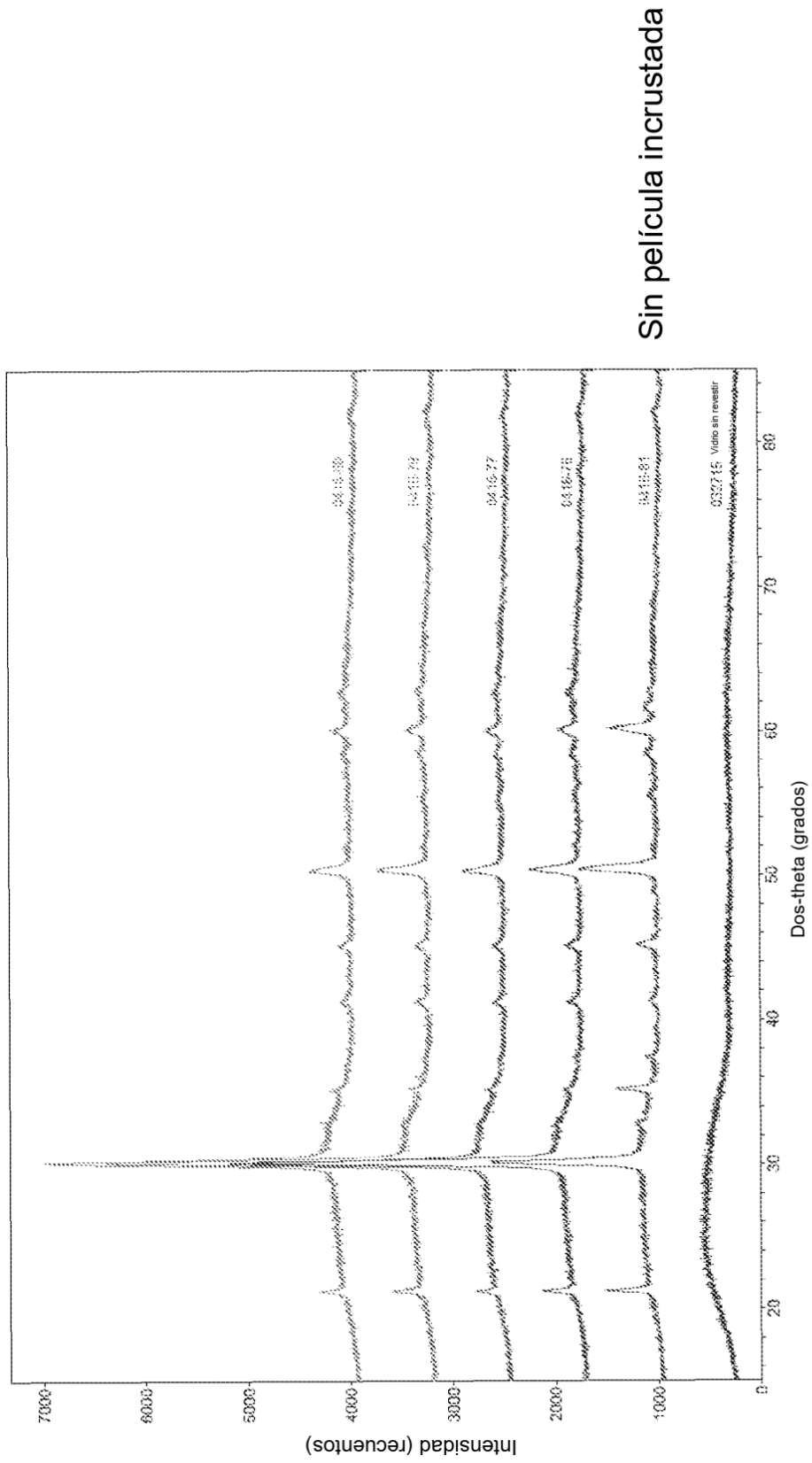


FIG. 13c

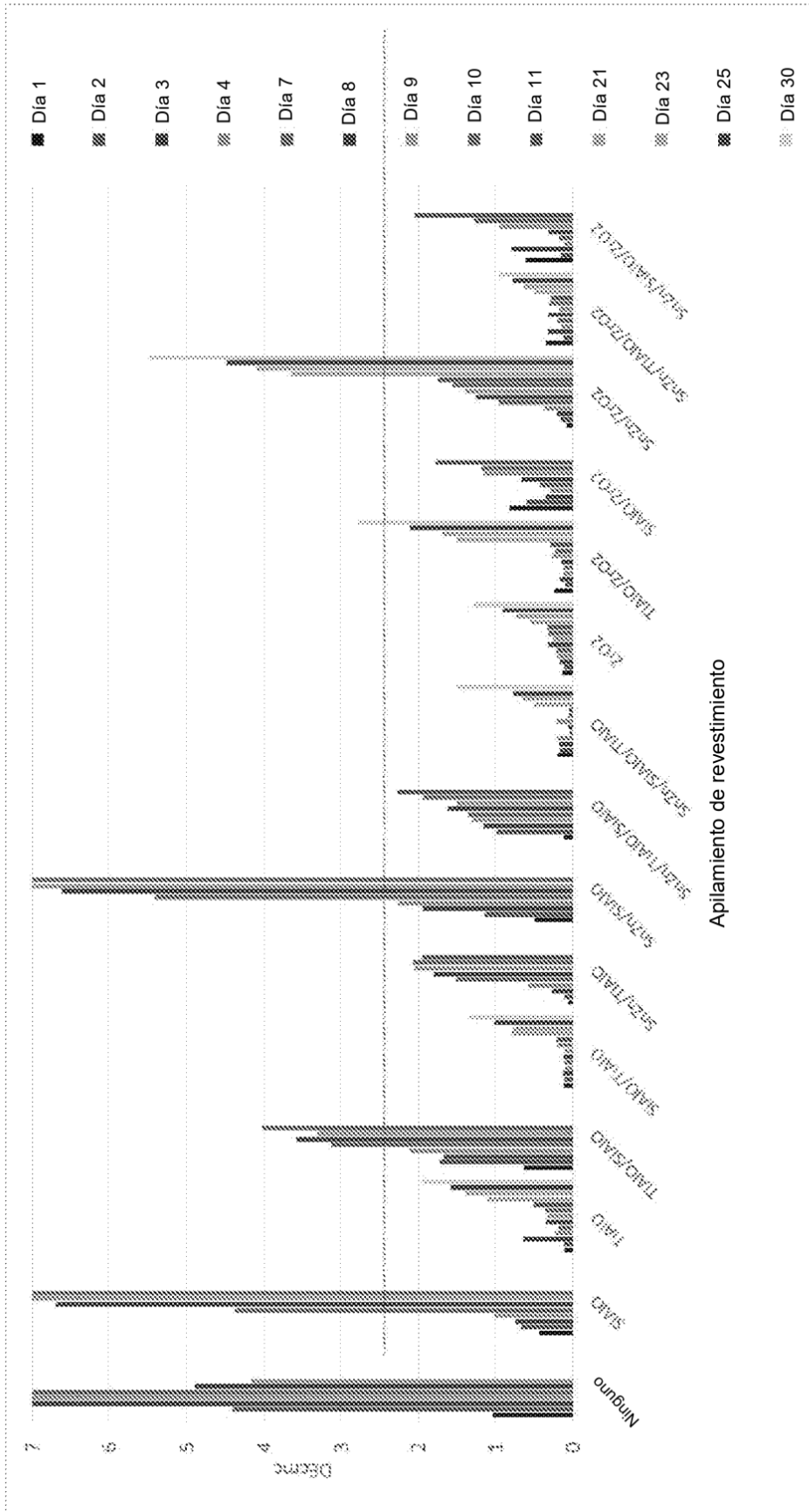


FIG. 14

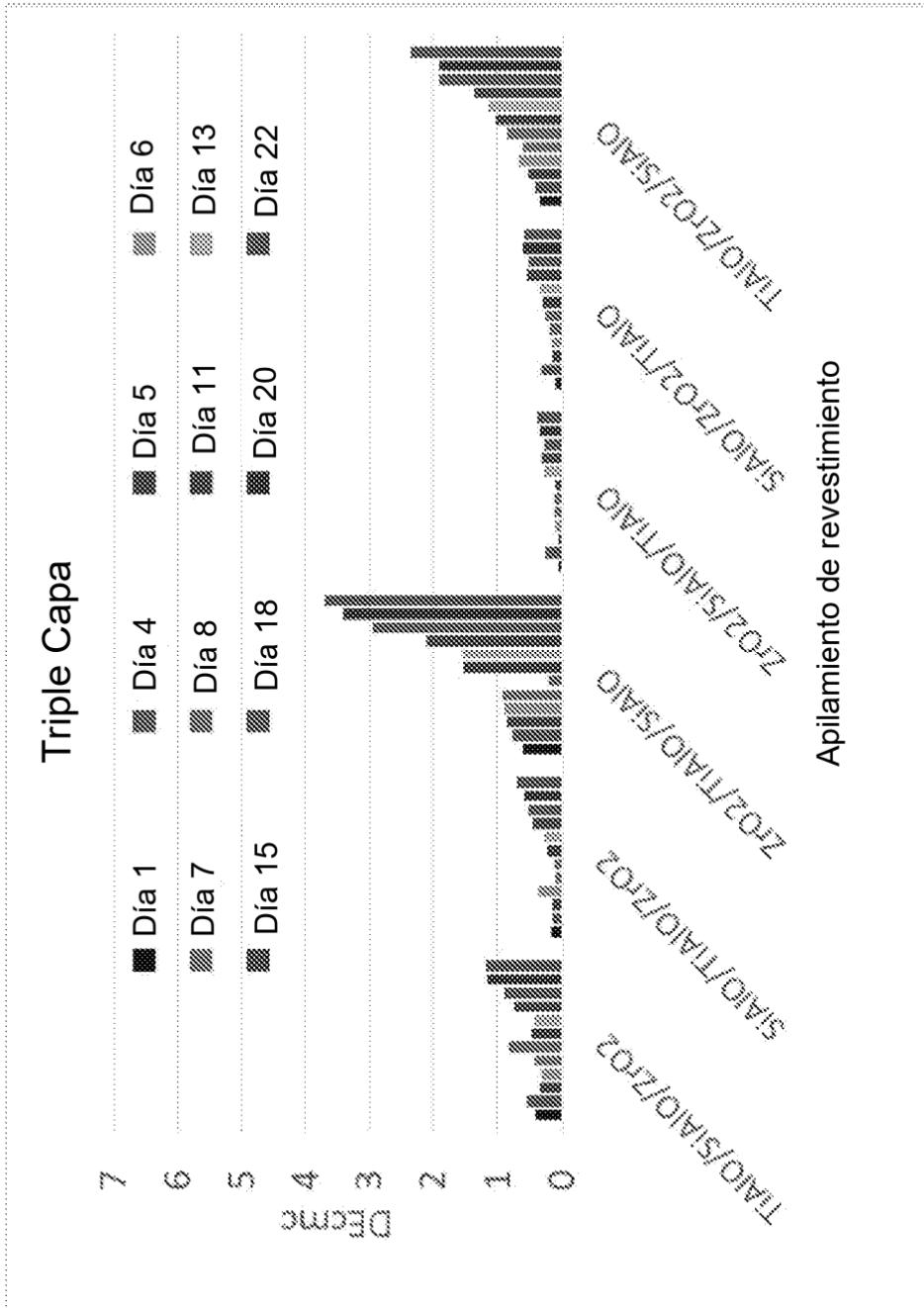


FIG. 15

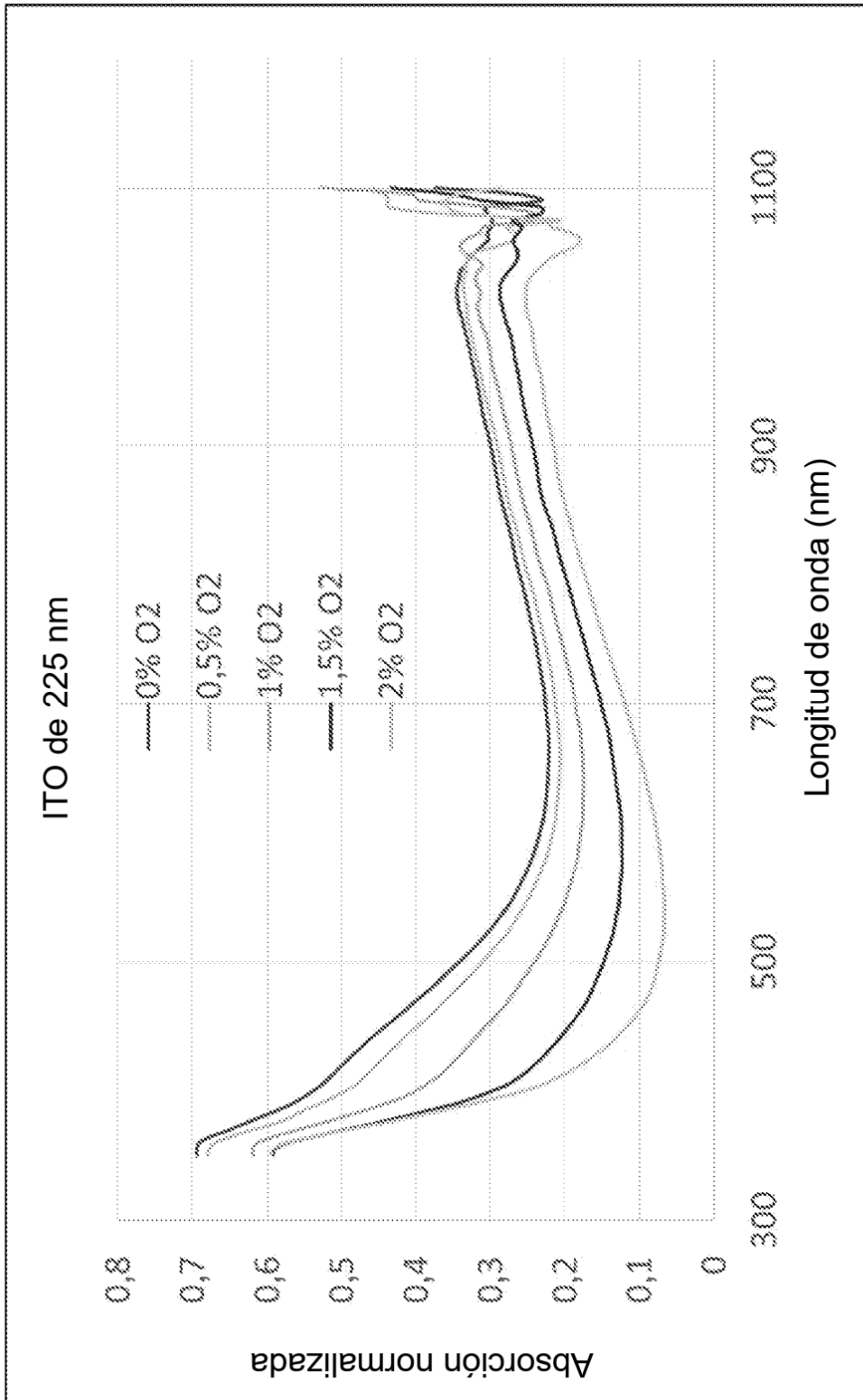


FIG. 16a

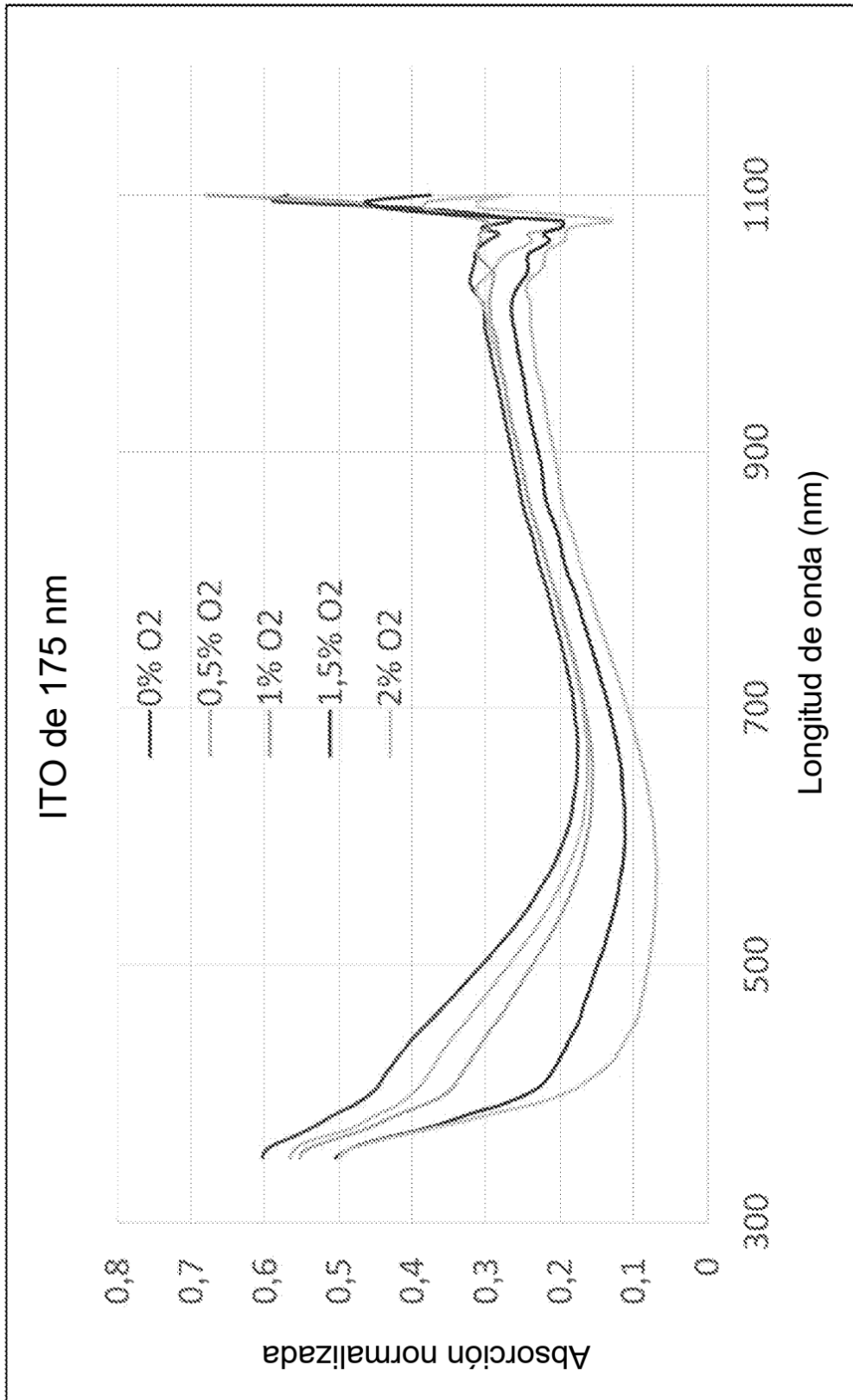
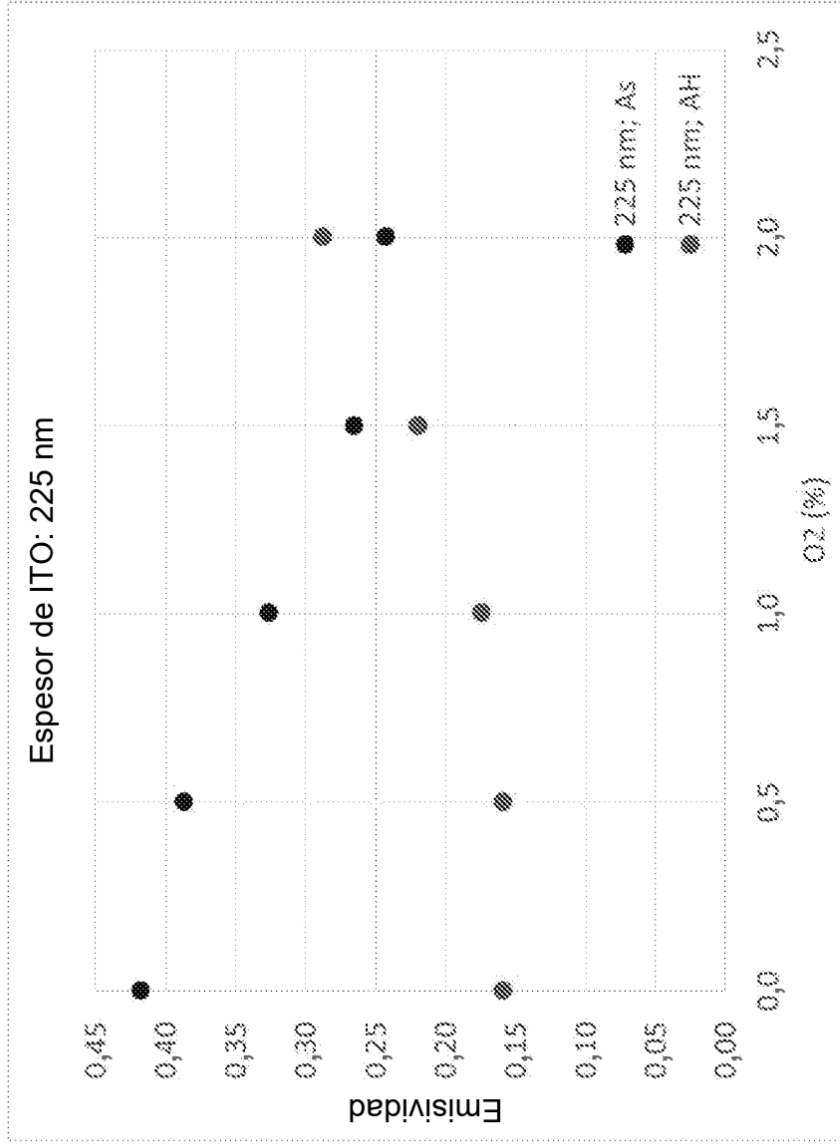
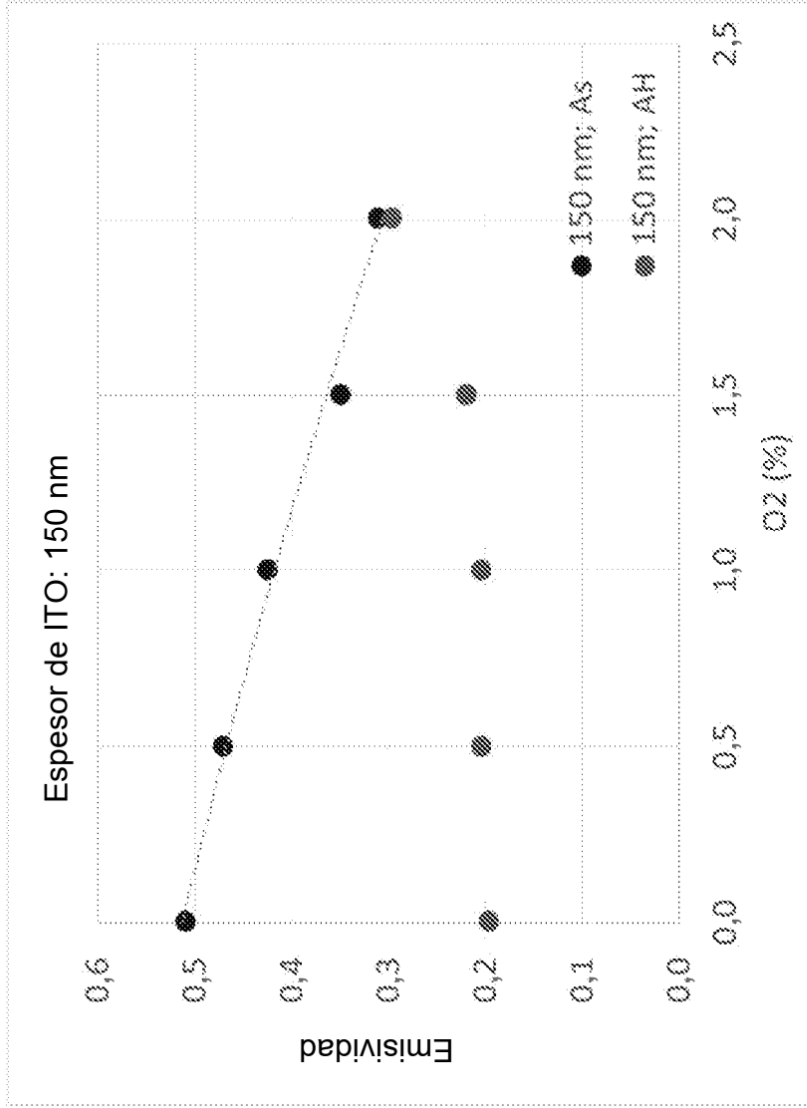


FIG. 16b



Las muestras de 225 nm muestran una emisividad $\geq 0,16$ después del calentamiento

FIG. 17a



Las muestras de 150 nm muestran una emisividad de ~0,20 tras calentarias

FIG. 17b

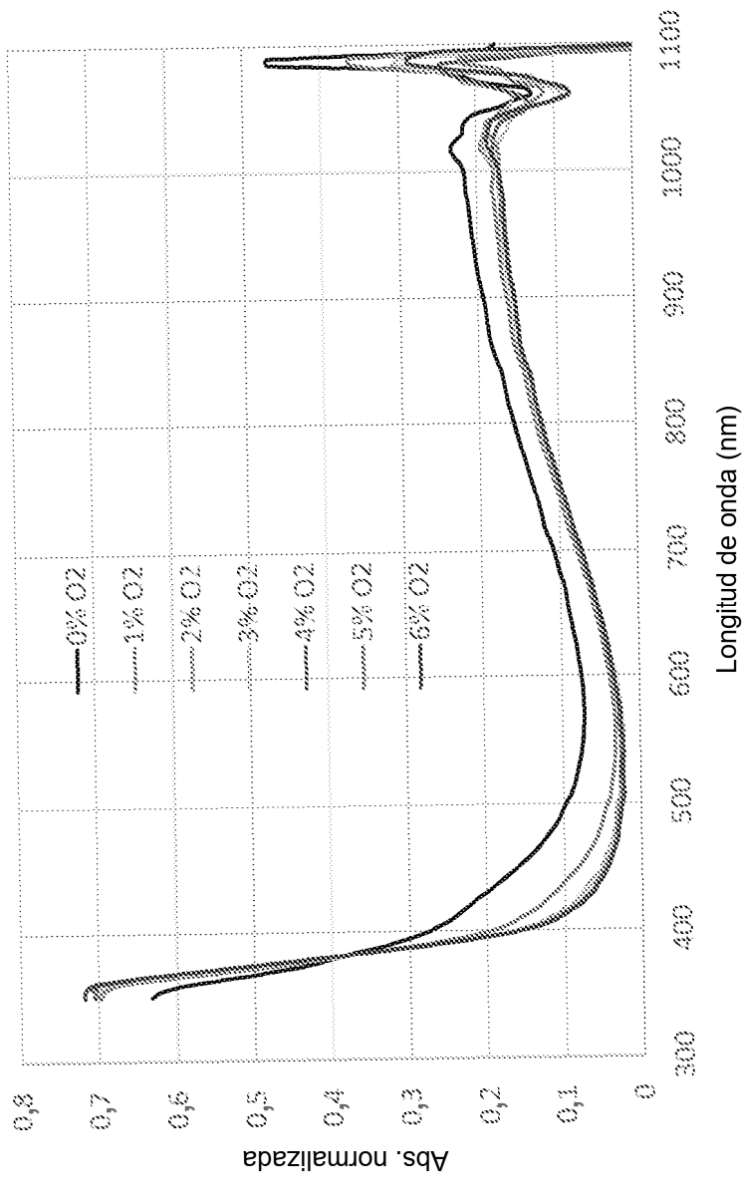


FIG. 18

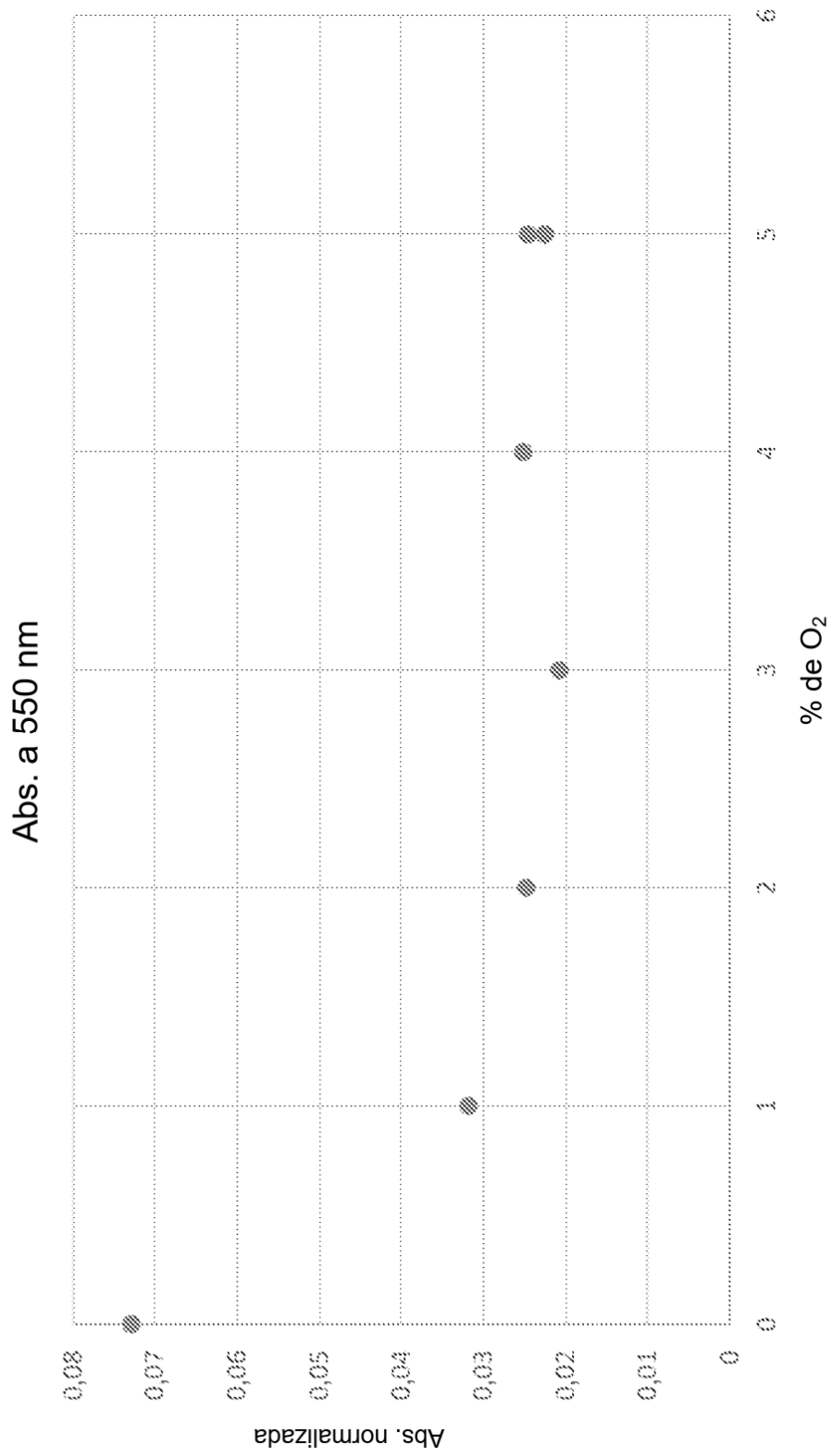


FIG. 19

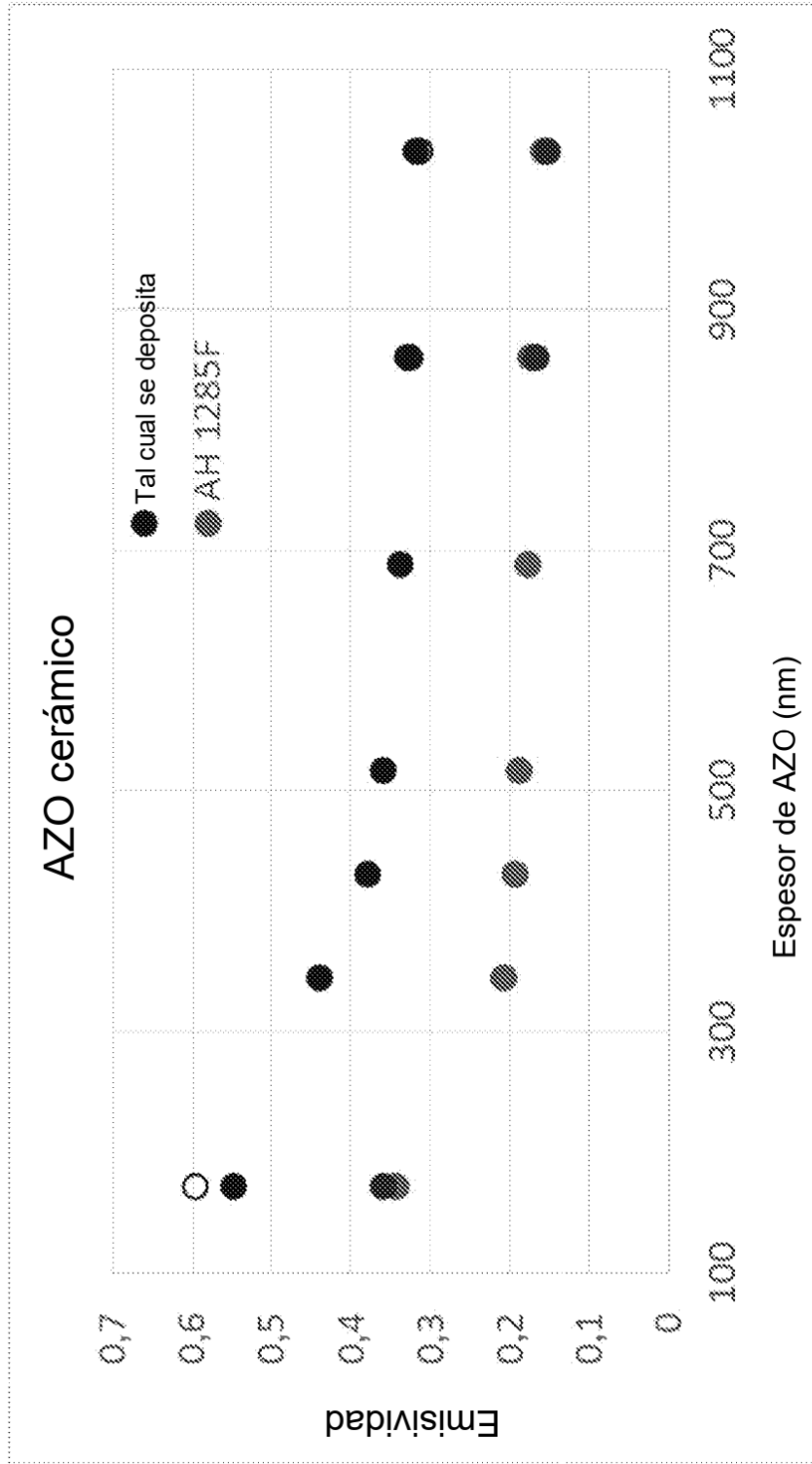


FIG. 20

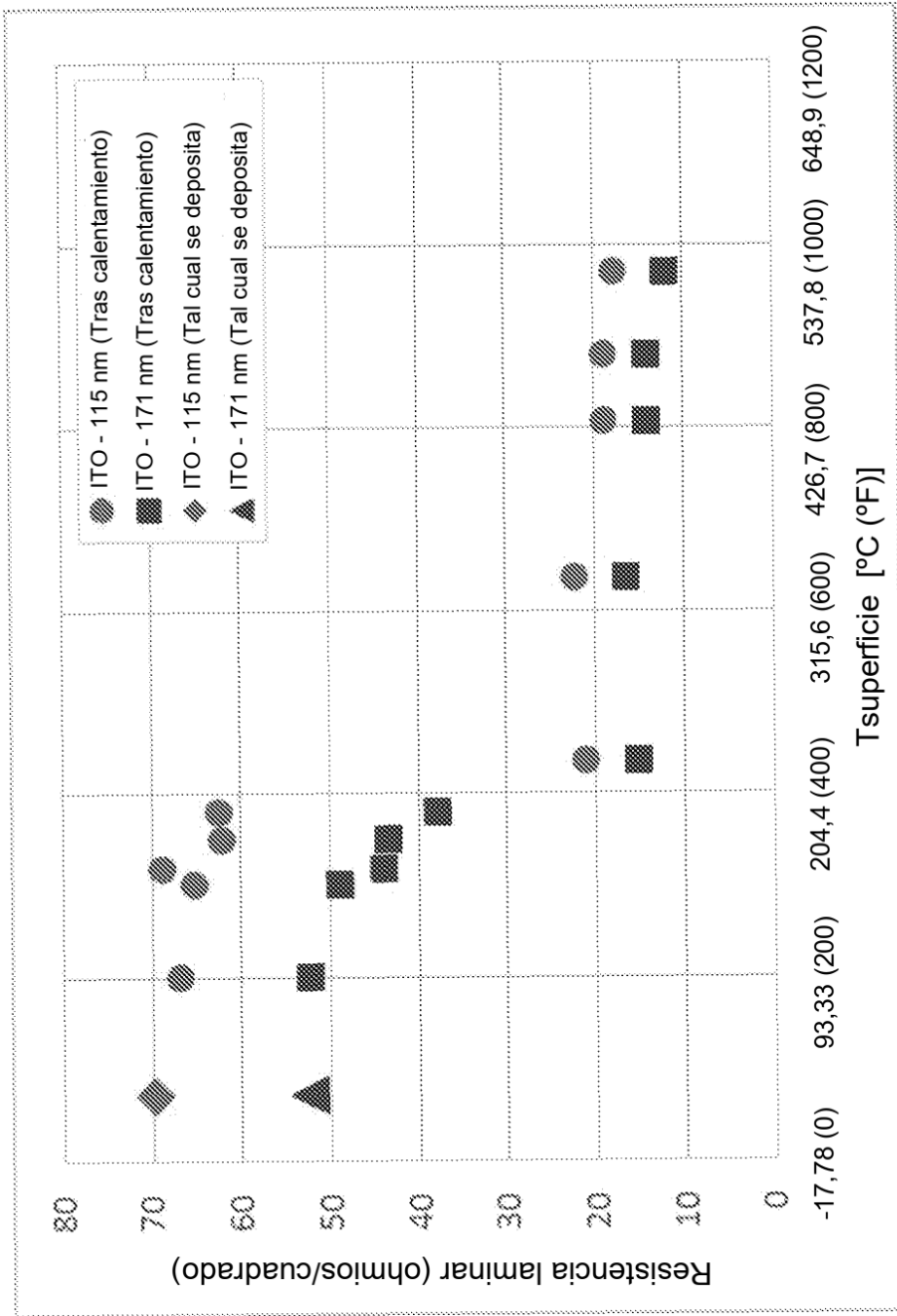


FIG. 21