

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 406**

51 Int. Cl.:

G02F 1/17 (2006.01)

B32B 17/10 (2006.01)

C09J 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2004 PCT/US2004/023747**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2005 WO05102688**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2004 E 04779006 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 1735156**

54 Título: **Procedimientos de laminación de películas para válvulas de luz de tipo SPD y válvulas de luz de tipo SPD que incorporan dichas películas laminadas**

30 Prioridad:

13.04.2004 US 562329 P

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

27.01.2017

73 Titular/es:

**RESEARCH FRONTIERS INCORPORATED
(100.0%)
240 Crossways Park Drive Woodbury
New York 11797, US**

72 Inventor/es:

**SLOVAK, STEVEN, M.;
CHAKRAPANI, SRINIVASAN y
SAXE, ROBERT, L.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 598 406 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

Procedimientos de laminación de películas para válvulas de luz de tipo SPD y válvulas de luz de tipo SPD que incorporan dichas películas laminadas

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a películas laminadas para su uso en dispositivos de partículas suspendidas (SPD), como válvulas de luz SPD, y a procedimientos para la laminación de tales películas de SPD. En particular, la invención se refiere a un procedimiento de laminación de películas de SPD, en el que la película es reticulada cuando se cura y a películas de SPD laminadas producidas por tal procedimiento.

Antecedentes de la invención

- 10 Las válvulas de luz SPD se conocen desde hace más de setenta años para la modulación de la luz. Dichas válvulas de luz han sido propuestas durante todo este tiempo para su uso en numerosas aplicaciones que incluyen, por ejemplo, presentaciones alfanuméricas y presentaciones de televisión; filtros de lámparas, cámaras, fibras ópticas y presentaciones; y ventanas, techos corredizos, tapasoles, anteojos, gafas y espejos y similares para controlar la cantidad de luz que pasa a su través o se refleja de la misma según el caso. Ejemplos de ventanas incluyen, sin limitación, ventanas arquitectónicas para edificios comerciales, invernaderos y residencias, ventanas para vehículos automóviles, barcos, trenes, aeroplanos y naves espaciales, ventanas para puertas que incluyen mirillas y ventanas para electrodomésticos tales como hornos y frigoríficos que incluyen compartimentos de los mismos. Las válvulas de luz del tipo descrito en el presente documento también son conocidas como "dispositivos de partículas suspendidas" o "SPD".

- 20 Como se usa en el presente documento, la expresión válvula de luz describe una célula formada de dos paredes que están separadas por una pequeña distancia, siendo transparente al menos una de las paredes. Las paredes tienen electrodos sobre las mismas normalmente en forma de capas conductoras eléctricamente transparentes. La célula contiene un elemento modulador de luz (a veces referido en el presente documento como "material activable"), que puede ser, sin limitación, o bien una suspensión de partículas en líquido o una película plástica en la que están distribuidas gotas de una suspensión en líquido.

- La suspensión líquida (a veces referida en el presente documento como suspensión de válvula de luz líquida) comprende pequeñas partículas suspendidas en un medio de suspensión líquido. En ausencia de un campo eléctrico aplicado, las partículas de la suspensión líquida adoptan posiciones aleatorias debido al movimiento Browniano. Por lo tanto un haz de luz que pasa hacia dentro de la célula es reflejado, transmitido o absorbido, dependiendo de la estructura de la célula, la naturaleza y concentración de las partículas y el contenido de energía de la luz. Por lo tanto, la válvula de luz es relativamente oscura en el estado desconectado. Sin embargo, cuando se aplica un campo eléctrico a la válvula de luz a través de la suspensión de válvula de luz líquida, las partículas llegan a alinearse y en muchas suspensiones la mayor parte de la luz puede pasar a través de la célula. Por lo tanto, la válvula de luz es relativamente transparente en el estado conectado.

- 35 En muchas aplicaciones es preferible que el material activable, es decir, el elemento modulador de luz, sea una película plástica en vez de una suspensión en líquido. Por ejemplo, en una válvula de luz usada como ventana de transmisión de luz variable es preferible una película plástica en la que están distribuidas gotas de suspensión en líquido a una suspensión en líquido sola porque se pueden evitar los efectos de la presión hidrostática, por ejemplo, el saturamiento asociado con una columna alta de suspensión en líquido, mediante el uso de una película, y se puede evitar también el riesgo de posibles fugas. Otra ventaja del uso de una película plástica es que, en una película plástica, las partículas están generalmente presentes solamente dentro de gotas muy pequeñas y, por lo tanto, no se aglomeran sensiblemente cuando la película se activa repetidamente con un voltaje.

- Una película de válvula de luz (también a veces referida en el presente documento como una película de SPD) como se usa esta expresión en el presente documento, significa una película o lámina, o más de una de estas, que comprende una suspensión de partículas utilizadas o destinadas a ser utilizadas en una válvula de luz SPD. Dicha película de válvula de luz estará compuesta por (a) una suspensión de partículas dispersadas por toda una fase líquida continua encerrada dentro de una o más películas o láminas sólidas rígidas o flexibles o (b) una fase discontinua de un líquido que comprende partículas dispersadas, estando dicha fase discontinua dispersada en una fase continua de una película o lámina sólida rígida o flexible. La película o laminado de la válvula de luz que comprende la película de la válvula de luz también puede comprender una o más capas adicionales tales como, sin limitación, una película, revestimiento o lámina o combinación de los mismos, lo que puede proporcionar a la película de la válvula de luz (1) la resistencia al rayado, (2) protección de la radiación ultravioleta, (3) reflexión de la energía infrarroja y/o (4) conductividad eléctrica para la transmisión de un campo eléctrico o magnético aplicado al material activable.

- 55 La patente US-5.409.734 ilustra un tipo de película de válvula de luz no reticulada que se fabrica por separación de fases a partir de una solución homogénea. También se conocen películas de válvula de luz fabricadas mediante emulsiones de reticulación. Los procedimientos de la presente invención se refieren específicamente al uso de este último tipo de película, es decir, la formada por emulsiones de reticulación y a las películas laminadas producidas de

este modo. Véase, por ejemplo, las patentes US-5.463.491 y US-5.463.492, las cuales están cedidas al cesionario de la presente invención. En las patentes US-6.301.040 y US-6.416.827 y en la Solicitud de Patente US 2004/257634 se describen varios tipos de emulsiones SPD y los procedimientos de curado de las mismas, todas las cuales están cedidas al cesionario de la presente invención. Tales películas y variaciones de las mismas se pueden curar a través de la reticulación provocada por la exposición de las películas a (1) radiación ultravioleta, (2) haces de electrones y/o (3) calor. El documento WO 2004/016897 A2 se refiere a vidrio laminado y vidrio estructural con iluminación, sensores y electrónica integrados. Todas las referencias citadas en esta solicitud, incluyendo patentes, se incorporan por referencia.

En general, el uso de "laminado" generalmente implica (1) separar o dividir en capas delgadas, (2) formar una placa metálica delgada, (3) construir mediante la colocación de una capa sobre otra o (4) cubrir o superponer con capas delgadas (véase, por ejemplo, The Random House Dictionary of the English Language, edición de 1967). En la preparación de productos laminados para su uso como o en ventanas de vidrio convencionales, las definiciones (3) y (4) anteriores son aplicables. Para las aplicaciones de vidrio arquitectónico y parabrisas, el procedimiento de laminación en general, implica la unión de una capa intermedia de plástico entre dos paneles (láminas), de vidrio plano o curvado, con el objetivo de producir una unidad de vidrio resistente a los golpes transparente.

Sin embargo, como se usa en el presente documento en relación con las películas de SPD, es decir, en relación con la presente invención, los términos laminación, para laminar o el acto de laminación se refiere a la combinación como una unidad de una película de SPD con (1) una o más láminas o películas adhesivas de plástico de fusión en caliente y/o (2) con una o más láminas de vidrio o de plástico para el propósito(s), sin limitación al mismo(s), de protección y/o reforzamiento de la película de SPD, cualquiera de los efectos mencionados anteriormente y/o para facilitar la instalación cuando se destinan a su uso.

Son bien conocidas en la técnica una variedad de suspensiones de válvula de luz líquida y tales suspensiones se pueden formular fácilmente de acuerdo con técnicas bien conocidas para un experto ordinario en la materia. La expresión suspensión de válvula de luz líquida, como se señaló anteriormente, cuando se usa en el presente documento, significa un medio de suspensión líquido en el que se dispersan una pluralidad de pequeñas partículas. El medio de suspensión líquido comprende uno o más líquidos eléctricamente resistivos en el que se disuelve preferentemente al menos un tipo de estabilizador polimérico que actúa para reducir la tendencia de las partículas a aglomerarse y para mantenerlas dispersas y en suspensión.

Las suspensiones de válvula de luz líquidas útiles en la presente invención pueden incluir cualquiera de los llamados en la técnica anterior medios de suspensión líquidos propuestos para su uso en válvulas de luz para la suspensión de las partículas. Los medios de suspensión líquidos conocidos en la técnica que son útiles en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, los medios de suspensión líquidos desvelados en las patentes US-4.247.175, US-4.407.565, US-4.772.103, US-5.409.734, US-5.461.506 y US-5.463.492, cuyas divulgaciones, como se señaló anteriormente, se incorporan aquí por referencia. En general se elige uno o ambos del medio de suspensión o el estabilizador polimérico generalmente disuelto en el mismo con el fin de mantener las partículas suspendidas en equilibrio gravitacional.

El estabilizador polimérico, cuando se emplea, puede ser un solo tipo de polímero sólido que se adhiere a la superficie de las partículas, pero que también se disuelve en el líquido(s) no acuoso que comprende el medio de suspensión líquido. Como alternativa, puede haber dos o más estabilizadores poliméricos sólidos que sirven como un sistema estabilizador polimérico. Por ejemplo, las partículas pueden estar revestidas con un primer tipo de estabilizador polimérico sólido, tal como nitrocelulosa que, cuando se disuelve, proporciona un revestimiento de superficie plana para las partículas, junto con uno o más tipos de estabilizador polimérico sólido que, cuando se disuelve, se une o se asocia con el primer tipo de estabilizador polimérico sólido y también se disuelve en el medio de suspensión líquido para proporcionar dispersión y protección estérica para las partículas. Como alternativa, los estabilizadores poliméricos líquidos también se pueden utilizar con ventaja, especialmente en películas de válvula de luz SPD, como se describe por ejemplo en la patente US-5.463.492.

En una suspensión de válvula de luz pueden usarse partículas inorgánicas y orgánicas y tales partículas pueden absorber la luz o reflejar la luz en la parte visible del espectro electromagnético.

Las válvulas de luz SPD convencionales utilizan generalmente partículas de tamaño coloidal. Tal como se utiliza en el presente documento, el término coloidal significa que las partículas tienen generalmente una dimensión mayor promedio de 1 micra o menos. Preferentemente, la mayoría de los tipos polihaluro o no polihaluro de partículas utilizados o destinados a ser utilizados en una suspensión de válvula de luz SPD tendrán una dimensión más grande, de un promedio de 0,3 micrómetros o menos y más preferentemente promedios de menos de la mitad de la longitud de onda de la luz azul, es decir, menos de 2.000 Angstroms, para mantener la dispersión de la luz extremadamente baja.

Sumario de la invención

La invención proporciona un procedimiento de laminación de una película de un dispositivo de partículas suspendidas (SPD) de acuerdo con la reivindicación 1. El procedimiento comprende formar una película de

partículas suspendidas; posicionar la película de dispositivo de partículas suspendidas dentro de una pila sin laminar de componentes para formar una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada, pila que comprende al menos una lámina o película adhesiva de fusión en caliente que está en contacto con una superficie exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas; someter la pila sin laminar a al menos un vacío parcial; precalentar la pila sin laminar de componentes a tal vacío durante un tiempo y a una temperatura seleccionada que permita al menos la desgasificación parcial de la pila y aplicar una presión neta suficiente a la pila a una temperatura suficiente y durante un tiempo suficiente para producir una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada a partir de la pila sin laminar.

En la producción de la laminación anterior, se prepara la película de dispositivo de partículas suspendidas, en una realización, mediante un procedimiento que comprende proporcionar un primer sustrato comprendido de plástico o de vidrio que tiene una primera y una segunda superficies opuestas; unir una primera capa de un revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente a al menos una porción de una de las superficies opuestas del primer sustrato; aplicar una capa de una emulsión SPD líquida no curada sobre el revestimiento, comprendiendo la emulsión una pluralidad de cadenas de polímero no reticuladas para formar una matriz de polímero y al menos una suspensión de válvula de luz líquida; curar la emulsión SPD por reticulación de las cadenas de polímero para formar una emulsión SPD curada que tiene una pluralidad de gotitas no reticuladas de una suspensión de válvula de luz líquida distribuidas en la misma e intercalando junto con el primer sustrato revestido un segundo sustrato revestido con una segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente, en el que la segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está en contacto con la emulsión SPD curada del primer sustrato, así como para formar la película de dispositivo de partículas suspendidas.

En una realización de la invención, la emulsión SPD líquida se puede curar mediante la exposición de la emulsión sin curar a la radiación ultravioleta, un haz de electrones y/o calor.

El procedimiento de la invención puede comprender además, en una realización alternativa, proporcionar el segundo sustrato con una emulsión SPD curada sobre la segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente antes de intercalar el segundo sustrato junto con el primer sustrato.

En una realización adicional de la invención, el revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está comprendido por óxido de indio y estaño. En otra realización, se proporciona además al menos uno de los revestimientos eléctricamente conductores sustancialmente transparentes con un revestimiento de dieléctrico situado sobre el mismo. La capa de revestimiento dieléctrico puede ser, por ejemplo, MgF_2 o SiO_2 .

El adhesivo de fusión en caliente utilizado en el procedimiento está comprendido por un polímero de poliuretano o polivinilo butiral. En una realización adicional, al menos uno de los sustratos es de plástico y el plástico es tereftalato de polietileno (PET) o un plástico de policarbonato (PCA).

De acuerdo con la invención, en la que el adhesivo de fusión en caliente está comprendido por un polímero de poliuretano o polivinilo butiral, el procedimiento de la invención comprende además prevenir sustancialmente el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente, cuando el adhesivo se calienta, y el dispositivo de partículas suspendidas, así como cualquier protuberancia que se extienda hacia fuera desde la película. En una realización, el contacto se evita interponiendo un material plástico sustancialmente químicamente inerte adyacente a una porción del borde exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas, incluyendo cualquier protuberancia, en un lugar elegido para evitar sustancialmente el contacto del adhesivo de fusión en caliente, cuando el adhesivo se calienta, con la película y cualquiera de dichas protuberancias.

En una realización opcional, el material plástico sustancialmente químicamente inerte se puede proporcionar en al menos una superficie opuesta de la misma con un adhesivo, por ejemplo, un adhesivo sensible a la presión, para facilitar la unión del mismo. En una realización preferida, el material plástico tiene un punto de fusión mayor que el punto de fusión del adhesivo de fusión en caliente. En una realización adicional, el material plástico es tereftalato de polietileno, que se vende bajo el nombre comercial de Mylar®. El material plástico, en una realización, tiene un grosor de $< 0,05$ mm preferentemente < 1 mm e incluso posiblemente tan solo $0,01$ mm.

En una realización, el material plástico se interpone como una pluralidad de láminas o tiras. Aún más, en otra realización, el material plástico puede ser conformado en la forma de al menos un marco, en el que el marco está configurado para proteger al menos la porción de borde exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas del contacto con el adhesivo de fusión en caliente, dejando a la vez una porción de visualización central de la película sustancialmente no cubierta por el material plástico. La porción de visualización central puede estar configurada, por ejemplo, en la forma de un polígono, un círculo o un óvalo. En una realización adicional, se pueden aplicar dos de tales marcos, es decir, uno en cada superficie opuesta de la película de dispositivo de partículas suspendidas.

En otra realización más, el vacío aplicado a la pila sin laminar de componentes tiene al menos $73,66$ centímetros de mercurio. En una realización adicional, la temperatura de precalentamiento es de entre aproximadamente la temperatura ambiente y una temperatura de transición vítrea que es la temperatura de transición vítrea más baja de cualquier adhesivo de fusión en caliente en el laminado. En una realización particular, la al menos una lámina o

película de adhesivo de fusión en caliente tiene un intervalo de fusión que tiene un extremo inferior de al menos aproximadamente 75 grados C. En una realización adicional, la al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente tiene un intervalo de fusión con un extremo inferior de al menos aproximadamente 85 grados C.

5 En otra realización de la invención, la presión neta oscila entre 19,30 kPa y 186 kPa. En una realización, la presión neta se aplica a la pila durante 3 a 5 horas a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir sustancialmente la al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente, pero por debajo de una temperatura que haría que la película de SPD se difundiese (rebose) más allá de un límite que tenía la película curada antes de la laminación.

10 En una realización de la invención, la suspensión de válvula de luz líquida comprende una pluralidad de partículas coloidales que tienen una dimensión más grande con un promedio de 1 micra o menos. En otra realización, las partículas tienen una dimensión más grande que tiene un promedio de 0,3 micrómetros o menos. En una realización adicional, las cadenas de polímero están comprendidas por un polímero de poliorganosiloxano. En otra realización, la matriz de polímero comprende no menos de 60 % de la emulsión total. En otra realización más, la matriz de la emulsión puede comprender un copolímero de aproximadamente 90 % en peso de (a) poli(dimetil difenil siloxano, terminado con disilanol) y aproximadamente 10 % en peso de (b) acriloxi propil metil dimetoxi silano.

15 La película de dispositivo de partículas suspendidas laminada de la invención puede, en una realización, laminarse en una autoclave adaptado para proporcionar suficiente presión neta, temperatura y vacío para permitir la laminación de la película.

20 La invención proporciona adicionalmente un procedimiento en el que una capa de polivinil butiral se lamina entre dos láminas de vidrio para formar un segundo laminado, tras lo cual el segundo laminado se lamina con la película de dispositivo de partículas suspendidas laminada. Tal laminado puede obtenerse, por ejemplo, utilizando un polímero de poliuretano o una lámina o película de copolímero de etileno/acetato de vinilo entre láminas de vidrio situadas en el exterior de ambos de los laminados.

25 En una realización adicional más, la invención proporciona un procedimiento para laminar un dispositivo de partículas suspendidas de acuerdo con la reivindicación 32 que comprende formar una película de partículas suspendidas; posicionar la película de dispositivo de partículas suspendidas dentro de una pila sin laminar de componentes para formar una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada, pila que comprende al menos una lámina o película adhesiva de fusión en caliente que está en contacto con una superficie exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas; someter la pila sin laminar a al menos un vacío parcial; precalentar la pila sin laminar de componentes a tal vacío durante un tiempo y a una temperatura seleccionada que permita al menos la desgasificación parcial de la pila y aplicar una presión neta suficiente a la pila a una temperatura suficiente y durante un tiempo suficiente para producir una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada a partir de la pila sin laminar. Además, en el procedimiento anteriormente descrito, la película de dispositivo de partículas suspendidas se prepara mediante un procedimiento que comprende proporcionar un primer sustrato comprendido por plástico o vidrio que tiene una primera y una segunda superficies opuestas; unir una primera capa de un revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente a al menos una porción de una de las superficies opuestas del primer sustrato; aplicar una capa de una emulsión SPD líquida no curada sobre el revestimiento, comprendiendo la emulsión una pluralidad de cadenas de polímero no reticuladas para formar una matriz de polímero y al menos una suspensión de válvula de luz líquida; curar la emulsión SPD por reticulación de las cadenas de polímero para formar una emulsión SPD curada que tiene una pluralidad de gotitas no reticuladas de una suspensión de válvula de luz líquida distribuidas en la misma e intercalando junto con el primer sustrato revestido un segundo sustrato revestido con una segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente, en el que la segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está en contacto con la emulsión SPD curada del primer sustrato, así como para formar la película de dispositivo de partículas suspendidas.

45 De acuerdo con el procedimiento, el adhesivo de fusión en caliente comprende un polímero de poliuretano o de polivinil butiral y el procedimiento comprende además prevenir sustancialmente el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente, cuando el adhesivo se calienta, y la película de dispositivo de partículas suspendidas, así como cualquier protuberancias que se extienda hacia fuera de la película.

50 En una realización, el contacto se evita mediante la interposición de un material plástico sustancialmente químicamente inerte (por ejemplo, Mylar®) adyacente a una porción del borde exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas, incluyendo cualquier protuberancia de la película, en un lugar elegido para evitar sustancialmente el contacto del adhesivo de fusión en caliente, cuando se calienta el adhesivo, con la película y dicha protuberancia.

55 En una realización adicional, el procedimiento puede comprender además laminar al menos una capa de polivinil butiral entre dos láminas de vidrio (o plástico) para formar un segundo laminado y después laminar el segundo laminado a un lado de la película de dispositivo de partículas suspendidas laminada. En el caso de una película de dispositivo de partículas suspendidas que tiene una lámina de vidrio que forma al menos una cara de la misma, una realización de la invención puede implicar el uso ya sea un polímero de poliuretano, o una lámina o película de

copolímero de etileno/acetato de vinilo entre láminas de vidrio localizadas en las superficies exteriores de los dos laminados.

5 En una realización adicional, el procedimiento puede comprender adicionalmente proporcionar el segundo sustrato con una emulsión SPD curada sobre la segunda capa del revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente, antes de intercalar el segundo sustrato con el primer sustrato.

En una realización alternativa, al menos uno de los revestimientos eléctricamente conductores transparentes puede estar provisto además con una capa de revestimiento dieléctrico situado sobre el mismo. La capa de revestimiento dieléctrico puede comprender, por ejemplo, MgF_3 y/o SiO .

10 En una realización de la invención, el material plástico sustancialmente químicamente inerte tiene un punto de fusión más alto que el punto de fusión del adhesivo de fusión en caliente, así como un grosor de menos de aproximadamente 0,05 mm. El material plástico está, en una realización, interpuesto como una pluralidad de láminas o tiras. En una realización alternativa, el material plástico puede estar conformado en la forma de al menos un marco, configurado para proteger la porción del borde exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas, dejando una porción de visualización central de la película sustancialmente no cubierta por el material plástico.

15 En una realización del procedimiento, el vacío aplicado a la pila sin laminar de componentes es al menos aproximadamente 73,66 cm de mercurio. En una realización adicional, la temperatura de precalentamiento es de entre aproximadamente la temperatura ambiente y una temperatura de transición vítrea que es la temperatura de transición vítrea más baja de cualquier adhesivo de fusión en caliente en el laminado. En una realización adicional, 20 la presión de la red puede variar entre alrededor de 19,30 kPa y 186 kPa.

En otra realización más, la presión neta se aplica a la pila durante aproximadamente 3 a 5 horas a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir sustancialmente la al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente, pero por debajo de una temperatura que haría que la película de SPD se difundiese durante la laminación más allá del límite que tenía la película curada antes de la laminación

25 En otra realización, la suspensión de válvula de luz líquida usada en el procedimiento descrito anteriormente comprende una pluralidad de partículas coloidales que tienen un diámetro más grande con un promedio de 1 micra o menos. En una realización adicional, las cadenas de polímero están comprendidas por un polímero de poliorganosiloxano. En una realización adicional, la matriz de polímero comprende no menos de 60 % de la emulsión total. En otra realización más, la matriz de la emulsión puede comprender un copolímero de aproximadamente 90 % 30 en peso de (a) poli(dimetil difenil siloxano, terminado con disilanol) y aproximadamente 10 % en peso de (b) acriloxi propil metil dimetoxi silano.

En otra realización adicional, la película de dispositivo de partículas suspendidas se lamina en un autoclave adaptado para proporcionar suficiente presión neta, temperatura y vacío para laminar la película.

35 La invención se refiere además a una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada producida de acuerdo con cualquiera de los procedimientos descritos anteriormente.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

40 Un aparato para el laminado e capas de vidrio y de plástico, que también es útil para el laminado de plástico con otras capas de plástico, es muy conocido entre los expertos con conocimientos ordinarios en la técnica y se describe en general en Crockett, D., "USG Machinery-Autoclaves for Glass Lamination", U.S. Glass Magazine, Octubre de 1998 (el artículo de Crockett). El procedimiento de laminación de plástico con plástico o de plástico con vidrio para su uso en un dispositivo SPD requiere una serie de pasos bien conocidos que incluyen, entre otras cosas, combinaciones controladas de presión y calor. Para que el laminado final sea comercialmente aceptable, es necesario evitar una serie de problemas que pueden ocurrir si el procedimiento de laminación es defectuoso.

45 Los principales problemas que se observan en una película de SPD como resultado de un procedimiento(s) de laminación defectuoso son uno o más de los siguientes tipos de defectos: (1) burbujas de aire atrapadas, (2) vapor de agua atrapado, (3) rebosamiento (difusión) de la emulsión SPD curada fuera de la película, (4) reducción del intervalo de transmisión de la luz de la película de SPD cuando se activa en comparación con la misma película antes de la laminación, (5) aumento de turbidez en el estado de la película de SPD cuando se activa en comparación con la misma película antes de la laminación y (6) deslaminación de la capa de plástico de adhesivo de fusión en 50 caliente de una capa o capas adyacentes a la que se había unido o falta de adhesividad del adhesivo(s) de fusión en caliente para unirse a toda o parte de una capa o capas adyacentes (no laminación o laminación parcial).

Obviamente, para evitar todos los posibles problemas antes mencionados, es necesario prestar una atención muy cuidadosa a los detalles. También hay que señalar que la composición de la matriz de la emulsión SPD y de las gotitas de suspensión líquida distribuidas en ella tiene cada una un efecto importante sobre los niveles tolerables y/o 55 deseables del calor y la presión que se pueden aplicar para alcanzar una laminación satisfactoria. Por ejemplo, los procedimientos adecuados para la laminación de películas de SPD no reticuladas, tales como las descritas en la

Patente US- 5.409.734, son diferentes de los procedimientos de laminación recomendados para su uso con las películas de SPD reticuladas utilizadas en los procedimientos de la presente invención porque, entre otras razones, el polímero de la matriz desvelado en la patente US-5.409.734 es el poli (metacrilato de metilo) que tiene una temperatura de transición vítrea (punto de reblandecimiento) relativamente alta, mientras que el polímero de la matriz en el tipo más conocido de la película de SPD reticulada es un material de poliorganosiloxano relativamente blando que tiene una temperatura de transición vítrea relativamente baja. Por otra parte, aunque en una película de SPD la suspensión líquida se selecciona para que sea inmiscible con el material de la matriz a temperatura ambiente (25 grados C), si se eleva la temperatura a un nivel demasiado alto durante la laminación, puede producirse un cierto grado de miscibilidad de la matriz y de la suspensión líquida, en cuyo caso se degradarán determinadas propiedades de la película. Por consiguiente, los parámetros de calor y de presión que se pueden aplicar durante la laminación satisfactoria de películas de SPD reticuladas son necesariamente algo diferentes que para el caso de una película de SPD no reticulada.

Para algunas aplicaciones, especialmente cuando el bajo peso es importante, la unidad (una laminación o el laminado) puede comprender la capa de SPD curada solo con láminas y películas de plástico, es decir, sin ningún tipo de láminas de vidrio. Sin limitación, se pueden incorporar materiales de absorción ultravioleta en las láminas o películas de adhesivo de fusión en caliente de plástico y/o en el tereftalato de polietileno (PET) o láminas de plástico alternativas habitualmente utilizadas en la película de SPD, para reducir o evitar la degradación por la radiación ultravioleta de la película de SPD o de las partículas u otros componentes de la película y/o para proteger los objetos en el lado de la unidad opuesta a la que incide la radiación ultravioleta. La expresión adhesivo de fusión en caliente como se utiliza en el presente documento significa una lámina o película de plástico que se ablanda y se funde en un intervalo de temperatura por encima de la temperatura ambiente (la temperatura ambiente se define en el presente documento como 25 grados C) y es generalmente eficaz cuando se usa como una capa intermedia (a) para unir un tipo de plástico con otro o (b) para unir una lámina o película de plástico con una lámina de vidrio. Sin limitación, los tipos de adhesivos de fusión en caliente útiles con la presente invención incluyen láminas o películas de plástico de varios tipos de polímeros de poliuretano (PU) y polivinil butiral (PVB). Tales láminas o películas adhesivas de fusión en caliente pueden tener cualquier grosor deseado y pueden tener una amplia variedad intervalos de fusión, dependiendo de la naturaleza del material plástico y de su viscosidad o peso molecular. Después de que una película de SPD se ha sometido a laminación, mediante los procedimientos descritos más detalladamente a continuación, en lo sucesivo se hace referencia a la unidad como una película de SPD laminada o una película de válvula de luz laminada.

En los ejemplos de laminación de SPD descritos a continuación, se utiliza una realización no limitativa simple de una película de válvula de luz. Este ejemplo de realización comprende dos láminas de plástico transparentes de tereftalato de polietileno (PBT), cada una de los cuales tiene en una superficie de la misma orientada a la otra, una capa eléctricamente conductora transparente de óxido de indio y estaño (ITO) e intercaladas entre los dos revestimientos de ITO enfrentados una capa de emulsión de SPD reticulada curada. Las láminas de PET pueden ser de cualquier grosor deseado, por ejemplo, 0,12 o 0,17 mm, pero puede ser más delgada o más gruesa según sea apropiado.

Un autoclave, que es un dispositivo bien conocido en la técnica (y que se describe ampliamente en el artículo de Crockett), se puede utilizar en la realización de los procedimientos de laminación descritos en el presente documento. Los autoclaves están destinados a aplicar calor, presión y vacío de manera uniforme dentro de un ambiente controlado, incluso para las formas curvas de vidrio o de plástico. Los autoclaves pueden manejar en general una pluralidad de elementos a ser laminados y pueden calentarse y enfriarse rápidamente para dar cabida a la producción en masa. Algunos autoclaves pueden lograr una capacidad de presión de hasta 4826 kPa y temperaturas de hasta 593 grados Celsius, aunque generalmente se emplean presiones y temperaturas más bajas.

Hay numerosos fabricantes de autoclaves en todo el mundo, que tienen diferentes características técnicas, capacidades operativas, especificaciones y precios. Dos empresas que fabrican y venden autoclaves del tipo útil en la presente invención en los Estados Unidos son ASC Process Systems de 20765 Superior St, Chatsworth, CA 91311 y McCrill AirPressure Corporation de 190 East Broadway Ave., Westerville, Ohio 43081.

Dado que incluso los autoclaves relativamente baratos generalmente cuestan al menos decenas de miles de dólares, en las situaciones en las que no se requiere la producción en masa, por ejemplo, a nivel de laboratorio, se puede utilizar como alternativa una prensa de laminación que generalmente cuesta solo una fracción del coste de un autoclave. Los ejemplos de laminación SPD descritos a continuación se realizaron utilizando una prensa hidráulica de laboratorio Carver (Nº de catálogo 4122-4010, Modelo # 12-12H, en lo sucesivo denominada prensa Carver), que es altamente eficaz para este propósito. La prensa Carver es fabricada por Carver, Inc., de Wabash, Indiana. Si una laminación SPD se consigue con éxito mediante el uso de una prensa de laminación, como la anteriormente mencionada Prensa Carver, se asegura sustancialmente el éxito de la laminación en un autoclave debido a unos controles de la presión y de la temperatura más uniformes y precisos en un autoclave.

Los procedimientos de fabricación y curado de las películas de SPD se desvelan en la técnica anterior y en la solicitud de patente US 2004/257634 mencionada anteriormente.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos se proporcionan solo con el propósito de ilustrar la invención y no deben interpretarse como limitantes de la invención de ninguna manera. Los procedimientos descritos en el presente documento para la preparación y la laminación de una película de SPD son particularmente eficaces en la superación de los principales problemas de laminación mencionados anteriormente de una manera expeditiva.

El procedimiento empleado fue el siguiente:

1.

(a) Como se describe en el presente documento en 1(a) y (b), se preparó una película de SPD que tiene un índice de refracción (RI) de 1,4720 ($\pm 0,005$) tanto para su matriz como para la suspensión líquida mediante el curado de una cara abierta con emulsión SPD, es decir, mediante la exposición a la radiación ultravioleta de una emulsión SPD líquida no curada que se había extendido como un revestimiento de aproximadamente 0,05 mm de grosor sobre un revestimiento eléctricamente conductor transparente de ITO muy fino unido a y que reviste un primer sustrato de plástico (PET). La exposición a la radiación ultravioleta, preferentemente en una atmósfera inerte, por ejemplo, sin limitación, nitrógeno o argón, curó la emulsión de SPD por reticulación de las cadenas de polímero de la misma. La emulsión de SPD curada comprendía una matriz curada solidificada que constituye la mayoría de la emulsión curada, dentro de la cual se distribuía un gran número de gotitas extremadamente pequeñas (no reticuladas) de suspensión líquida.

(b) Un segundo sustrato de PET revestido con ITO se intercaló a continuación en el primer sustrato de forma que el revestimiento ITO del segundo sustrato estaba en contacto con la emulsión curada del primer sustrato PET revestido con ITO. La emulsión de SPD curada cuando se intercala entre los sustratos PET (o alternativos) comprende lo que se denomina en el presente documento una "película de SPD". Debe entenderse, sin embargo, que otras realizaciones relacionadas de una tal película de SPD están dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, el segundo sustrato PET también puede estar provisto sobre el mismo con otra capa de una emulsión de SPD curada antes de ser intercalada. También los revestimientos ITO pueden tener revestimientos dieléctricos sobre los mismos, tales como, sin limitación, MgF_2 o SiO_2 , para prevenir o minimizar cualquier posible reacción química entre el ITO o su sustrato y la emulsión.

2. La película de SPD intercalada descrita en el apartado 1(b) anterior se combina a continuación con todos los demás componentes del laminado deseado. Por ejemplo, se colocan dos láminas de adhesivo de fusión en caliente (tales como poliuretano o etileno/acetato de vinilo) en lados opuestos de la película de SPD y después se colocan láminas de vidrio en lados opuestos de la pila de componentes, por fuera de las láminas adhesivas de fusión en caliente. En esta realización de la invención, la pila comprende, en secuencia, una primera lámina de vidrio, una primera lámina de adhesivo de fusión en caliente, la película de SPD (que comprende la emulsión SPD curada intercalada entre dos láminas de sustrato PET revestidas con ITO), una segunda lámina de adhesivo de fusión en caliente y una segunda lámina de vidrio, todas "apiladas" sustancialmente congruentes entre sí con cables eléctricamente conductores que sobresalen de la misma, o sobresaliendo ligeramente la película de SPD o al menos uno de los sustratos de PET revestidos con ITO de la película de SPD para permitir que se hagan más fácilmente las conexiones eléctricas con la película de SPD y en la película de SPD laminada. Por simplicidad, a este grupo sin laminar de los componentes se hace referencia a veces en el presente documento como la "pila" o la "pila sin laminar".

Como se discute más adelante con mayor detalle, en ciertas películas de SPD laminadas, es decir, en las que se usa poliuretano (PU) o polivinilo butiral (PVB) como el adhesivo de fusión en caliente, se ha encontrado que es útil para proteger aún más la emulsión curada de (a) cubrir los bordes (pero preferentemente no las áreas de visualización (las situadas más céntricas), es decir, las que se encuentran hacia dentro de los bordes) de la película de SPD situada entre las láminas de adhesivo de fusión en caliente y la lámina de vidrio o plástico subyacente, así como la protección de las protuberancias que se extienden hacia fuera desde dentro de la película (por ejemplo, los cables para proporcionar corriente al sistema) con el mismo material. En otra alternativa, las láminas de plástico inertes pueden colocarse únicamente sobre el borde expuesto de la emulsión curada, que se encuentra entre los dos sustratos de vidrio o de plástico revestido con ITO (por ejemplo, PET), es decir, sin envolver las láminas a lo largo de los bordes exteriores de los sustratos de vidrio o de plástico. Con cualquier disposición, la idea es impedir que los componentes del adhesivo de fusión en caliente, cuando tal adhesivo se calienta, entren en contacto con la emulsión de SPD curada.

3. La pila descrita en el apartado 2 anterior se coloca en una bolsa de vacío dentro de la prensa Carver y se aplica un fuerte vacío (definido como mayor de 736,6 mm Hg. Las platinas de la prensa se disponen a continuación para que toquen las partes exteriores de la pila sin laminar y su temperatura se eleva a 70 grados C. Después de alcanzar esta temperatura se continuó con el vacío durante 30 minutos con el fin de desgasificar con eficacia y precalentar simultáneamente la pila y, en particular, el adhesivo de fusión en caliente. La desgasificación de la pila elimina sustancialmente de la misma los disolventes volátiles, el vapor de agua y las burbujas de aire atrapadas. A partir de este momento el vacío se mantiene sustancialmente durante todo el procedimiento de laminación. La temperatura de 70 grados C no es crítica y también podría ser eficaz una temperatura más baja, por ejemplo, 50 grados C. Sin embargo, la temperatura de precalentamiento debería estar preferentemente por debajo del extremo más bajo del intervalo de temperatura de transición vítrea del adhesivo de fusión en caliente. En un autoclave, que no contiene platinas de prensa, el precalentamiento antes de la

aplicación de una presión mayor que la atmosférica a la pila sin laminar se puede lograr por medios alternativos que son bien conocidos en la técnica, tales como el uso de un gas inerte a alta presión, lo que ofrece una mayor uniformidad de la presión aplicada a la pila.

4. Después de precalentar la pila sin laminar como se describe en el apartado número 3 anterior, se aplica a la pila una presión moderada por encima de la presión atmosférica (la presión atmosférica es igual a 101325 Pa), a la que a veces se hace referencia en lo sucesivo como la presión neta, durante 3-5 horas a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir completamente las láminas de adhesivo de fusión en caliente pero no lo suficientemente alta como para provocar el rebosamiento (difusión) de la película de SPD más allá de los límites de la película curada antes de la laminación o para degradar significativamente el comportamiento de la película.

En los ejemplos de laminación SPD satisfactoria dados en la siguiente Tabla 1, una presión neta que variaba de aproximadamente 19,30 kPa a 179,95 kPa fue eficaz en combinación con temperaturas de laminación en el intervalo de 95 grados C a 98 grados C. La presión neta aplicada durante la laminación es el exceso de presión aplicada por encima de la presión atmosférica estándar 101325 Pa. En general, no se desearía usar un adhesivo de fusión en caliente que comenzase a fundir a una temperatura tan baja que podría ser inferior a la temperatura de operación esperada más alta de la película laminada SPD. Por lo tanto, se recomienda que el extremo inferior del intervalo de fusión del adhesivo de fusión en caliente sea de al menos 75 grados C. En las películas de SPD que tienen una matriz de poliorganosiloxano relativamente blanda, a veces se ha observado un ligero rebosamiento de la película a 105 grados C o más. Por lo tanto, para este tipo de películas, la temperatura de laminación debe ser inferior a 105 grados C. Sin embargo, otras películas de SPD que tienen diferentes matrices desveladas en la técnica anterior que tienen una temperatura de transición vítrea más alta, deben ser capaces de tolerar temperaturas de laminación de 120 grados C o más.

La Tabla 1 siguiente proporciona numerosos ejemplos de películas de SPD que han sido laminadas con éxito utilizando la prensa Carver en las condiciones descritas anteriormente y en la Tabla, sometidas a las calificaciones y a las medidas de protección descritas en el presente documento, en los que los laminados se forman con poliuretano o polivinil butiral como adhesivo de fusión en caliente. De acuerdo con las calificaciones y medidas de protección anteriormente señaladas, cualquier película de SPD laminada que no presente rebosamiento o deslaminación (o no laminación o laminación parcial) y cuyo intervalo de transmisión de la luz (referido como ΔT en la tabla) después de la laminación sea igual o mayor que su intervalo antes de la laminación, o que sea menos de 5 unidades de ΔT menos que su transmisión de la luz antes de la laminación, se considera que ha sido satisfactoriamente laminado éxito en términos de la presente invención. De hecho ΔT mejoró como resultado de la laminación en la mayoría de los ejemplos dados.

En los casos en los que el poliuretano (PU) se incorpora como el adhesivo de fusión en caliente en la pila laminada, se han observado líneas oscuras, que aparecen como un marco oscuro alrededor de la laminación, en los bordes de la capa de emulsión curada de la película de SPD. Este marco aparente tiene un efecto negativo sobre la apariencia del laminado, y puede afectar sustancialmente a las capacidades de transmisión de la luz del laminado, por ejemplo, creando una niebla dentro del laminado y reduciendo, por lo tanto, la cantidad de luz transmitida a su través o reflejada por el mismo. Sin desear quedar ligado a teoría alguna, se cree que los enlaces de uretano en el adhesivo de fusión en caliente de poliuretano degradan algunas de las películas de poliyoduro en la capa de emulsión curada mientras que el poliuretano se funde, cuando el poliuretano fundidos entra en contacto con los bordes exteriores de la emulsión curada. Un medio para evitar la creación de un marco tal es el uso de partículas en la emulsión que no se degraden al entrar en contacto con el poliuretano fundido. Dado que, sin embargo, en la presente invención, a menudo es deseable usar partículas que pueden sufrir dicha degradación, se ha desarrollado un procedimiento alternativo (como se describe más adelante) para presentar la creación de dichas áreas oscuras en la emulsión.

En particular, el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente (en el estado fundido) y la emulsión curada se evita mediante la colocación de piezas (por ejemplo, láminas, tiras, etc.) de plástico sustancialmente químicamente inerte (preferentemente transparente) incluyendo, pero no limitado a, láminas de tereftalato de polietileno vendidas bajo el nombre comercial Mylar®, con o sin un adhesivo sensible a la presión en una o ambas superficies opuestas, a lo largo y cubriendo los bordes exteriores de la película de SPD y también cubriendo cualquier protuberancia de la película de SPD, protuberancias que normalmente comprenden un sustrato PET de dos capas ITO (óxido de indio y estaño). El plástico inerte puede ser, si se desea, pre-formado en un marco de una forma particular (por ejemplo, un cuadrado, oval, círculo, rectángulo, etc.) configurado para cubrir los bordes de la pila laminada y prevenir el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente y la emulsión curada. El marco puede estar formado por una sola lámina de película, o como alternativa, puede estar armado a partir de una pluralidad de piezas, tiras o láminas de dicha película o puede estar formado de una sola lámina de película. Las láminas, tiras de plástico, etc. (por ejemplo, Mylar®) utilizadas para este propósito son, preferentemente, muy delgadas, por lo general de 0,05 mm o menos de grosor, preferentemente 0,02 mm o menos y más preferentemente 0,01 mm de grosor.

Preferentemente, el plástico inerte debe tener un punto de fusión más alto que el punto de fusión del adhesivo en caliente que se utiliza en la formación de la pila. La emulsión curada debe ser protegida en ambos lados de la pila y, por tanto, en una realización, se incluyen dos "marcos" de plástico, uno a cada lado de la película de SPD. En una realización alternativa, la protección contra el contacto con el adhesivo fundido se puede proporcionar mediante varias piezas, por ejemplo, tiras, láminas, etc. colocadas a cada lado de la película de SPD en lugares apropiados para impedir el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente (cuando se funde durante el procedimiento de laminación) y la emulsión. En una realización adicional, el material plástico inerte puede colocarse hacia el interior de

5 los dos sustratos revestidos de ITO usados en la formación de la película de SPD, formando un perímetro de protección alrededor de la emulsión de SPD curada. Aunque se prefieren las tiras de plástico y/o un marco de plástico, ya que estos solo cubren los bordes del laminado, es decir, no cubren el área de visualización, la invención contempla adicionalmente el uso de una lámina o película continua de plástico inerte, que puede o no puede tener un adhesivo sensible a la presión en uno o ambos lados, que se coloca en ambos lados exteriores de la película de SPD y que de este modo cubre toda la superficie del laminado incluyendo el área de visualización.

10 Cuando se utiliza polivinilo butiral (PVB) en la forma de, por ejemplo, láminas o películas, como el adhesivo de fusión en caliente en una pila de laminado (es decir, en lugar de poliuretano) se recomienda de nuevo utilizar un marco, o alternativamente, piezas tales como tiras del plástico sustancialmente químicamente inerte, preferentemente transparente (por ejemplo, Mylar®) de la manera descrita anteriormente para evitar el contacto entre el PVB fundido y la emulsión curada durante la formación del laminado. Esto es porque, cuando se utiliza PVB como el adhesivo de fusión en caliente en la formación de un laminado, se produce una reducción sustancial en el intervalo de transmisión de la luz, aunque no se observa cambio de color de la película. Si bien los inventores no desean estar limitados por su hipótesis, se cree que las láminas o películas de PVB contienen en su interior un plastificante poco conductor de la electricidad que es líquido cuando el PVB se funde. Se cree que el plastificante impregna al menos parcialmente la emulsión curada durante la laminación, sin que se produzca necesariamente la degradación química de la emulsión. Se observa que si las gotitas de suspensión líquida en la emulsión curada se convierten en algo más eléctricamente conductoras debido a que a la misma se añade algo más de plastificante conductor, cuando después de la laminación se aplica una tensión dada a la pila laminada, el intervalo de transmisión de la luz será menor que el intervalo de transmisión de la luz de la película de SPD sola, observado antes de su laminación dentro de la pila, con el mismo voltaje aplicado. Sin embargo, con el uso de tiras de plástico, marcos, etc. la emulsión curada está protegida del PVB fundido durante la laminación y se consigue un apilamiento laminado muy satisfactorio, utilizando PVB como el adhesivo de fusión en caliente, como se detalla en la Tabla 1 a continuación.

15

20

TABLA 1 – DATOS DE LAMINACIÓN

Tipo de adhesivo de fusión en caliente y grosor	Matriz/ suspensión (%)	Temperatura, °C	Ciclo de enfriamiento	Deslaminación	Ganancia o pérdida de ΔT	Rebosamiento	Calidad de la laminación	Presión neta, kPa
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 95C/3 horas; 25C/30 min	3,01 min	No	1,5	No	muy buena	64,81 a 145,47
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 95/3 horas; 25C/30 min	3,16 min	No	1,7	No	muy buena	64,81 a 153,06
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 95C/3 horas; 25C/30 min	3,15 min	No	0,44	No	muy buena	42,5 a 145,47
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 95C/3 horas; 25C/30 min	3,15 min	No	4,2	No	muy buena	42,05 a 133,75
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 98C/3,5 horas; 25C/30 min	3,16 min	No	-0,17	No	muy buena	76,53 a 145,47
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 98C/3,5 horas; 25C/30 min	3,16 min	No	1,75	No	muy buena	75,84 a 153,20
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30 m; 98C/3,5 horas; 25C/30 min	3,2 min	No	-0,7	No	muy buena	88,25 a 137,89
PUJ/0,63 mm	65:35	70C/30m; 98C/4,5 horas; 25C/30 min	3,2 min	No	2,7	No	muy buena	46,19 a 130,31
PUJ/0,63 mm	62,5:37,5	70C/30m; 98C/4,5 horas; 25C/30 min	3,08 min	No	1	No	muy buena	80,66 a 179,95
EVA/0,38 mm	65:35	70C/30m; 87C/2 horas 25C/30 min	3,10 min	No	0,4	No	muy buena	Mantenida en 46,19

(continuación)

Tipo de adhesivo de fusión en caliente y grosor	Matriz/ suspensión (%)	Temperatura, °C	Ciclo de enfriamiento	Deslaminación	Ganancia o pérdida de ΔT	Rebosamiento	Calidad de la laminación	Presión neta, kPa
EVA/0,25 mm	65:35	30C/30m; 90C/2 horas; 25C/15 min	6 min	No	2	No	muy buena	41,36 a 62,05
EVA/0,25 mm	65:35	70C/30m; 90C/2 horas; 25C/30 min	3,10 min	No	-1	No	muy buena	34,47 a 19,30
EVA/0,76 mm	65:35	70C/30m; 85C/2 horas; 25C/30 min	3,10 min	No	1,1	No	muy buena	Mantenida en 46,19
EVA/0,76 mm	60:40	70C/75m; 95C/2 1/2 horas; 25C/30 min	3,30 min	No	2,5	No	muy buena	Mantenida en 46,19
*PU/0,63 mm	62:38	70C/30m; 98C/4 1/2 horas.	4,00 min	No	2,6	No	muy buena	84,11 a 122,72
*PVB/0,76 mm	62:38	70C/30m; 98C/4 3/4 horas;	3,51 min	No	-0,6	No	muy buena	84,11 a 133,75
*PVB/0,76 mm	62:38	70C/30m; 98C/4 3/4 horas;	3,51 min	No	-0,6	No	muy buena	84,11 a 118,58

1) PU es poliuretano

2) EVA es copolímero de etileno-acetato de vinilo

3) PVB es poli(vinil butiral)

4) Cualquier prueba en la que los datos están precedidos de un asterisco ("*") significa que los marcos inertes o piezas de plástico (PET) Mylar® se colocaron sobre todos los bordes de la película de cinco capas de SPD y las protuberancias de la misma, que generalmente tiene solo dos capas, es decir, PET y un revestimiento ITO encima, pero no se colocaron sobre el área de visualización; las láminas o películas de adhesivo de fusión en caliente se colocan en la parte superior de ambos marcos inertes o piezas de Mylar® y sobre el área de visualización en la pila.

5) La expresión "presión neta" es la presión aplicada a la laminación en exceso respecto a la presión atmosférica.

- Con referencia ahora a la Tabla 1, la Columna 1 indica el tipo de láminas adhesivas de fusión en caliente utilizadas en cada prueba de laminación. Las láminas de poliuretano (PU) de 0,6 mm de grosor muestran una excelente adhesión y comportamiento para este propósito y pueden obtenerse de, por ejemplo, Deerfield Urethane, P. O. Box 186, South Deerfield, MA 01373 (teléfono: (413) 665-7016) con el nombre comercial Deerfield Dureflex®
- 5 A4100/A4700 Lámina de poliuretano alifático. Aunque se utilizaron láminas gruesas de 0,6 mm en los ejemplos que se enumeran en la Tabla 1, otros grosores apropiados son también satisfactorios.
- Además de las láminas de poliuretano, también se lograron laminaciones satisfactorias en los ejemplos comparativos usando adhesivos de fusión en caliente de copolímero de etileno/acetato de vinilo (EVA) de 0,25 mm, 0,38 mm y 0,76 mm de grosor. Las láminas adhesivas de fusión en caliente EVA se pueden adquirir, entre otros, de
- 10 TOSOH Corporation, 3-8-2, Shiba, Minato-ku, Tokio 105-8623, Japón.
- Las láminas de PVB se pueden obtener de Solutia, Inc., 575 Maryville Center Drive, apartado de correos 66760, St. Louis, MO (teléfono: 1-314-674-6661).
- La proporción entre matriz y suspensión líquida en la emulsión se muestra en la Columna 2 de la Tabla 1. Con el fin de prevenir el rebosamiento, que es más probable a temperaturas relativamente altas, se ha determinado que la
- 15 matriz debe comprender no menos de aproximadamente 60 % de la emulsión total. Un porcentaje relativamente alto de la suspensión es ventajoso en el sentido de que una emulsión que tiene un porcentaje relativamente alto de suspensión líquida puede incorporarse en una película con un estado oscuro más oscuro que una película del mismo grosor que comprende un porcentaje relativamente más bajo de la suspensión.
- La porción de matriz de cada una de las emulsiones utilizadas en los ejemplos expuestos en la Tabla 1 comprende
- 20 un copolímero de 90 % en peso de (a) poli(dimetil difenil siloxano, terminado con disilanol) y 10 % en peso de (b) acriloxi metil propil dimetoxi silano, un monómero reticulable. Se ha encontrado que si la cantidad de monómero reticulable en el copolímero de la matriz es menos de 8 % en peso, la película de SPD se ablanda más de lo deseable. Esto puede causar el rebosamiento a temperatura elevada, lo que puede ser problemático. Por el contrario, aumentar el porcentaje de monómero reticulable fortalece la película. El porcentaje del monómero
- 25 reticulable se puede aumentar hasta el 15 % o más en peso.
- Los datos de la columna 3 de la Tabla 1 indican que en cada ejemplo la pila sin laminar se precalentó antes de la laminación a 70 grados C durante 30 minutos, excepto para el cuarto de último ejemplo donde se precalentó a 70 °C durante 75 minutos. El segundo elemento de los datos en la columna 3 muestra, para cada ejemplo, el tiempo durante el que la pila se mantuvo a la temperatura especificada durante la parte principal de la laminación. La
- 30 presión neta aplicada a la pila se muestra en la columna 9, es decir, la última columna a la derecha de la tabla. En muchos casos, la presión sobre las platinas aumentó cuando se elevó la temperatura de 70 grados C a una temperatura más alta durante la parte principal de la laminación debido a la expansión del adhesivo de fusión en caliente.
- Los datos de la columna 3 demuestran que, aunque manteniendo la presión por encima de la presión atmosférica,
- 35 después del breve período de enfriamiento mencionado en la columna 4, la pila se mantuvo posteriormente por debajo de la presión indicada durante otros 30 minutos a temperatura ambiente (25 grados C) antes de reducir la presión a la presión atmosférica y de retirar la muestra de la prensa Carver.
- Con el fin de evitar el uso de láminas de adhesivo de fusión en caliente que se funden a una temperatura demasiado
- 40 baja, por ejemplo, una temperatura que podría estar dentro del intervalo de operación probable de un dispositivo de SPD, se recomienda que el extremo inferior del intervalo de fusión del adhesivo de fusión en caliente sea al menos 75 grados C y preferentemente al menos 85 grados C. También es preferible que sea posible en 5 horas fundir completamente una película o lámina de adhesivo de fusión en caliente que tiene un grosor en el intervalo de 0,12 a 1,27 mm, a una temperatura de 105 grados C o menos con el fin de prevenir o reducir el riesgo de rebosamiento de la película durante la laminación y para evitar que se necesite un tiempo excesivamente largo para efectuar la
- 45 laminación.
- Sin embargo, si la emulsión incorpora una matriz que no es un poliorganosiloxano y que tiene un punto de transición vítrea suficientemente alto y si las partículas en la suspensión líquida de la emulsión toleraran la temperatura, se puede emplear un adhesivo de fusión en caliente con un punto de fusión superior a 105 grados C.
- También está dentro del alcance de la presente invención producir realizaciones más complejas que las descritas
- 50 anteriormente. Por ejemplo, una capa de PVB puede laminarse entre dos láminas de vidrio, mientras que una película de SPD se lamina por separado como se describe anteriormente. A continuación, los dos laminados se pueden laminar juntos usando PU o EVA en entre una lámina de vidrio o de plástico en el exterior de la película y una de las láminas de vidrio del laminado de vidrio/PVB/ vidrio.
- Además, en lugar de usar vidrio como los componentes exteriores de un apilamiento laminado, se puede utilizar
- 55 plástico policarbonato (PCA) de cualquier grosor deseado. En este caso se recomienda PU para su uso como adhesivo de fusión en caliente. Un laminado totalmente de plástico puede ahorrar peso y prevenir o reducir la posibilidad de rotura evitando el uso de vidrio.

5 Las válvulas de luz de SPD que comprenden películas de SPD laminadas que han sido laminadas mediante el uso de los procedimientos desvelados en el presente documento son superiores a las válvulas de luz de SPD de la técnica anterior, incluyendo incluso las que comprenden las películas de SPD laminadas de la técnica anterior. Esto se debe a que las películas de SPD de la técnica anterior se fabricaban sustancialmente de la manera descrita en la patente US-5.409.734 anteriormente mencionada que desvela un tipo de película de válvula de luz no reticulada que se forma por separación de fases a partir de una solución homogénea. Se ha encontrado que las válvulas de luz de SPD que comprenden tales películas de válvula de luz no reticuladas tienen unas características de rendimiento óptico mucho peores que las válvulas de luz de SPD que comprenden películas de SPD reticuladas, que son a las que se refiere la presente invención. Específicamente, las válvulas de luz de SPD que comprenden películas de válvula de luz no reticuladas tienen un intervalo mucho más pequeño de transmisión de la luz y mucha más neblina que las válvulas de luz de SPD comparables que comprenden películas de válvula de luz reticuladas activados al mismo voltaje y frecuencia y que tienen aproximadamente el mismo estado de transmisión de la luz en el estado apagado.

15 Por ejemplo, una válvula de luz de SPD que comprende una película de válvula de luz laminada no reticulada y que tiene una transmisión de la luz en el estado apagado del 9 %, cuando se activa con una tensión de 50 voltios RMS a una frecuencia de 400 Hz, alcanzaría normalmente una transmisión de la luz en el estado encendido del 44 %, o un intervalo de transmisión de la luz del 35 %. En estado de neblina sería típicamente alrededor del 18 %, que es bastante desagradable.

20 Por otro lado, una válvula de luz de SPD que comprende una película de válvula de luz laminada reticulada y que tiene una transmisión de la luz en el estado apagado del 8 %, cuando se activa con una tensión de 50 voltios RMS a una frecuencia de 400 Hz, alcanzaría normalmente una transmisión de la luz en el estado encendido del 67 %, o un intervalo de transmisión de la luz del 59 %. Su neblina en estado encendido estaría normalmente en el intervalo de 2 % a 5 %, lo que es bastante moderado.

25 En general, para la mayoría de las aplicaciones, las películas de SPD deben ser laminadas con el fin de ser útiles en dispositivos de SPD protegiendo las películas del ambiente y proporcionando otros beneficios de comportamiento. Debido a que las matrices y suspensiones líquidas utilizadas con las emulsiones reticuladas de la presente invención son bastante diferentes de los materiales utilizados para fabricar películas no reticuladas, como se ha descrito anteriormente, los procedimientos de laminación de la técnica anterior no son aplicables. Por lo tanto, es esencial encontrar procedimientos de laminación para las películas de SPD reticuladas que eviten los problemas enumerados anteriormente en el presente documento. Los procedimientos desvelados en el presente documento son eficaces para evitar esos problemas y proporcionan no solo excelentes laminados, sino también excelentes dispositivos de SPD que comprenden dichos laminados.

35 Aunque la presente invención se ha descrito en relación con realizaciones particulares de la misma, para los expertos en la técnica serán evidentes muchas otras variaciones y modificaciones y otros usos. Se prefiere, por lo tanto, que la presente invención no esté limitada por la divulgación específica en el presente documento, sino solo por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de laminación de una película de dispositivo de partículas suspendidas (SPD) que comprende:

(a) formar una película de dispositivo de partículas suspendidas; en el que dicha película comprende un primer y segundo sustratos, cada uno formado a partir de una lámina de vidrio o de plástico, teniendo cada una de dichas láminas en una superficie interior de la misma orientada a dicha otra lámina un revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente e intercalado entre los dos revestimientos, una capa de emulsión de SPD reticulada curada;

(b) colocar dicha película de dispositivo de partículas suspendidas dentro de una pila sin laminar de componentes para formar una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada, comprendiendo dicha pila al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente que entra en contacto con una superficie exterior de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas;

(c) someter dicha pila sin laminar a al menos un vacío parcial;

(d) precalentar dicha pila sin laminar de componentes a dicho vacío durante un tiempo y a una temperatura seleccionada para permitir al menos la desgasificación parcial de dicha pila; y

(e) aplicar una presión neta suficiente a dicha pila a una temperatura suficiente y durante un tiempo suficiente para producir una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada a partir de la pila sin laminar,

y en el que dicho adhesivo de fusión en caliente está comprendido por un polímero de poliuretano o polivinil butiral y en el que dicho procedimiento comprende además evitar sustancialmente el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente, cuando el adhesivo se calienta, y dicha película de dispositivo de partículas suspendidas y cualquier protuberancia que se extienda hacia fuera desde dicha película.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha película de dispositivo de partículas suspendidas se prepara mediante un procedimiento que comprende:

(a) proporcionar un primer sustrato comprendido por plástico o vidrio que tiene una primera y una segunda superficies opuestas;

(b) unir una primera capa de un revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente con al menos una parte de una de dichas superficies opuestas;

(c) aplicar una capa de una emulsión de SPD líquida no curada sobre dicho revestimiento, comprendiendo dicha emulsión una pluralidad de cadenas de polímero no reticuladas para formar una matriz de polímero y al menos una suspensión de válvula de luz líquida;

(d) curar la emulsión de SPD por reticulación de dichas cadenas de polímero para formar una emulsión de SPD curada que tiene una pluralidad de gotitas no reticuladas de una suspensión de válvula de luz líquida distribuidas en la misma; y

(e) intercalar con dicho primer sustrato revestido un segundo sustrato revestido con una segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente, en el que la segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está en contacto con la emulsión de SPD curada de dicho primer sustrato, para formar dicha película de dispositivo de partículas suspendidas.

3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que dicha emulsión de SPD líquida se cura mediante la exposición de la película sin curar a al menos una de radiación ultravioleta, un haz de electrones y calor.

4. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además proporcionar dicho segundo sustrato con una emulsión de SPD curada sobre la segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente antes de la intercalación de dicho segundo sustrato con dicho primer sustrato.

5. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que al menos uno de dichos revestimientos eléctricamente conductores sustancialmente transparentes está provisto además con una capa de revestimiento dieléctrico situada sobre el mismo.

6. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está comprendido por óxido de indio y estaño (ITO).

7. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que el revestimiento dieléctrico comprende MgF_2 o SiO_2 .

8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicho contacto se impide mediante la interposición de un material plástico sustancialmente químicamente inerte adyacente a una parte del borde exterior de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas, incluyendo cualquier protuberancia, en un lugar elegido para evitar sustancialmente el contacto de dicho adhesivo de fusión en caliente, cuando se calienta el adhesivo, con dicha película y cualquiera de dichas protuberancias.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que dicho material plástico sustancialmente químicamente inerte está provisto de un adhesivo sensible a la presión sobre al menos una superficie del mismo.

10. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que dicho material plástico tiene un punto de fusión mayor que el

punto de fusión del adhesivo de fusión en caliente.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que dicho material plástico está comprendido por tereftalato de polietileno.
12. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que dicho material plástico tiene un grosor de menos de 50,8 μm .
- 5 13. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que dicho material plástico se interpone como una pluralidad de láminas o tiras.
14. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que el material plástico se conforma, antes de la interposición sobre dicha pila sin laminar, en una forma de al menos un marco, estando configurado dicho marco para proteger al menos dicha parte del borde exterior de la película de dispositivo de partículas suspendidas, dejando una parte de
10 visualización central de dicha película sustancialmente no cubierta por dicho material plástico.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además aplicar dos de dichos marcos, uno sobre cada superficie opuesta de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas.
16. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que dicha parte de visualización central de la película de dispositivo de partículas suspendidas definida por al menos un marco se configura en la forma de un polígono, un
15 óvalo o un círculo.
17. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que al menos un dicho sustrato está formado de plástico y en el que dicho plástico es tereftalato de polietileno (PET) o un plástico de policarbonato (PCA).
18. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el vacío aplicado a la pila sin laminar de los componentes es de al menos 736,6 mm Hg.
- 20 19. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la temperatura de precalentamiento es de entre aproximadamente la temperatura ambiente y una temperatura que está en el extremo más bajo del intervalo de temperatura de transición vítrea de cualquier adhesivo de fusión en caliente en el laminado.
20. El procedimiento de la reivindicación 19, en el que al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente tiene un intervalo de fusión con un extremo inferior de al menos 75 $^{\circ}\text{C}$.
- 25 21. El procedimiento de la reivindicación 19, en el que al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente tiene un intervalo de fusión con un extremo inferior de al menos 85 $^{\circ}\text{C}$.
22. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la presión neta oscila entre 19,3 kPa y 186,2 kPa.
23. El procedimiento de la reivindicación 22, en el que la presión neta se aplica a dicha pila durante 3-5 horas a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir sustancialmente la al menos una lámina o película de adhesivo
30 de fusión en caliente, pero por debajo de una temperatura que haría que la película de SPD se difundiese durante la laminación más allá de un límite que tendría la película antes de la laminación.
24. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la suspensión de válvula de luz líquida comprende una pluralidad de partículas coloidales que tienen una dimensión más grande con un promedio de 1 μm o menos.
25. El procedimiento de la reivindicación 24, en el que dichas partículas tienen una dimensión más grande que tiene
35 un promedio de 0,3 μm o menos.
26. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que dichas cadenas de polímero comprenden un polímero de poliorganosiloxano.
27. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además laminar la película de dispositivo de partículas suspendidas en un autoclave adaptado para proporcionar suficiente presión neta, temperatura y vacío para laminar
40 dicha película.
28. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la matriz de polímero comprende no menos del 60 % de la emulsión total.
29. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la matriz de la emulsión comprende un copolímero de aproximadamente 90 % en peso de (a) poli(dimetil difenil siloxano, terminado con disilanol) y aproximadamente 10 %
45 en peso de (b) acriloxi propil metil dimetoxi silano.
30. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además laminar al menos una capa de polivinil butiral entre dos láminas de vidrio para formar un segundo laminado y a continuación laminar dicho segundo laminado con una cara de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas laminada.
31. El procedimiento de la reivindicación 30, en el que el segundo laminado se lamina con una película de dispositivo

de partículas suspendidas laminada que tiene una lámina de vidrio sobre al menos una cara de la misma, utilizando un polímero de poliuretano o una lámina o película de copolímero de etileno/acetato de vinilo entre láminas de vidrio situadas en el exterior de ambos dichos laminados.

32. Un procedimiento de laminación de una película de dispositivo de partículas suspendidas (SPD) que comprende:

- 5 (a) formar una película de dispositivo de partículas suspendidas;
- (b) colocar dicha película de dispositivo de partículas suspendidas dentro de una pila sin laminar de componentes para formar una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada, comprendiendo dicha pila al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente que entra en contacto con una superficie exterior de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas;
- 10 (c) someter dicha pila sin laminar a al menos un vacío parcial;
- (d) precalentar dicha pila sin laminar de componentes a dicho vacío durante un tiempo y a una temperatura seleccionada para permitir al menos la desgasificación parcial de dicha pila; y
- (e) aplicar una presión neta suficiente a dicha pila a una temperatura suficiente y durante un tiempo suficiente para producir una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada a partir de la pila sin laminar,
- 15 en el que dicha película de dispositivo de partículas suspendidas se prepara mediante un procedimiento que comprende
 - (f) proporcionar un primer sustrato comprendido por plástico o vidrio que tiene una primera y segunda superficies opuestas;
 - (g) unir una primera capa de un revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente con al menos una parte de una de dichas superficies opuestas;
 - 20 (h) aplicar una capa de una emulsión de SPD líquida no curada sobre dicho revestimiento, comprendiendo dicha emulsión una pluralidad de cadenas de polímero no reticuladas para formar una matriz de polímero y al menos una suspensión de válvula de luz líquida;
 - (i) curar la emulsión de SPD por reticulación de dichas cadenas de polímero para formar una emulsión de SPD curada que tiene una pluralidad de gotitas no reticuladas de una suspensión de válvula de luz líquida distribuidas en la misma; y
 - 25 (j) intercalar con dicho primer sustrato revestido un segundo sustrato revestido con una segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente, en el que la segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente está en contacto con la emulsión de SPD curada de dicho primer sustrato, para formar dicha película de dispositivo de partículas suspendidas y en el que dicho adhesivo de fusión en caliente está comprendido por un polímero de poliuretano o polivinil butiral y en el que el procedimiento comprende además evitar sustancialmente el contacto entre el adhesivo de fusión en caliente, cuando el adhesivo se calienta y dicha película de dispositivo de partículas suspendidas y cualquier protuberancia que se extienda hacia fuera desde dicha película.
- 35 33. El procedimiento de la reivindicación 32, en el que dicho contacto se impide mediante la interposición de un material plástico sustancialmente químicamente inerte adyacente a una parte del borde exterior de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas, incluyendo cualquiera de dichas protuberancias, en un lugar elegido para evitar sustancialmente el contacto del adhesivo de fusión en caliente, cuando se calienta dicho adhesivo, con dicha película y cualquiera de dichas protuberancias.
- 40 34. El procedimiento de la reivindicación 32, que comprende además laminar al menos una capa de polivinil butiral entre dos láminas de vidrio para formar un segundo laminado y después laminar dicho segundo laminado con un lado de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas laminada.
- 45 35. El procedimiento de la reivindicación 34, en el que dicho segundo laminado se lamina con una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada que tiene una lámina de vidrio en al menos una de sus caras utilizando un polímero de poliuretano o una lámina o película de copolímero de etileno/acetato de vinilo entre las láminas de vidrio situadas en el exterior de ambos dichos laminados.
- 50 36. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, que comprende además proporcionar dicho segundo sustrato con una emulsión de SPD curada sobre la segunda capa de dicho revestimiento eléctricamente conductor sustancialmente transparente antes de la intercalación de dicho segundo sustrato con dicho primer sustrato.
37. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que al menos uno de dichos revestimientos eléctricamente conductores transparentes está provisto además de una capa de revestimiento dieléctrico situada sobre el mismo.
38. El procedimiento de la reivindicación 37, en el que dicho revestimiento dieléctrico comprende MgF_2 o SiO_2 .
- 55 39. El procedimiento de la reivindicación 33, en el que dicho material plástico sustancialmente químicamente inerte tiene un punto de fusión más alto que el punto de fusión del adhesivo de fusión en caliente y un grosor de menos de 50,8 micrómetros.

40. El procedimiento de la reivindicación 33, en el que dicho material plástico se interpone como una pluralidad de láminas o tiras.
- 5 41. El procedimiento de la reivindicación 33, en el que dicho material plástico se conforma en una forma de al menos un marco, configurado para proteger dicha parte de borde exterior, dejando una parte de visualización central de dicha película de dispositivo de partículas suspendidas no cubierta sustancialmente por dicho material plástico.
42. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que el vacío aplicado a la pila sin laminar de los componentes es de al menos 736,6 mm Hg.
- 10 43. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que la temperatura de precalentamiento es de entre aproximadamente la temperatura ambiente y una temperatura que está en el extremo más bajo del intervalo de temperatura de transición vítrea de cualquier adhesivo de fusión en caliente en el laminado.
44. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que la presión neta oscila entre 19,3 kPa y 186,2 kPa.
- 15 45. El procedimiento de la reivindicación 44, en el que la presión neta se aplica a dicha pila durante aproximadamente 3-5 horas a una temperatura lo suficientemente alta como para fundir sustancialmente la al menos una lámina o película de adhesivo de fusión en caliente, pero por debajo de una temperatura que haría que la película de SPD se difundiese durante la laminación más allá de un límite que tenía la película curada antes de la laminación.
- 20 46. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que la suspensión de válvula de luz líquida comprende una pluralidad de partículas coloidales que tienen un diámetro más grande con un promedio de 1 μm o menos.
47. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que dichas cadenas de polímero comprenden un polímero de poliorganosiloxano.
- 25 48. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que la matriz de polímero comprende no menos del 60 % de la emulsión total.
49. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, en el que la matriz de la emulsión comprende un copolímero de aproximadamente 90 % en peso de (a) poli(dimetil difenil siloxano, terminado con disilanol) y aproximadamente 10 % en peso de (b) acriloxi propil metil dimetoxi silano.
- 30 50. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 32 y 34, que comprende además laminar la película de dispositivo de partículas suspendidas en un autoclave adaptado para proporcionar suficiente presión neta, temperatura y vacío para laminar dicha película.
51. Una película de dispositivo de partículas suspendidas laminada producida de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1 o 32.