

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 237**

51 Int. Cl.:

H01G 9/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2020** **E 20170140 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023** **EP 3896709**

54 Título: **Dispositivo fotovoltaico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
15.12.2023

73 Titular/es:

EXEGER OPERATIONS AB (100.0%)
P.O. Box 55597
102 04 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

LINDSTRÖM, HENRIK y
FILI, GIOVANNI

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 956 237 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo fotovoltaico

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a dispositivos fotovoltaicos. Más particularmente, la invención se refiere a dispositivos fotovoltaicos que comprenden capas conductoras y conductores acoplados a las capas conductoras.

10 **Antecedentes**

Los dispositivos fotovoltaicos permiten convertir la luz en electricidad. Un dispositivo fotovoltaico típico comprende una o más células solares. Las células solares son dispositivos bien conocidos para convertir la radiación solar en energía eléctrica. Una célula solar tiene una cara anterior que está orientada hacia el sol durante el funcionamiento normal, para recolectar radiación solar, y una cara posterior opuesta a la cara anterior.

EP2625703B1 describe una célula solar sensibilizada por colorante que comprende un contraelectrodo que incluye una capa conductora porosa. La capa conductora porosa está en contacto con un electrolito que incluye iones para transferir electrones de un contraelectrodo a un electrodo de trabajo. El electrolito penetra a través de la capa conductora porosa. El electrolito es muy corrosivo. Por lo tanto, el material de la capa conductora porosa debe ser resistente a la corrosión. La capa conductora porosa puede consistir en titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos.

WO2019/219538 describe un dispositivo fotovoltaico que comprende una unidad de célula solar que incluye un electrodo de trabajo que comprende una capa fotoabsorbente porosa dispuesta en una cara superior de la unidad de célula solar, una capa conductora superior porosa para extraer electrones fotogenerados de la capa fotoabsorbente, en donde la capa fotoabsorbente se dispone en la parte superior de la capa conductora superior, un sustrato poroso fabricado de un material aislante, en donde la capa conductora superior porosa se forma en una cara del sustrato poroso, y un contraelectrodo que incluye una capa conductora inferior porosa dispuesta en una cara inferior de la unidad de célula solar, en donde la capa conductora inferior porosa se forma en una cara opuesta al sustrato poroso. El dispositivo fotovoltaico comprende un medio conductor para transferir cargas entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo, tal como un electrolito líquido. La capa conductora porosa puede consistir en titanio o una aleación del mismo.

US2010/078060A1, US2019/244766A1, JP2015020851A, JP2020043199A, WO 2015/122532 A1 y EP3627527A1 también se refieren a dispositivos fotovoltaicos que comprenden unidades de células solares.

El dispositivo fotovoltaico comprende una encapsulación que encapsula la unidad de célula solar para impedir que el electrolito se filtre de la célula solar. Un problema con este dispositivo fotovoltaico es cómo conducir la electricidad generada del dispositivo fotovoltaico, que se encapsula junto con un electrolito corrosivo, al exterior del dispositivo fotovoltaico. Este problema se resuelve aplicando conductores fabricados de material resistente a la corrosión, tal como titanio o una aleación del mismo, a las capas conductoras porosas. Los conductores se disponen entre la unidad de célula solar y la encapsulación. La encapsulación se proporciona con penetraciones para acceder a la energía producida por el dispositivo fotovoltaico. Por ejemplo, unos alambres procedentes del exterior de la encapsulación pueden pasar a través de las penetraciones y conectarse eléctricamente con los conductores. Las penetraciones quedan firmemente ajustadas alrededor del alambreado que pasa a través de la encapsulación, de tal manera que no pueda pasar líquido a través de estas.

Sin embargo, cómo acoplar el conductor a la capa conductora porosa de manera que se logra un buen contacto eléctrico entre el conductor y la capa conductora porosa es un problema. La eficiencia de la unidad de célula solar disminuye con un mal contacto entre la capa conductora porosa y el conductor. Es importante que la resistencia eléctrica entre el conductor y la capa conductora porosa sea baja para lograr una alta eficiencia de la célula solar. Debido a la alta temperatura de fusión de los materiales resistentes a la corrosión, tales como titanio, no es posible soldar o estañar para unir el conductor y la capa conductora. Otra dificultad es el hecho de que la capa conductora es porosa y tiene una superficie rugosa con cavidades, lo que lo hace más complicado lograr un buen contacto eléctrico y mecánico entre el conductor y la capa conductora porosa. Además, la porosidad de la capa conductora la hace frágil y sensible a las fuerzas mecánicas. Otra dificultad es la alta corrosividad y reactividad química del electrolito encapsulado en la unidad de célula solar. Es importante que la unidad de célula solar se selle correctamente para evitar que el electrolito se filtre al entorno.

Resumen

Es un objetivo de la presente invención superar, al menos de manera parcial, el problema anterior.

Este objeto se consigue mediante un dispositivo fotovoltaico como se define en la reivindicación 1.

El dispositivo fotovoltaico comprende una unidad de célula solar que incluye un electrodo de trabajo que comprende una capa fotoabsorbente, un contraelectrodo que incluye una capa conductora porosa, un medio conductor para transferir cargas entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo, y un conductor conectado eléctricamente a la capa conductora

porosa. La unidad de célula solar comprende al menos una capa adherente dispuesta entre el conductor y la capa conductora porosa para acoplar el conductor a la capa conductora porosa, y la capa adherente comprende un adhesivo y partículas conductoras distribuidas en el adhesivo de manera que se forme una red conductora en el adhesivo.

5 El conductor está en contacto eléctrico con la capa conductora a través de la red de partículas conductoras en la al menos una capa adherente. El adhesivo hace posible la adhesión a la superficie de la capa conductora porosa. Además, aplicar el adhesivo no implicará ninguna fuerza mecánica sobre la capa conductora porosa, y en consecuencia, no provocará ningún daño en la superficie de la capa conductora porosa.

10 La temperatura necesaria para fundir el adhesivo es baja en comparación con la temperatura necesaria para soldar o estañar. Se facilita la fabricación de la unidad de célula solar.

Preferiblemente, la capa conductora porosa se fabrica de un material resistente a la corrosión, tal como cualquiera de titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos. Por lo tanto, la capa conductora porosa puede soportar el contacto con un electrolito como medio para transferir cargas.

15 Según una realización, el dispositivo fotovoltaico comprende una encapsulación que encierra la unidad de célula solar, la encapsulación está provista de un orificio de penetración que comprende al menos una parte de dicha capa adherente y el conductor se acopla a la capa adherente y se extiende en el exterior de la encapsulación. La capa adherente sella el orificio de penetración e impide que el medio conductor se filtre de la célula solar a través del orificio de penetración. Debido a la red de partículas conductoras en la capa adherente, el conductor no necesita introducirse a través del orificio de penetración para proporcionar contacto eléctrico con la capa conductora porosa. Por lo tanto, el riesgo de fuga del medio conductor se reduce aún más. El conductor se dispone en el exterior de la encapsulación y tiene contacto eléctrico con la capa conductora porosa a través de la capa adherente. Por consiguiente, el conductor no está en contacto con el medio conductor y no necesita fabricarse de un material resistente a la corrosión. Por lo tanto, el conductor puede fabricarse de cualquier material conductor de uso común, tal como cobre o plata.

20 La capa adherente tiene tres funciones: proporcionar una conexión eléctrica entre el conductor y la capa conductora porosa, acoplar el conductor a la capa conductora porosa, sellar el orificio de penetración e impedir fugas del medio conductor al exterior de la célula solar, e impedir el contacto entre el conductor y el medio conductor dentro de la unidad de célula solar.

25 Según una realización, la encapsulación comprende una capa de encolado para acoplar la encapsulación a la unidad de célula solar, y la capa de encolado se fabrica del mismo material que el adhesivo en la capa adherente. Esto es ventajoso ya que la capa de encolado de la encapsulación y el adhesivo tienen la misma demanda en la capacidad de soportar el electrolito. Esto facilitará también la fabricación del dispositivo fotovoltaico ya que el adhesivo y la capa de encolado de encapsulación tienen la misma temperatura de fusión.

30 La unidad de célula solar comprende una barrera conductora no porosa dispuesta entre el conductor y la capa conductora porosa, y la al menos una capa adherente comprende una primera capa adherente dispuesta entre la capa conductora porosa y la barrera conductora para acoplar la barrera conductora a la capa conductora porosa, y una segunda capa adherente dispuesta entre la barrera conductora y el conductor para acoplar el conductor a la barrera conductora. Si el medio conductor es un electrolito que incluye iones, los iones pueden desplazarse a través de la capa adherente. Para impedir esto, una barrera conductora se dispone entre las primera y la segunda capas adherentes.

35 La encapsulación rodea las primera y segunda capas adherentes y la barrera conductora. La encapsulación impide que los iones en el electrolito ingresen en la segunda capa adherente y se filtren al exterior de la unidad de célula solar.

Preferiblemente, la barrera conductora es una pieza plana sólida fabricada de un material conductor que puede soportar el medio conductor de la célula solar.

40 Según una realización, el espesor de la barrera conductora es al menos 10 nm.

Según una realización, la barrera conductora comprende cualquiera de titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos.

45 Según una realización, la barrera conductora se fabrica de titanio o una aleación del mismo. Esto impedirá la corrosión de la barrera conductora ya que el titanio puede soportar el electrolito.

50 Según una realización, el espesor de la capa adherente es al menos 3 μm , preferiblemente al menos 5 μm , y con la máxima preferencia al menos 10 μm . Esto garantizará un buen contacto mecánico entre la capa adherente y la capa conductora porosa.

55 Según una realización, la capa adherente comprende como máximo 40 % en volumen de las partículas conductoras, en donde el % en volumen es porcentaje de un volumen total de la capa adherente. Esto significa que la capa adherente comprende al menos 60 % en volumen del adhesivo. Por lo tanto, se logra una capacidad de adherencia suficiente de la capa adherente.

Según una realización, la capa adherente comprende al menos 20 % en volumen de las partículas conductoras. Esto garantizará una buena conductividad eléctrica de la capa adherente.

5 Preferiblemente, la capa adherente comprende entre 20 y 40 % en volumen de las partículas conductoras.

Según una realización, al menos 80 % en peso de las partículas conductoras tienen un tamaño de 5 μm o menor, en donde el % en peso son porcentajes de un peso total de las partículas conductoras. Preferiblemente, al menos 80 % en peso de las partículas conductoras tienen un tamaño de 3 μm o menor. Esto proporcionará un buen contacto eléctrico con la capa conductora porosa. Debido al hecho de que las partículas conductoras son pequeñas, pueden encajar en irregularidades y cavidades sobre la superficie de la capa conductora porosa, de manera que se logra un buen contacto eléctrico entre las partículas conductoras y la capa conductora porosa.

10 Según una realización, la capa adherente comprende una mezcla de partículas conductoras que tienen un tamaño menor que 200 nm y partículas conductoras que tienen un tamaño mayor que 1 μm . Una mezcla de partículas más grandes y más pequeñas mejorará la red conductora formada en el adhesivo ya que las partículas pequeñas llenarán el espacio entre las partículas más grandes y conectarán eléctricamente las partículas más grandes.

15 Según una realización, la relación de masa de las partículas conductoras mayor que 1 μm y las partículas conductoras menor que 200 nm está entre 1,5 y 3. Con la relación de masa se entiende la masa de las partículas grandes en la capa adhesiva dividida con la masa de las partículas pequeñas en la capa adhesiva. Esto mejorará además la red conductora formada en el adhesivo.

20 Preferiblemente, el adhesivo se fabrica de un material plástico químicamente resistente. Si el medio conductor es un electrolito, el adhesivo debe fabricarse de un material capaz de soportar el electrolito, y que no reaccione con los iones del electrolito. El material plástico más conocido no resistirá el contacto con el electrolito. El material plástico adhesivo conocido, tal como epoxi, reaccionará inmediatamente con el electrolito y no se puede usar.

25 Según una realización, el adhesivo es polietileno, o polipropileno, o ionómero o mezclas de los mismos. Esos materiales pueden soportar electrolitos usados en células solares.

30 Según una realización, el adhesivo comprende polietileno. Las pruebas han demostrado que el polietileno tiene una buena capacidad para adherirse al material no corrosivo tal como titanio y puede soportar electrolitos usados en células solares, tales como electrolitos que contienen pares de iones I^+ , I_3^- . Además, el polietileno es un material barato.

35 Según una realización, la capa de encolado comprende polietileno, o polipropileno, o ionómero o mezclas de los mismos.

Según una realización, la temperatura de fusión del adhesivo y la capa de encolado son sustancialmente iguales, o la temperatura de fusión del adhesivo es inferior que la temperatura de fusión de la encapsulación. Esto facilita la fabricación del dispositivo fotovoltaico ya que el adhesivo se funde durante la laminación de la encapsulación. Por lo tanto, no se necesita ninguna etapa de calentamiento extra durante la fabricación del dispositivo fotovoltaico.

40 Según una realización, el adhesivo comprende polietileno y la capa de encolado de la encapsulación comprende polietileno. Las pruebas han demostrado que el polietileno es un material adecuado ya que puede soportar el electrolito.

45 En un aspecto, el medio conductor es un electrolito. En un aspecto, el medio conductor es un electrolito con base de iones. El electrolito puede ser un electrolito líquido, un gel o incluso un sólido.

50 En un aspecto, el electrolito es cualquiera de un electrolito de yoduro/triyoduro, un electrolito con base de complejos de cobre o un electrolito con base de complejos de cobalto, o una combinación de los mismos.

Según una realización, las partículas conductoras comprenden carbono. Es ventajoso usar carbono en las partículas conductoras si la capa conductora porosa se fabrica de titanio ya que el carbono hace un buen contacto eléctrico con el titanio. Además, el carbono es un material barato.

55 En un aspecto, las partículas conductoras se fabrican de carbono de calidad de batería. El carbono ordinario contiene impurezas, por ejemplo, hierro, que pueden ser perjudiciales para el rendimiento de la célula solar. El carbono de calidad de batería se desarrolla para carbono en baterías y células de combustible y tiene una mayor calidad de pureza que el carbono ordinario y, por lo tanto, es adecuado para usar en células solares.

60 Según una realización, las partículas conductoras se fabrican de grafito de calidad de batería y negro de carbón de calidad de batería. El grafito de calidad de batería es una partícula de carbono más grande y el negro de carbón de calidad de batería es una partícula de carbono más pequeña. El uso de una mezcla de grafito de calidad de batería y negro de carbón de calidad de batería logrará una buena red conductora en el adhesivo ya que las partículas pequeñas llenarán el espacio entre las partículas más grandes y conectarán eléctricamente las partículas más grandes.

65

Según una realización, la capa conductora porosa consiste en cualquiera de titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos.

5 Según una realización, la capa conductora porosa comprende titanio o una aleación del mismo. En un aspecto, la capa conductora porosa consiste en titanio o una aleación del mismo.

10 Según una realización, la unidad de célula solar comprende un sustrato poroso fabricado de un material aislante, una capa conductora superior formada en una cara del sustrato poroso para extraer electrones fotogenerados de la capa fotoabsorbente, y un segundo conductor en contacto eléctrico con la segunda capa conductora, una parte del sustrato poroso comprende material conductor dispuesto entre el segundo conductor y la capa conductora superior, y el dispositivo fotovoltaico comprende al menos una capa adherente que comprende dicho adhesivo que incluye dichas partículas conductoras y se dispone entre el segundo conductor y dicha parte del sustrato poroso para acoplar el segundo conductor al sustrato poroso.

15 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se explicará más detalladamente la invención mediante la descripción de diferentes realizaciones de la misma haciendo referencia a las figuras adjuntas.

20 La Figura 1 muestra un primer ejemplo de un dispositivo fotovoltaico según la invención.

La Figura 2 muestra un primer ejemplo de una capa adherente dispuesta entre un conductor y una capa conductora porosa.

25 La Figura 3 muestra un segundo ejemplo de una capa adherente dispuesta entre el conductor y la capa conductora porosa.

La Figura 4 muestra un segundo ejemplo de un dispositivo fotovoltaico según la invención.

La Figura 5 muestra una parte del dispositivo fotovoltaico mostrado en la Figura 4 en una vista ampliada.

30 La Figura 6 muestra un segundo ejemplo de capas adherentes dispuestas entre el conductor y la capa conductora porosa en la Figura 4.

La Figura 7 muestra un tercer ejemplo de un dispositivo fotovoltaico según la invención.

35 La Figura 8 muestra un cuarto ejemplo de un dispositivo fotovoltaico según la invención.

Descripción detallada

40 Los aspectos de la presente descripción se describirán más completamente de aquí en adelante con referencia a las figuras adjuntas. Sin embargo, el dispositivo fotovoltaico puede realizarse en muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitado a los aspectos expuestos en la presente memoria. Los números similares en las figuras se refieren a elementos similares en toda la descripción.

45 La terminología usada en la presente descripción tiene únicamente el fin de describir aspectos particulares de la descripción y no se pretende que limite la invención. Como se usan en la presente memoria, las formas singulares “un”, “una” y “el/la” pretenden incluir asimismo las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

50 A menos que se defina lo contrario, todas las expresiones usadas en la presente memoria tienen el mismo significado que entendería comúnmente el experto en la técnica a la que pertenece esta descripción.

La Figura 1 muestra un primer ejemplo de un dispositivo fotovoltaico 1a según la invención. El dispositivo fotovoltaico 1a comprende una unidad 2a de célula solar que incluye un electrodo de trabajo que comprende una capa fotoabsorbente 3, un contraelectrodo que comprende una capa 6 conductora porosa, y un medio conductor (no se muestra) para transferir cargas entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo. La unidad 2a de célula solar comprende un conductor 7 y una capa adherente 8 dispuesta entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa. La capa adherente 8 está en contacto mecánico y eléctrico directo con la capa 6 conductora porosa. La capa adherente 8 se adhiere a la capa 6 conductora porosa. El conductor 7 se acopla a la capa 6 conductora porosa por medio de la capa adherente 8. La capa adherente 8 actúa como un pegamento entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa.

60 Por ejemplo, el conductor 7 es un alambre o una barra conductora. El dispositivo fotovoltaico 1a comprende una encapsulación 9 que encapsula la unidad 2a de célula solar que incluye el medio conductor. La encapsulación 9 impide que el medio conductor se filtre desde la unidad de célula solar. El conductor 7 se acopla a la capa adherente 8 y se extiende en el exterior de la encapsulación 9.

65 En un aspecto, la capa fotoabsorbente 3 es porosa y se dispone en una cara superior de la unidad 2a de célula solar. La capa fotoabsorbente 3 está orientada hacia el sol y recibe luz. La unidad 2a de célula solar además comprende una capa

4 conductora porosa superior para extraer electrones fotogenerados de la capa fotoabsorbente 3. En este ejemplo, la capa fotoabsorbente 3 se dispone en la parte superior de la capa 4 conductora superior. En este ejemplo, la unidad 2a de célula solar comprende un sustrato poroso 5 fabricado de un material aislante, y la capa 4 conductora superior se forma sobre una cara del sustrato poroso 5. La capa conductora 6, en lo sucesivo denominada la capa 6 conductora inferior, se dispone en una cara inferior de la unidad de célula solar. En este ejemplo, la capa 6 conductora inferior se forma sobre una cara opuesta del sustrato poroso 5. El medio conductor, por ejemplo, un electrolito, se infiltra en los poros de la capa 3 fotoabsorbente porosa, las capas conductoras porosas superior e inferior, y el sustrato poroso 5. El medio conductor transfiere cargas entre la capa 6 conductora inferior y la capa fotoabsorbente 3. En un aspecto, el medio conductor es un electrolito. El medio conductor puede ser un electrolito con base de iones. Por ejemplo, el electrolito es cualquiera de un electrolito de yoduro/triyoduro, un electrolito con base de complejos de cobre, o un electrolito con base de complejos de cobalto, o una combinación de estos. Tales electrolitos pueden ser muy corrosivos.

Preferiblemente, aunque no de forma limitativa, las capas conductoras porosas superior e inferior se fabrican de un material resistente a la corrosión, tal como titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos. Por lo tanto, las capas conductoras porosas pueden soportar el contacto con el electrolito como medio para transferir cargas. Preferiblemente, las capas conductoras porosas superior e inferior comprenden titanio o una aleación del mismo.

La capa adherente 8 comprende un adhesivo y partículas conductoras distribuidas en el adhesivo de manera que se forme una red conductora en el adhesivo para lograr un contacto eléctrico entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior. Las Figuras 2 y 3 muestran dos ejemplos de capas adherentes 8a y 8b dispuestas entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior. La capa adherente 8 puede ser cualquiera de las capas adherentes 8a y 8b. Cada una de las capas adherentes 8a y 8b comprende un adhesivo 20 y partículas conductoras 22, 22a-b distribuidas en el adhesivo 20 de manera que se forme una red conductora en el adhesivo. Esto significa que las partículas conductoras están en contacto eléctrico entre sí para formar una trayectoria eléctrica a través del adhesivo. Preferiblemente, las partículas conductoras están bien dispersas en el adhesivo.

El espesor de las capas adherentes 8, 8a-b es al menos 3 μm , preferiblemente al menos 5 μm , y con la máxima preferencia al menos 10 μm para lograr un contacto mecánico suficiente entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior. Preferiblemente, al menos 80 % en peso de las partículas conductoras 22, 22a, 22b tienen un tamaño de 5 μm o menor y, con la máxima preferencia, las partículas conductoras 22, 22a, 22b tienen un tamaño de 3 μm o menor. Con % en peso se entiende porcentajes de un peso total de partículas conductoras en la capa adherente. Esto proporcionará un buen contacto eléctrico con la capa 6 conductora porosa. Ya que las partículas conductoras son pequeñas, pueden encajar en irregularidades y cavidades sobre la superficie de la capa conductora porosa, de manera que se logra un buen contacto eléctrico entre las partículas conductoras y la capa 6 conductora porosa.

Preferiblemente, aunque no de forma limitativa, las partículas conductoras 22, 22a-b se fabrican de carbono. Es ventajoso usar carbono en las partículas conductoras si la capa 6 conductora porosa se fabrica de titanio ya que el carbono hace un buen contacto eléctrico con el titanio. Preferiblemente, las partículas conductoras se fabrican de carbono de calidad de batería. El carbono ordinario puede contener impurezas, lo que puede ser perjudicial para el rendimiento de la célula solar. El carbono de calidad de batería se desarrolla para carbono en baterías y células de combustible y tiene un mayor grado de pureza que el carbono ordinario y, por lo tanto, es adecuado para usar en células solares. Las partículas conductoras 22, 22a-b se fabrican, por ejemplo, de grafito cristalino, carbono amorfo, nanotubos de carbono, o grafeno.

Si el medio conductor es un electrolito con base de iones, el adhesivo 20 debe fabricarse de un material capaz de soportar el electrolito, y que no reaccione con los iones del electrolito. Convenientemente, el adhesivo 20 se fabrica de un material plástico químicamente resistente. Por ejemplo, el adhesivo se fabrica de polietileno, o polipropileno, o ionómero o mezclas de los mismos. Esos materiales son adecuados ya que pueden soportar los electrolitos comúnmente usados en las células solares. Por ejemplo, el adhesivo 20 se fabrica de polietileno. Las pruebas han demostrado que el polietileno tiene una buena capacidad para adherirse a material no corrosivo tal como titanio y puede soportar electrolitos usados en células solares, tales como electrolitos que contienen iones de yoduro I^- y/o triyoduro I_3^- .

La encapsulación 9 puede comprender una lámina superior al menos parcialmente transparente que cubre la cara superior de la unidad 2a de célula solar y una lámina inferior que cubre la cara inferior de la unidad de célula solar. La encapsulación 9 puede incluir varias capas con diferentes funciones. La encapsulación 9 puede comprender una capa 10 de barrera que impida que el medio conductor se filtre desde la célula solar. La encapsulación 9 puede comprender además una capa 11 de encolado para acoplar la encapsulación 9 a la célula solar. La capa 11 de encolado se dispone entre la capa 10 de barrera y la célula solar 2a. La capa 11 de encolado también actúa como una barrera que impida que el medio conductor se filtre desde la célula solar. Si el medio conductor es un electrolito corrosivo, la capa 11 de encolado de la encapsulación debe fabricarse de un material que pueda soportar el electrolito. Es ventajoso si el adhesivo 20 y la encapsulación 9 se fabrican del mismo material ya que la encapsulación y el adhesivo tienen la misma demanda en la capacidad de soportar el electrolito. Esto facilitará también la fabricación del dispositivo fotovoltaico ya que el adhesivo y la encapsulación tienen la misma temperatura de fusión. Convenientemente, el adhesivo y la encapsulación se fabrican de polietileno. Por ejemplo, la capa 11 de encolado se fabrica de polietileno, o polipropileno, o ionómero o mezclas de los mismos. Por ejemplo, la encapsulación 9 se fabrica de polietileno. El polietileno es un material adecuado ya que puede soportar el electrolito y es transparente.

En un aspecto, la encapsulación 9 comprende un orificio 12 de penetración dispuesto para conectar el dispositivo fotovoltaico 1a a un dispositivo externo y al acceder a la energía producida por el dispositivo fotovoltaico. El orificio 12 de penetración es un orificio pasante en la encapsulación. El orificio de penetración comprende al menos una parte de la capa adherente 8 de manera que el orificio 12 de penetración se sella y ningún gas o líquido puede pasar a través del orificio de penetración. La capa adherente 8 llena el orificio 12 de penetración y, en consecuencia, sella el orificio de penetración e impide que el medio conductor se filtre hacia el exterior del dispositivo fotovoltaico a través del orificio de penetración. Debido a la red de partículas conductoras de la capa adherente 8, el conductor 7 no necesita introducirse a través del orificio 12 de penetración para proporcionar contacto eléctrico con la capa 6 conductora porosa inferior. Por lo tanto, el riesgo de fuga del medio conductor se reduce aún más. El conductor 7 se dispone en el exterior de la encapsulación y tiene contacto eléctrico con la capa 6 conductora porosa a través de la capa adherente 8. Por consiguiente, el conductor 7 no está en contacto con el medio conductor y no necesita estar fabricado de un material resistente a la corrosión. Por lo tanto, el conductor 7 puede fabricarse de cualquier material conductor usado común, tal como cobre o plata.

La Figura 2 muestra un ejemplo de una capa adherente 8a que comprende el adhesivo 20 y partículas conductoras 22 distribuidas en el adhesivo. La capa adherente 8a se dispone entre el conductor 7 y la capa 6 inferior conductora porosa. En este ejemplo, el tamaño de las partículas conductoras 22 es sustancialmente el mismo.

La Figura 3 muestra otro ejemplo de una capa adherente 8b dispuesta entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior. En este ejemplo, la capa adherente 8b comprende una mezcla de partículas conductoras 22a que tienen un tamaño mayor que $1\ \mu\text{m}$ y partículas conductoras 22b que tienen un tamaño menor que $200\ \text{nm}$ distribuido en el adhesivo 20. Una mezcla de partículas más grandes y más pequeñas mejorará la red conductora formada en el adhesivo 20 ya que las partículas pequeñas llenarán el espacio entre las partículas más grandes y conectarán eléctricamente las partículas más grandes entre sí. Preferiblemente, la relación de masa de las partículas conductoras 22a mayores que $1\ \mu\text{m}$ y las partículas conductoras 22b menores que $200\ \text{nm}$ está entre 1,5 y 3. Esto mejorará además la red conductora formada en el adhesivo 20. Con la relación de masa se entiende la masa total M_1 de las partículas grandes 22a divididas con la masa total M_2 de las partículas pequeñas 22b en la capa adherente.

$$1,5 < M_1 / M_2 < 3$$

La Figura 4 muestra un segundo ejemplo de un dispositivo fotovoltaico 1b según la invención que comprende una unidad 2a de célula solar. La Figura 5 muestra una parte del dispositivo fotovoltaico 1b en una vista ampliada. Si el medio conductor es un electrolito que incluye iones, los iones pueden desplazarse a través de la capa adherente ya que las partículas conductoras pueden reducir la capacidad de sellado del adhesivo 20. Para impedir esto, una barrera conductora 14 se dispone entre las primera y la segunda capas adherentes 16, 17. La unidad 2b de célula solar difiere de la unidad 2a de célula solar ya que comprende una barrera 14 conductora no porosa dispuesta entre el conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior, y la al menos una capa adherente comprende una primera capa adherente 16 dispuesta entre la capa 6 conductora porosa inferior y la barrera conductora 14 para acoplar la barrera conductora 14 a la capa 6 conductora porosa inferior, y una segunda capa adherente 17 dispuesta entre la barrera conductora 14 y el conductor 7 para acoplar el conductor 7 a la barrera conductora 14. Por lo tanto, la primera capa adherente 16 actúa como un pegamento entre la capa 6 conductora porosa inferior y la barrera conductora 14, y la segunda capa adherente 17 actúa como un pegamento entre la barrera conductora 14 y el conductor 7. La primera capa adherente 16 está en contacto mecánico y eléctrico directo con la capa 6 inferior conductora porosa. La barrera conductora 14 tiene dos superficies en caras opuestas de la barrera 14. La primera capa adherente 16 también está en contacto mecánico y eléctrico directo con una de las superficies de la barrera conductora 14 y la segunda capa adherente 17 en contacto mecánico y eléctrico directo con las otras superficies de la barrera conductora 14. El conductor 7 se dispone en el exterior de la encapsulación 9.

La segunda capa adherente 17 se dispone en el orificio 12 de penetración de manera que el orificio 12 de penetración se sella y ningún gas o líquido puede pasar a través del orificio de penetración.

La primera y segunda capas adherentes 16, 17 comprenden partículas conductoras distribuidas en un adhesivo 20 de manera que se forme una red conductora en el adhesivo. Convenientemente, las primera y segunda capas adherentes 16, 17 se fabrican del mismo tipo de adhesivo 20 y partículas conductoras 22, 22a-b como la capa adherente 8. Las capas adherentes 16, 17 pueden ser del mismo tipo que cualquiera de las capas adherentes 8a y 8b. El conductor 7 tiene contacto eléctrico con la capa 6 conductora porosa inferior a través de las primera y segunda capas adherentes 16, 17 y la barrera conductora 14.

Preferiblemente, la barrera conductora 14 es una pieza plana sólida hecha de un material conductor que puede soportar el medio conductor de la célula solar. Por ejemplo, la barrera conductora 14 comprende cualquiera de titanio, níquel, molibdeno, tungsteno, cobalto, niobio, zirconio y sus aleaciones, o mezclas de los mismos. Preferiblemente, la barrera conductora se fabrica de titanio o una aleación del mismo. Esto impedirá la corrosión de la barrera conductora ya que el titanio puede soportar el electrolito. Por ejemplo, la barrera conductora 14 se fabrica del mismo material que la capa 6 conductora porosa inferior.

Para mejorar aún más la capacidad de sellado, el ancho de la barrera conductora 14 es mayor que el ancho de la segunda capa adherente 17, y la periferia de la segunda capa adherente 17 se dispone a una distancia de la

periferia de la barrera conductora 14. Esto aumenta la trayectoria que va a ser recorrida por los iones entre las primera y la segunda capas adherentes 16, 17, tal como se muestra en la Figura 5. Preferiblemente, la distancia entre la periferia de la segunda capa adherente 17 y la periferia de la barrera conductora 14 es mayor que 1 mm.

5 Convenientemente, la barrera conductora 14 tiene forma de placa. Por ejemplo, la barrera conductora 14 tiene una forma circular, tal como la forma de una moneda. Sin embargo, también son posibles otras formas, tales como rectangular. El espesor de la barrera conductora 14 es preferiblemente al menos 10 nm.

10 Para mejorar aún más el sellado de la célula solar, la capa 11 de encolado de la encapsulación 9 rodea las primera y la segunda capas adherentes 16, 17 y la barrera conductora 14. La capa 11 de encolado impide que los iones en el electrolito entren en la segunda capa adherente 17 y, por lo que impide que los iones se filtren al exterior de la unidad de célula solar.

15 La Figura 5 muestra una parte del dispositivo fotovoltaico mostrado en la Figura 4 en una vista ampliada. En este ejemplo, las primera y segunda capas adherentes 16, 17 comprenden partículas conductoras 22 distribuidas en un adhesivo 20. En este ejemplo, el tamaño de las partículas conductoras 22 es sustancialmente el mismo.

20 La Figura 6 muestra otro ejemplo de las primera y segunda capas adherentes 16, 17 mostradas en la Figura 4 en una vista ampliada. En este ejemplo, las capas adherentes 16, 17 comprenden una mezcla de partículas conductoras 22a que tienen un tamaño mayor que 1 μm y partículas conductoras 22b que tienen un tamaño menor que 200 nm distribuido en el adhesivo 20.

25 La Figura 7 muestra un tercer ejemplo de un dispositivo fotovoltaico 1c según la invención. La unidad 1c de célula solar difiere del dispositivo fotovoltaico 1a y 1b en que la unidad 1c de célula solar comprende un segundo conductor 7b en contacto eléctrico con la capa 4 conductora superior, y una parte conductora 23 del sustrato poroso 5 comprende material conductor 24. Además, el dispositivo fotovoltaico 1c comprende una capa adherente 25 dispuesta entre el segundo conductor 7b y la parte conductora 23 del sustrato poroso 5 para acoplar el segundo conductor 7b al sustrato poroso 5 y proporcionar contacto eléctrico entre la capa 4 conductora superior y el segundo conductor 7b. La parte conductora 23 se dispone entre la capa adherente 25 y la capa 4 conductora superior. La capa adherente 25 está en contacto mecánico y eléctrico con la parte conductora 23.

30 El segundo conductor 7b se dispone en el exterior de la encapsulación 9 y tiene contacto eléctrico con la capa 4 conductora porosa superior a través de la capa adherente 25 y el material conductor 24 en el sustrato poroso 5. Por consiguiente, el conductor 7b no está en contacto con el medio conductor y no necesita estar fabricado de un material resistente a la corrosión. El segundo conductor 7b puede fabricarse de cualquier material conductor de uso común, tal como cobre o plata. Por ejemplo, el segundo conductor 7b es un alambre o una barra conductora.

35 La capa adherente 25 comprende partículas conductoras 22 distribuidas en un adhesivo 20 de manera que se forme una red conductora en el adhesivo 20 para lograr un contacto eléctrico entre el segundo conductor 7b y el material conductor 24 en el sustrato poroso 5. Por lo tanto, se logra un contacto eléctrico entre el segundo conductor 7b y la capa 4 conductora porosa superior. Convenientemente, la capa adherente 25 se fabrica del mismo tipo de adhesivo 20 y del mismo tipo de partículas conductoras 22 que la capa adherente 8. La encapsulación 9 comprende un primer orificio 12a de penetración para conectar el primer conductor 7 a la capa 6 conductora porosa inferior y un segundo orificio 12b de penetración para conectar el segundo conductor 7b a la capa 4 conductora porosa superior.

45 En este ejemplo, la capa 6 conductora porosa inferior termina a una distancia de la capa adherente 25 de manera que se forma una brecha aislante 27 entre la capa adherente 25 y la capa 6 conductora porosa inferior para asegurar que la capa adherente 25 y la capa 6 conductora inferior estén eléctricamente aisladas entre sí.

50 La Figura 8 muestra un cuarto ejemplo de un dispositivo fotovoltaico 1d según la invención. La unidad 1d de célula solar difiere del dispositivo fotovoltaico 1c en que la unidad 1d de célula solar comprende una barrera 14 conductora no porosa dispuesta entre el primer conductor 7 y la capa 6 conductora porosa inferior de la misma manera que se muestra en la Figura 4. La unidad 1d de célula solar comprende una primera capa adherente 16 dispuesta entre la capa 6 conductora porosa inferior y la barrera conductora 14 para acoplar la barrera conductora 14 a la capa 6 conductora porosa inferior, y una segunda capa adherente 17 dispuesta entre la barrera conductora 14 y un primer conductor 7a para acoplar el primer conductor 7a a la barrera conductora 14.

55 La unidad 1d de célula solar además comprende una segunda barrera 14b conductora no porosa dispuesta entre un segundo conductor 7b y el sustrato poroso 5, una tercera capa adherente 26 dispuesta entre la parte conductora 23 del sustrato poroso 5 y la segunda barrera conductora 14b para acoplar la barrera conductora 14b al sustrato poroso 5, y una cuarta capa adherente 28 dispuesta entre la segunda barrera conductora 14b y el segundo conductor 7b para acoplar el segundo conductor 7b a la barrera conductora 14b. Las primera y segunda barreras conductoras 14 y 14b actúan junto con las barreras para los iones del medio conductor, e impiden que los iones penetren en el exterior del dispositivo fotovoltaico a través de los orificios 12a-b de penetración. Preferiblemente, las barreras conductoras 14 y 14b se fabrican del mismo material. Dado que las barreras conductoras 14 y 14b están en contacto con el medio conductor, deben fabricarse preferiblemente de un material resistente a la corrosión, por ejemplo, titanio.

Las tercera y cuarta capas de adherencia 26, 28 comprenden partículas conductoras distribuidas en un adhesivo 20 de manera que se forme una red conductora en el adhesivo para lograr un contacto eléctrico entre el segundo conductor 7b y el material conductor 24 en el sustrato poroso 5. Convenientemente, las capas adherentes 26, 28 se fabrican del mismo tipo de adhesivo 20 y del mismo tipo de partículas conductoras 22 que las capas adherentes 16, 17. Las capas adherentes 26, 28 pueden ser de cualquiera de los tipos de capas adherentes 8a-b descritas anteriormente con referencia a las Figuras 2-3.

La capa adherente 28 se dispone en el orificio 12b de penetración de manera que el orificio 12b de penetración se sella y ningún gas o líquido puede pasar a través del orificio de penetración. Por ejemplo, las barreras conductoras 14, 14b tienen una forma circular. Sin embargo, también son posibles otras formas, tales como rectangular.

La presente invención no se limita a las realizaciones descritas, sino que puede variarse y modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, cada una de las capas adherentes 16, 17, 25, 26 y 28 puede ser de cualquiera de los tipos descritos con referencia a las Figuras 2-3.

Número de referencia

1a-d Dispositivo fotovoltaico

2a, 2b Unidad de célula solar

3 Capa fotoabsorbente

4 Capa superior conductora porosa

5 Sustrato poroso

6 Capa inferior conductora porosa

7 Conductor

7b Segundo conductor

8, 8a-b Capa adherente

9 Encapsulación

10 Capa barrera de la encapsulación

11. Capa de encolado de la encapsulación

12, 12a-b Orificios de penetración

14, 14a-b Barrera conductora no porosa

16 Primera capa adherente

17 Segunda capa adherente

20 Adhesivo

22, 22a, 22b Partículas conductoras

23 Parte conductora del sustrato poroso

24 Material conductor

25 Capa adherente

26 Tercera capa adherente

27 Brecha aislante

28 Cuarta capa adherente

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo fotovoltaico (1a-d), que comprende:

–una unidad (2a; 2b) de célula solar que incluye:

un electrodo de trabajo que comprende una capa fotoabsorbente (3),
un contraelectrodo que incluye una segunda capa (6) conductora porosa, y
un medio conductor para transferir cargas entre el contraelectrodo y el electrodo de trabajo,
y

–un conductor (7) conectado eléctricamente a la capa (6) conductora porosa, en donde la unidad (2a, 2b) de célula solar comprende al menos una capa adherente (8;8b;8a;16,17) dispuesta entre el conductor (7) y la capa (6) conductora porosa para acoplar el conductor (7) a la capa conductora porosa, y la capa adherente (8;8b;8a;16,17) comprende un adhesivo (20) y partículas conductoras (22; 22a-b) distribuidas en el adhesivo de manera que se forme una red conductora en el adhesivo, **caracterizado porque** la unidad (2a, 2b) de célula solar comprende una barrera (14) conductora no porosa dispuesta entre el conductor (7) y la capa (6) conductora porosa, y la al menos una capa adherente comprende una primera capa adherente (16) dispuesta entre la capa (6) conductora porosa y la barrera conductora (14) para acoplar la barrera conductora (14) a la capa (6) conductora porosa, y una segunda capa adherente (17) dispuesta entre la barrera conductora (14) y el conductor (7) para acoplar el conductor a la barrera conductora (14), en donde el dispositivo fotovoltaico (1a-b) comprende una encapsulación (9) que encierra la unidad (2a; 2b) de célula solar, y la encapsulación (9) rodea las primera y segunda capas adheridas (16,17) y la barrera conductora (14).

2. El dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en donde la encapsulación está provista de un orificio (12) de penetración que comprende al menos una parte de dicha capa adherente (8;8b;8a;16,17) y el conductor (7) se acopla a la capa adherente y se extiende en el exterior de la encapsulación.

3. El dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en donde la encapsulación (9) comprende una capa (11) de encolado para acoplar la encapsulación a la unidad (2a;2b) de célula solar, y la capa (11) de encolado se fabrica del mismo material que dicho adhesivo (20).

4. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la barrera conductora (14) comprende titanio o una aleación del mismo.

5. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el espesor de dicha capa adherente (8;8b;8a;16,17) es al menos 3 μm , y preferiblemente al menos 5 μm , y con la máxima preferencia al menos 10 μm .

6. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa adherente (8;8b;8a;16,17) comprende entre 20 y 40 % en volumen de dichas partículas conductoras (22; 22a-b).

7. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos 80 % en peso de dichas partículas conductoras (22; 22a-b) tienen un tamaño de 5 μm o menor, y preferiblemente al menos 80 % en peso de dichas partículas conductoras tienen un tamaño de 3 μm o menor.

8. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa adherente (8;8b;8a;16,17) comprende una mezcla de partículas conductoras (22a) que tienen un tamaño menor que 200 nm y partículas conductoras (22b) que tienen un tamaño mayor que 1 μm .

9. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho adhesivo (20) es polietileno, o polipropileno, o ionómero o mezclas de los mismos.

10. El dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 3, en donde dicho adhesivo (20) y dicha capa (11) de encolado comprenden polietileno.

11. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas partículas conductoras (22; 22a-b) comprenden carbono.

12. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas partículas conductoras (22; 22a-b) se fabrican de grafito de calidad de batería y negro de carbón de calidad de batería.

13. El dispositivo fotovoltaico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad (1a;1b) de célula solar comprende:

5

- un sustrato poroso (5) fabricado de un material aislante,
- una capa (4) conductora superior formada en una cara del sustrato poroso (5) para extraer electrones fotogenerados de la capa fotoabsorbente (3), y
- un segundo conductor (7b) en contacto eléctrico con la capa (4) conductora superior, una parte conductora (23) del sustrato poroso (5) comprende material conductor (24), y el dispositivo fotovoltaico comprende al menos una capa adherente (25;26,28) que comprende dicho adhesivo (2) que incluye dichas partículas conductoras (22;22a, 22b) y se disponen entre el segundo conductor (7b) y dicha parte conductora (23) del sustrato poroso para acoplar el segundo conductor (7b) al sustrato poroso (5).

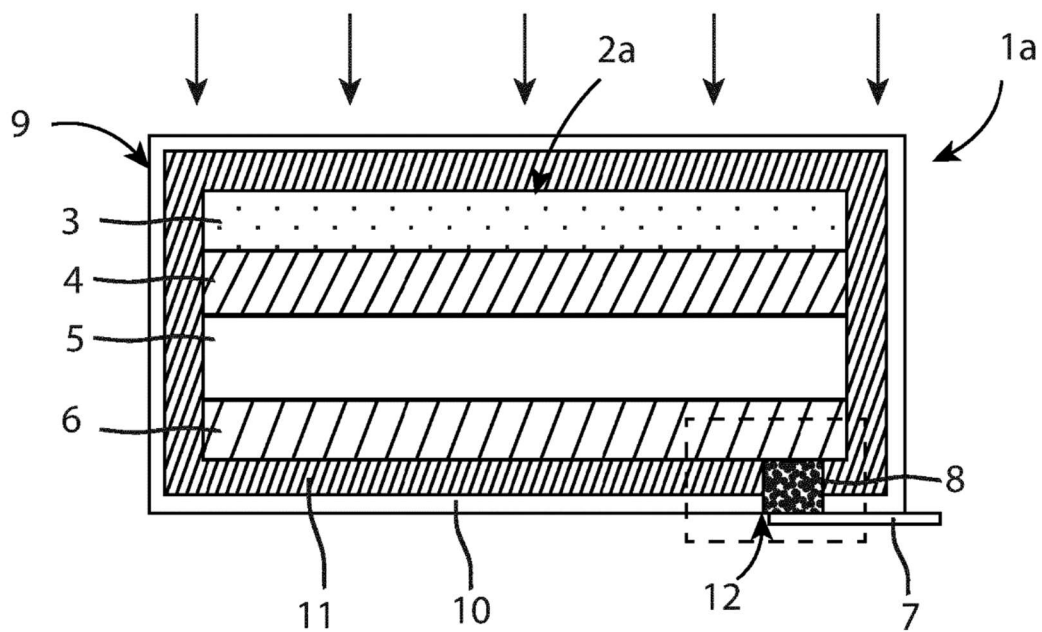


Figura 1

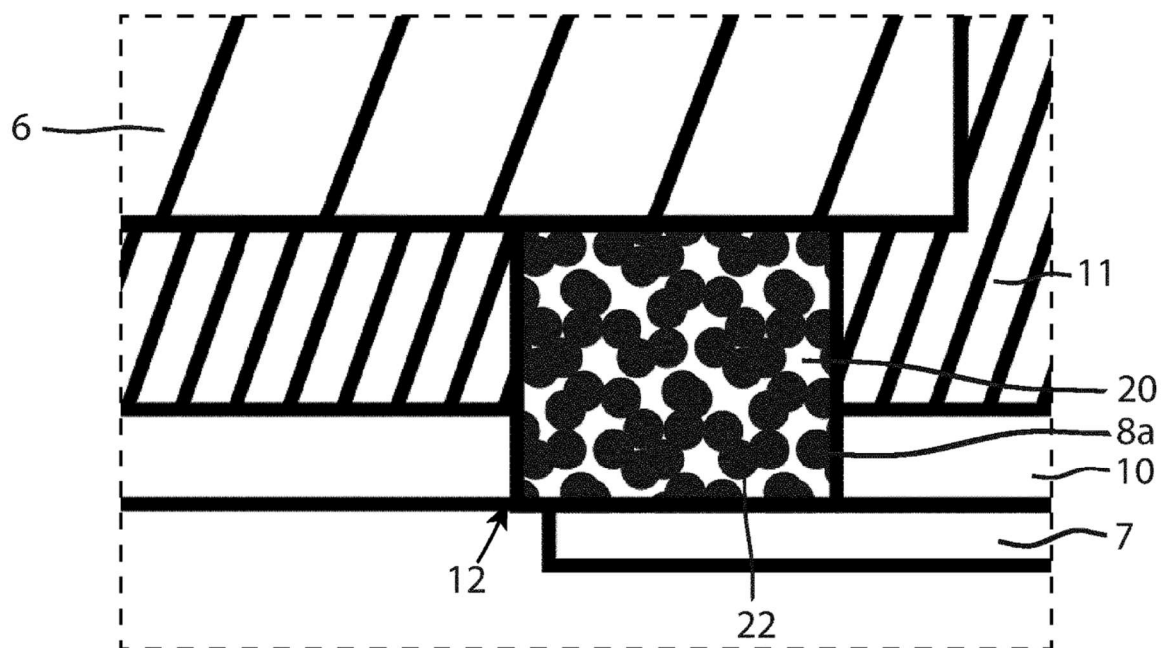


Figura 2

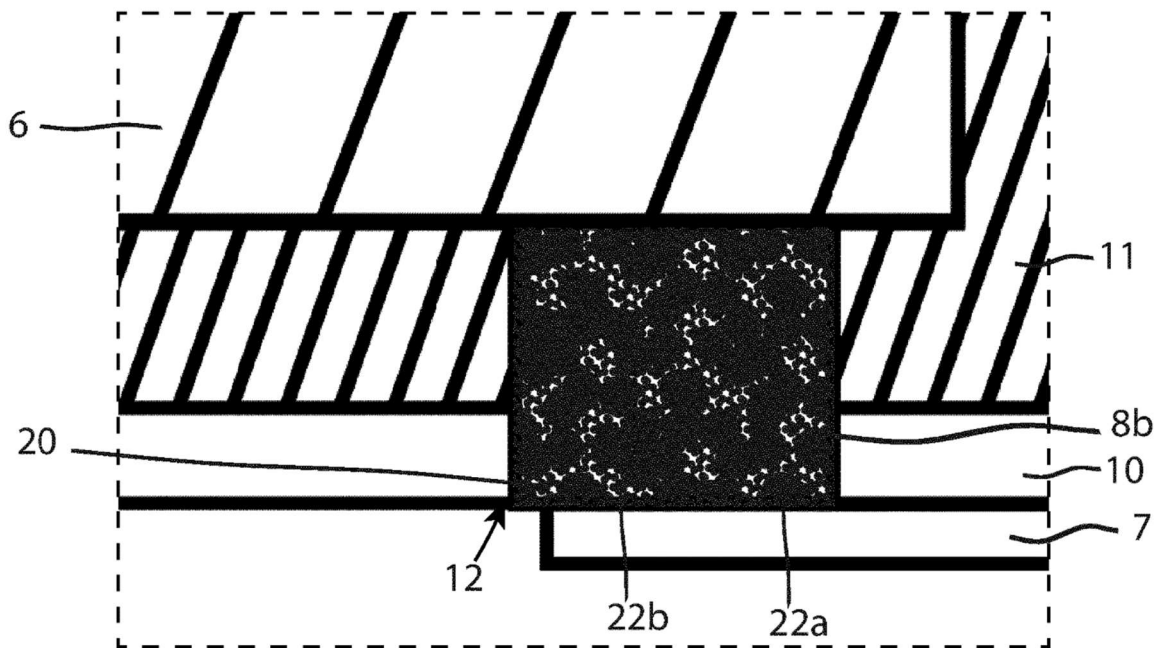


Figura 3

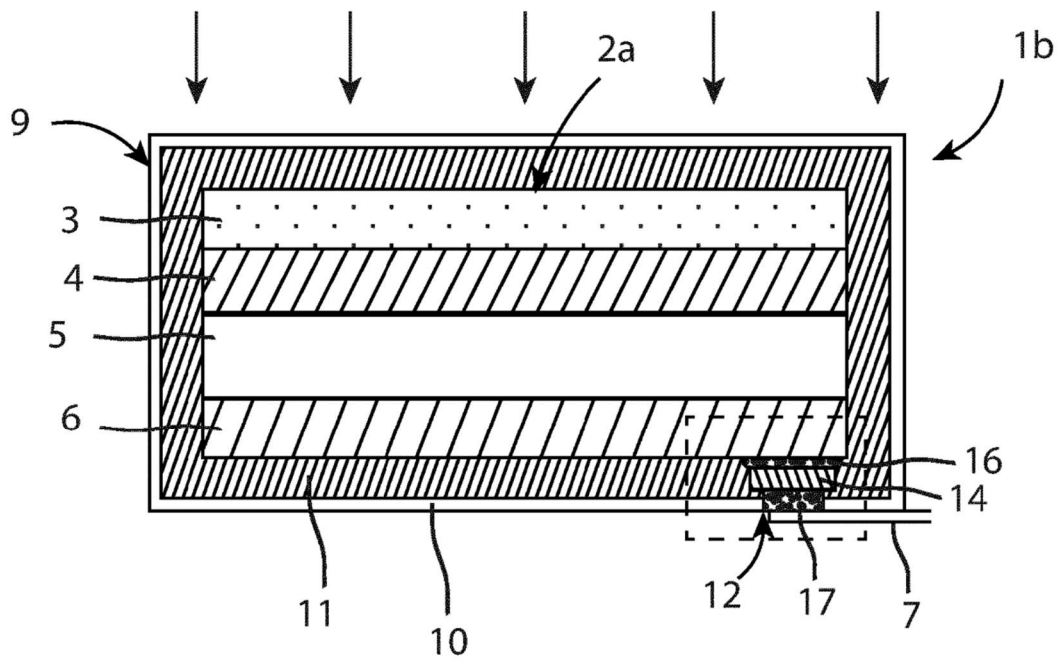


Figura 4

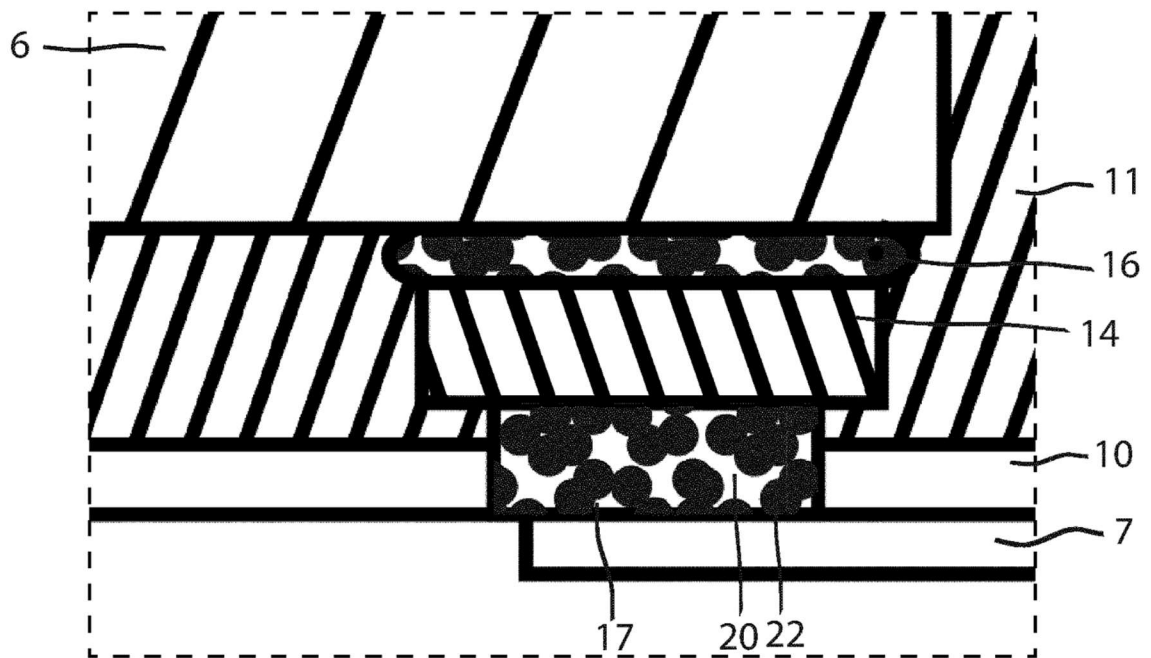


Figura 5

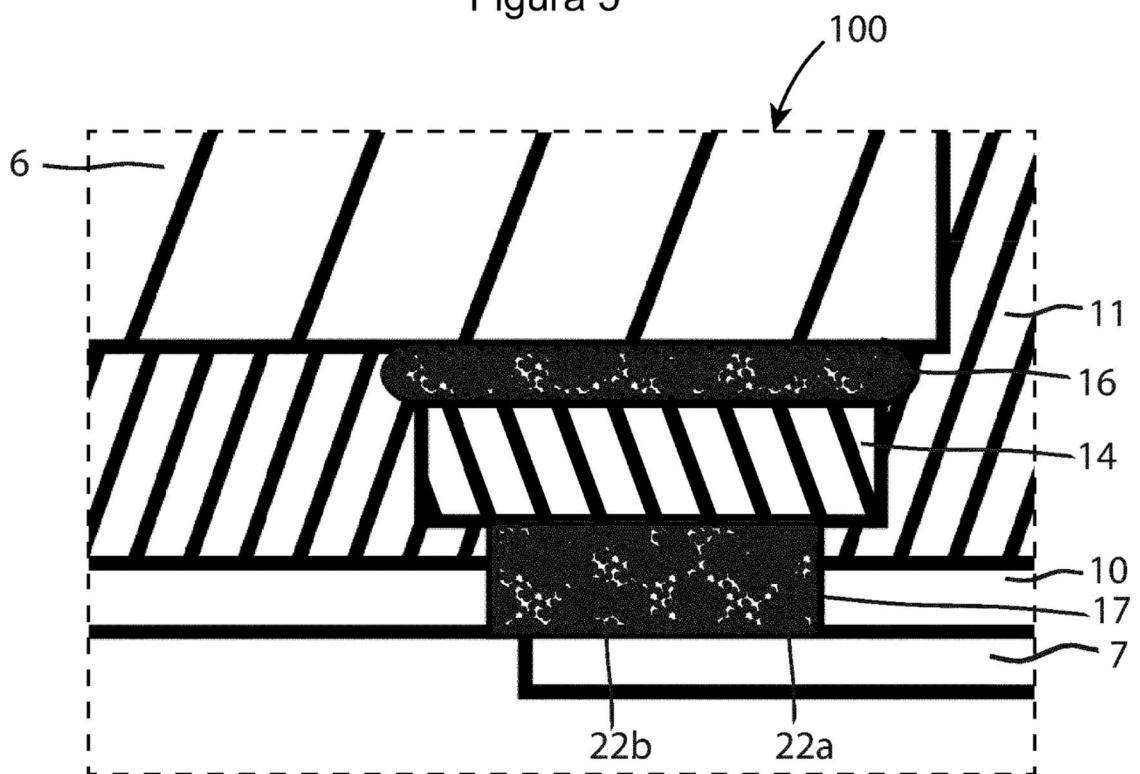


Figura 6

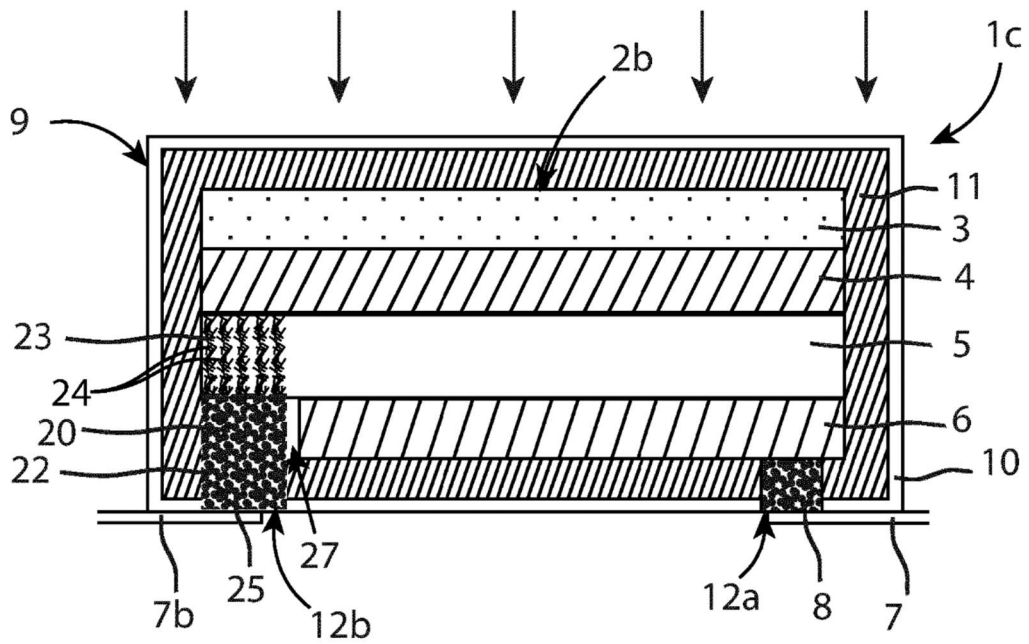


Figura 7

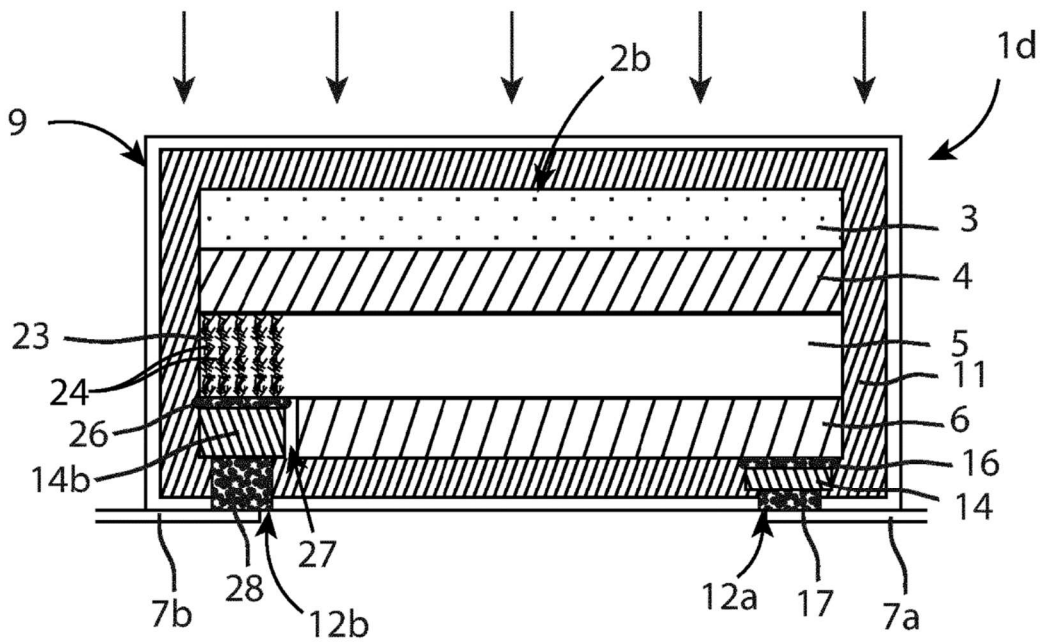


Figura 8