

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 199**

51 Int. Cl.:

G01K 3/04 (2006.01)

G02F 1/155 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2010 E 10004088 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2378354**

54 Título: **Procesador electroquímico, usos del mismo y procedimiento de composición del procesador electroquímico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.03.2013

73 Titular/es:

**WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER (100.0%)
Schlossplatz 2
48149 Münster, DE**

72 Inventor/es:

KNOLL, MEINHARD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 398 199 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

Procesador electroquímico, usos del mismo y procedimiento de composición del procesador electroquímico

La presente invención se refiere a un procesador electroquímico, que comprende dos electrodos de diferente potencial electroquímico, que se enlazan mediante un electrolito. Tras completarse el circuito eléctrico entre los dos electrodos, el segundo electrodo se oxida y, por lo tanto, cambia en al menos un parámetro físico, por ejemplo, el segundo electrodo se hace transparente. El procesador electroquímico está caracterizado porque la superficie del segundo electrodo, que está en contacto con el electrolito, está parcialmente cubierta con un material eléctricamente aislante, siendo este material adyacente al electrolito. Además, la presente invención se refiere al uso de este procesador electroquímico y a un procedimiento de composición de tal procesador electroquímico.

El documento US 5.930.023 describe un indicador electroquímico que comprende una primera y segunda capas de electrodo que tienen diferentes potenciales de electrodo, una capa de electrolito que solapa con dicha primera capa de electrodo y que forma un límite con esa primera capa del electrodo y que forma un límite con esa segunda capa de electrodo para completar una ruta iónicamente conductora entre dicha primera y segunda capas de electrodo, y dicho límite del electrodo puede moverse junto con el límite de dicha segunda capa de electrodo extendiendo la ruta iónicamente conductora desde dicha primera capa de electrodo como respuesta a un flujo de corriente entre dicha primera y segunda capas de electrodo para cambiar un aspecto visible del indicador. De acuerdo con las realizaciones especiales del indicador electroquímico del documento US 5.930.023 ambas capas de electrodo se aplican sobre un sustrato y están separadas por un hueco. Una capa de electrolito, que se carga en este hueco de separación entre los dos electrodos y que hace solapar parcialmente las superficies libres de estos electrodos, está presente para una interconexión eléctrica de dichos electrodos. Sin embargo, la mayor parte de la superficie de la capa del electrodo, que se va a oxidar tras completarse la ruta del circuito, está expuesta a una cavidad dentro del indicador electroquímico. Debido al hecho de que la capa del electrolito es un conductor iónico y está presente en forma de una pasta, un gel o formas líquidas comparables, la capa del electrolito no es totalmente rígida o sólida, sino que presenta ciertas propiedades viscoelásticas y, por lo tanto, puede distribuirse dentro de la cavidad, por ejemplo, puede dispersarse de una manera descontrolada también sobre la superficie del electrodo, que está expuesto a dicha cavidad. Esta distribución descontrolada del electrolito puede verse afectada por una pluralidad de factores, incluso por gravitación, si el indicador electroquímico de acuerdo con el documento US 5.930.023 está dispuesto de una manera tal que el electrolito puede dirigirse al interior de dicha cavidad. Sin embargo, esto conduce a un inconveniente fundamental de este indicador electroquímico en el sentido de que el tiempo de reacción de este indicador depende de cómo esté dispuesto espacialmente este indicador. Asimismo, no puede garantizarse que el tiempo de reacción de este indicador químico sea constante, por ejemplo tras un impacto mecánico. Por lo tanto, una calibración de este sistema apenas es posible, lo que hace que este indicador electroquímico sea bastante poco fiable.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un procesador electroquímico, por ejemplo, en forma de un indicador electroquímico, que sea capaz de proporcionar tiempos de reacción constantes, haciendo de esta manera disponible un procesador o indicador mucho más fiable, como se describe en el documento US 5.930.023. Adicionalmente, un objetivo de la presente invención es describir los usos del procesador electroquímico de acuerdo con la invención. Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un procedimiento para ensamblar un procesador electroquímico de acuerdo con la invención.

Estos objetivos se consiguen mediante las características de la reivindicación 1, en lo que respecta al procesador electroquímico, considerando los usos de dicho procesador electroquímico, mediante las características de la reivindicación 15, y en lo que respecta al procedimiento de ensamblaje de dicho procesador electroquímico, mediante las características de la reivindicación 16. Las reivindicaciones dependientes se refieren a características ventajosas de la invención.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procesador electroquímico como se define en la reivindicación 1, que comprende

a) un primer electrodo y un segundo electrodo cada uno de los cuales tiene una primera y una segunda superficies dispuestas de forma opuesta, en el que el primer electrodo y el segundo electrodo tienen diferentes potenciales de electrodo y están físicamente separados uno de otro en la dirección X,

b) un electrolito que cubre al menos una parte de una primera superficie del primer electrodo y una parte de la primera superficie del segundo electrodo en la dirección Y, y que interconecta eléctricamente dicho primer electrodo con el segundo electrodo, en el que al menos una parte de la primera superficie del segundo electrodo que no está cubierta por el electrolito está cubierta con un material eléctricamente aislante en la dirección Y que bordea el electrolito y en el que la activación del procesador electroquímico posibilita un deslaminado lateral del segundo electrodo y el material aislante que comienza en el área de contacto del segundo electrodo y el material aislante, que proporciona un canal entre el segundo electrodo y el material aislante.

De acuerdo con esta realización principal de la presente invención, están presentes dos electrodos, en los que el segundo electrodo se selecciona para que tenga un potencial electroquímico menor en comparación con el primer

electrodo, es decir, estos dos electrodos pueden denominarse un elemento local, en el que tras completarse un circuito eléctrico entre el primer y segundo electrodos, tiene lugar una corrosión del segundo electrodo. Estos dos electrodos no están en contacto físico directo entre sí, es decir, están separados mediante un hueco uno de otro. La conexión eléctrica entre estos dos electrodos se consigue mediante un electrolito, que se aplica sobre la primera superficie de esos electrodos. También es posible que el electrolito pueda estar presente dentro del hueco entre los dos electrodos. La idea central de la presente invención es aplicar un material eléctricamente aislante sobre la misma superficie del segundo electrodo, sobre el cual el electrolito está presente. Este material aislante puede ser un recubrimiento o un recubrimiento de material compuesto aplicado a la primera superficie del segundo electrodo. Mediante este material eléctricamente aislante, el área de la primera superficie del segundo electrodo, que puede ponerse en contacto con el electrolito está limitada al área que no está cubierta por el material eléctricamente aislante. De acuerdo con esta característica, se excluye la posibilidad de que el electrolito se disperse de una manera descontrolada por toda la primera superficie del segundo electrodo. Por lo tanto, tras completarse el circuito eléctrico entre los dos electrodos, es posible una corrosión controlada del segundo electrodo. Debido al hecho de que el segundo electrodo está laminado con un material aislante, tras la activación del procesador, por ejemplo, ocurre una oxidación del segundo electrodo y, por lo tanto, un deslaminado lateral controlado del material aislante del segundo electrodo. El segundo electrodo se corroerá donde entra en contacto con el electrolito en primer lugar, y la corrosión transcurrirá entonces lateralmente en la dirección del material aislante. La corrosión comienza espacialmente cuando el segundo electrodo se pone en contacto con el electrolito. Esto conduce a un canal o hueco entre el segundo electrodo y el material aislante, en el que el electrolito se infiltra y avanza con el progreso de la corrosión del electrodo. Esta corrosión controlada, sin embargo, conduce a tiempos de reacción predecibles y ajustables del procesador electroquímico, es decir, el tiempo que es necesario para corroer el segundo electrodo en una extensión predefinida. El material aislante que está presente en la primera superficie del segundo electrodo, por lo tanto, hace que la disposición completa del procesador electroquímico sea muy fiable y conduce a tiempos de reacción repetibles del procesador electroquímico. La activación del procesador puede conseguirse poniendo en contacto eléctricamente de forma externa (es decir, estableciendo un contacto eléctrico fuera del procesador) el primer y segundo electrodos.

La invención se refiere a un procesador electroquímico en el que pueden realizarse procedimientos químicos y/o electroquímicos. Estos procedimientos pueden iniciarse de una manera eléctrica en cualquier momento. El procesador comprende, por ejemplo, elementos de un indicador óptico. Recibe su energía eléctrica de su composición estratificada y no requiere una batería eléctrica. Pueden implementarse sistemas microscópicos así como macroscópicos, cuyas funciones están basadas en la generación electroquímica de las capas de interfaz nanométrica.

El procesador electroquímico puede realizarse como un sistema estratificado y puede usarse, por ejemplo, para los siguientes fines:

- ingeniería de micro reacción
- indicadores de tiempo
- integradores de temperatura-tiempo.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, un tercer electrodo que tiene una primera superficie y una segunda superficie dispuesta de forma opuesta está alineado cerca del segundo electrodo y está separado físicamente del segundo electrodo y alineado en la dirección X opuesta al primer electrodo. Este dispositivo puede activarse, si el primer electrodo se pone en contacto eléctricamente de forma externa con el tercer (o segundo) electrodo.

Este electrodo adicional, que está presente además del primer y segundo electrodos, puede conectarse eléctricamente al segundo electrodo. Esto puede conseguirse por la presencia de, por ejemplo, una capa de migración, que está en contacto físico directo con las partes de la primera superficie del segundo electrodo y al menos una parte del tercer electrodo. En lo que respecta a la capa de migración, se hace referencia al documento WO 2009/056591 A1, que describe las capas de migración, los compuestos usados para la capa de migración así como los procedimientos para fabricar dicha capa de migración, por ejemplo, sobre un electrodo, en detalle. Pueden usarse los mismos materiales que los descritos en el documento WO 2009/056591 A1 para la capa de migración.

Adicionalmente, se prefiere que los electrodos estén fijados sobre el sustrato directamente. También es posible que puedan estar presentes capas adicionales situadas entre medias del sustrato y los electrodos respectivos, por ejemplo entre el sustrato y, por ejemplo, el segundo electrodo, que pueden actuar como capas indicadoras, tal como capa de información gráfica o una imagen. Estas capas pueden estar presentes también sobre el lado "inferior" del sustrato, es decir, el lado opuesto del sustrato sobre el que se aplican los electrodos. Por lo tanto, es preferible, si el sustrato es transparente. De esta manera, el procesador electroquímico se construye en un tipo apilado, en el que los electrodos se aplican sobre un sustrato y sobre éste se aplica un electrolito, por ejemplo, como una capa. La dimensión lateral de tal disposición puede denominarse como dirección X, y la que la dirección de apilamiento de estas capas separadas, por ejemplo, sustrato, electrodos y electrolito, etc., puede denominarse como dirección Y.

Adicionalmente, se prefiere que esté comprendida una capa de encapsulación, que está dispuesta en paralelo al sustrato, en el que el primer electrodo, el segundo electrodo, si está presente, el tercer electrodo, el electrolito así

como el material aislante estén intercalados entre el sustrato y la capa de encapsulación en la dirección Y. Preferentemente, esta capa de encapsulación termina el procesador espacialmente, es decir, bordea el procesador.

5 Esta realización especial es una extensión de la realización mencionada anteriormente de acuerdo con la cual los electrodos se aplican sobre un sustrato. La encapsulación está situada entonces encima de la disposición mencionada anteriormente, es decir, bordea por ejemplo el electrolito así como el material aislante, que está situado adyacente al electrolito.

Adicionalmente, es posible que estén comprendidos dos espaciadores dispuestos de forma opuesta, que delimitan el procesador electroquímico en la dirección X, en el que un espaciador y el material aislante forman las paredes de una primera cámara de reacción que contiene el electrolito.

10 Estos espaciadores o elementos de espaciado pueden fabricarse del mismo material, tal como el sustrato y/o la capa de encapsulación. Adicionalmente, estos espaciadores definen la distancia espacial entre, por ejemplo, el sustrato y la capa de encapsulación y, por lo tanto, definen el espesor completo del procesador electroquímico en la dirección Y junto con el sustrato y la capa de encapsulación. Adicionalmente, el elemento de espaciado que es adyacente al electrolito sirve como una pared en la dirección X de una primera cámara de reacción, que puede
15 contener el primer electrolito. La pared opuesta en la dirección X está formada por el límite del material de encapsulación, que se aplica sobre una parte de la superficie del segundo electrodo. Los otros límites o paredes de esta cámara de reacción se forman, por ejemplo, mediante la primera superficie del primer electrodo y la capa de encapsulación (ambas son las paredes en la dirección Y). Para completar la cámara de reacción, la cámara por supuesto tiene una pared también en la dirección Z mediante paredes respectivas que, por ejemplo, pueden
20 construirse del mismo material que el sustrato o la capa de encapsulación.

Sin embargo, también es posible que una de estas paredes que forman la primera o segunda cámara de reacción comprenda una abertura, que permite una comunicación de la primera y/o la segunda cámara de reacción, respectivamente, con el entorno que rodea al procesador electroquímico. Esta abertura o ventana puede usarse
25 para un intercambio de masa entre el entorno y la parte interna de la cámara de reacción respectiva. Por ejemplo, esta ventana puede usarse para introducir humedad del entorno circundante a la cámara de reacción, de manera que la humedad pueda ser absorbida por el electrolito. Esta realización es especialmente ventajosa, si se aplican electrolitos secos dentro de la cámara de reacción, que se hacen conductores tras la absorción de agua. Por lo tanto, puede proporcionarse un procesador que pueda activarse *in situ*, es decir, el procesador se ensambla con el electrolito seco, es decir, alcohol polivinílico seco, que es no conductor hasta que el procesador electroquímico se
30 lleva al entorno, en el que se pretende usar el procesador electroquímico.

De acuerdo con una realización adicional, el segundo espaciador en la dirección Y está alineado de una manera que bordea el material aislante, que se aplica a la primera superficie del segundo electrodo en el lado opuesto de la cámara de reacción mencionada anteriormente. Esto significa que el segundo espaciador se une directamente o bordea el material aislante y delimita el procesador electroquímico en el lado opuesto del primer espaciador en la
35 dirección X.

En una realización alternativa, este segundo espaciador está separado del material aislante, es decir, está presente una cierta cavidad entre el material aislante y el segundo espaciador (en la dirección X). Esto significa que el material aislante y el segundo espaciador forman paredes en la dirección X para una segunda cavidad, es decir, una segunda cámara de reacción. Las otras paredes de esta segunda cámara de reacción son comparables con las
40 paredes de la primera cámara de reacción mencionada anteriormente, es decir, en la dirección Y, estas paredes son, por ejemplo, el sustrato y la capa de encapsulación, mientras que en la dirección Z, están presentes elementos respectivos que cierran la segunda cámara de reacción.

De acuerdo con una realización ventajosa adicional de la presente invención, la segunda cámara de reacción se carga al menos parcialmente con un segundo electrolito que es el mismo que el primer electrolito o que es diferente
45 del primer electrolito. Adicionalmente, la segunda cámara de reacción puede llenarse con un reactante.

Los reactantes pueden ser sustancias que interactúan física o químicamente con el primer electrolito que está presente, por ejemplo, en la primera cámara de reacción.

De acuerdo con una realización preferida adicional, una capa de expansión y/o al menos un elemento de expansión está dispuesto entre el segundo electrodo y el material aislante. Esta capa de expansión puede estar presente en
50 medio de toda el área en la que el material aislante cubre la primera superficie del segundo electrodo. Como alternativa, también es posible que esta capa solo esté presente en una cierta región del segundo electrodo. En lugar de una capa, también pueden estar presentes elementos de expansión puntuales o bidimensionales. Los materiales de estas capas de expansión o elementos de expansión están diseñados de una manera que su volumen, tras el contacto con un electrolito, tal como el comprendido en la primera cámara de reacción, aumentará.

55 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, una capa de migración está comprendida que está alineada sobre una parte de la primera superficie del segundo electrodo y al menos una parte de la primera superficie del tercer electrodo. En lo que respecta a esta capa de migración, por ejemplo, los materiales de esta capa de migración o las dimensiones, etc., se hace una referencia explícita al documento WO 2009/056591 A1.

Esta capa de migración comprende materiales o está compuesta por materiales que son capaces de conducción iónica. Debido al hecho de que esta capa de migración entra en contacto tanto con el segundo como el tercer electrodo, por lo tanto, puede establecerse una ruta conductora eléctrica entre el segundo y tercer electrodos, si están presentes iones en la capa de migración.

- 5 De acuerdo con otra realización preferida más de la presente invención, la primera superficie de cualquiera del segundo electrodo, y/o si está presente el tercer electrodo, está cubierta al menos parcialmente con una capa de recubrimiento o elementos de recubrimiento que están embebidos en la primera superficie de dichos electrodos.

Adicionalmente, también se incluye la posibilidad de que esté comprendido un electrodo de migración o un subsistema reactivo, que está conectado físicamente con el segundo electrodo.

- 10 Adicionalmente, es ventajoso si el primer electrodo, el segundo electrodo y/o el tercer electrodo están diseñados como una capa con un espesor de capa preferido entre 10 y 100.000 nm, preferentemente entre 20 y 1.000 nm, especialmente entre 30 y 500 nm.

- 15 En otra realización ventajosa, está presente una ruta conductora externa, sobre la cual el primer electrodo puede conectarse a cualquiera del segundo electrodo, el tercer electrodo, el electrodo de migración o el subsistema, respectivamente. Esta ruta conductora externa comprende adicionalmente un interruptor para completar el circuito eléctrico, tras lo cual se inicia la reacción química dentro del procesador electroquímico, por ejemplo, comienza la corrosión del segundo electrodo.

Los materiales preferidos para cada uno de los componentes del procesador se dan a continuación:

- 20 El primer electrodo y/o el tercer electrodo comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en negro de humo de grafito, un material bicomponente que comprende grafito y una resina (met)acrílica; polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi)tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli-(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI); y/o metales.

- 25 El segundo electrodo comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en metales, tales como aluminio, tantalio o polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi)tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilen-dioxitiofeno)-poli(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI).

- 30 El primer electrolito y/o el segundo electrolito comprenden sales inorgánicas, preferentemente NaCl, CaCl₂, LiClO₄; y/o ácidos, preferentemente ácidos débiles, en los que el primer electrolito es preferentemente una solución o un gel de dichas sales inorgánicas y/o dichos ácidos, en el que la solución o gel contiene aditivos, tales como alquilenglicoles, por ejemplo, etilenglicol o mezclas de agua-etilenglicol, y/o espesantes tales como alcoholes polivinílicos y/o polisacáridos, tales como celulosa y/o almidón, electrolitos sin agua basados en N,N-dimetilformamida, N,N-dimetilacetamida y/o γ -butirolactona. Los espesantes permiten una impresión del electrolito. El espesamiento del electrolito posibilita aplicar el electrolito mediante técnicas de impresión, por ejemplo, procedimientos de impresión serigráfica, etc. En los casos donde se usan electrolitos no acuosos, la humedad del entorno circundante puede usarse para humedecer el electrolito para que sea conductor.

- 35 El material eléctricamente aislante y/o los espaciadores comprenden un material o están compuestos de un material seleccionado entre el grupo que consiste en un poliéster, polietileno, polipropileno y/o una laca de una resina, preferentemente una resina (met)acrílica, una resina copolimérica que comprende un (met)acrilato y un poliuretano. Preferentemente, el material aislante es transparente.

- 40 El sustrato comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en un material plástico, preferentemente polietileno, polipropileno, polietileno coextruido, polipropileno coextruido, polietileno tereftalato, polietileno naftaleno dicarboxilato, policarbonato y/o poliamida; papel, papel revestido, vidrio o un material cerámico.

- 45 La capa de encapsulación comprende un material o está compuesta de un material seleccionado entre el grupo que consiste en un material plástico, preferentemente un polietileno, poliéster, una laca basada en una resina de (met)acrilato, copolímeros de (met)acrilato y/o poliuretanos, en el que dicho material preferentemente es transparente.

- 50 La capa de expansión y/o el al menos un elemento de expansión comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en materiales que aumentan su volumen tras el contacto con agua o el electrolito, preferentemente alcohol polivinílico.

La capa de migración comprende un material o está compuesta de un material seleccionado entre el grupo que consiste en materiales que aumentan su volumen tras el contacto con agua o el electrolito, preferentemente alcohol polivinílico.

La capa de recubrimiento y/o el al menos un elemento de recubrimiento comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en negro de humo de grafito, aluminio o polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi) tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli-(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI).

- 5 El electrodo de migración comprende un material compuesto que comprende al menos un polímero eléctricamente conductor en combinación con un polímero conductor iónico, preferentemente un material compuesto de polianilina y alcohol polivinílico, un material compuesto de PEDOT:PSS y alcohol polivinílico y/o combinaciones de los mismos.

10 El subsistema está compuesto de sustancias que muestran un cambio físico de al menos una propiedad de un material o experimentan una reacción química tras el contacto con un electrolito y/o una solución acuosa, preferentemente un indicador de color, una sustancia o composición que produce una reacción exotérmica, una sustancia o composición que produce un aumento en su volumen.

15 De acuerdo con una realización especial, el procesador electroquímico puede construirse como un indicador, tal como un indicador de tiempo o un integrador de tiempo-temperatura. De acuerdo con esta realización, es preferible si una capa de información gráfica que comprende al menos una imagen y/o una señal coloreada está alineada sobre al menos una parte de la segunda superficie del segundo electrodo y/o la superficie del sustrato opuesto a la superficie en la que los electrodos están alineados. En este último caso, se prefiere si el sustrato, el material aislante y el electrodo oxidado son transparentes. Adicionalmente, se proporcionan los usos del procesador electroquímico como se ha descrito anteriormente. Los usos especiales, entre otros, son usos del procesador electroquímico como

20 indicador de tiempo, integrador de tiempo-temperatura, parte de un envase para alimentos, salsas y/o bebidas, fármacos, productos farmacéuticos, cosméticos y/o compuestos químicos, tal como recipientes, botellas, cartones de tetra pack o tapas o tapones roscados para dichos recipientes. En una realización preferida, se acciona un interruptor externo, que está presente en los recipientes mencionados anteriormente y el circuito del procesador se cierra cuando dicho recipiente se abre por primera vez. Este interruptor puede ser, por ejemplo, un interruptor de membrana o un interruptor de láminas.

25 Adicionalmente, la presente invención proporciona un procedimiento de composición, ensamblaje y fabricación del procesador electroquímico mencionado anteriormente, en el que

- a) un primer electrodo y un segundo electrodo, cada uno de los cuales tiene una primera y una segunda superficies dispuestas opuestamente, en el que el primer electrodo y el segundo electrodo tienen diferentes potenciales de electrodo y están alineadas de forma separada entre sí en la dirección X,
- 30 b) al menos una parte de una primera superficie del primer electrodo y una parte de la primera superficie del segundo electrodo está cubierta con un electrolito en la dirección Y, interconectando el electrolito dicho primer electrodo con el segundo electrodo, y
- c) al menos una parte de la primera superficie del segundo electrodo que no está cubierta por el electrolito está cubierta con un material eléctricamente aislante en la dirección Y que bordea el electrolito.

35 En una realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la presente invención, se proporciona un sustrato sobre el cual los dos electrodos se aplican con su segunda superficie.

Adicionalmente, el sustrato puede suministrarse con una capa indicadora, que puede ser una capa indicadora o una imagen etc. Esta capa indicadora puede aplicarse sobre la misma superficie del sustrato, sobre la que se han aplicado los electrodos; en este caso, la capa indicadora se aplica antes de que los electrodos se fijen sobre el sustrato. En una

40 realización alternativa, la capa indicadora puede aplicarse también sobre la superficie exterior del sustrato, es decir, la superficie opuesta del sustrato sobre la cual se aplican los electrodos. Cuando el segundo electrodo, por ejemplo, un electrodo de aluminio, se oxida, se hace transparente y se hace visible la imagen subyacente.

En el caso de que los electrodos sean electrodos metálicos, estos electrodos pueden aplicarse por técnicas de metalizado, es decir, evaporación de metales sobre dicho sustrato, por ejemplo, evaporación de aluminio.

45 Adicionalmente, pueden usarse también técnicas de bombardeo para aplicar los electrodos metálicos sobre el sustrato. El punto de inicio para fabricar dicho procesador puede ser también un producto semiacabado, tal como una película de plástico, es decir, una película de poliéster que se vaporiza por ejemplo con aluminio. Tales productos semiacabados se conocen como materiales de envasado.

Adicionalmente, la capa de electrodo vaporizada puede estructurarse por erosión con láser.

50 Todas las capas adicionales, compuestas tales como la capa de recubrimiento, los elementos espaciadores, el material aislante o las capas de indicación pueden aplicarse por procedimientos mecánicos tales como procedimientos de impresión, por encima de todas ellas, por procedimientos de impresión serigráfica y/o procedimientos de flexo-impresión o mediante el uso de robots de dosificación.

Un ejemplo ventajoso de producir un procesador de acuerdo con la presente invención se da a continuación:

55 Un primer electrodo se realizará de grafito. Esta capa de grafito se deposita sobre una lámina vaporizada de Al. Después de la deposición del electrolito, la capa de Al, situada por debajo de la capa de grafito y

entre una capa de grafito y el sustrato, se auto-oxida para formar Al_2O_3 y/o hidróxido de óxido de aluminio, que da como resultado un conjunto apilado, que comprende una lámina (sustrato), una capa de óxido de aluminio o un hidróxido de óxido de aluminio, sobre el que se deposita el grafito como primer electrodo.

5 La presente invención se describirá con mayor detalle en la siguiente descripción junto con las figuras adjuntas. Sin embargo, estas figuras no deben entenderse en un sentido limitante respecto al principio general de la presente invención.

La Figura 1 muestra una primera realización del procesador electroquímico de acuerdo con la presente invención.

10 La Figura 2 muestra diferentes perspectivas de una segunda realización del procesador electroquímico que comprende dos cámaras de reacción.

La Figura 3 muestra otra realización más del procesador electroquímico que comprende dos cámaras de reacción ambas cargadas con un electrolito y/o un reactante.

La Figura 4 muestra un procesador electroquímico con una capa de expansión.

15 La Figura 5 muestra un procesador electroquímico de acuerdo con la presente invención que comprende elementos de expansión.

La Figura 6 muestra un procesador electroquímico de acuerdo con la presente invención que comprende dos cámaras de reacción y tres electrodos.

20 La Figura 7 muestra un procesador electroquímico de acuerdo con la presente invención que comprende tres electrodos y una capa de migración.

La Figura 8 muestra una realización de un procesador electroquímico de la invención con dos electrodos y una capa de migración.

25 La Figura 9 muestra otra realización de la presente invención de acuerdo con la cual el procesador electroquímico comprende tres electrodos, en la que el segundo y tercer electrodo están enlazados por una capa de migración y el tercer electrodo comprende una capa de recubrimiento.

La Figura 10 muestra una realización alternativa de acuerdo con la cual el procesador electroquímico comprende tres electrodos, en la que el segundo y el tercer electrodos están enlazados por una capa de migración y el tercer electrodo comprende una capa de recubrimiento o un elemento de recubrimiento.

30 La Figura 11 muestra otra realización de acuerdo con la cual el procesador electroquímico comprende un electrodo de migración, que está en contacto eléctrico directo con el segundo electrodo.

La Figura 12 muestra otra realización de acuerdo con la presente invención en la que el procesador electroquímico comprende un subsistema que está en contacto eléctrico directo con el segundo electrodo.

Materiales preferidos y procedimiento de fabricación

35 El sustrato consiste, por ejemplo, en una película de polietileno, película de poliéster, película de polipropileno (PP) o película de PPC (polipropileno coextruido), película de poliimida o de cualquier otro material que para la aplicación pretendida tenga estabilidad mecánica, química y térmica adecuadas, así como propiedades de aislamiento eléctrico. El espesor de película puede ser de algunos micrómetros, sin embargo, también de algunos milímetros. Un valor prácticamente útil es de aproximadamente, por ejemplo, 200 μm .

Los electrodos consisten, por ejemplo, en los siguientes materiales:

40 ⇒ Grafito

La capa de grafito puede producirse, por ejemplo, a partir del siguiente material: resina acrílica y grafito coloidal en propanol, Graphic 33 de Kontaktchemie, CRC Industries Deutschland GmbH, Südring 9 DE-76473 Iffezheim.

⇒ "PEDOT" (3,4-polietilendioxitiofeno) eléctricamente conductor

45 La compañía *Bayer* ofrece este polímero dopado con ácido poliestireno sulfónico que se añade durante la polimerización, como una suspensión en agua con el nombre *Baytron P*. Este material se denomina PEDOT:PSS. [http://www.hcstarck.de/index.php?page_id=292&prod_sevice_id=310&anw_id=97&showlogin=no&suchstart=call:5 de enero de 2010].

⇒ Polianilina eléctricamente conductora. Ésta está disponible, por ejemplo, en la compañía *Panipol* (Finlandia) como PANIPOL T (polianilina en tolueno) [<http://www.panipol.fi/> call: 5 de enero de 2010].

⇒ Sin embargo, también pueden usarse todos los demás polímeros eléctricamente conductores .

5 Puede realizarse la deposición de las capas de electrodo fabricadas de polímeros eléctricamente conductores o grafito, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexografía, pulverización, aplicación mediante rodillo, recubrimiento rotatorio, impresión por chorro de tinta, un procedimiento de dispersión en película con diferentes rasquetas o mediante cualquier otro procedimiento adecuado. Los espesores de capa típicos están entre 50 nm y 500 μm .

10 Los electrodos fabricados de películas finas de aluminio pueden implementarse por deposición en fase vapor de aluminio sobre películas de plástico. Como un producto industrial principal puede usarse, por ejemplo, una película de poliéster que tiene una película de aluminio depositada en fase vapor y un espesor de película de aluminio < de 1 μm de la compañía *Nawrot* [<http://www.nawrot.de/de/ueberblick.html>].

Película de electrolito

Por ejemplo, pueden usarse como electrolitos soluciones acuosas de NaCl, CaCl₂ o Li-CIO₄ en acetonitrilo pero también cualquier otro electrolito.

El electrolito puede depositarse como una capa tipo gel. Para esto, por ejemplo, puede usarse un gel de agarosa.

15 La deposición puede realizarse, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexográfica, pulverización, aplicación mediante rodillo, recubrimiento rotatorio, impresión por chorro de tinta, procedimiento de dispersión en película con diferentes rasquetas o mediante cualquier otro procedimiento apropiado. Los espesores de capa típicos son entre algunos μm a 1 cm, preferentemente de unos 10 μm a unos 100 μm .

Capa de encapsulación

20 La capa de encapsulación consiste, por ejemplo, en polietileno, poliéster, laca basada en resina acrílica, copolímero de acrilato, esmalte de uretano. Sin embargo, puede usarse cualquier otro material que tenga propiedades adhesivas y de encapsulación adecuadas.

25 La deposición de la capa de encapsulación puede realizarse, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexográfica, pulverización, aplicación mediante rodillo, recubrimiento rotatorio, impresión por chorro de tinta o mediante cualquier otro procedimiento apropiado. Los espesores de capa típicos son entre algunos μm a 1 cm, preferentemente de unos 10 μm a unos 100 μm .

También es posible depositar la capa en el procedimiento de laminado por calor.

Material eléctricamente aislante y elementos espaciadores

30 Estos consisten, por ejemplo, en una laca basada en resina acrílica, copolímero de acrilato, esmalte de uretano. Sin embargo, puede usarse cualquier otro material que tenga propiedades adhesivas adecuadas.

La deposición del material eléctricamente aislante y/o los espaciadores puede realizarse, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexográfica o procedimientos de laminado. Los espesores de capa típicos son entre algunos μm a 1 mm, preferentemente de unos 10 μm a unos 100 μm .

35 Es posible depositar estos compuestos como capas o como una película, por ejemplo fabricada de poliéster o polietileno, por ejemplo, mediante el procedimiento de laminado por calor.

Capa de migración

Las diversas capas de migración y procedimientos para la fabricación de las mismas ya se han desvelado en la solicitud de patente WO 2009/056591. En lo que respecta a los posibles compuestos o materiales para esta capa, se hace una referencia explícita a esta solicitud de patente.

40 Ejemplo para la fabricación de una capa de migración con alcohol polivinílico PVAL:

45 Se disuelven 0,2 g de CaCl₂·6 H₂O en 10 ml agua desionizada y se añaden 0,6 g de alcohol polivinílico (PVAL) a este electrolito y esto se agita a 80 °C durante aproximadamente dos horas. Después del enfriamiento, se añaden 0,35 g de isopropanol con agitación. La deposición puede realizarse, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexográfica o cualquier otro procedimiento de impresión o procedimiento de dispersión de película. Los espesores de capa típicos son entre algunos μm y 1 mm, preferentemente de algunos μm a unos 100 μm .

Después de la deposición, la capa de alcohol polivinílico se seca.

Capa de expansión y elementos de expansión

Estos pueden consistir, por ejemplo, en alcohol polivinílico o cualquier otro material que aumente su volumen durante la absorción de agua y un electrolito, respectivamente. Esta deposición puede realizarse, por ejemplo, mediante un robot de dosificación, impresión serigráfica, impresión flexográfica, pulverización, aplicación mediante rodillos, recubrimiento rotatorio o cualquier otro procedimiento de impresión. Los espesores de capa típicos están entre algunos μm a 1 mm, preferentemente de algunos μm a unos 100 μm . Después de la deposición, la capa de alcohol polivinílico se seca.

Aplicaciones

El procesador electroquímico puede emplearse, por ejemplo, en la ingeniería de micro-reacciones para aplicaciones tales en las que, en un momento predeterminado, un reactante se va a poner en contacto con un electrolito para desencadenar una reacción química y/o electroquímica. En este caso, está relacionado con un nuevo y gran campo de aplicación.

Sin embargo, la invención puede usarse como un indicador de tiempo o como un integrador de temperatura-tiempo. Se permite que estos sean parte de envases de producto - particularmente envases de alimentos. Los indicadores de tiempo pueden iniciarse, por ejemplo, cuando se abre un envase estableciendo un cortocircuito eléctrico entre dos capas del procesador electroquímico. Los indicadores de tiempo indican, por tanto, el lapso de tiempo después de abrir el envase.

También, los integradores de temperatura-tiempo pueden iniciarse de esta manera. Pueden usarse como una fecha de consumo preferente electrónica. Tal aplicación se conoce de la solicitud de patente anterior WO 2009/056591. Teniendo el procesador electroquímico, adicionalmente se obtiene como resultado la posibilidad de activación eléctrica del sistema (por ejemplo, con la abertura del envase). Ambas invenciones pueden combinarse entre sí en un producto.

La Figura 1 muestra una realización principal del procesador de acuerdo con la presente invención. Sobre un sustrato 100 está localizada una primera cámara de reacción 400 que tiene un primer electrodo 200 (electrodo inicial). La primera cámara de reacción 400 está cargada con un electrolito 401. Un segundo electrodo 300 (electrodo de deslaminado) está en conexión eléctrica con la primera cámara de reacción 400. El segundo electrodo 300 y el material aislante en forma de un recubrimiento de material compuesto 500 aislante están fijados entre sí. Cuando el segundo electrodo 300 está en contacto con el recubrimiento 500 del material compuesto, se evita el contacto del electrolito con el segundo electrodo 300. El procesador electroquímico 1 está limitado por los espaciadores 800 y 801 en la dirección X. Estos espaciadores 800, 801 interconectan el primer electrodo 200 o el sustrato 100, respectivamente, con la capa de encapsulación 700 y, por tanto, determinan el espesor o tamaño del procesador 1 en la dirección Y.

El primer 200 y el segundo electrodo 300 están localizados uno cerca de otro en la dirección X y consisten en diversos materiales y forman una celda electroquímica en combinación con un electrolito 401. Estableciendo un cortocircuito eléctrico entre el primer 200 y segundo electrodo 300 a través de un interruptor externo, que está alineado fuera el procesador 1 (no mostrado) pueden establecerse procedimientos electroquímicos sobre los electrodos, especialmente sobre el segundo electrodo 300.

Una reacción electroquímica en el segundo electrodo 300 provoca una separación del compuesto de material entre el recubrimiento de material compuesto y el segundo electrodo 300 formando de esta manera una intercapa nanométrica, que se analizará con detalle posteriormente.

En la Figura 1, el primer electrodo 200, por ejemplo, consiste en grafito y el electrodo 300 consiste en una película de aluminio fina que tiene un espesor de unos 10 nm. Tras la activación del procesador 1, el electrolito 401 migra debido a la separación del compuesto de material entre el segundo electrodo 300 y el recubrimiento de material compuesto 500 en el desarrollo de la película de óxido de aluminio (no mostrada) y la intercapa con el recubrimiento de material compuesto 500 como se explica en los siguientes ejemplos. Puesto que el electrodo 300 se convierte lateralmente en óxido de aluminio y/o hidróxido de óxido de aluminio, este electrodo puede usarse también como un elemento indicador óptico.

La primera cámara de reacción 400 está unida mediante el espaciador 801 y el material compuesto 500 aislante en la dirección X, así como mediante el primer electrodo 200 y la capa de encapsulación 700 en la dirección Y. Por supuesto, la primera cámara de reacción 400 también está unida mediante los miembros de pared respectivos en la dirección Z, sin embargo, estos elementos no se muestran en la sección transversal como se muestra en la Figura 1.

En otra realización del procesador 1 de acuerdo con la presente invención, se da también la posibilidad de que uno de los miembros de pared que define la primera cámara de reacción 400 (o también la segunda cámara de reacción 600 como en los siguientes ejemplos) comprenda una abertura (no mostrada) que permite un intercambio de masa con el entorno circundante del procesador 1. Esta abertura puede estar localizada, por ejemplo, en la capa de encapsulación 700, el miembro 801 de pared o los miembros de pared respectivos en la dirección Z. En este caso, la cámara de reacción 400 está cargada con una sustancia, que puede absorber vapor de agua del entorno

circundante, por ejemplo, alcohol polivinílico o alcohol polivinílico con un aditivo higroscópico, por ejemplo sales higroscópicas tales como por ejemplo cloruro de calcio. Si esta sustancia higroscópica está en contacto con el vapor de agua a través de la abertura mencionada anteriormente, absorbe agua y un electrolito 401 se forma dentro de la primera cámara de reacción 400. Por supuesto, este principio puede aplicarse también a los siguientes ejemplos así como a la segunda cámara de reacción 600.

La Figura 2a muestra una vista en sección de un sustrato 100 que tiene un primer electrodo (electrodo inicial) 200, un segundo electrodo (electrodo de deslaminado) 300, un electrolito 401 en una primera cámara de reacción 400, una segunda cámara de reacción 600, elementos espaciadores 800, 801 así como una capa 700 de recubrimiento. En la Figura 2b se muestra una vista superior.

El electrolito 401 en la primera cámara de reacción 400 está en contacto con el primer electrodo 200 y partes del segundo electrodo 300 (las primeras superficies de estos electrodos).

El primer electrodo 200, consiste, por ejemplo en PEDOT:PSS, y el segundo electrodo 300 consiste en una película fina de aluminio. Ambos electrodos pueden estar cortocircuitados externamente, por ejemplo cuando están situados expuestos en el borde izquierdo (Figuras 2a y 2b). Esto da como resultado una oxidación electroquímica de la película 300 fina de aluminio en la celda electroquímica 1 cortocircuitada debido a los diferentes potenciales del electrodo. La oxidación se inicia cuando el aluminio 300 se pone en contacto con el electrolito 401. El aluminio 300 se convierte en óxido de aluminio 900.

Después, en el borde izquierdo del recubrimiento de material compuesto 500, el contacto de la capa sólida entre el recubrimiento de material compuesto y el aluminio del segundo electrodo 300 se reduce debido a que el óxido de aluminio 900 generado sobre la ruta electroquímica desarrolla una intercapa nanométrica entre la película 300 de aluminio y el recubrimiento de material compuesto 500.

Este procedimiento continúa lateralmente por debajo del recubrimiento de material compuesto 500 y el óxido de aluminio 900 alcanza la segunda cámara de reacción 600. Como se muestra en la Figura 2c, es posible que el segundo electrodo 300 en su superficie se convierta en óxido 900 de aluminio. Sin embargo, también es posible durante el uso de películas muy finas de aluminio (por ejemplo de unos 10 nm) oxidar toda la capa de electrodo hasta el sustrato 100 (Figura 2d). Debido a la dispersión lateral de la película de óxido de aluminio 900, también una película 401 fina de electrolito migra hasta la segunda cámara de reacción 600. Si hay un reactante en la segunda cámara de reacción 600, puede tener lugar una reacción química debida al contacto con el electrolito 401.

En la Figura 3 se muestra un sistema de acuerdo con la Figura 2 en el que un reactante 1100 ocupa el espacio de la segunda cámara de reacción 600. La Figura 3a muestra el sistema antes y la Figura 3b después de la oxidación química del segundo electrodo 300.

Debido a que la película de óxido de aluminio 900 se dispersa lateralmente, también en el presente documento una película 401 fina de electrolito migra desde la izquierda hasta la derecha hasta que ocurre un contacto con el reactante 1100 en la segunda cámara de reacción 600. Debido a que ocurre el contacto del material puede desencadenarse una reacción química. Tal aplicación puede emplearse, por ejemplo, en ingeniería de micro-reacción.

El espesor de película de la película 401 de electrolito entre la película de óxido de aluminio 900 y el recubrimiento de material compuesto 500 puede aumentarse de tal manera que se inserta entre el recubrimiento de material compuesto 500 y el segundo electrodo 300 una capa de expansión 1000, por ejemplo fabricada de alcohol polivinílico (PVAL) (Figura 4a). Esta capa de expansión puede asimilar el electrolito y, debido a esto, expandirse. Como se muestra en el ejemplo de acuerdo con la Figura 4b, aquí una película de óxido de aluminio se dispersa también lateralmente debido a la separación del compuesto de material entre el aluminio del segundo electrodo 300 y la capa de compuesto 500. Arrastra una película de electrolito 401 detrás. Durante el contacto entre el electrolito y la capa de expansión 1000 esta última se expande en su espesor y forma un canal de mayor sección transversal para el electrolito 401. (Las proporciones de espesor de película no se muestran a escala en la figura. Por simplificación de la ilustración en el presente documento el aumento del espesor de película de la capa de expansión 1000 está a expensas del recubrimiento de material compuesto 500. Este no es el caso, de hecho, pero el espesor de la película total del sistema cambia).

Sin embargo, en lugar de la capa de expansión 1000 pueden usarse elementos de expansión 1001 (Figura 5). Estos elementos de expansión 1001 están dispuestos entre el recubrimiento de material compuesto 500 y el segundo electrodo 300. Pueden formarse en un patrón tipo isla o también como tiras (en paralelo o transversalmente respecto a la dirección de migración del electrolito 401). Por simplificación, las capas de expansión y los elementos de expansión no se muestran en las siguientes realizaciones. Pueden usarse análogamente en los ejemplos anteriores o posteriores.

En la Figura 6a, se muestra un sistema que comprende un tercer electrodo 1200, que está alineado cerca del segundo electrodo 300. Aquí, el electrolito 402 ocupa el espacio de la segunda cámara de reacción 600. Adicionalmente, el tercer electrodo 1200 entra en contacto con el electrolito 402 en la segunda cámara de reacción. Cuando el compuesto de material entre el segundo electrodo 300 y la capa de compuesto 500 se reduce como se

ilustra en los ejemplos anteriores también se forma un canal de electrolito 401 (Figura 6b). Debido a esto se forma una celda electroquímica con el tercer electrodo 1200. Después de la formación del canal de electrolito 401, por ejemplo, puede establecerse una reacción electroquímica del tercer electrodo entre el primer electrodo 200 y el tercer electrodo 1200 cuando el primer y el tercer electrodos están conectados eléctricamente. Este tercer electrodo puede fabricarse de un material electrocromático por ejemplo PEDOT:PSS, PANI.DBSA u otro. Cuando el primer y el tercer electrodo consisten en diferentes materiales y éstos están en cortocircuito, entonces se provoca un efecto electroquímico sobre el tercer electrodo de acuerdo con la diferencia de potencial entre el primer y tercer electrodos.

El tercer electrodo 1200 puede consistir análogamente en una película fina de aluminio. Cuando el tercer electrodo 1200 está conectado con el primer electrodo 200 (por ejemplo, fabricado de PEDOT:PSS) de manera que la oxidación electroquímica del electrodo 1200 surge después del desarrollo de un canal del electrolito 401, este electrodo se convierte de esta manera en óxido de aluminio y se hará transparente donde el aluminio estaba previamente en contacto con el electrolito. De esta manera, el tercer electrodo 1200 puede usarse como un elemento indicador óptico.

En la Figura 7a se muestra una disposición con un tercer electrodo 1200 así como una capa de migración 1300 adicional. Los sistemas de capa de migración se conocen de la solicitud de patente WO 2009/056591. En el presente ejemplo, el primer electrodo 200 consiste en PEDOT:PSS, el segundo electrodo 300 y el tercer electrodo 1200 consisten en una película fina de aluminio que tiene un espesor de película de unos 100 nm. La capa de migración 1300, por ejemplo, consiste en alcohol polivinílico y está en contacto con el segundo electrodo 300 y el tercer electrodo 1200. El segundo electrodo 300 y el tercer electrodo 1200 están conectados eléctricamente con el primer electrodo 200.

Cuando el canal 401 del electrolito se crea como se muestra en las realizaciones anteriores, entonces el electrolito 401 estará en contacto con la capa de migración 1300 (Figura 7b). La capa de alcohol polivinílico puede absorber el electrolito en esta área de contacto. La migración del electrolito ocurre lateralmente como se ilustra en el documento PCT/EP2008/064712 en detalle. La velocidad de migración y la dependencia de la temperatura de la velocidad de migración pueden ajustarse mediante el espesor, tipo y composición de la capa de migración durante la fabricación. En la Figura 7c transcurre la migración del electrolito en la capa de migración 1300 y el electrodo 1200 subyacente se oxida electroquímicamente donde está en contacto con el electrolito (una parte del electrodo 1200 se convierte en 1201). El movimiento de avance del frente de migración 1302 en la capa de migración 1300, de esta manera, provoca que un frente de oxidación 1202 avance en la película 1200 de aluminio, que se convierte en óxido de aluminio 1201 hasta este frente de oxidación y se hace transparente de esta manera. Aquí, el tercer electrodo 1200 puede usarse también como un elemento indicador óptico en un indicador de tiempo o integrador de temperatura-tiempo.

En una realización alternativa, los electrodos 300 y 1200 de la Figura 7a están combinados en un electrodo 300 pasante (Figura 8). La función de esta disposición se sigue de la misma manera como se muestra en el ejemplo de acuerdo con la Figura 7a.

Como alternativa, en el ejemplo de acuerdo con las Figuras 7 y 8, el primer electrodo 200 puede consistir también en grafito.

La Figura 9 muestra una disposición con un primer electrodo 200 fabricado de grafito, un segundo electrodo 300 fabricado de aluminio así como un tercer electrodo 1200 fabricado de aluminio. La película de aluminio del tercer electrodo está combinada con una película 1400 de recubrimiento de electrodo fabricada de grafito. (La película de grafito del primer electrodo 200 y la película 1400 de recubrimiento de electrodo pueden tener también el mismo espesor de película y, de esta manera, pueden generarse en el mismo procedimiento de fabricación. En la Figura 9 se ilustran diferentes espesores de película.

Cuando el canal del electrolito 401 se fabrica como se muestra en las realizaciones anteriores entonces el electrolito 401 está en contacto con la capa de migración 1300 (Figura 9b). Esta capa de migración 1300, por ejemplo una capa de alcohol polivinílico, puede absorber el electrolito en esta área de contacto. La migración del electrolito 401 ocurre lateralmente como se ilustra en los ejemplos anteriores. El electrolito 401 migra en la capa de migración 1300 hasta el frente de migración 1302. (La capa de migración permeada con el electrolito tiene el número de referencia 1301). Después, el electrolito se pone en contacto con la película 1400 de recubrimiento del electrodo subyacente fabricado de grafito y a través de ésta también con la película de aluminio del tercer electrodo 1200. Entre el aluminio y el grafito, tiene lugar el desarrollo de celdas electroquímicas locales. Las celdas electroquímicas se forman, por un lado, entre la película de aluminio y las partículas de grafito con el electrolito intermedio y, por otro lado, las partículas de grafito están en contacto eléctrico con el aluminio. Debido a los diferentes potenciales de electrodo de aluminio y grafito esto da como resultado la oxidación electroquímica de la película de aluminio hasta el frente de oxidación 1202, que está determinado por el frente de migración 1302 del electrolito. Puesto que el aluminio se convierte en óxido de aluminio entonces, cuando la disposición se ve desde abajo, la capa de metal reflectante ya no es visible sino una capa de grafito negra. Aquí, el tercer electrodo 1200 que tiene la capa de recubrimiento de electrodo como elemento indicador óptico puede usarse también en un indicador de tiempo o integrador de tiempo-temperatura. En esta o en las realizaciones adicionales la capa 1400 de recubrimiento del electrodo puede consistir también en otros materiales. Por ejemplo, esta puede ser polianilina.

5 En una realización de acuerdo con la Figura 10a la disposición de la Figura 7 se modifica en que la capa de migración 1300 es más corta y que todo el tercer electrodo 1200 y la capa 1400 de recubrimiento del electrodo no están cubiertas. Cuando el electrolito penetra en la capa de migración 1300 como se ha ilustrado anteriormente, entonces se pone en contacto con el extremo izquierdo de la capa de recubrimiento 1400 así como con el tercer electrodo 1200. También sin la capa de migración 1300, aquí el electrolito puede migrar en el grafito de la capa 1400 de recubrimiento del electrodo así como el óxido de aluminio del tercer electrodo 1200 desarrollado mediante la oxidación electroquímica y entre estas capas, respectivamente. También, en este efecto puede usarse como elemento indicador óptico en un indicador de tiempo o en un integrador de temperatura-tiempo.

10 En la Figura 10b, la disposición de la Figura 10b se modifica de manera que la capa 140 del recubrimiento de electrodo se separa en elementos 1401 que están embebidos en el tercer electrodo 1200, es decir, no cubren completamente todo el tercer electrodo 1200 sino que se depositan de una manera estructurada. Como resultado, pueden implementarse estructuras de islas o estructuras de tiras que discurren en paralelo o transversalmente a la dirección de migración (en la Figura de izquierda a derecha). También, entre las superficies cubiertas con grafito de la película de aluminio del tercer electrodo 1200 la oxidación del aluminio continúa puesto que los elementos electroquímicos locales aquí también son eficaces en combinación con la capa de grafito. Aunque las partes de la película de aluminio cubiertas con una capa 1401 de recubrimiento del electrodo se hacen negras cuando se ven desde abajo, sin embargo, las partes de la película de aluminio que no están cubiertas se hacen transparentes. También, este efecto puede usarse como un elemento indicador óptico en un indicador de tiempo o un integrador de temperatura-tiempo.

20 En la Figura 10c, se muestra una disposición en la que el segundo electrodo y el tercer electrodo están combinados en un solo electrodo 300. Este electrodo consiste de nuevo en aluminio y está revestido con una capa 1401 de recubrimiento del electrodo de algunos elementos superficiales. Entre el recubrimiento de material compuesto 500 y el electrodo 301 que tiene la capa 1401 de recubrimiento de electrodo está localizada una capa de migración 1300. El sistema se activa de manera que el electrodo 300 está en cortocircuito con el primer electrodo 200 en sus contactos externos. Debido a esto el compuesto de material entre el recubrimiento de material compuesto 500 y el aluminio del electrodo 300 se separan como se ha ilustrado anteriormente. Después, el electrolito entra en la capa de migración 1300 en la que hay una oxidación de la película de aluminio del electrodo 300 con un frente de oxidación en avance.

30 En la Figura 11, se ilustra en una disposición que tiene un primer electrodo 200 y un segundo electrodo 300. El segundo electrodo 300 está en contacto con un electrodo de migración 1500. Tal electrodo de migración está formado por la fusión de las funciones de una capa de polímero eléctricamente conductor (por ejemplo, polianilina) y una capa de migración (por ejemplo, alcohol polivinílico). Está relacionado entonces, por ejemplo, con un "material compuesto de polímero-polímero" fabricado de polianilina y alcohol polivinílico. Cuando el electrolito entra en la primera cámara de reacción 400 en el electrodo de migración 1500 después de la separación del compuesto de material entre el segundo electrodo y la capa de compuesto 500, entonces el electrolito migra en este electrodo de migración como en una capa de migración. Cuando el electrodo de migración 1500 está conectado eléctricamente con el primer electrodo 200, en el electrodo de migración hay una reacción electroquímica y un efecto electrocrómico que depende de la diferencia de potencial entre el primer electrodo y el electrodo de migración.

40 La Figura 12 muestra una disposición como en la Figura 10. Sin embargo, el electrodo de migración 1500 del presente documento está sustituido por un subsistema 1600. Se permite que los subsistemas sean todos los dispositivos conocidos de la solicitud de patente WO 2009/056591.

Otra realización es el resultado de la conexión en cascada de dispositivos individuales del tipo descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Procesador electroquímico (1) que comprende:

- a) un sustrato (100),
- b) un primer electrodo (200) y un segundo electrodo (300), cada uno de los cuales tiene una primera y una segunda superficies dispuestas de forma opuesta, en el que el primer electrodo (200) y el segundo electrodo (300) tienen diferentes potenciales electroquímicos y están dispuestos con su segunda superficie respectiva sobre el sustrato (100), de manera que están separados físicamente uno de otro en una dirección X paralela al sustrato,
- c) un electrolito (401) que cubre al menos una parte de una primera superficie del primer electrodo (200) y una parte de la primera superficie del segundo electrodo (300) en una dirección Y normal al sustrato y que interconecta eléctricamente dicho primer electrodo (200) con el segundo electrodo (300) y
- d) medios para realizar el cortocircuito del primer electrodo (200) con el segundo electrodo (300)

caracterizado porque al menos una parte de la primera superficie del segundo electrodo (300) que no está cubierta por el electrolito (401) está cubierta en la dirección Y con un material eléctricamente aislante (500) y **porque** bordea el electrolito (401), inicia el cortocircuito del primer y del segundo electrodos y **porque** la activación del procesador electroquímico (1), posibilitando de esta manera un deslaminado lateral del segundo electrodo (300) y el material aislante (500) que comienza en el área de contacto del segundo electrodo (300) y el material aislante (500) que proporciona un canal entre el segundo electrodo (300) y el material aislante (500).

2. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** un tercer electrodo (1200) que tiene una primera superficie y una segunda superficie opuesta dispuesta sobre el sustrato (100) está alineado cerca del segundo electrodo (300) y está separado físicamente del segundo electrodo (300) y alineado en la dirección X opuesta al primer electrodo (200).

3. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está comprendida una capa de encapsulación (700), que está dispuesta en paralelo al sustrato (100), en el que el primer electrodo (200), el segundo electrodo (300), si está presente, el tercer electrodo (1200), el electrolito (401) así como el material aislante (500) están intercalados entre el sustrato (100) y la capa de encapsulación (700) en la dirección Y.

4. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** están comprendidos dos espaciadores (800, 801) dispuestos opuestamente, que delimitan el procesador electroquímico (1) en la dirección X, en el que el espaciador (801) y el material aislante (500) forman las paredes de una primera cámara de reacción (400) que contiene el electrolito (401).

5. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el espaciador (800)

- a) bordea el material aislante (500) en el lado opuesto de la cámara de reacción (400), o
- b) está dispuesto separado del material aislante (500), de manera tal que el material aislante (500) y el espaciador (800) forman paredes de una segunda cámara de reacción (600).

6. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** la segunda cámara de reacción (600) está cargada, al menos parcialmente, con un segundo electrolito (402) que es el mismo que el primer electrolito (401), o diferente del primer electrolito (401), o un reactante (1100).

7. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una capa de expansión (1000) y/o al menos un elemento de expansión (1001) está dispuesta entre el segundo electrodo (300) y el material aislante (500).

8. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2-7, **caracterizado porque** está comprendida una capa de migración (1300), que está alineada en una parte de la primera superficie del segundo electrodo (300) y al menos una parte de la primera superficie del tercer electrodo (1200).

9. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la primera superficie del segundo electrodo (300) y/o, si está presente, el tercer electrodo (1200) respectivamente,

- a) está cubierta al menos parcialmente con una capa de recubrimiento (1400) o
- b) los elementos de recubrimiento (1401) están embebidos en la primera superficie de dichos electrodos.

10. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está comprendido

- a) un electrodo de migración (1500) o
- b) un subsistema reactivo (1600)

que está conectado físicamente con el segundo electrodo (300).

11. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer electrodo (200), el segundo electrodo (300) y/o el tercer electrodo (1200), si está presente, están diseñados como una capa con un espesor de capa preferido de entre 10 y 100.000 nm, preferentemente de entre 20 y 1.000 nm, especialmente de entre 30 y 500 nm.
- 5 12. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer electrodo (200) puede conectarse eléctricamente al segundo electrodo (300), si está presente, al tercer electrodo (1200), al electrodo de migración (1500) o al subsistema (1600) a través de una ruta conductora externa que comprende un interruptor para completar el circuito eléctrico.
13. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**
- 10 a) el primer electrodo (200) y/o el tercer electrodo (1200) comprenden un material o están compuestos de un material seleccionado entre el grupo que consiste en negro de humo de grafito, un material bicomponente que comprende grafito y una resina (met)acrílica; polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi)tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI); y/o metales,
- 15 b) el segundo electrodo (300) comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en metales, tales como aluminio, tantalio o polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi)tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI);
- 20 c) el electrolito (401) y/o el segundo electrolito (402) comprenden sales inorgánicas, preferentemente NaCl, CaCl₂, LiClO₄ y/o ácidos, preferentemente ácidos débiles, en el que el electrolito (401) es preferentemente una solución o un gel de dichas sales inorgánicas y/o dichos ácidos, en el que la solución o el gel puede contener aditivos, tales como alquilenglicoles, por ejemplo etilenglicol o mezclas de agua-etilenglicol y/o espesantes tales como alcoholes polivinílicos y/o polisacáridos, tales como celulosa y/o almidón, electrolitos sin agua basados en N,N-dimetilformamida, N,N-dimetilacetamida y/o γ -butirolactona,
- 25 d) el material eléctricamente aislante (500) y/o los espaciadores (800, 801) comprenden un material o están compuestos de un material seleccionado del grupo que consiste en un poliéster, polietileno, polipropileno y/o una laca de una resina, preferentemente de una resina (met)acrílica, una resina copolimérica que comprende un (met)acrilato y/o un poliuretano,
- 30 e) el sustrato (100) comprende un material o está compuesto de un material seleccionado entre el grupo que consiste en un material plástico, preferentemente polietileno, polipropileno, polietileno coextruido, polipropileno coextruido, polietileno tereftalato, polietileno naftalen dicarboxilato, policarbonato y/o poliamida; papel, papel revestido, vidrio o un material cerámico,
- 35 f) la capa de encapsulación (700) comprende un material o está compuesta de un material seleccionado entre el grupo que consiste en un material plástico, preferentemente un polietileno, poliéster, una laca basada en una resina de (met)acrilato, copolímeros de (met)acrilato y/o poliuretanos, en el que dicho material es preferentemente transparente,
- g) la capa de expansión (1000) y/o el al menos un elemento de expansión (1001) comprenden un material o están compuestos de un material seleccionado entre el grupo que consiste en materiales que aumentan su volumen tras el contacto con agua o el electrolito (401), preferentemente alcohol polivinílico,
- 40 h) la capa (1300) de migración comprende un material o está compuesta de un material seleccionado entre el grupo que consiste en materiales que aumentan su volumen tras el contacto con agua o el electrolito (401), preferentemente alcohol polivinílico,
- 45 i) la capa de recubrimiento (1400) y/o el al menos un elemento de recubrimiento (1401) comprenden un material o están compuestos de un material seleccionado entre el grupo que consiste en negro de humo de grafito, aluminio o polímeros eléctricamente conductores, preferentemente poli(3,4-etilendioxi)tiofeno (PEDOT), poli(3,4-etilendioxitiofeno)-poli(estirenosulfonato) (PEDOT:PSS), polianilina, polianilina dopada (PANI);
- 50 j) el electrodo de (1500) migración comprende un material compuesto que comprende al menos un polímero eléctricamente conductor en combinación con un polímero conductor de iones, preferentemente un material compuesto de polianilina y alcohol polivinílico, un material compuesto de PEDOT:PSS y alcohol polivinílico y/o combinaciones de los mismos,
- k) el subsistema (1600) está compuesto de sustancias que muestran un cambio físico de al menos una propiedad del material o experimentan en una reacción química tras el contacto con un electrolito y/o una solución acuosa, preferentemente un indicador de color, una sustancia o una composición que producen una reacción exotérmica, una sustancia o una composición que produce un aumento en su volumen.
- 55 14. Procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una capa de información gráfica que comprende al menos una imagen y/o una señal coloreada está alineada sobre al menos una parte de la segunda superficie del segundo electrodo (300).
15. Uso del procesador electroquímico (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores como indicador de tiempo, integrador de tiempo-temperatura, parte de un envase para alimentos, salsas y/o bebidas, fármacos, productos farmacéuticos, cosméticos y/o compuestos químicos tales como recipientes, botellas, cartones de tetra pack o tapas o taponos roscados para dichos recipientes.
- 60

16. Procedimiento de composición de un procesador electroquímico de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que

- 5 a) un primer electrodo (200) y un segundo electrodo (300) cada uno de los cuales tiene una primera y segunda superficies dispuestas de forma opuesta, en el que el primer electrodo (200) y el segundo electrodo (300) tienen diferentes potenciales electroquímicos y están alineados por separado uno de otro en la dirección X,
- b) al menos una parte de una primera superficie del primer electrodo (200) y una parte de la primera superficie del segundo electrodo (300) están cubiertas con un electrolito (401) en la dirección Y, en el que el electrolito (401) interconecta dicho primer electrodo (200) con el segundo electrodo (300),
- 10 c) al menos una parte de la primera superficie del segundo electrodo (300) que no está cubierta con el electrolito (401) está cubierta con un material eléctricamente aislante (500) en la dirección Y que bordea el electrolito (401), y
- d) se proporcionan medios para realizar el cortocircuito del primer electrodo (200) con el segundo electrodo (300).

Fig. 1

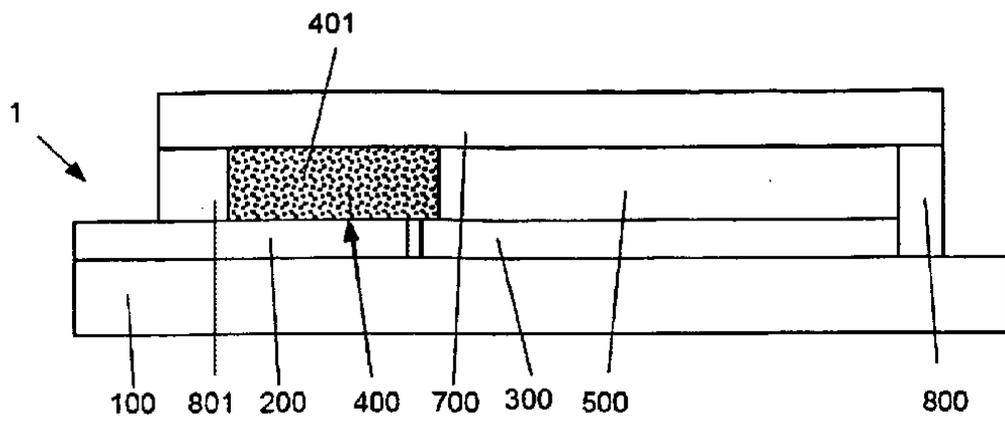


Fig. 2

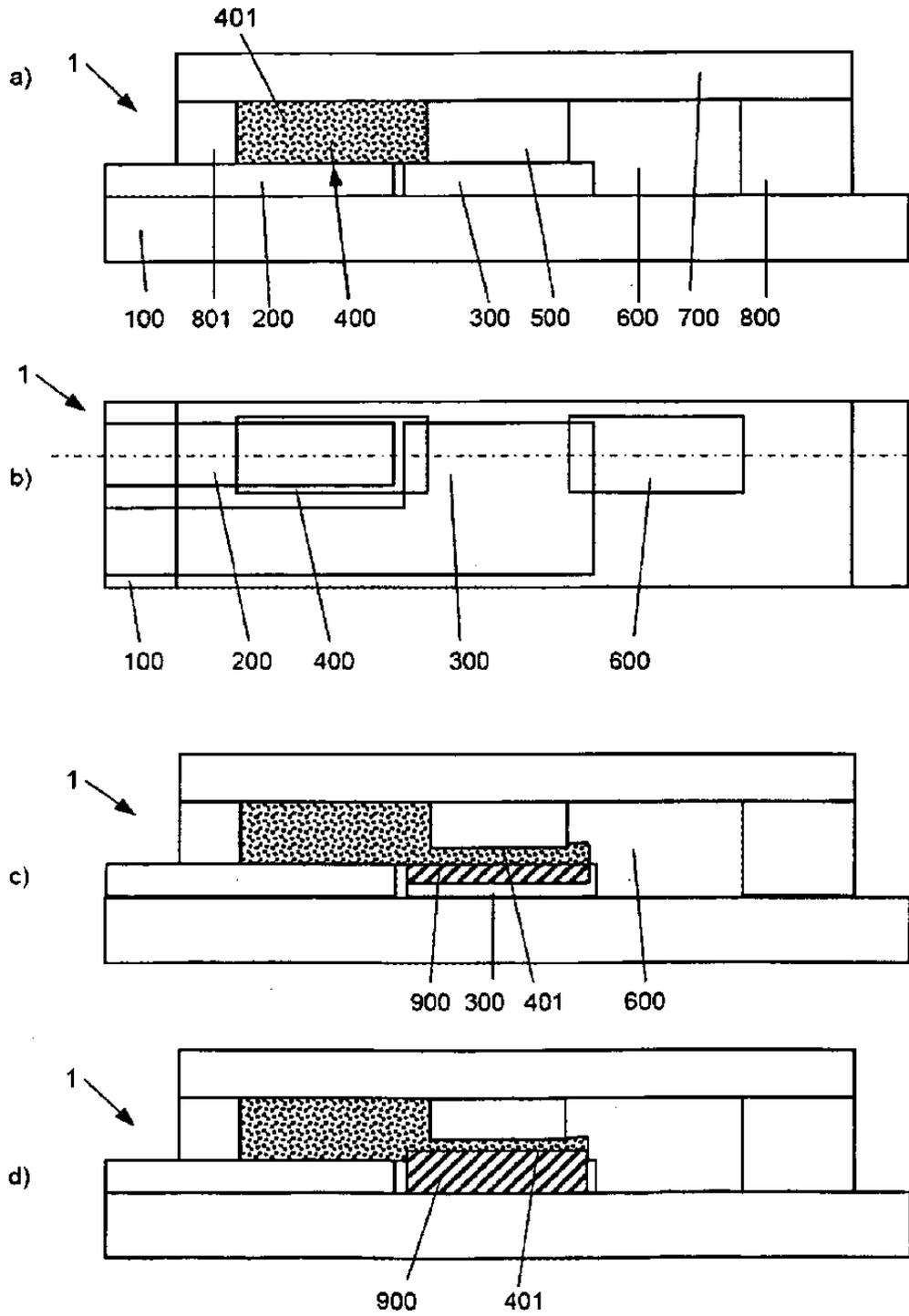


Fig. 3

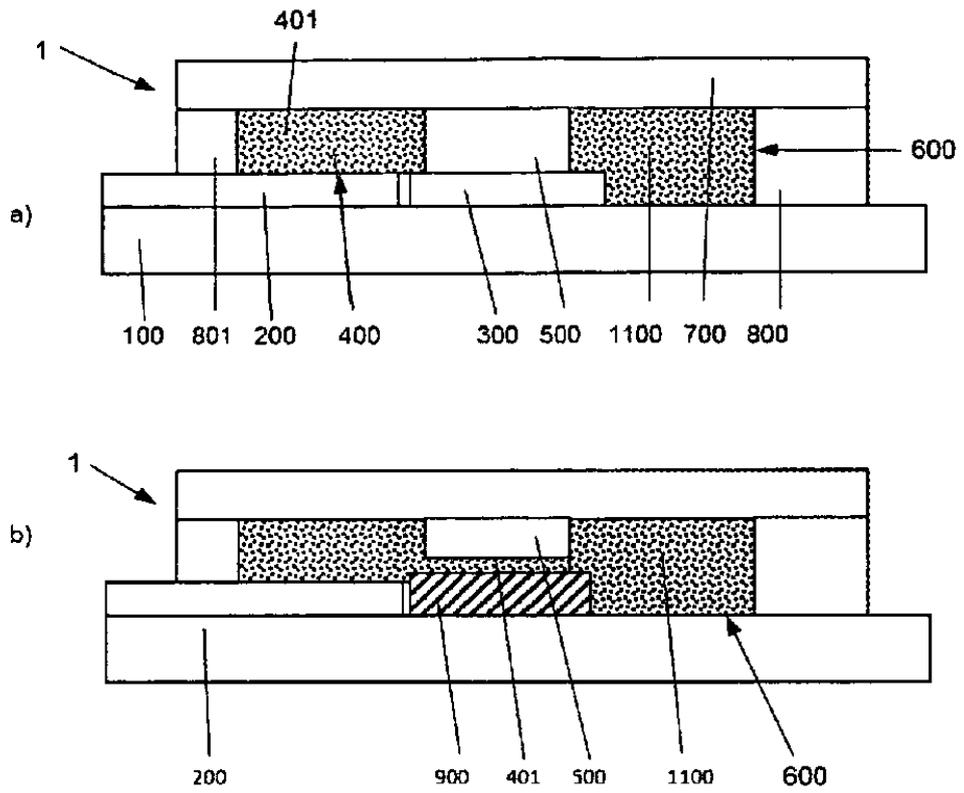


Fig. 4

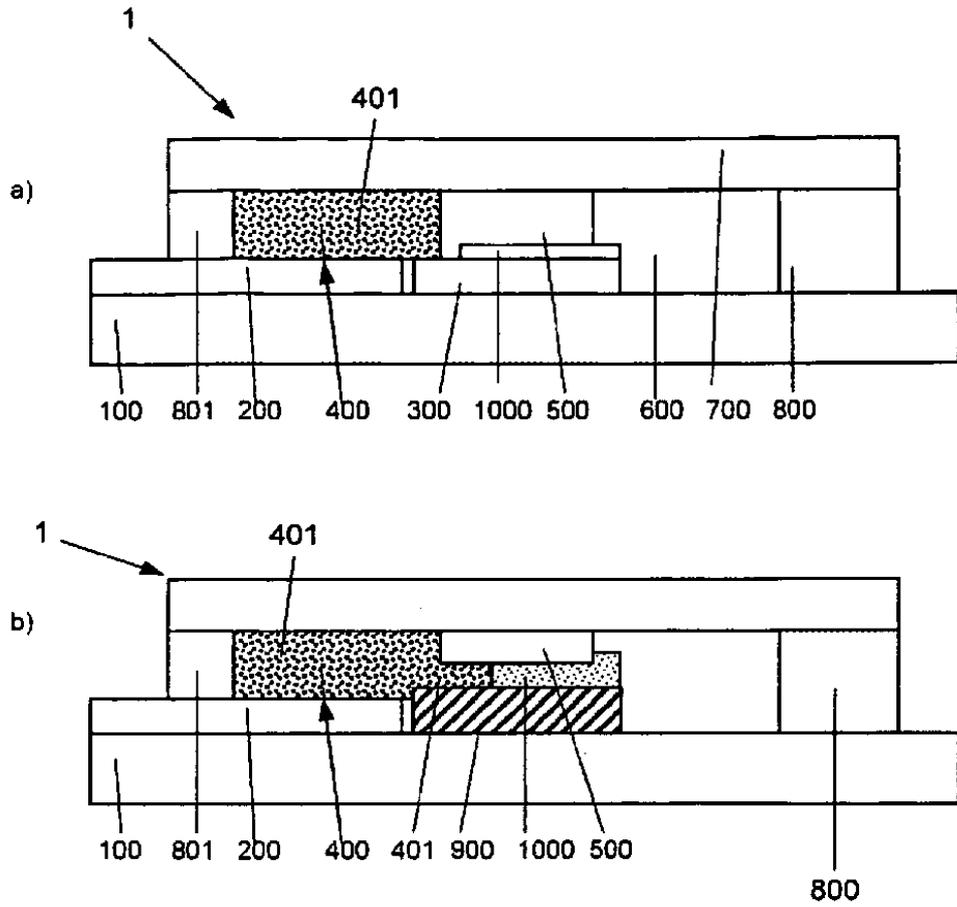


Fig. 5

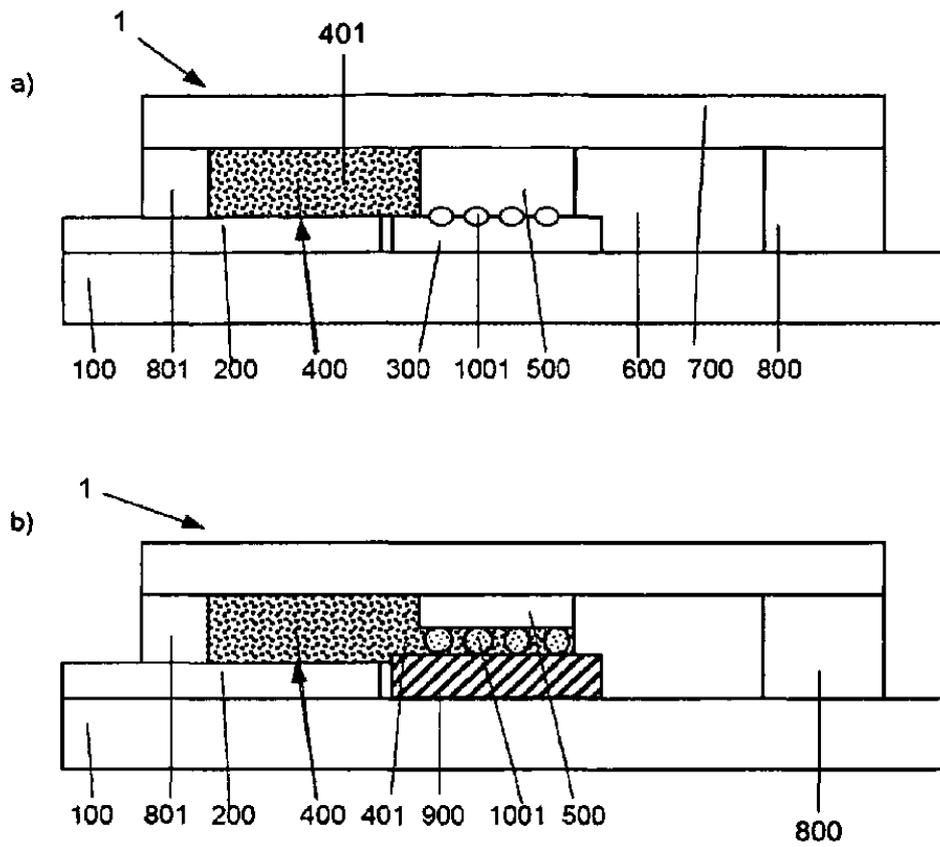


Fig. 6

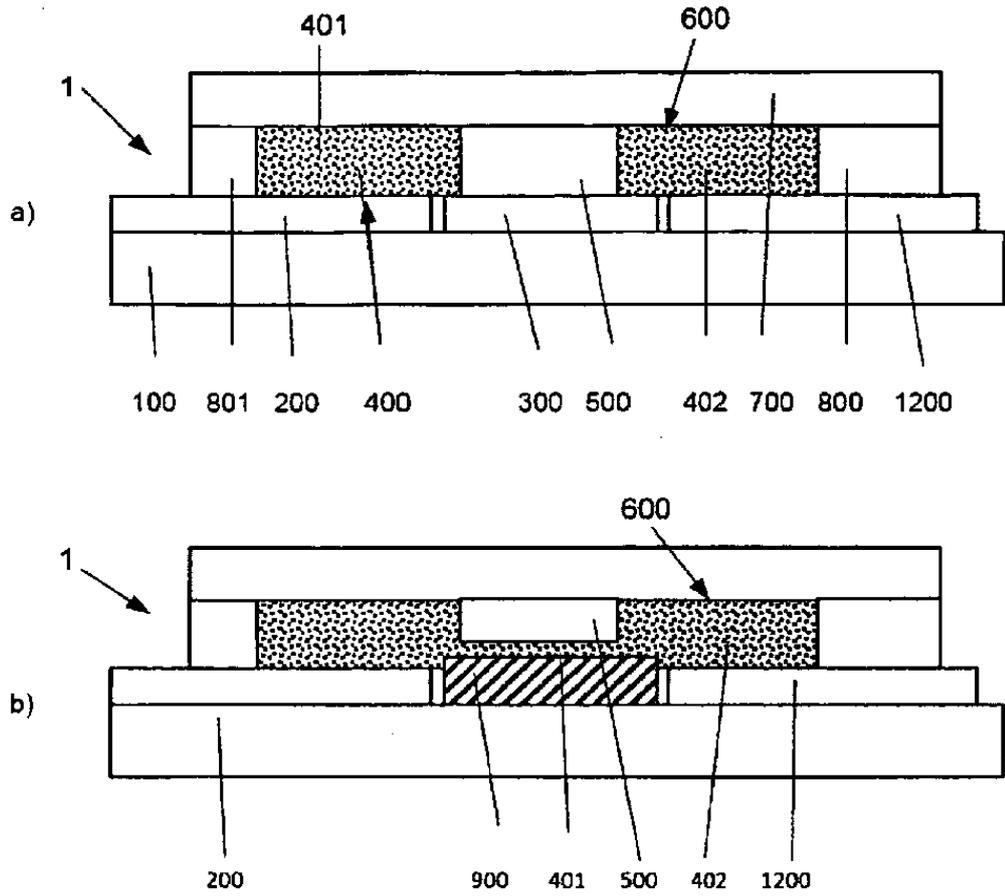


Fig. 7

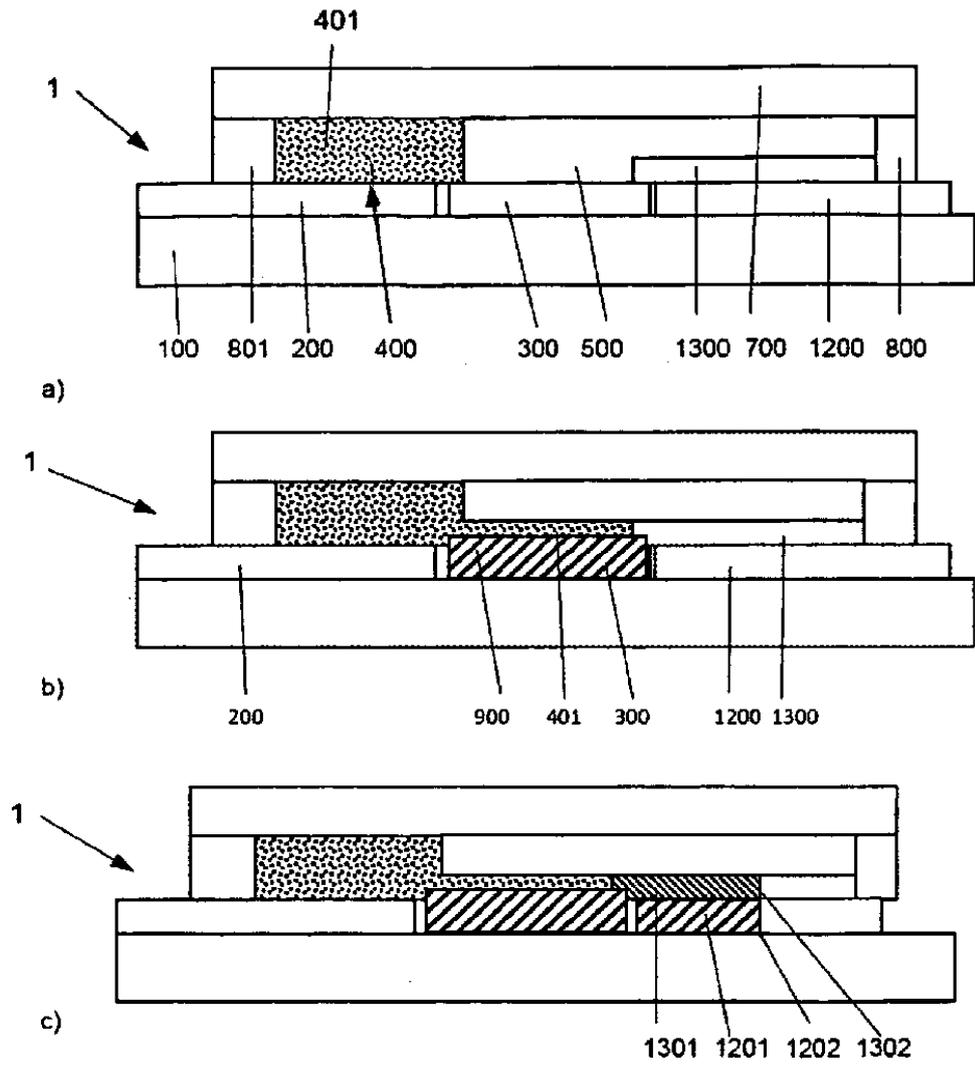


Fig. 8

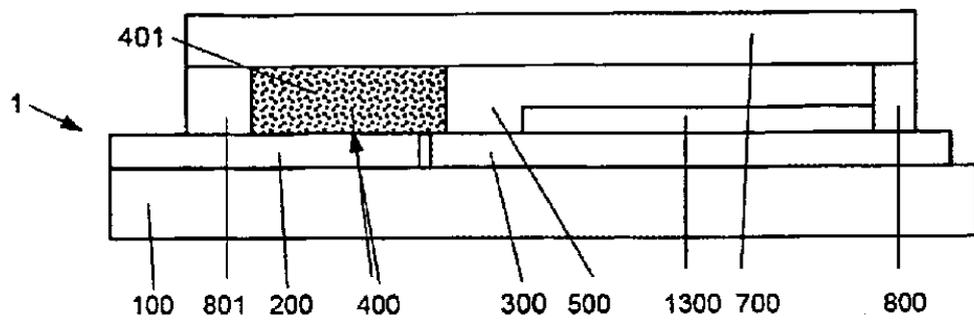


Fig. 9

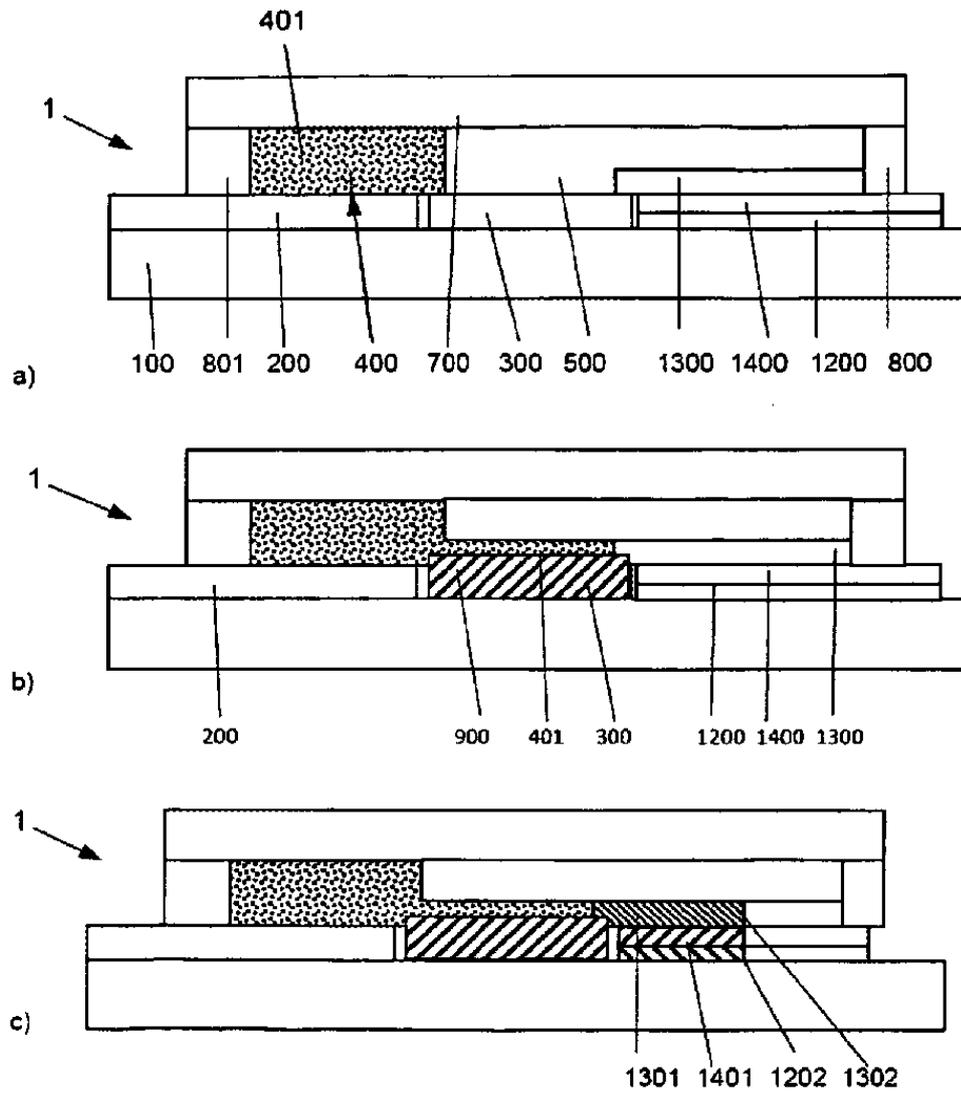


Fig. 10

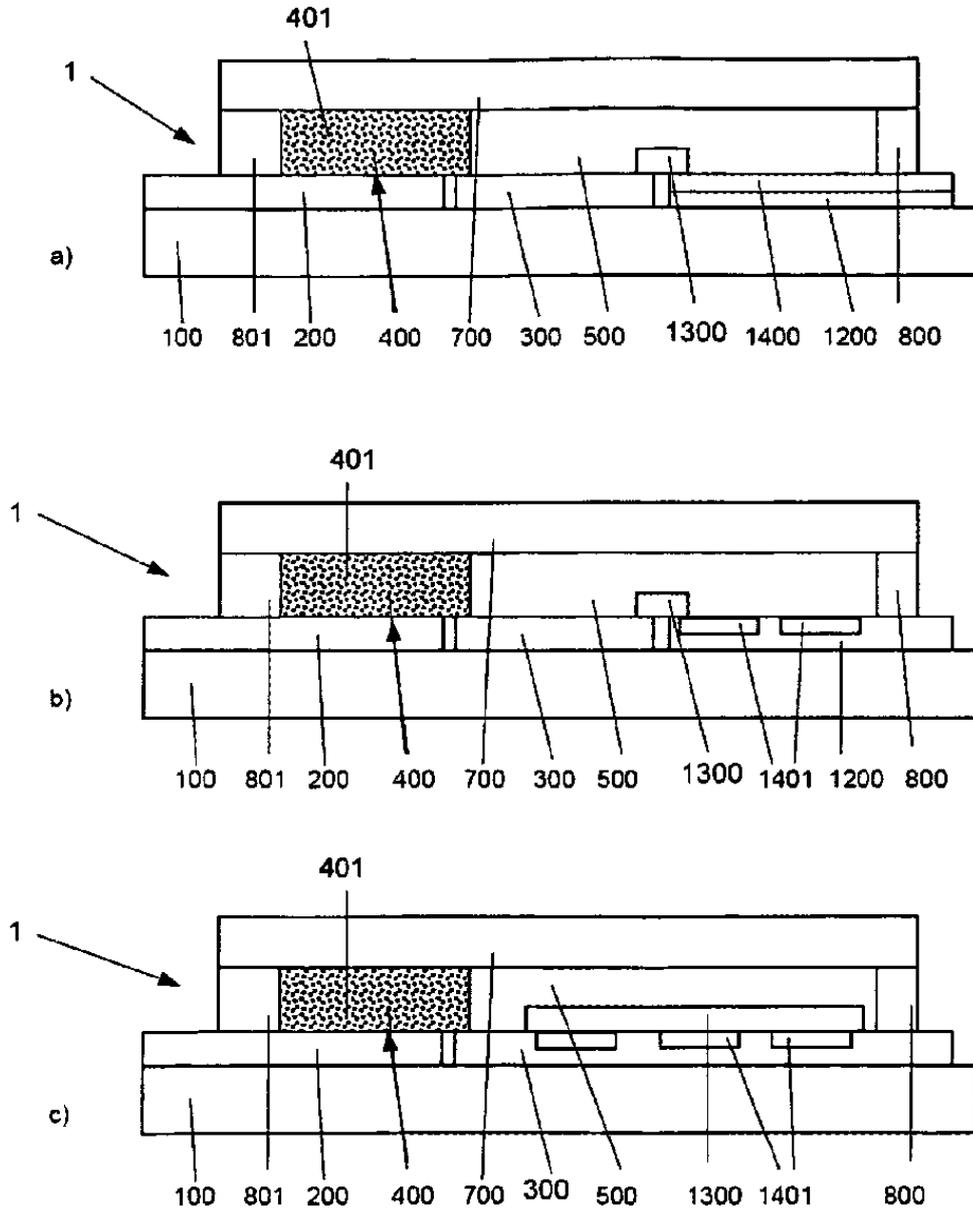


Fig. 11

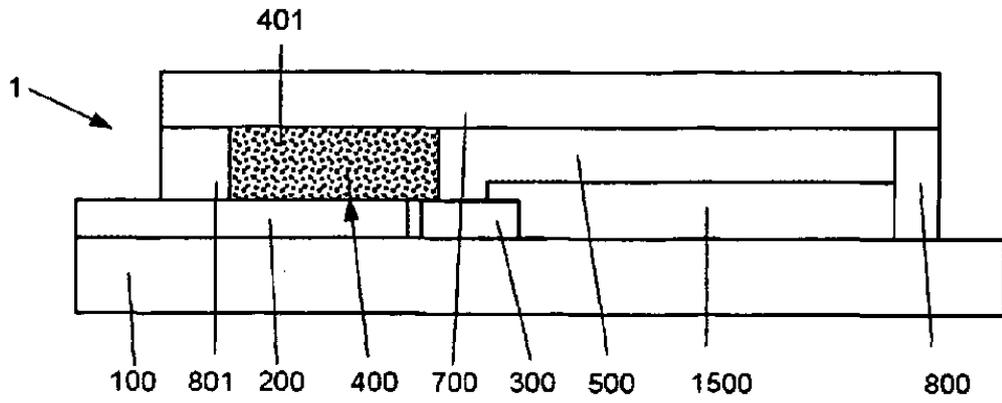


Fig. 12

