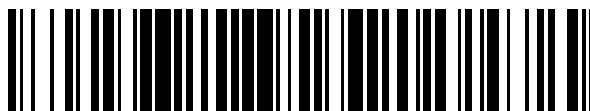


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 572**

51 Int. Cl.:  
**B81C 99/00** (2010.01)  
**H01L 41/24** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07712639 .9**  
96 Fecha de presentación: **05.01.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1968885**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **Realización de microcomponentes piezoeléctricos suspendidos mediante el procedimiento de la capa gruesa sacrificial**

30 Prioridad:  
**06.01.2006 FR 0600124**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.08.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.08.2012**

73 Titular/es:  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
3, RUE MICHEL ANGE  
75016 PARIS, FR**

72 Inventor/es:  
**LUCAT, Claude;  
MENIL, Francis;  
DEBEDA-HICKEL, Hélène y  
GINET, Patrick**

74 Agente/Representante:  
**Morgades Manonelles, Juan Antonio**

**ES 2 386 572 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

Realización de microcomponentes piezoeléctricos suspendidos mediante el procedimiento de la capa gruesa sacrificial

5 La presente invención se refiere a la realización de un microcomponente piezoeléctrico suspendido mediante el procedimiento de la capa gruesa sacrificial.

10 Numerosos componentes que presentan unas dimensiones micrométricas o milimétricas se utilizan para la elaboración de diversos sistemas, en particular en los ámbitos de la microelectrónica, de la microrrobótica, de la micromecánica, de la microfluídica, del micromagnetismo, de la microtécnica, de la microóptica, o de la microquímica. Los diferentes sectores económicos involucrados son, en particular, los del automóvil, del espacio, de la aeronáutica, de la domótica, de la salud, de la biología, de la química, de la agroalimentaria, del medio ambiente. Dichos componentes pueden presentar unas formas muy diversas y pueden estar constituidos por unos materiales variados, según su destino. Se utilizan en los microsistemas denominados generalmente como MEMS (MicroElectroMechanicalSystems, es decir sistemas microelectromecánicos). Entre los MEMS que se comercializan, se pueden mencionar en particular los microsensores (de inercia, de presión, o químicos), los microaccionadores (microválvulas, microrelés, microbombas) y los microsistemas dedicados al análisis químico por ejemplo. Los MEMS comprenden generalmente una parte móvil, un sensor y/o un accionador asociado a una electrónica de mando y de tratamiento.

20 Se conoce la realización de unos componentes monocapa y/o multicapas mediante unos procedimientos indirectos tales como la tecnología de silicio, la técnica PCB (Printed Circuit Board, o placa de circuito impreso) y la técnica LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic, o cerámica cocida a baja temperatura). Sin embargo, dichos procedimientos resultan largos y costosos ya que requieren numerosas etapas de micromecanizado (enmascaramiento, grabado, deposiciones, etc.).

25 Se conoce, asimismo, la utilización de los procedimientos directos tales como las técnicas de realización de prototipo (chorro de tinta, extrusión, microestereolitografía) para la elaboración de microcomponentes monocapa y/o multicapas. Sin embargo, dicha técnicas no se adaptan a la realización colectiva de los componentes.

30 G. Stecher, R. Bosch ["Free supporting structures in thickfilm technology: a substrate integrated sensor" Stuttgart, 1987, Proc. 8th European Microelectronics Conf. p. 421-427] describen un procedimiento de elaboración de un microcomponente que consiste en depositar mediante serigrafía una capa provisional constituida por un material carbonado sobre una zona de un sustrato, a continuación depositar una capa activa de cerámica o de vidrio sobre la capa de material provisional y sobre una zona del sustrato no recubierta por el material carbonado, y finalmente destruir la capa provisional. La utilización de un material carbonado como capa provisional adolece de varios inconvenientes. Cuando la materia activa debe tratarse a una cierta temperatura con vistas a su consolidación (como es el caso de las cerámicas por ejemplo), es necesario trabajar bajo atmósfera neutra (nitrógeno o argón) a fin de evitar la degradación de la capa provisional antes de la consolidación de la capa activa. Por otra parte, dicha atmósfera puede ser redhibitoria para la fabricación de numerosos materiales inestables bajo dicha atmósfera. La patente US n.º 6 738 600 B1 describe un procedimiento del tipo de capa gruesa que se utiliza para realizar un conmutador electrostático. Durante el procedimiento se realiza una capa sacrificial. La misma se suprime al final del procedimiento, creando de este modo un elemento suspendido móvil. La solicitud de patente publicada FR 2 570 223 A1 da a conocer la realización de una capa piezoeléctrica en el contexto de un procedimiento de capa gruesa. En una forma del procedimiento de realización, una tinta que contiene  $PbTiZrO_3$ ,  $PbO$  y un aglutinante orgánico se depositan mediante serigrafía, y a continuación se somete a una cocción. Dicho procedimiento pretende la realización de un sensor solidario con un sustrato de cerámica.

35 El objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento por serigrafía que permita obtener, de un modo fiable y relativamente simple, un microcomponente piezoeléctrico suspendido, mediante deposición de unas capas provisionales y de unas capas definitivas químicamente y mecánicamente estables, pudiéndose eliminarse las capas provisionales sin precauciones particulares, cualquiera que sea la composición de las capas definitivas que forman en definitiva el microcomponente.

40 El procedimiento propuesto se destina a la realización de un microcomponente suspendido piezoeléctrico que comprende un electrodo inferior (3) y un electrodo superior (4), consistiendo dicho procedimiento en:

- 45 1) Depositar sobre un sustrato de alúmina, una primera capa provisional de una tinta (P) constituida por una resina termoendurecible epoxi que contiene  $SrCO_3$  como carga mineral, y en consolidar dicha capa;
- 50 2) Depositar, en ambos lados de la primera capa provisional de tinta (P), una primera capa de tinta de oro (M1) en forma de dos zonas, y en consolidar parcialmente dicha capa (M1);
- 55 3) Depositar una segunda capa de tinta de oro (M'1) según un modelo que representa la forma del electrodo inferior (3), únicamente encima de la primera capa provisional de tinta (P) y de tal modo que dicha segunda capa de tinta de oro (M'1) establezca contacto con una primera de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), y en consolidar parcialmente dicha capa (M'1);

- 4) Depositar, únicamente sobre la parte de la segunda capa de tinta de oro (M'1) que representa el electrodo inferior (3), una cuarta capa de tinta (M2), conteniendo dicha cuarta capa un aglutinante orgánico y un polvo que comprende  $PbZr_{0,5}Ti_{0,5}O_3$  y un eutéctico  $PbO/PbF_2$ , y en consolidar parcialmente dicha capa (M2);
- 5) Depositar una segunda capa provisional de tinta (P') constituida por una resina termoendurecible epoxi que contiene  $SrCO_3$  como carga mineral, para aislar eléctricamente los dos electrodos (3,4), disponiéndose la segunda capa provisional de tinta (P') directamente sobre una superficie libre de la primera capa provisional de tinta (P) entre la segunda capa de tinta de oro (M'1) y la segunda de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), y en consolidar dicha capa (P');
- 6) Depositar una tercera capa de tinta de oro (M''1), encontrándose contenida dicha capa en el modelo de la cuarta capa de tinta (M2) de tal modo que establezca contacto con la segunda de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), representando la tercera capa de tinta de oro (M''1) la forma del electrodo superior (4), y en efectuar una consolidación total, efectuándose dicha consolidación total mediante un tratamiento térmico;
- 7) Eliminar a continuación totalmente el material de las dos capas provisionales de tinta (P, P'); depositándose las tintas (M1, M'1, M''1, M2, P y P') mediante colada o mediante extrusión.

En una forma de realización particularmente preferida, la deposición de las capas P y de las capas M se realiza mediante colada, efectuándose dicha colada preferentemente mediante serigrafía.

Las diferentes capas depositadas presentan preferentemente un espesor de 1  $\mu m$  a 1 mm, preferentemente de 1  $\mu m$  a 500  $\mu m$ , más particularmente de 1 a 100  $\mu m$ . Para la elaboración de un microcomponente dado, el espesor de cada capa de tinta se determina en función del espesor de la película o de las películas de material M que constituyen dicho microcomponente y del encogimiento eventualmente sufrido por cada capa de tinta durante su consolidación total o parcial. La determinación de los espesores de las capas a depositar se realiza a juicio del experto en la materia.

Cuando las explicaciones siguientes sirven para aclarar el segundo plano de la presente invención un procedimiento de capa gruesa comprende la deposición de varias capas de tinta P y/o de varias capas de tinta M, pudiendo las tintas P utilizadas ser idénticas o diferentes, y pudiendo las tintas M utilizadas ser idénticas o diferentes.

En lo sucesivo, la tinta P utilizada para la deposición de la enésima capa de tipo P se denominará como tinta P<sub>n</sub> y la capa correspondiente se denominará como capa P<sub>n</sub>, y la tinta M de la enésima capa de tipo M se denominará como tinta M<sub>n</sub> y la capa correspondiente se denominará como capa M<sub>n</sub>. El material obtenido por consolidación de una capa M<sub>n</sub> se denominará como material M<sub>n</sub>. n es un número entero, generalmente inferior a 10.

Una tinta P está constituida o por una resina termoendurecible que contiene eventualmente una carga mineral, o por una mezcla que comprende un material mineral y un vehículo orgánico.

Como ejemplos de resina termoendurecible de una tinta P, se pueden citar las resinas epoxi, las resinas fenólicas, las resinas acrílicas, los poliuretanos, los ésteres de polivinilo y los poliésteres.

El vehículo orgánico de una tinta P contiene por lo menos un aglutinante provisional (por ejemplo la etilcelulosa, un metacrilato o un metilmetacrilato), por lo menos un disolvente (por ejemplo el terpineol o el acetato de butilcarbitol), eventualmente por lo menos un compuesto seleccionado entre los gelificantes, los plastificantes, los tensioactivos y los lubricantes.

La carga mineral de una tinta P puede ser un polvo de un material seleccionado entre:

- Los cloruros de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los nitratos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los nitritos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los hidróxidos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los carbonatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los sulfatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los fosfatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, y los fluoruros de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, los boruros de metal alcalino o de metal alcalinotérreo;
- Los polvos metálicos (por ejemplo Ag, Cu, Au, Fe, Ni, Ti, Sn), los polvos de vidrio y los polvos de cerámica, los polvos de compuestos precursores organometálicos.
- Los óxidos (por ejemplo  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  y  $Y_2O_3$ ), los nitruros (por ejemplo BN, TaN, TiN y  $Si_3N_4$ ), los carburos (por ejemplo TaC, TiC y WC).

La eliminación del material P durante la etapa final del procedimiento se efectúa o en el agua, o en un medio ácido, según la solubilidad del material a eliminar.

Cuando la tinta P contiene una resina termoendurecible, la consolidación parcial se efectúa por polimerización de la resina a una temperatura comprendida entre 120°C y 220°C durante un tiempo de 20 minutos a 2 horas.

Cuando la tinta P contiene un vehículo orgánico, la capa depositada se consolida parcialmente mediante un calentamiento a una temperatura comprendida entre 120 y 150°C, durante un tiempo de 10 a 20 minutos, y a continuación se consolida mediante una cocción entre 500 y 1200°C.

Para los dos tipos de tinta P, cuando la carga mineral es la alúmina, un carburo o un boruro, actúa además como una barrera de difusión durante la cocción a alta temperatura.

5 Una tinta M comprende un vehículo orgánico temporal y un constituyente mineral precursor del material M que constituye el microcomponente a elaborar. El vehículo orgánico de una tinta M se selecciona entre los materiales definidos por el vehículo orgánico de una tinta P, entendiéndose que los vehículos de las tintas P y de las tintas M utilizados en un proceso pueden ser idénticos o diferentes. El material mineral precursor del material M puede ser un polvo de metal, un polvo de vidrio, un polvo cerámico o un polvo de compuesto(s) organometálico(s), poseyendo dicho constituyente mineral por ejemplo unas propiedades dieléctricas, aislantes, de conducción iónica, de  
10 conducción electrónica, óptica o magnética. Si el material M es un metal, es diferente de un metal alcalino y de un metal alcalinotérreo. Por cerámica se entiende en particular un óxido, un nitruro, un oxinitruro, un carburo, un carbonitruro, un fluoruro o un oxifluoruro. Por vitrocerámica se entiende un vidrio recristalizado parcialmente.

15 Como ejemplo de material mineral precursor de un metal M, se puede citar un polvo de Ag, de Au, de Cu, de Fe, de Ni, de Ti o de Sn, o un polvo de una mezcla de por lo menos dos de dichos metales, o un polvo de compuesto(s) organometálico(s).

20 Una tinta M puede contener además, si es necesario, un aditivo que permita el enganche de la capa al sustrato. El aditivo puede ser por ejemplo de vidrio o un óxido reactivo. El aditivo se selecciona, en particular, en función de la compatibilidad de su coeficiente de dilatación térmica con el de la capa M1 en contacto con el sustrato y con el de dicho sustrato, y para un aditivo de tipo vidrio, en función de la compatibilidad de la temperatura de reblandecimiento con la temperatura de consolidación final del microcomponente.

25 La consolidación parcial de una capa de tinta M pretende evaporar el disolvente orgánico (por ejemplo el terpineol o el acetato de butilcarbitol) contenido en la tinta. La consolidación consiste en un tratamiento térmico a una temperatura y durante un tiempo suficiente para evaporar dicho disolvente orgánico. Dicho tratamiento térmico puede efectuarse en estufa a una temperatura comprendida entre 120 y 150°C, durante un tiempo de 10 a 20 minutos.

30 El objetivo de la consolidación total de una capa de tinta M es la obtención de una capa densificada más o menos porosa, por ejemplo mediante la sinterización. La consolidación total se obtiene mediante un tratamiento térmico a una temperatura y duración superiores a las que se utilizan para la consolidación parcial. Puede efectuarse por ejemplo a una temperatura comprendida entre 600°C y 1200°C, durante un tiempo de 15 minutos a 1 hora. La consolidación puede comportar una etapa suplementaria, bajo la forma de un recocido de varias horas, para mejorar la estabilidad mecánica y/o la microestructura del microcomponente. La temperatura del recocido es preferentemente inferior en una centena de °C a la de la consolidación total.

40 A las temperaturas más bajas, el tratamiento térmico de una capa de tinta M provoca además en primer lugar la eliminación del polímero (resina termoendurecible) o del vehículo orgánico (etilcelulosa o terpineol) de las tintas P depositadas previamente, luego eventualmente a temperaturas más altas, la descomposición de los aditivos minerales de dichas tintas P. Según su naturaleza, el polímero de la tinta P se puede descomponer desde que la temperatura alcanza los 120°C, hasta 450°C para una resina epoxi, durante la subida de la temperatura.

45 De un modo general, la composición de una tinta P o de una tinta M debe responder a los criterios de viscosidad, de estabilidad química y física compatibles con la técnica de extrusión o de colada, en particular mediante serigrafía. La viscosidad se encuentra comprendida preferentemente entre 100 y 2000 PA.s.

50 En un ejemplo, el procedimiento comprende una etapa suplementaria, efectuándose durante la misma una operación suplementaria, por ejemplo la deposición de una placa preconstituida de un material M, una metalización mediante un procedimiento electroquímico, químico, PVD (deposición física en fase vapor), plasma, chorro de tinta, etc. o una encapsulación. Dicha etapa suplementaria puede efectuarse antes o después de la etapa final de eliminación de la(s) capa(s) de tinta P, o entre la deposición de dos capas de tinta M y/o de tinta P.

55 Un microcomponente obtenido mediante el procedimiento de la presente invención se encuentra constituido por varias películas de material M presentando cada una de ellas un espesor de 1 µm a 500 µm, preferentemente de 1 µm a 100 µm. El microcomponente presenta, en general, un espesor del orden del milímetro.

60 El procedimiento según la presente invención permite obtener un microcomponente piezoeléctrico suspendido fijado sobre un sustrato de alúmina.

Un ejemplo de microcomponente que se encuentra constituido por una única película de material M1 y que se encuentra desunido del sustrato se obtiene con un procedimiento de capa gruesa aplicado en las condiciones siguientes:

- 65 • La primera capa depositada sobre el sustrato se deposita partiendo de una tinta P1;

- La segunda capa se deposita a partir de una tinta M1, según un modelo englobado enteramente por la capa de tinta P1.

Un microcomponente que se encuentra constituido por varias películas de material M y que se encuentra desunido del sustrato se obtiene cuando el procedimiento se aplica en las condiciones siguientes:

- La primera capa depositada sobre el sustrato se deposita partiendo de una tinta P1;
- Cada una de las capas sucesivas depositadas partiendo de unas tintas M se deposita según un modelo englobado enteramente por la capa de tinta P1 y por las eventuales otras capas depositadas partiendo de unas tintas P.

La figura 1 representa esquemáticamente la sucesión de las etapas requeridas para la obtención de un microcomponente libre que comprende una única película M.

Sobre el sustrato inicial, se deposita una capa de tinta P según un modelo predeterminado, después la capa de tinta M. Tras la consolidación de la capa de tinta M, se elimina la capa de tinta P y se obtiene un elemento libre constituido únicamente por una capa de material M liberado del sustrato.

Un microcomponente fijado sobre un sustrato se obtiene cuando el modelo según el que por lo menos una de las tintas M se deposita, no se encuentra comprendido enteramente en el modelo según el que se deposita la capa P1.

El procedimiento de capa gruesa permite depositar unas capas de tinta según unos modelos que presenten unas formas cualesquiera. Un modelo puede ser bajo la forma de una superficie continua que presente una geometría dada o de una superficie discontinua formada de por lo menos dos zonas separadas. La combinación de capas de tinta depositadas según los modelos formando una superficie continua y de capas de tinta depositadas según los modelos formando una superficie discontinua permite elaborar unos microcomponentes con una arquitectura muy variada.

La deposición de una capa de tinta M según un modelo formando una superficie continua (por ejemplo según un modelo que representa un rectángulo o un disco) proporciona una película de material M paralela al plano del sustrato.

La deposición de una capa de tinta M según un modelo constituido por unas zonas separadas (por ejemplo varios islotes) proporciona una capa de material M formada a partir de varios plots de contacto perpendiculares al plano del sustrato.

La deposición de una capa de tinta M según un modelo constituido por una línea cerrada (por ejemplo un círculo o el contorno de un cuadrilátero) proporciona una capa de material M formada por una pared perpendicular al plano del sustrato. En un ejemplo, la línea cerrada puede interrumpirse en una o varias zonas, y la capa resultante forma un conjunto de paredes perpendiculares al plano del sustrato.

Un motivo según el que una capa de tinta M se deposita puede delimitarse por la forma de una capa de tinta P depositada antes de dicha capa de tinta M.

En lo sucesivo, cuando se trate de la estructura del microcomponente obtenido, una capa de material M obtenida en forma de película paralela al plano del sustrato se denominará película horizontal, y una capa de material M obtenida en forma de plots de contacto o de paredes perpendiculares al plano del sustrato se denominará plots de contacto o paredes verticales.

La combinación de las películas horizontales y de plots de contacto y/o de paredes verticales de materiales M tales como las definidas anteriormente permite obtener unos microcomponentes que presenten unas arquitecturas diferentes. Las arquitecturas son generalmente una combinación de elementos estructurales de tipo película, de tipo puente, de tipo viga, o de tipo jaula.

La obtención de un microcomponente en forma de película desprendida del sustrato sobre el que se ha formado se representa en la figura 1.

Un elemento del tipo puente puede considerarse como la combinación de unos plots de contacto y/o de unas paredes que soportan una película, delimitando un espacio libre debajo de la película.

Según un primer ejemplo, una estructura en puente que comprende dos plots de contacto que soportan una película delimitando un espacio libre debajo de la película, puede elaborarse mediante un procedimiento que presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 correspondiente a dicho espacio libre;

- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 que desborda el modelo Mo1 sobre una parte de su periferia;
- En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M1 que descansa sobre dos plots de contacto de material M1.

5 Las figuras 2a y 2b representan un caso particular de dicho primer modo de ejecución del procedimiento de la presente invención para la elaboración de un elemento de tipo "puente". La figura 2a es una vista lateral y la figura 2b es una vista superior del sustrato durante las diferentes etapas.

10 Tal como se representa en las figuras 2a y 2b, el procedimiento de elaboración de un puente presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como  $L_p$  y los lados correspondientes a la anchura se denominan como  $l_p$ ;
- 15 • En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 rectangular cuya longitud se denomina como  $L_m$  la anchura se denomina como  $l_m$ , a continuación se consolida totalmente la capa de tinta M1, con las condiciones siguientes:
  - $L_p$  y  $l_m$  son paralelos entre sí;
  - $l_p$  y  $L_m$  son paralelos entre sí;
  - 20 ○  $L_p \geq l_m$ ;
  - $L_m > l_p$ ;
  - El modelo Mo1 y el modelo Mo2 tienen una zona central común;
- En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M1 que descansa sobre dos plots de contacto de material M1.

25 Según un 2º ejemplo, una estructura en puente que comprenda dos plots de contacto que soporten una película, los plots de contacto y la película que delimite un espacio libre, puede elaborarse empleando un procedimiento que presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 correspondiente a dicho espacio libre;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 que comprende dos zonas discontinuas, siendo adyacente cada una de dichas zonas discontinuas a la capa de tinta P1 sobre una parte de su periferia, a continuación se consolida por lo menos parcialmente la capa de tinta M1;
- En una 3ª etapa, se deposita una capa de tinta M2 según un modelo Mo3 que recubre sin desbordamiento la superficie de las dos zonas de tinta M1 y por lo menos una parte de la superficie de la capa de tinta P1, y se consolidan totalmente las capas de tinta M1 y de tinta M2;
- 35 • En una 4ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M2 soportado por dos plots de contacto de material M1.

40 Las figuras 3a y 3b representan un caso particular de dicho segundo modo de ejecución del procedimiento para la elaboración de un elemento de tipo "puente". La figura 3a es una vista lateral y la figura 3b es una vista superior del sustrato durante las diferentes etapas.

45 Tal como se representa en las figuras 3a y 3b, el procedimiento de elaboración de un puente presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como  $L_p$  y los lados correspondientes a la anchura se denominan como  $l_p$ ;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 que comprende dos zonas separadas, a continuación se consolida parcialmente la capa de tinta M1, respetando las condiciones siguientes:
  - Las zonas separadas se sitúan a un lado y otro de las longitudes  $L_p$  de la capa de tinta P1, y forman conjuntamente un rectángulo un rectángulo interrumpido por el modelo de la capa de tinta P1.
  - Cada una de dichas zonas separadas es adyacente a una de las longitudes  $L_p$  de la capa de tinta P1;
- 55 • En una 3ª etapa, se deposita una capa de tinta M2 según un modelo Mo3 rectangular que recubre sin desbordamiento la superficie de la capa de tinta P1 y la superficie de las dos zonas de tinta M1, y se consolidan totalmente las capas de tinta M1 y de tinta M2;
- En una 4ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M2 soportada por dos plots de contacto de material M1.

60 Se entiende que, en dicho ejemplo, las tintas M1 y M2 pueden ser idénticas o diferentes. Sin embargo, dicha forma de realización resulta particularmente interesante cuando se pretende obtener un microcomponente en el que los plots de contacto que soportan la película y la propia película están constituidos por unos materiales diferentes.

65 Un elemento de tipo viga puede considerarse como la combinación de un plot de contacto o de una pared sobre las que descansa una película.

Según un primer ejemplo, una estructura en viga que comprenda un plot de contacto que soporta una película puede elaborarse empleando un procedimiento según la presente invención que presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 una de cuyas partes recubre parcialmente el modelo Mo1, a continuación se consolida totalmente la capa de tinta M1;
- En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M1 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.

Las figuras 4a y 4b representan un caso particular de dicho primer modo de ejecución del procedimiento para la elaboración de un elemento de tipo "viga". La figura 4a es una vista lateral y la figura 4b es una vista superior del sustrato durante las diferentes etapas.

Tal como se representa en las figuras 4a y 4b, el procedimiento de elaboración de una viga presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lp y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lp;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lm y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lm, a continuación se consolida totalmente la capa de tinta M1, con las condiciones siguientes:
  - Lp y lm son paralelos entre sí;
  - lp y Lm son paralelos entre sí;
  - $Lp \geq lm$
  - La posición relativa de los modelos es tal que uno de los lados lm se encuentra comprendido dentro del modelo rectangular delimitado por los lados Lp, lp y el otro lado lm se encuentra fuera de dicho modelo;
- En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M1 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.

Según una 2ª forma de realización, una estructura de viga que comprende un plot de contacto que soporta una película puede elaborarse mediante un procedimiento que presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 adyacente al modelo Mo1 sobre una parte de su periferia, a continuación se consolida por lo menos parcialmente la capa de tinta M1;
- En una 3ª etapa, se deposita una capa de tinta M2 según un modelo M3 que recubre la superficie de la capa de tinta M1 y una parte de la superficie de la capa de tinta P1 sin desbordamiento, y se consolidan totalmente las capas de tinta M1 y M2;
- En una 4ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M2 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.

Las figuras 5a y 5b representan un caso particular de dicha segunda forma de ejecución del procedimiento para la elaboración de un elemento de tipo "viga". La figura 5a es una vista lateral y la figura 5b es una vista superior del sustrato durante las diferentes etapas.

Tal como se representa en las figuras 5a y 5b, el procedimiento de elaboración de una viga presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lp y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lp;
- En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lm y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lm, a continuación se consolida por lo menos parcialmente la capa de tinta M1, respetando las condiciones siguientes:
  - Lp y lm son paralelos entre sí;
  - lp y Lm son paralelos entre sí;
  - $lm \leq Lp$ ;
  - Uno de los lados lm se encuentra adyacente a uno de los lados Lp, y el otro lado lm se encuentra en el exterior del modelo (Lp, lp)
- En una 3ª etapa, se deposita una capa de tinta M2 según un modelo Mo3 rectangular que recubre la superficie de la capa de tinta M1 y una parte de la superficie de la capa de tinta P1 sin desbordamiento, y se consolidan totalmente las capas de tinta M1 y M2;
- En una 4ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M2 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.

Como en el caso precedente, dicho ejemplo resulta particularmente interesante cuando las tintas M1 y M2 son diferentes, cuando se pretende obtener un microcomponente en el que el plot de contacto que soporta la película y la propia película están constituidos por unos materiales diferentes.

5 Los ejemplos descritos en relación con las figuras 4a y 4b por una parte, y las figuras 5a y 5b por otra, permiten obtener un microcomponente que comprende una película de material M2 soportada en uno de sus extremos por un plot de contacto de material M1, pudiendo los dos materiales ser idénticos o diferentes.

10 Unos procedimientos similares permiten obtener una película de material M2 soportada por un plot de contacto de material M1 no en uno de sus extremos, sino en una parte central.

Según un ejemplo, una estructura de viga que comprende un plot de contacto central que soporta una película puede elaborarse empleando un procedimiento que presenta las características siguientes:

- 15
- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 que comprende dos zonas separadas;
  - En una 2ª etapa, se deposita sobre el sustrato y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 que recubre parcialmente una parte de cada zona del modelo Mo1;
  - En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M2 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.
- 20

Las figuras 6a y 6b representan un caso particular de dicha forma de ejecución del procedimiento para la elaboración de una viga soportada por un plot de contacto central. La figura 6a es una vista lateral y la figura 6b es una vista superior del sustrato durante las diferentes etapas.

25 Tal como se representa en las figuras 6a y 6b, el procedimiento de elaboración de una viga presenta las características siguientes:

- En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato inicial, una capa de tinta P1 según un modelo Mo1 que comprende dos rectángulos idénticos cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lp y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lp, inscribiéndose los dos rectángulos Lp, lp en un rectángulo;
  - En una 2ª etapa, se deposita sobre la parte del sustrato entre las dos zonas de la capa P1 y sobre la capa P1, una capa de tinta M1 según un modelo Mo2 rectangular cuyos lados correspondientes a la longitud se denominan como Lm y los lados correspondientes a la anchura se denominan como lm, a continuación se consolida por lo menos parcialmente la capa de tinta M1, respetando las condiciones siguientes:
    - Lp y lm son paralelos entre sí;
    - lp y Lm son paralelos entre sí;
    - $Lp \leq lm$
    - Uno de los lados lm se encuentra comprendido dentro de uno de los rectángulos Lp, lp y el otro lado lm se encuentra comprendido dentro del otro rectángulo Lp, lp;
- 30
- 35
- 40

- En una 3ª etapa, se elimina totalmente la capa P1 y se obtiene un microcomponente constituido por una película de material M1 que descansa sobre un plot de contacto de material M1.

45 Las figuras 7a y 7b representan un procedimiento ejemplar en el que se obtiene un microcomponente asociando un elemento de tipo puente y un elemento de tipo viga. El procedimiento se caracteriza porque:

- En la 1ª etapa, se deposita sobre un sustrato una tinta P1 sobre una zona 1 destinada a servir de soporte para la formación del elemento viga;
  - En la 2ª etapa, se deposita sobre dicho sustrato, una tinta P2 sobre una zona 2 separada de la zona 1 y destinada a servir de soporte a la pared superior del puente;
  - En la 3ª etapa, se deposita una capa de tinta M1 según un modelo descrito haciendo referencia a las figuras 2a y 2b para la formación de un puente, y se consolida por lo menos parcialmente dicha capa;
  - En la 4ª etapa, se deposita una capa de tinta P1 sobre la capa de tinta M1, en el extremo de la capa M1 que se encuentra en contacto con la capa de tinta P1 depositada durante la 1ª etapa;
  - En la 5ª etapa, se deposita una capa de tinta M2 según un modelo descrito haciendo referencia a las figuras 4a y 4b para la formación de una viga, y se consolidan totalmente las capas M1 y M2;
  - En la 6ª etapa, se eliminan las capas P1.
- 50
- 55

60 En dicho ejemplo, las tintas P1 y P2 pueden ser idénticas o diferentes, y las tintas M1 y M2 pueden ser idénticas o diferentes.

Según la tinta P2 utilizada, el tratamiento de consolidación de las capas M1 y M2 provoca la eliminación total de la tinta P2 o una simple degradación para formar un material P'2. Según la utilización prevista para el



microcomponente obtenido de este modo, se puede o conservar el material P'2, o someter el microcomponente a una etapa suplementaria con vistas a eliminar totalmente P'2.

5 Las figuras 8a y 8b representan las etapas de un procedimiento ejecutado para la obtención de un microcomponente del tipo de jaula abierta. Dicho microcomponente comprende un elemento de tipo puente en el que los puentes se encuentran parcialmente abiertos, formando una jaula abierta.

La figura 8a es una vista superior del microcomponente acabado, que muestra esquemáticamente las zonas en las que se depositan las diferentes tintas.

10 - La zona rectangular más grande, delimitada por trazo continuo, representa el sustrato sobre el que se construye el microcomponente.

- La zona sombreada representa el modelo según el que se depositan las tintas M1 y M4 destinadas a formar respectivamente la pared inferior y la pared superior de la jaula.

15 - Las dos zonas separadas delimitadas por el contorno exterior de la zona sombreada y por las líneas de puntos .....corresponden al modelo según el que se deposita la tinta M2 destinada a formar las paredes laterales de la jaula.

- La zona rectangular delimitada por la línea - ● - ● - corresponde al modelo según el que se deposita la tinta M3 destinada a formar el objeto libre en el interior de la jaula.

20 - La zona delimitada por la línea ..... representa la zona según la que se depositan las tintas P1 y P2.

La figura 8b es una vista en sección lateral según el eje A-A de los elementos en curso de elaboración durante las diferentes etapas. Tal como se representa en las figuras 8a y 8b, el procedimiento de elaboración de un microcomponente que forma una jaula parcialmente cerrada y que contiene un elemento libre, presenta las características siguientes:

25 - En una 1ª etapa, se deposita sobre el sustrato una tinta M1 según un modelo que corresponde al fondo de la jaula, y se consolida totalmente la capa M1;

- En una 2ª etapa, se deposita una tinta P1 según un modelo que corresponde a la base del espacio vacío en el centro de la jaula;

30 - En una 3ª etapa, se deposita alrededor de la capa de tinta P1, una tinta M2 según un modelo que corresponde a las paredes laterales de la jaula;

- En una 4ª etapa, se deposita una tinta M3 sobre la zona que lleva la tinta P1, según un modelo que corresponde al elemento libre;

- En una 5ª etapa, se deposita una tinta P2 según un modelo que corresponde al de la tinta P1;

35 - En una 6ª etapa, se deposita una tinta M4 según un modelo análogo al modelo de la tinta M1;

- En una 7ª etapa, se eliminan totalmente las tintas P1 y P2;

entendiéndose que cada una de las capas M2 a M4 se consolida por lo menos parcialmente antes de la deposición de la capa siguiente, y que una consolidación total se efectúa antes de la eliminación de las tintas P1 y P2.

40 Para la elaboración de una jaula que contiene un elemento libre, se entiende que las tintas P1 y P2 pueden ser idénticas y diferentes, igual que las tintas M1 a M4.

45 Para las formas de ejecución del procedimiento descrito anteriormente, los microcomponentes en forma de puente, de viga, de elementos puente/viga combinados, o de jaula son solidarios con el sustrato sobre el que se han elaborado. Para obtener un elemento en forma libre, basta con reproducir los procedimientos descritos anteriormente aplicando la primera capa de tinta, no directamente sobre el sustrato, sino sobre un sustrato que incorpora una capa de tinta P preliminar depositada según un modelo que contiene totalmente por lo menos el modelo según el que se ha depositado la capa M1. La eliminación de dicha capa durante la etapa final libera el microcomponente.

50 Las diferentes formas de ejecución del procedimiento se han dado anteriormente a título de ejemplos.

55 El procedimiento propuesto se ha ejecutado de forma útil para la elaboración de diversos microsistemas utilizados en microelectrónica, en microrrobótica, micromecánica, microfluídica, micromagnética, microtérmica, microóptica, microquímica, etc. Dichos microsistemas son útiles en particular en los sectores del automóvil, espacial, de la aeronáutica, de la domótica, de la salud, de la biología, de la agroalimentaria, del medio ambiente. A título de ejemplos, se pueden citar los accionadores térmicos (utilizables para la realización de un interruptor, o para la manipulación de microobjetos), las resistencias de caldeo a escala milimétrica que se separan parcialmente de su soporte, los soportes que comprenden unos microcanales, y los transformadores piezoeléctricos.

60 Un ejemplo de transformador piezoeléctrico se representa en la figura 9.

65 El transformador comprende un sustrato de alúmina (1) sobre el que se pasan los electrodos (2,3,4), y un transductor constituido por una cerámica piezoeléctrica (5) metalizada y polarizada preferentemente siguiendo dos direcciones.

El sustrato (1) y el transductor (5) se conectan eléctricamente con la ayuda de unos hilos (6) y (7) y se unen mediante un plot de contacto conductor eléctrico (8) depositado mediante serigrafía que asegura además la unión eléctrica entre el sustrato y la cerámica metalizada.

5 El transductor comprende tres electrodos (9), (10) y (11). El par de electrodos (9) y (10) corresponde a la fase primaria del transformador, y el par de electrodos (9) y (11) corresponde a la fase secundaria del transformador.

10 La aplicación de una tensión alterna a los bornes de los electrodos primarios (9 y 10) induce por efecto piezoeléctrico inverso una deformación mecánica de la estructura que produce sobre los electrodos secundarios (9 y 11) una tensión alterna cuya amplitud depende de la geometría del transductor y de la frecuencia de utilización. Cuando la excitación se realiza para una frecuencia próxima a la de resonancia, las amplitudes vibratorias así como la energía de deformación elástica son importantes. El transformador puede presentar en este caso una relación de transformación elevada, debido a que dicha relación de transformación es proporcional a la relación entre la longitud y el espesor de la cerámica piezoeléctrica.

15 La figura 10 representa un accionador térmico, de dimensiones milimétricas. El accionador comprende dos brazos 1 y 2 que presentan el mismo espesor y unas longitudes diferentes, y dos zonas de fijación 3 y 4 sobre un sustrato 5. El accionador se encuentra unido al sustrato 5 mediante dos plots de contactos dispuestos sobre las zonas de fijación. Durante su utilización, el paso de corriente provoca un aumento mayor de la temperatura en el brazo 2 de sección menor, lo que provoca una dilatación mayor de dicho brazo, y por consiguiente una desviación horizontal paralela al sustrato, en el sentido indicado por la flecha (6).

20 Las figuras 11a y 11b representan dos formas de resistencia que pueden obtenerse mediante el procedimiento de capa gruesa.

25 Una resistencia comprende un filamento (10) unido al sustrato (13) por dos zonas de fijación (11, 12).

Las resistencias obtenidas mediante el procedimiento se encuentran separadas parcialmente de su soporte, lo que provoca:

- 30
- La disminución del consumo eléctrico (en particular en los sensores y en las microreactancias)
  - La disminución de las tensiones termomecánicas ejercidas sobre el sustrato por el calentamiento de la resistencia (propiedad interesante en particular para los fusibles, las redes de resistencias-sensores de temperatura, los sensores de presencia de gas, las microreactancias, las microbombas);
  - La disminución de la inercia térmica, lo que resulta interesante en particular para los sensores y la desgasificación,
- 35

### Ejemplo 1

#### Accionador térmico

##### 40 Elaboración de un accionador térmico

Un accionador térmico como el representado en la figura 10 se ha elaborado según un procedimiento de capa gruesa, sobre un sustrato de alúmina.

45 Las dimensiones de los brazos 1 y 2 son como sigue:

Brazo	Longitud	Espesor	Anchura
1	3,3 mm	22 μm	590 μm
2	2,4 mm	22 μm	140 μm

50 La figura 12a representa las diferentes etapas del procedimiento en una vista superior.

La figura 12b representa las etapas del procedimiento en una vista lateral según el eje A-A representado en la figura 12a.

- 55
- Sobre un sustrato, se deposita en la etapa ① una capa de material P, y se consolida dicha capa;
  - En la etapa ② se deposita al lado de la capa P, una capa de material M1 y que es bajo la forma de dos zonas correspondientes a los plots de contacto bajo las zonas 3 y 4 del accionador, y se consolida parcialmente dicha capa M1;
  - En la etapa ③ se deposita, según el modelo visible en las figuras 12a y 12b, una capa de material M'1 y se efectúa una consolidación total;
  - En la etapa ④ se elimina el material P, por inmersión de corta duración (menos de 1 minuto) en una solución acuosa de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (1 mol/L).
- 60

Se han efectuado cuatro ensayos utilizando para cada ensayo un sustrato en alúmina y una tinta P que contiene un 55% de SrCO<sub>3</sub> y un 45% de resina epoxi (en peso). Las tintas M1 y M'1 utilizadas en los diferentes ensayos se indican en la tabla siguiente:

- 5      Ensayo 1: tinta de plata comercializada bajo la denominación Ag9912-A por la empresa ESL;  
 Ensayo 2: tinta de plata comercializada bajo la denominación Ag9912-A NB por la empresa ESL;  
 Ensayo 3: tinta de cobre comercializada bajo la denominación QP153 por la empresa Dupont;  
 Ensayo 4: tinta de cobre obtenida a partir de un polvo de cobre comercializado por la empresa CERAC y de un  
 10      vehículo orgánico comercializado bajo la referencia 400 por la empresa ESL.

Para cada uno de los ensayos, la consolidación de la tinta P durante la 1ª etapa y la consolidación parcial de la etapa 2 se han efectuado cada una de ellas a 125 °C durante 25 minutos.

- 15      La consolidación total de la etapa 3 se ha efectuado mediante un tratamiento térmico de 1 hora que comprende una subida de la temperatura de 22 minutos, un rellano de 16 minutos a la temperatura máxima T<sub>P</sub> diferente según los ensayos, y a continuación un descenso de la temperatura en 22 minutos. Las temperaturas T<sub>P</sub> se dan en la tabla siguiente:

Ensayo	T <sub>P</sub>
1	850 °C
2	900 °C
3	950 °C
4	950 °C

20      Caracterización de los accionadores térmicos

Los efectos de la dilatación de los brazos del accionador se han observado. Cuando la corriente se inyecta en los brazos del accionador, se observa un desplazamiento horizontal paralelo al sustrato en la pantalla de un microscopio óptico (ampliación 20x) que comprende un nonio integrado. La precisión es de aproximadamente ±3 µm.

- 25      La desviación horizontal observada es de 23µm para una potencia inyectada del 0,5 W, para los dos accionadores en cobre (obtenidos respectivamente por los ensayos 3 y 4), y de 37 µm para una potencia inyectada de 1,8 W para dos accionadores en plata (obtenidos respectivamente por los ensayos 1 y 2).

30      **Ejemplo 2**

**Resistencias calefactoras**

Elaboración de una resistencia calefactora

- 35      Se ha elaborado una resistencia como la representada en la figura 13a.

La figura 13a representa las diferentes etapas del procedimiento en una vista superior.

- 40      La figura 13b representa las etapas del procedimiento en una vista lateral según el eje A-A representado en la figura 11a.

- Sobre un sustrato, se deposita en la etapa ①, una capa de tinta P, y se consolida dicha capa en las condiciones indicadas en el ejemplo 1;
- En la etapa ② se deposita junto a la capa P y a lo largo de un mismo lado de la capa P, una capa de tinta M1 que se encuentra bajo la forma de dos zonas correspondientes a los plots de contacto bajo las zonas 11 y 12 de la resistencia (figura 11a), y se consolida parcialmente dicha capa M1, en las condiciones indicadas en el ensayo 2 del ejemplo 1;
- En la etapa ④ se deposita una capa de tinta M2 según el mismo modelo que el utilizado para la tinta M'1, y se efectúa una consolidación total, en las condiciones indicadas para el ensayo 2 del ejemplo 1;
- En la etapa ⑤ se elimina el material P en las condiciones indicadas en el ejemplo 1.

Una resistencia como la representada en la figura 11b se obtiene empleando un procedimiento análogo, con las diferencias siguientes:

- Durante la etapa ② las zonas de la capa M1 se disponen a lo largo de dos lados opuestos de la capa P;
- La capa M'1 destinada a formar el filamento se deposita según una línea quebrada que une las dos zonas de la capa M1.

El procedimiento se ha ejecutado utilizando un sustrato de alúmina y las tintas siguientes:

Tinta P: tinta que contiene un 55% de SrCO<sub>3</sub> y un 45% de resina epoxi (en peso);

- 60      Tinta M1, M'1: tinta de plata comercializada bajo la denominación Ag9912-A por la empresa ESL;

Tinta M2: tinta de platino comercializada bajo la referencia 5544 por la empresa ESL.

El filamento de las resistencias obtenidas presenta un espesor de 18  $\mu\text{m}$ , una anchura de 180  $\mu\text{m}$  y una longitud de aproximadamente 20 mm.

5

#### Caracterización de las resistencias

Las prestaciones de las resistencias obtenidas se han ensayado. Tras la calibración, la resistencia se ha unido a un generador de corriente y se ha determinado la potencia inyectada que permite alcanzar una temperatura comprendida entre la ambiental y unas temperaturas próximas a la temperatura de fusión.

10

La potencia de caldeo que permite alcanzar 500°C con la ayuda de la resistencia parcialmente liberada del sustrato según la presente invención representa aproximadamente la tercera parte de la potencia requerida por una resistencia totalmente solidaria con el sustrato. Para una potencia de aproximadamente 2,5 W, se observa una ruptura del sustrato cuando se encuentra en contacto directo con la resistencia, aunque la resistencia liberada parcialmente del sustrato realizada según la presente invención no se ha degradado. Si se continúa aumentando la potencia inyectada, la resistencia según la presente invención se rompe por fusión del filamento, aunque el sustrato no se deteriora.

15

### 20 **Ejemplo 3**

#### **Realización de microcanales**

Se han realizado unos microcanales según el proceso representado esquemáticamente en las figuras 14a y 14b. La figura 14a representa una vista superior, y la figura 14b representa una vista lateral según el eje A-A indicado en la etapa ③ de la figura 14a.

25

- Sobre un sustrato, se deposita en la etapa ① una tinta P, y se consolida dicha capa en las mismas condiciones que en el ejemplo 1;
- En la etapa ② se deposita a lo largo de dos bordes opuestos de la capa de tinta P, una capa de tinta M1 que se encuentra bajo la forma de dos zonas correspondientes a las paredes laterales del microcanal pretendido, y se consolida parcialmente dicha capa de tinta M1;
- En la etapa ③ se deposita encima de la capa P y de la capa M1, una capa de tinta M'1 que forma la pared superior del microcanal, y se efectúa una consolidación total;
- En la etapa ④ se elimina el material P en las condiciones indicadas en el ejemplo 1.

30

35

La figura 15a representa una vista superior de algunas estructuras de microcanales sobre la base de cerámica. Para la elaboración de dichas estructuras, se utilizan las tintas siguientes:

Tinta P: tinta que contiene un 55% de  $\text{SrCO}_3$  y un 45% de resina epoxi (en peso);

Tinta M1, M'1: tinta dieléctrica comercializada por la empresa ESL bajo la referencia 4702. La consolidación parcial de la etapa 2 se ha efectuado mediante un calentamiento a 125 °C durante 20 minutos. La consolidación total de la etapa 3 se ha efectuado mediante un tratamiento térmico de 1 hora que comprende un aumento de la temperatura de 22 minutos, un relleno de 16 minutos a la temperatura máxima de 870 °C, y a continuación una bajada de la temperatura de 22 minutos.

40

La figura 15b representa una imagen de un microcanal de plata, atravesado por un hilo de platino de 35  $\mu\text{m}$  de diámetro. Para la elaboración del microcanal se han utilizado las tintas siguientes:

Tinta P: tinta que contiene un 55% de  $\text{SrCO}_3$  y un 45% de resina epoxi (en peso);

Tinta M1: tinta de plata comercializada bajo la denominación Ag9912-A por la empresa ESL. La consolidación parcial de la etapa 2 y la consolidación total de la etapa 3 se han efectuado en las condiciones indicadas en el ensayo 1 del ejemplo 1.

50

### **Ejemplo 4**

#### **Ensamblaje de un transformador piezoeléctrico**

55

El procedimiento de capa gruesa se ejecuta para el ensamblaje de un transformador piezoeléctrico como el representado esquemáticamente en la figura 9.

El proceso se representa esquemáticamente en las figuras 16a y 16b. La figura 16a representa una vista superior de las etapas del procedimiento, y la figura 16b representa una vista lateral según el eje A-A indicada sobre la etapa 5 de la figura 16a.

60

Las deposiciones de las capas sucesivas se efectúan sobre un sustrato de alúmina, sobre el que se han depositado unas pistas conductoras por serigrafía, y a continuación se someten a una cocción a 850 °C durante 15 minutos. Dichas pistas conductoras corresponden a los electrodos 2, 3 y 4 representados en la figura 9.

65

- En la etapa (1), se deposita una tinta P bajo la forma de 4 plots de contacto sobre el sustrato de alúmina previamente tratado, y se consolida en las condiciones indicadas en el ejemplo 1;
- En la etapa (2), se deposita una tinta M1 según un modelo en forma de islote destinado a formar el plot de contacto 8 de la figura 9, y se consolida parcialmente;
- 5 • En la etapa (3), se deposita según unas referencias precisas, una placa de cerámica metalizada que comprende los electrodos 9, 10 y 11, sobre los 4 plots de contacto de material P y sobre el plot de contacto 8 de tinta M1 depositados previamente y se consolida parcialmente;
- En la etapa (4), con la capa de tinta M1 y de los hilos conductores eléctricos, se unen los electrodos del sustrato cerámico con los de la cerámica piezoeléctrica, y se consolida totalmente;
- 10 • En la etapa (5), se elimina totalmente el material P en las condiciones indicadas en el ejemplo 1.

Las tintas utilizadas son las siguientes:

Tinta P: tinta que contiene un 55% de  $\text{SrCO}_3$  y un 45% de resina epoxi (en peso);

Tinta M1: tinta de oro comercializada bajo la denominación 8836 por la empresa ESL.

15 La consolidación parcial de las etapas 2 y 3 se ha efectuado mediante un calentamiento a 125 °C durante 20 minutos. La consolidación total de la etapa 4 se ha efectuado mediante un tratamiento térmico de 1 hora que comprende un aumento de la temperatura de 22 minutos, un rellano de 16 minutos a la temperatura máxima de 850 °C, y a continuación un descenso de la temperatura de 22 minutos.

20

### Ejemplo 5

#### Compuesto piezoeléctrico suspendido

#### 25 Elaboración del componente

El componente piezoeléctrico pretendido se representa esquemáticamente en las figuras 17a (vista superior) y 17b (vista en sección).

30 La figura 18 representa las diferentes etapas del procedimiento según la presente invención en una vista superior. Las cifras indican el número de la etapa del procedimiento.

La figura 19 representa las etapas del procedimiento en una vista lateral según el eje A-A representado en la figura 18.

35

La figura 20a representa una fotografía del componente piezoeléctrico. Las figuras 20b y 20c representan respectivamente una sección MEB según el eje AA y el eje BB representados en la figura 18.

El componente se ha elaborado según el procedimiento siguiente:

- 40 • Sobre un sustrato, se deposita en la etapa 1, una capa de tinta P, y se consolida dicha capa;
- En la etapa 2, se deposita a ambos lados de la capa P una capa de tinta M1 que se encuentra bajo la forma de dos zonas correspondientes a los plots de contacto bajo las zonas 1 y 2 del componente piezoeléctrico (visibles en las figuras 17a y 17b), y se consolida parcialmente dicha capa M1;
- 45 • En la etapa 3, se deposita una capa de tinta M'1 según el modelo visible en la figura 19 que representa la forma del electrodo inferior, y se efectúa una consolidación parcial;
- En la etapa 4, se deposita una capa de tinta M2 según el mismo modelo que el utilizado para la tinta M'1, y se efectúa una consolidación parcial;
- En la etapa 5, se deposita una capa de tinta P' según el modelo visible en la figura 18 (dicha capa de tinta P' permite aislar eléctricamente los dos electrodos M'1 y M''1) y se consolida dicha capa;
- 50 • En la etapa 6, se deposita una capa de tinta M''1 según el modelo visible en la figura 18 (debiendo estar contenida dicha capa en el modelo de la capa M2 para evitar los cortocircuitos entre los electrodos M'1 y M''2) y representa la forma del electrodo superior, y se efectúa una consolidación total;
- En la etapa 7, se elimina el material P hasta su desaparición completa por inmersión total de la muestra en la solución acuosa de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (1 mol/L).

55

El procedimiento se ha ejecutado utilizando un sustrato de alúmina y las tintas siguientes:

Tintas P, P tinta que contiene un 55% de  $\text{SrCO}_3$  y un 45% de resina epoxi (en peso);

Tintas M1, M'1, M''1 tinta de oro comercializada bajo la denominación Au8836 por la empresa ESL;

60

Tinta M2 tinta piezoeléctrica realizada en el laboratorio que contiene un 24% en peso de aglutinante orgánico ESL400 suministrado por la empresa ESL y 76% en peso de polvo constituido por 96% en peso de  $\text{PbZr}_{0,5}\text{Ti}_{0,5}\text{O}_3$  (PZT50/50) y 4% en peso de eutéctico  $\text{PbO/PbF}_2$ .

## ES 2 386 572 T3

Se han preparado varios componentes piezoeléctricos de tamaños diferentes según el modo operativo descrito anteriormente.

5 Para cada una de las preparaciones, la consolidación de las tintas P y P' en la 1ª y la 5ª etapa y la consolidación parcial de las etapas 2, 3 y 4 se han efectuado cada una de ellas a 125 °C durante 25 minutos.

10 La consolidación total de la etapa 6 se ha efectuado mediante un tratamiento térmico de 3 horas que comprende dos rellanos de temperatura (10 minutos a 500 °C y 25 minutos a 920 °C), un aumento de la temperatura de 75 minutos, y a continuación un descenso de la temperatura de 70 minutos.

10 Los electrodos presentan un espesor de aproximadamente 15  $\mu\text{m}$  y una superficie comprendida entre 0,1 y 15  $\text{mm}^2$ . La capa de material piezoeléctrico presenta un espesor de aproximadamente 80  $\mu\text{m}$  y una superficie comprendida entre 0,1 y 15  $\text{mm}^2$ .

### 15 Caracterización de los componentes piezoeléctricos

20 Se han evaluado las prestaciones de un componente piezoeléctrico suspendido que se ha obtenido empleando el procedimiento descrito anteriormente y que presenta las dimensiones siguientes: 3 mm x 3 mm x 0,08 mm. Se ha polarizado el componente piezoeléctrico durante 5 minutos a 210 °C aplicando 150 V, a continuación se ha enfriado hasta 25 °C manteniendo aplicada la tensión de 150 V. La medición de la conductancia en función de la frecuencia ha evidenciado tres frecuencias de resonancia. La variación de la conductancia del componente en función de la frecuencia se representa en la figura 21.

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante pretende únicamente ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha confeccionado con el máximo esmero, no puede excluirse la posibilidad de que contenga errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patente citados en la descripción**

- FR 2570223 A1
- US 6738600 B1

10

**Bibliografía que no corresponde a patentes citada en la descripción**

- 15 • **G. STECHER; R. BOSCH.** "Free supporting structures in thickfilm technology: a substrate integrated sensor. *Proc. 8th European Microelectronics Conf., 1987, 421-427*

## REIVINDICACIONES

- 5
1. Procedimiento para la fabricación de un microcomponente piezoeléctrico suspendido que comprende un electrodo inferior (3) y un electrodo superior (4), consistiendo dicho procedimiento en:
- 1) Depositar sobre un sustrato de alúmina, una primera capa provisional de una tinta (P) constituida por una resina termoendurecible epoxi que contiene  $\text{SrCO}_3$  como carga mineral, y en consolidar dicha capa:
- 10
- 2) Depositar, en ambos lados de la primera capa provisional de tinta (P), una primera capa de tinta de oro (M1) en forma de dos zonas, y en consolidar parcialmente dicha capa (M1);
- 15
- 3) Depositar una segunda capa de tinta de oro (M'1) según un modelo que representa la forma del electrodo inferior (3), únicamente encima de la primera capa provisional de tinta (P) y de tal modo que dicha segunda capa de tinta de oro (M'1) establezca contacto con una primera de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), y en consolidar parcialmente dicha capa (M'1);
- 20
- 4) Depositar, únicamente sobre la parte de la segunda capa de tinta de oro (M'1) que representa el electrodo inferior (3), una cuarta capa de tinta (M2), conteniendo dicha cuarta capa un aglutinante orgánico y un polvo que comprende  $\text{PbZr}_{0,5}\text{Ti}_{0,5}\text{O}_3$  y un eutéctico  $\text{PbO/PbF}_2$ , y en consolidar parcialmente dicha capa (M2);
- 25
- 5) Depositar una segunda capa provisional de tinta (P') constituida por una resina termoendurecible epoxi que contiene  $\text{SrCO}_3$  como carga mineral, para aislar eléctricamente los dos electrodos (3, 4), disponiéndose la segunda capa provisional de tinta (P') directamente sobre una superficie libre de la primera capa provisional de tinta (P) entre la segunda capa de tinta de oro (M'1) y la segunda de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), y en consolidar dicha capa (P');
- 30
- 6) Depositar una tercera capa de tinta de oro (M''1), encontrándose contenida dicha capa en el modelo de la cuarta capa de tinta (M2) de tal modo que establezca contacto con la segunda de dichas dos zonas que forman la primera capa de tinta de oro (M1), representando la tercera capa de tinta de oro (M''1) la forma del electrodo superior (4), y en efectuar una consolidación total, efectuándose dicha consolidación total mediante un tratamiento térmico;
- 35
- 7) Eliminar a continuación totalmente el material de las dos capas provisionales de tinta (P, P'); depositándose las tintas (M1, M'1, M''1, M2, P y P') mediante colada o mediante extrusión.
- 40
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las diferentes capas depositadas presentan un espesor comprendido entre  $1\ \mu\text{m}$  a 1 mm.
- 45
3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el aglutinante orgánico de una tinta M contiene por lo menos un aglutinante provisional, por lo menos un disolvente, eventualmente por lo menos un compuesto seleccionado entre los gelificantes, los plastificantes, los tensioactivos y los lubricantes.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la consolidación parcial de las capas de tinta (M1, M'1 y M2) se realiza a una temperatura de  $125^\circ\text{C}$ , con una duración de 25 minutos.



Fig. 1

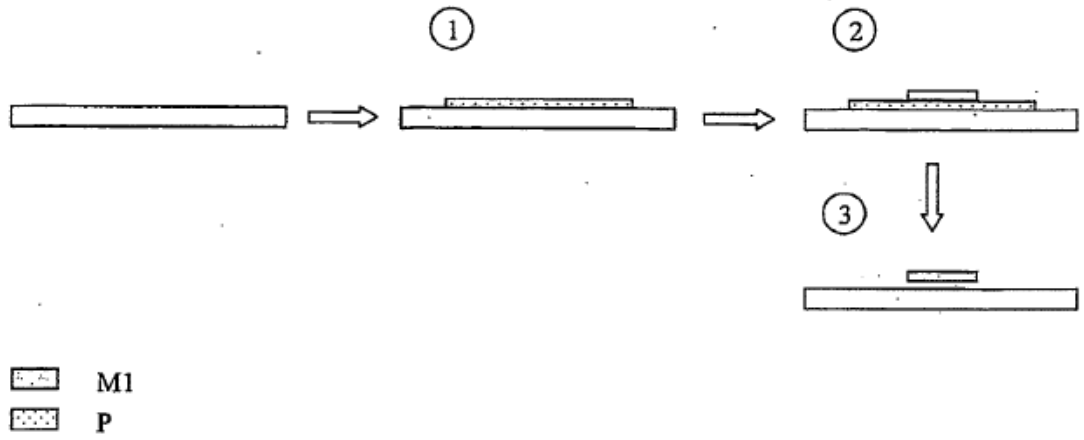


Fig. 2a

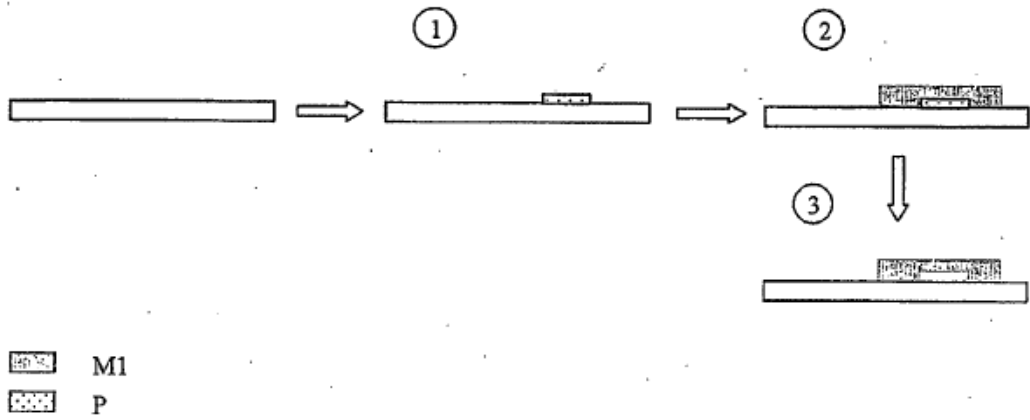


Fig. 2b

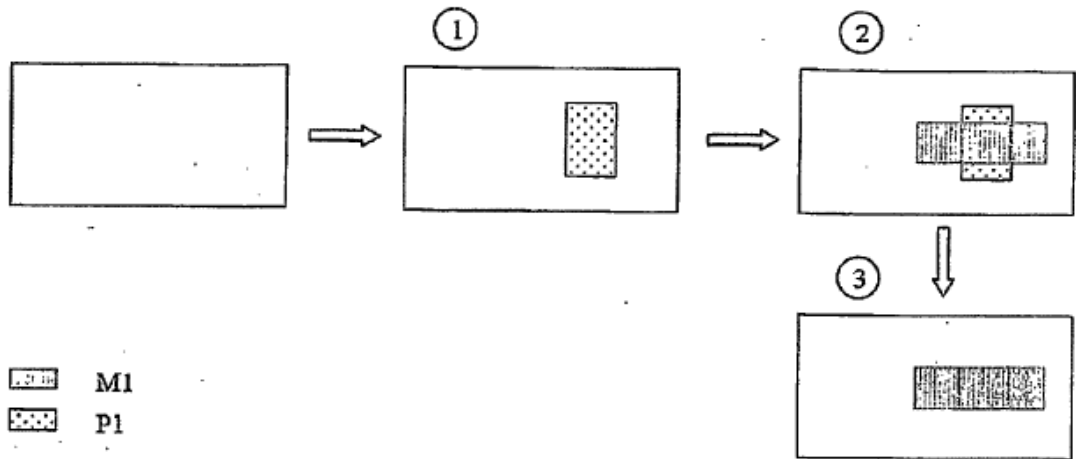


Fig. 3a

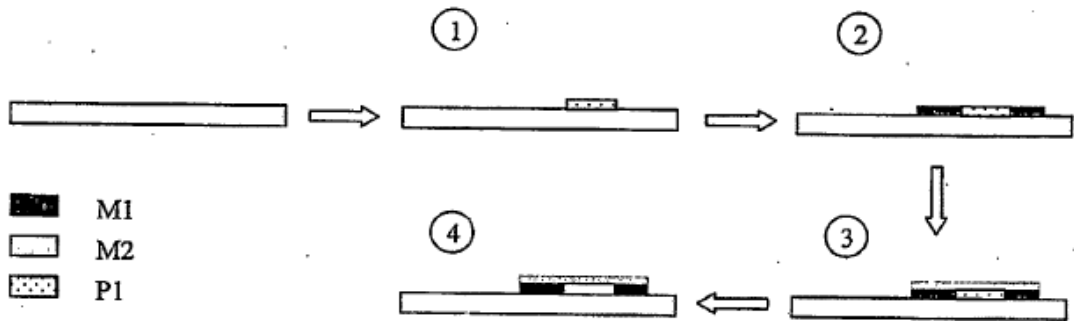


Fig. 3b

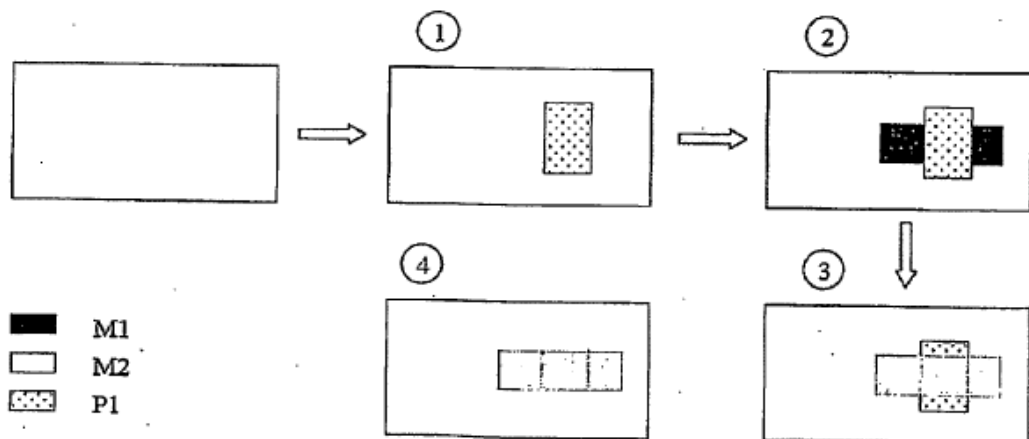


Fig. 4a

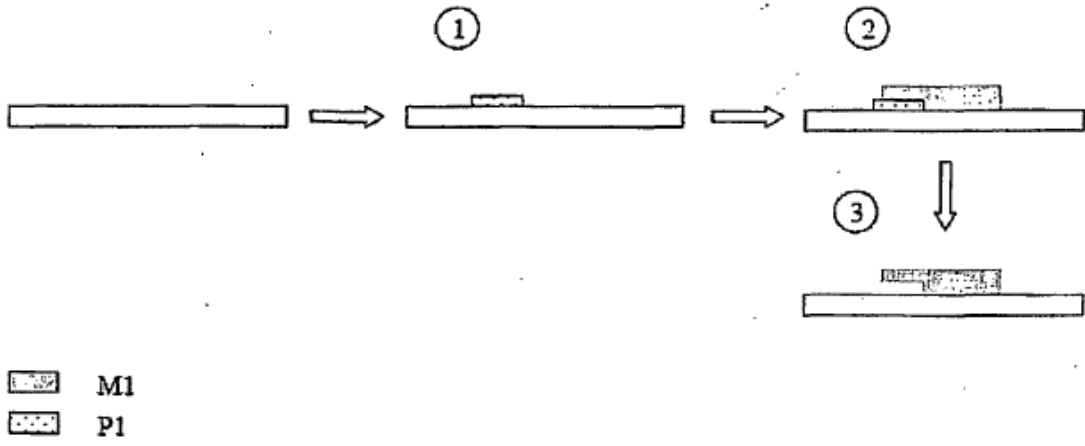


Fig. 4b

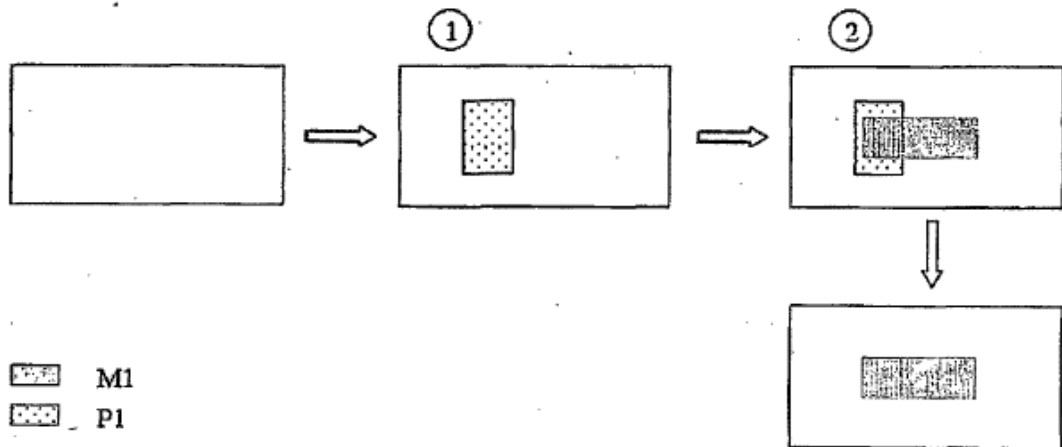


Fig. 5a

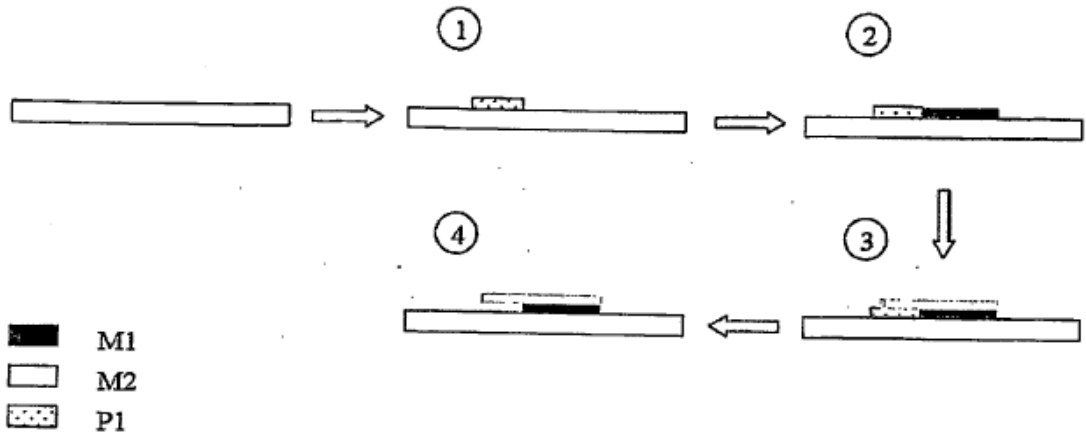


Fig. 5b

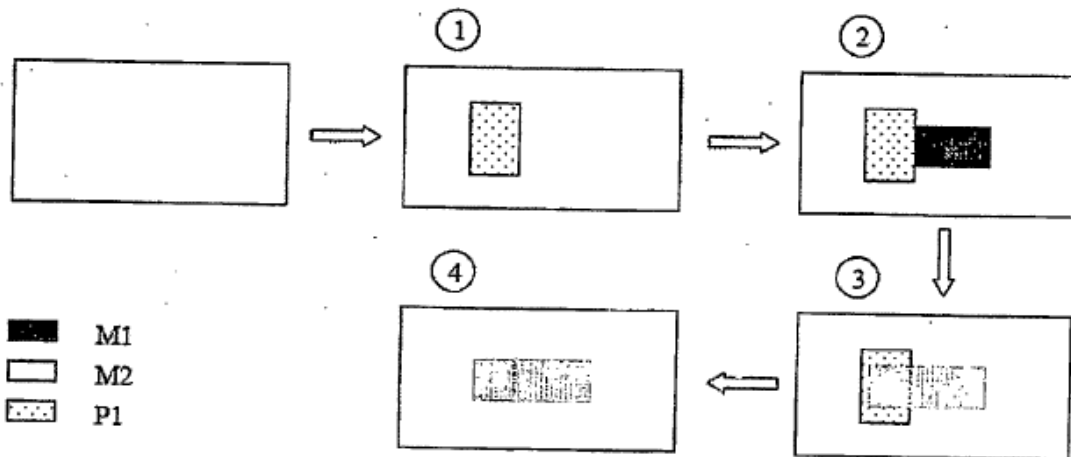
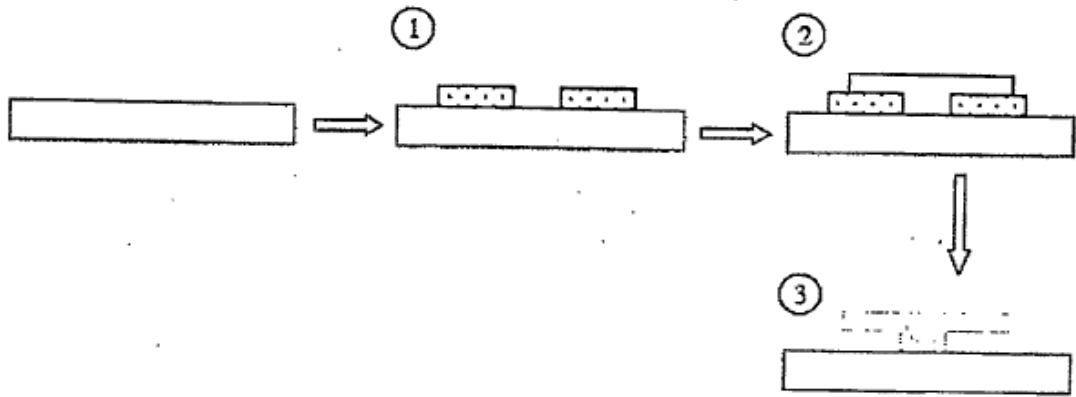


Fig. 6a





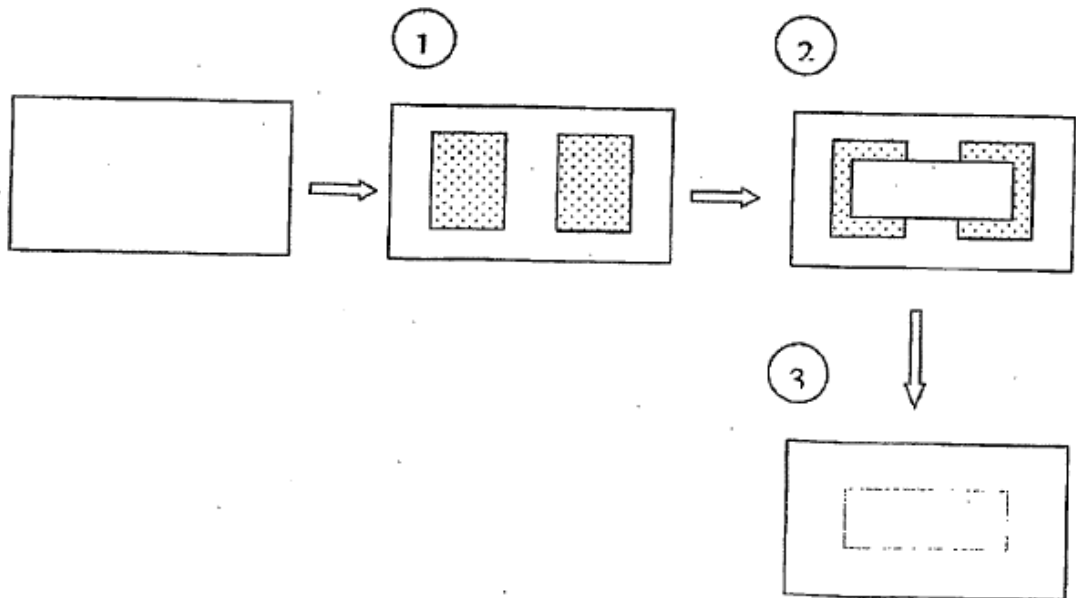
 MI  
 PI

Fig. 6b





 MI  
 PI

Fig. 7a

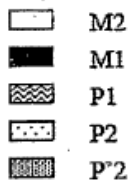
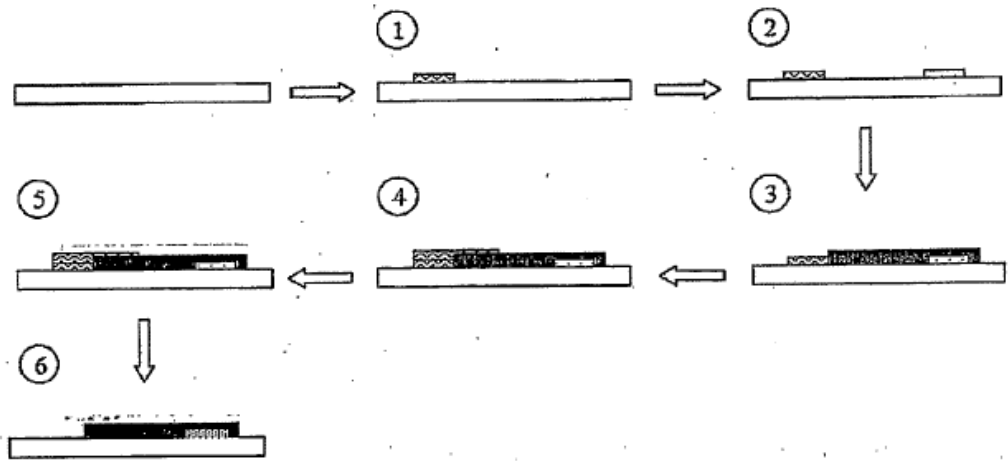
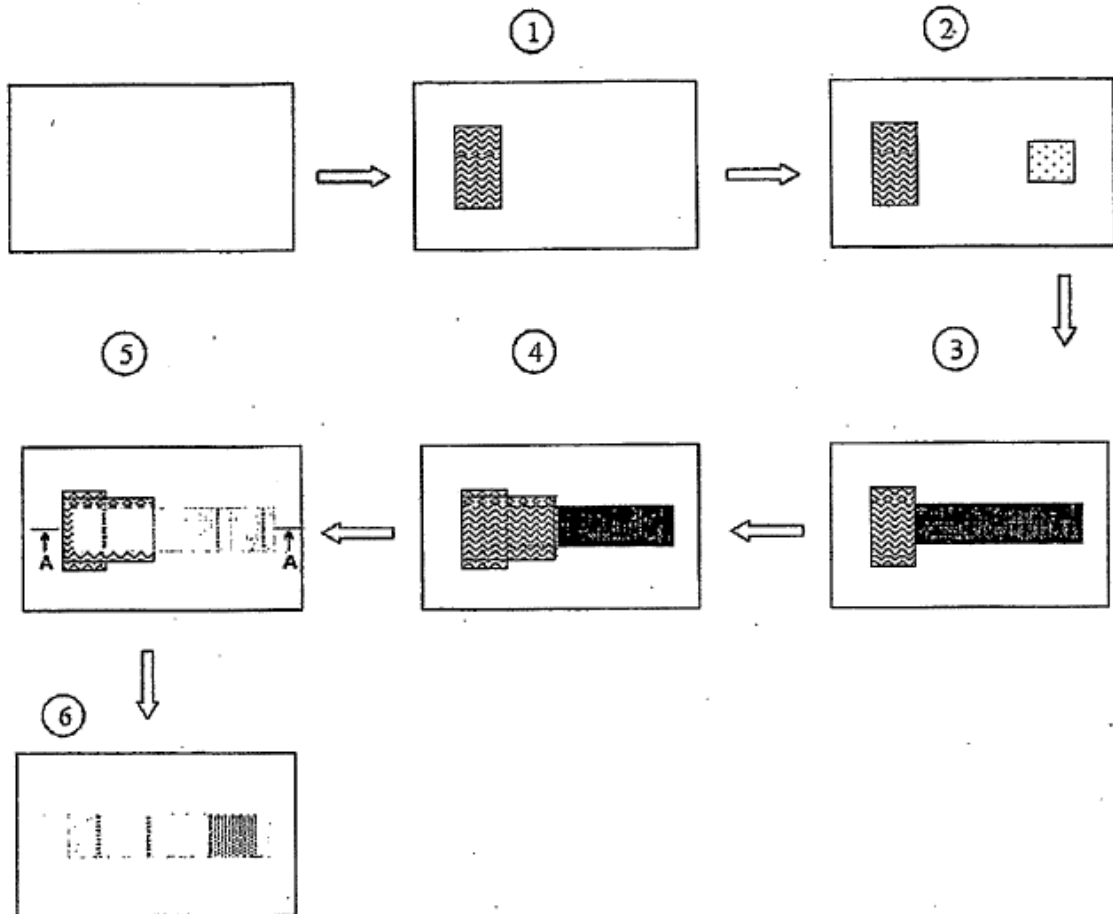


Fig. 7b








-  M2
-  M1
-  P1
-  P2
-  P'2

Fig. 8a

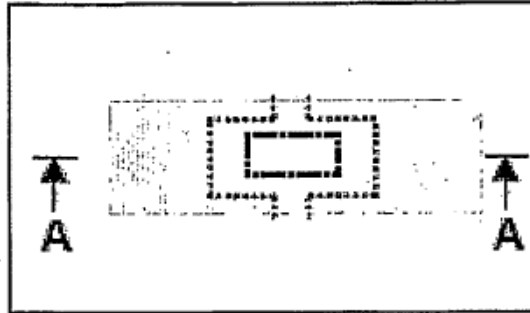


Fig. 8b

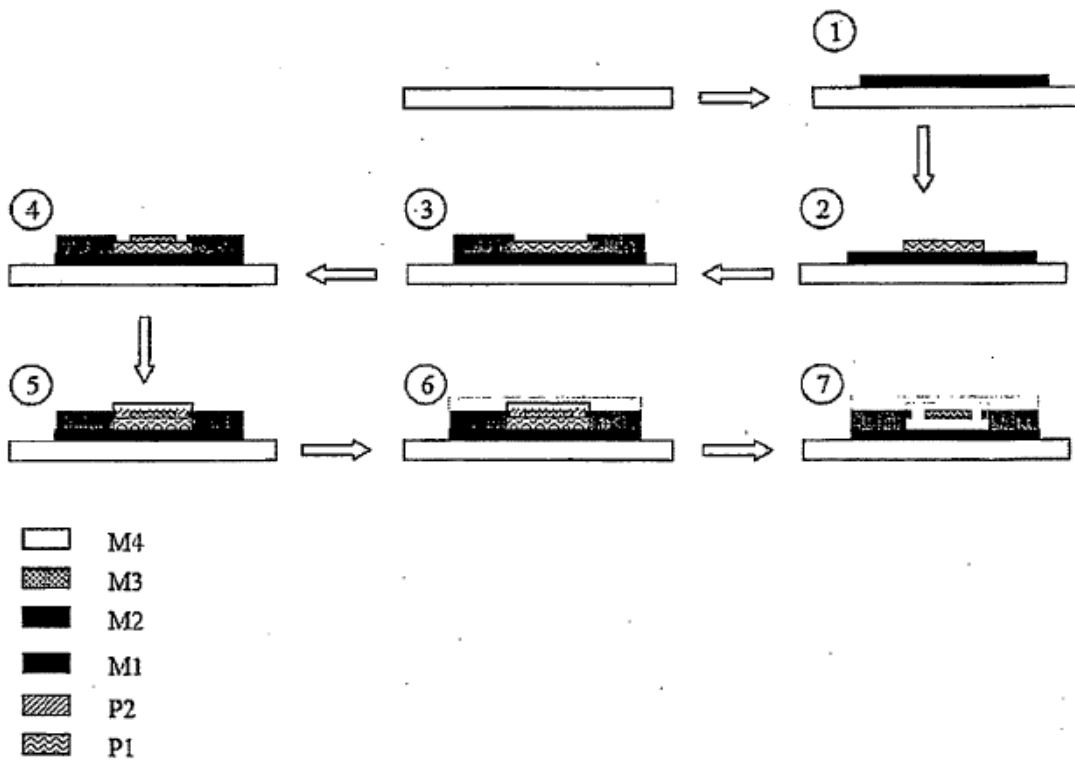




Fig. 9

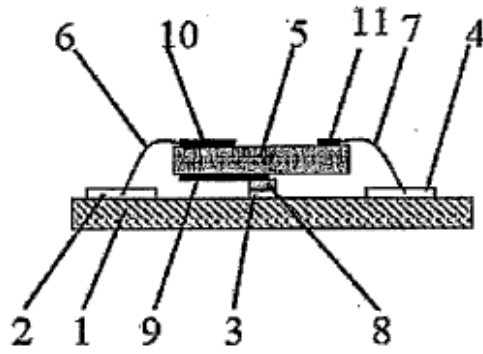


Fig. 10

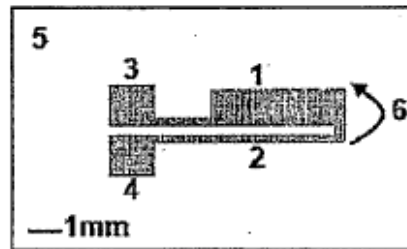


Fig. 11

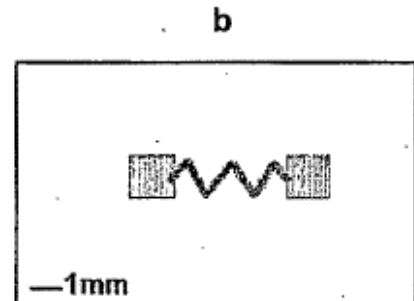
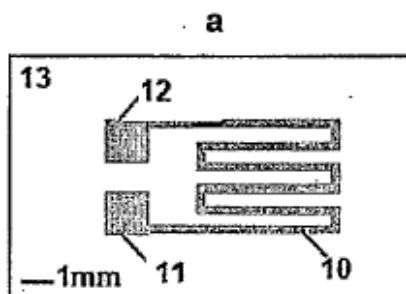


Fig. 12a

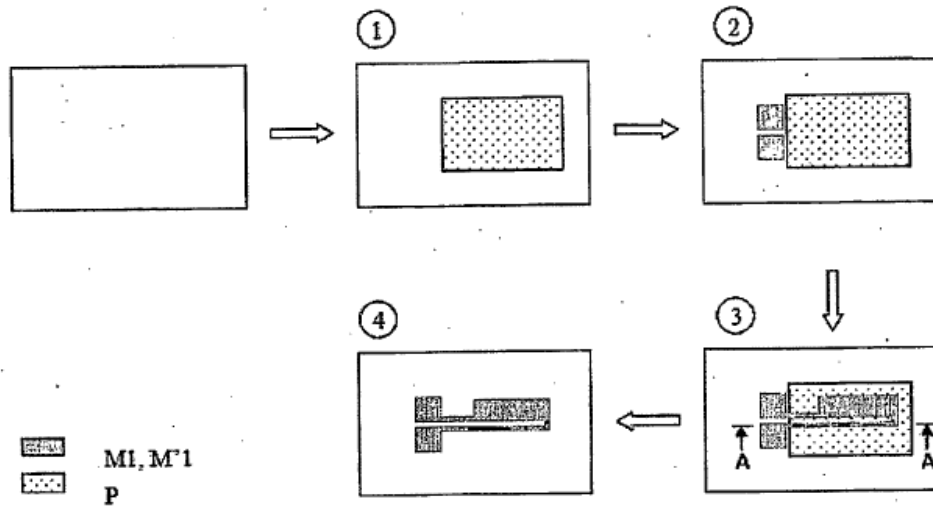
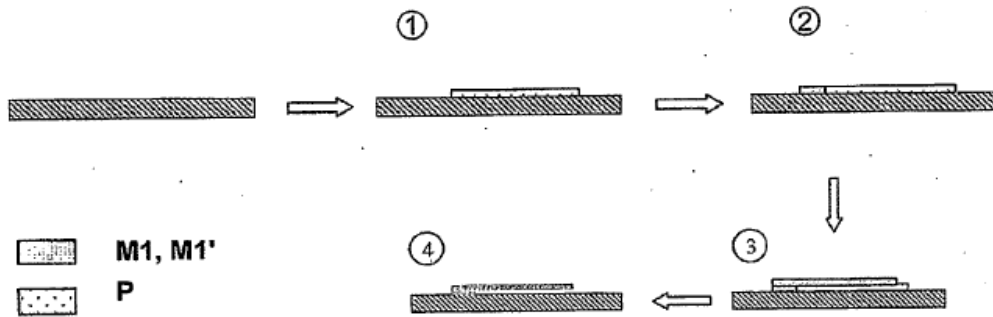


Fig. 12b



5

Fig. 13a

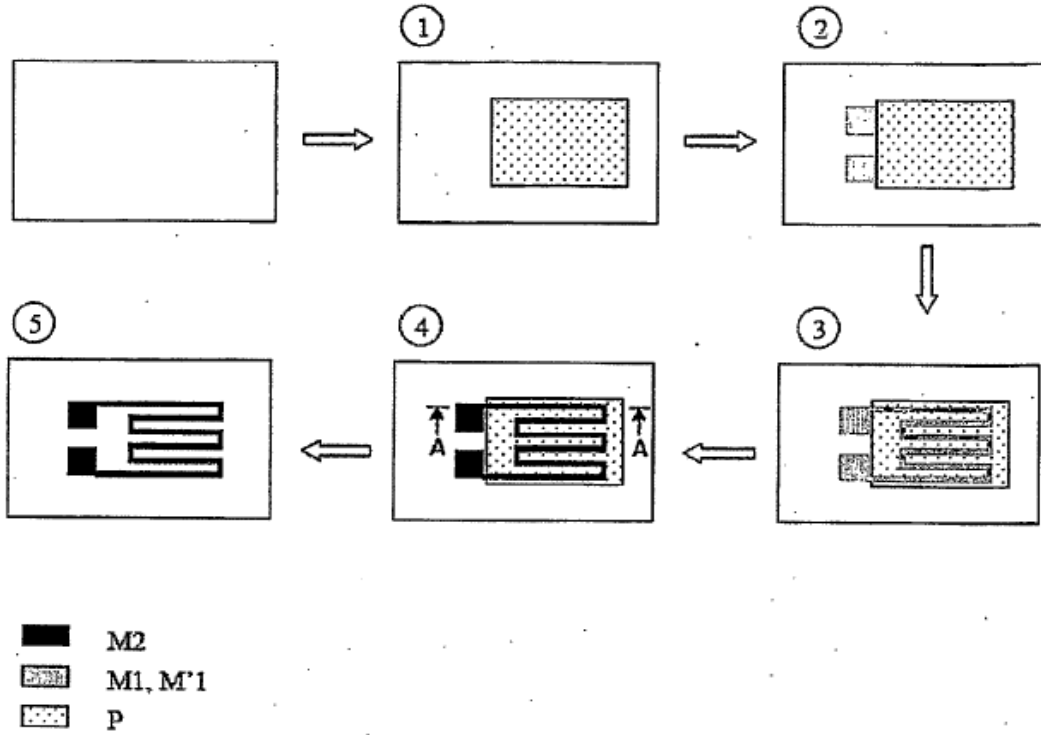
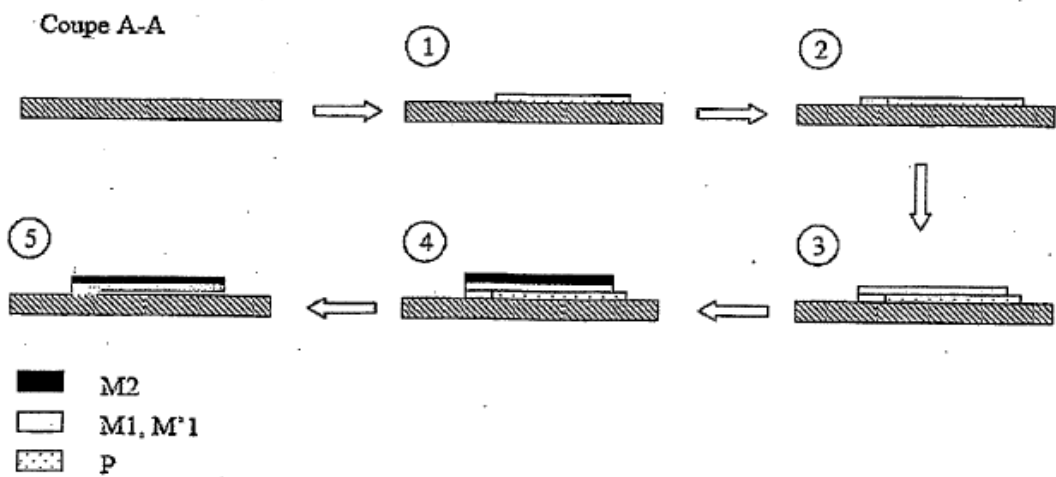


Fig. 13b



5

Fig. 14a

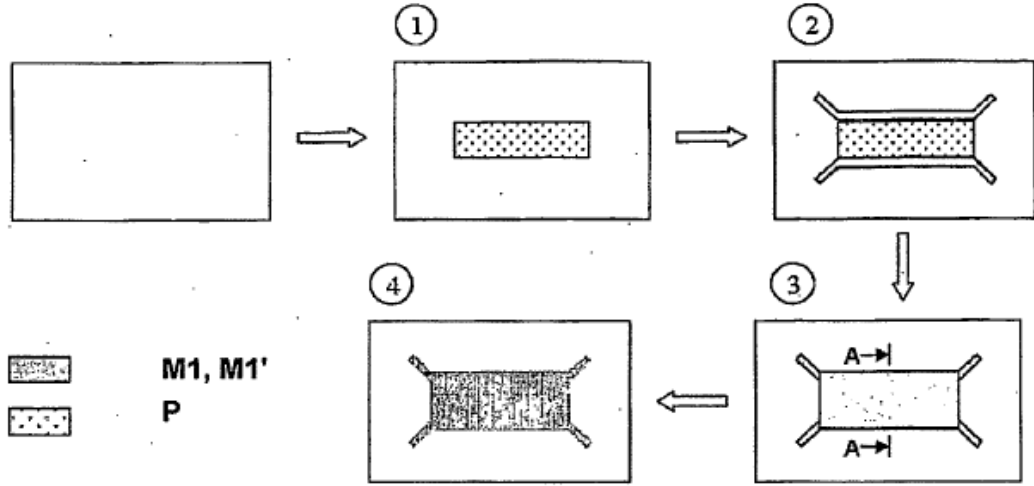


Fig. 14b

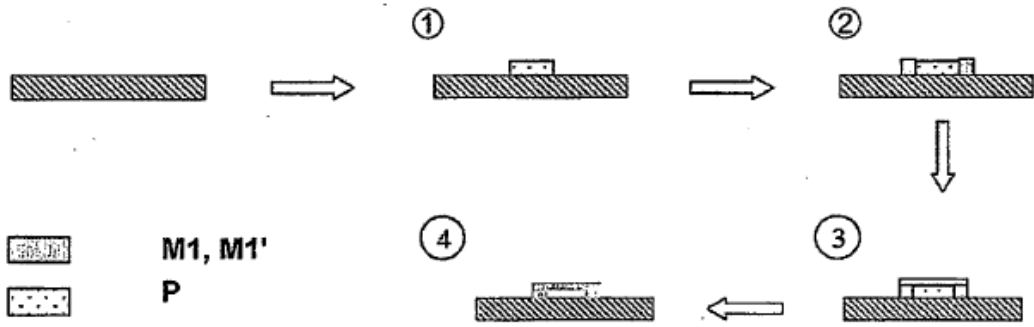


Fig. 15

a

b

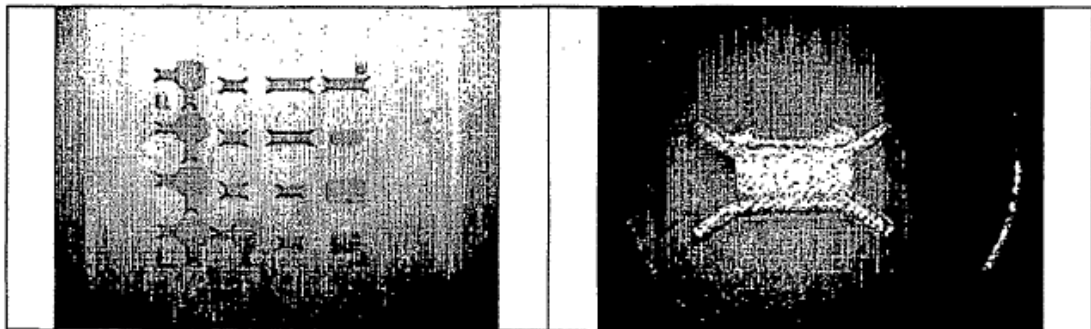


Fig. 16a

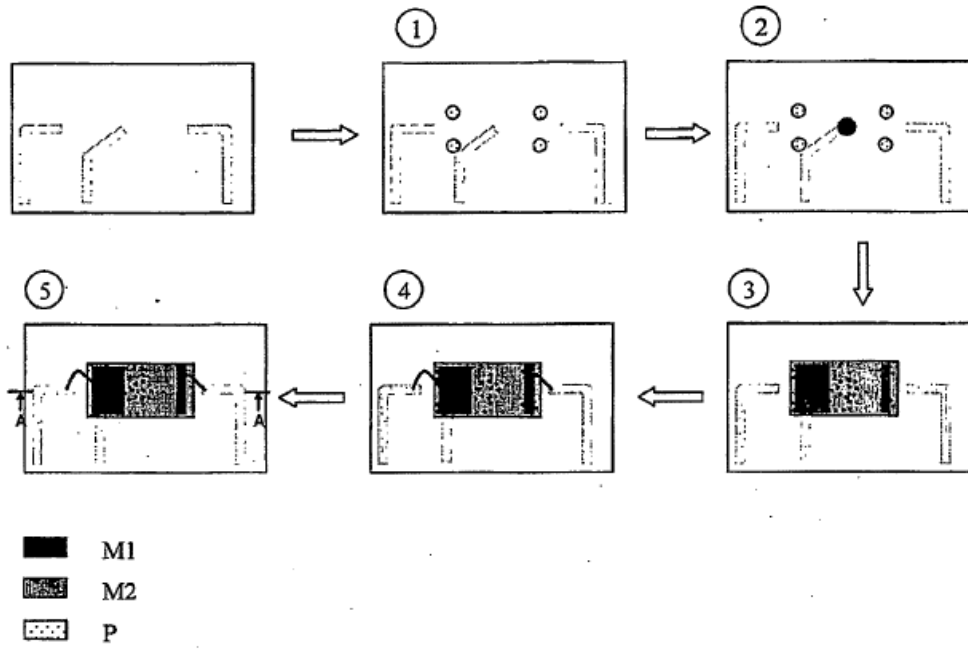


Fig. 16b

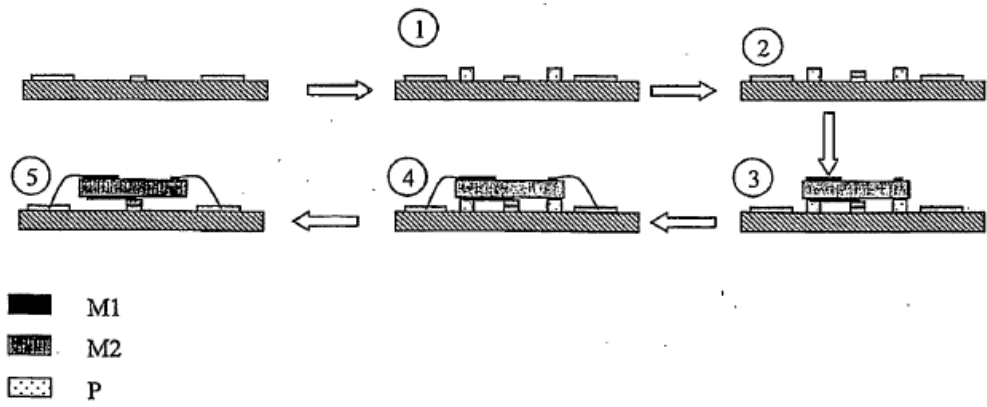


Fig. 17

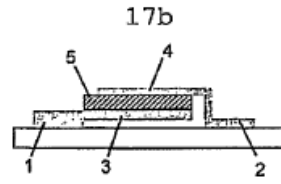
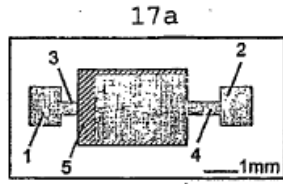


Fig. 18

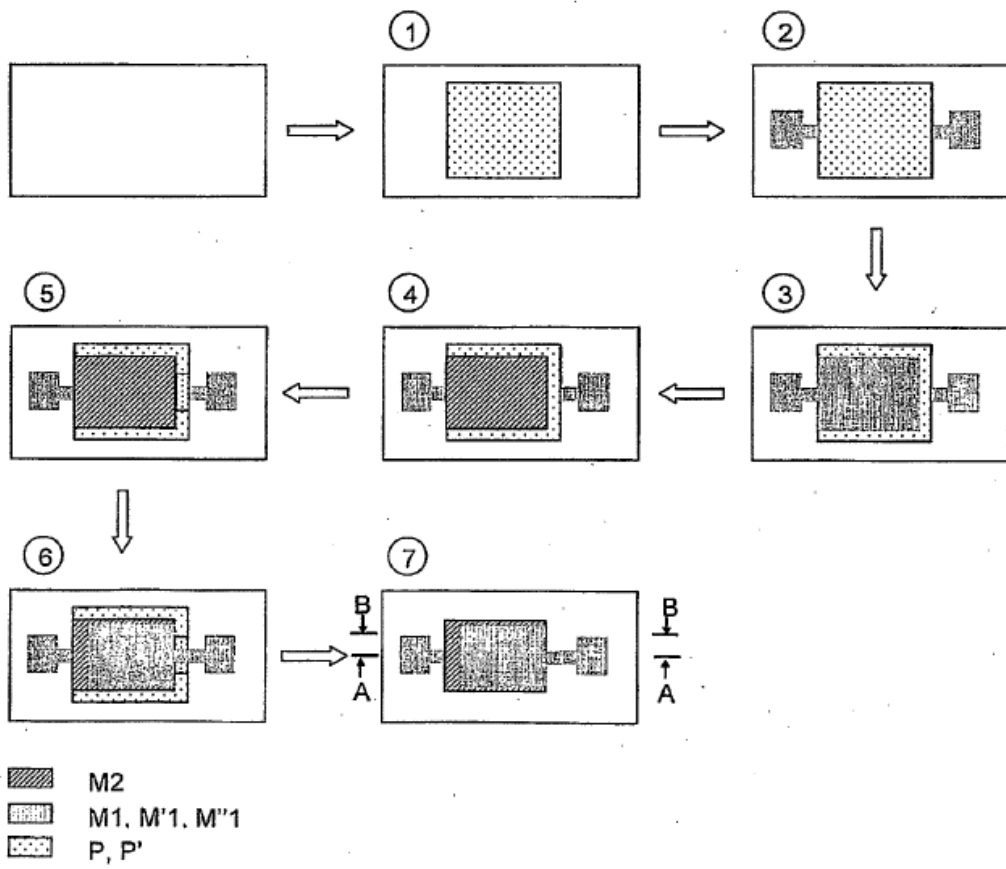


Fig. 19

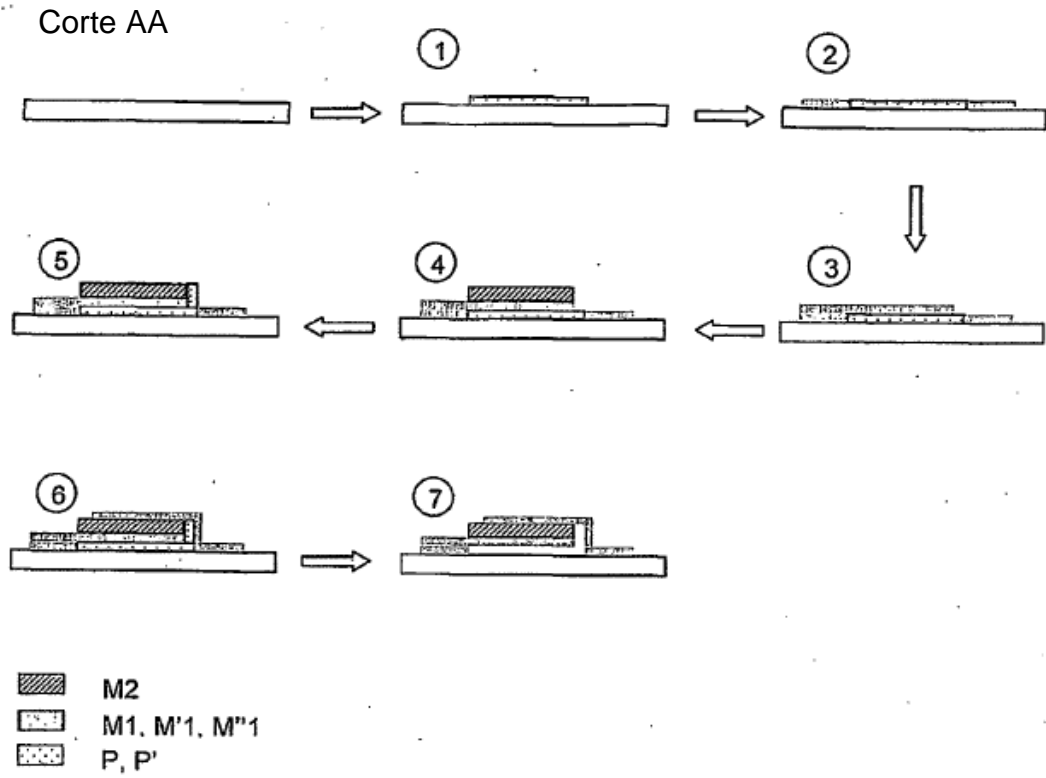


Fig. 20a



Fig. 20b

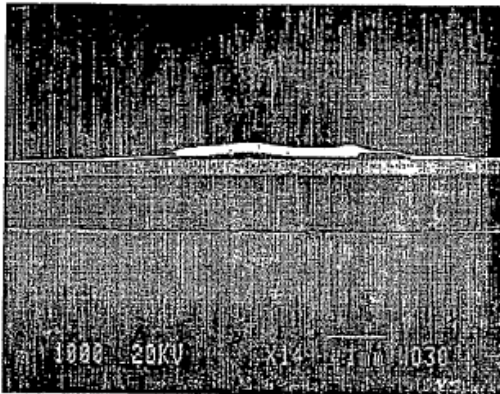


Fig. 20c

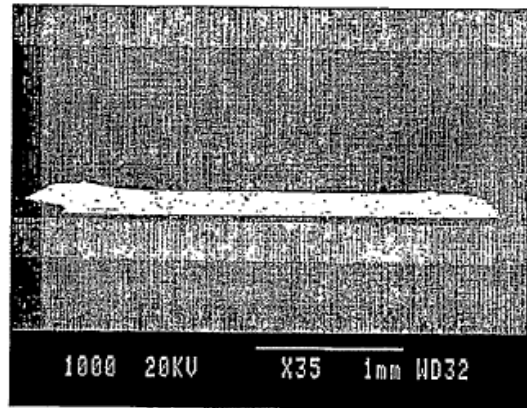


Fig. 21

