

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 457**

51 Int. Cl.:

G01L 9/00 (2006.01)

G01L 9/04 (2006.01)

G01L 9/06 (2006.01)

G01L 19/00 (2006.01)

G01L 19/14 (2006.01)

B81C 1/00 (2006.01)

B81B 7/02 (2006.01)

B81B 7/00 (2006.01)

B32B 38/08 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2013 PCT/EP2013/054531**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13131973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2013 E 13707416 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 2823273**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un sensor de presión y sensor correspondiente**

30 Prioridad:

06.03.2012 FR 1252042

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

19.02.2020

73 Titular/es:

**AUXITROL SA (50.0%)
5, allée Charles Pathé
18000 Bourges, FR y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BRIDA, SÉBASTIANO y
LE NEAL, JEAN-FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 743 457 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

Procedimiento de fabricación de un sensor de presión y sensor correspondiente.

5 Campo técnico general

La invención se refiere a la fabricación de una estructura micromecánica para medir o detectar una magnitud mecánica o una magnitud física y en particular a un sensor de presión que comprende tal microestructura.

10 Estado de la técnica

De manera conocida, un sensor de presión comprende una estructura micromecánica (en inglés "Micro Electro Mechanical Systems", (MEMS)) que comprende una membrana deformable ensamblada a un soporte parcialmente separado por una cavidad en la que impera una presión de referencia, por ejemplo el vacío.

15 Unas galgas extensométricas soportadas por la membrana pueden entonces medir unas tensiones provocadas por deformaciones que sufre la membrana sometida a una aportación de energía externa (tal como, por ejemplo, una presión P aplicada sobre la membrana), observando las modificaciones de propiedades físicas y/o eléctricas de la estructura asociadas a las deformaciones (tales como, por ejemplo, un cambio de resistencia eléctrica o tensiones internas).

Los sensores de presión de este tipo están destinados a utilizarse en entornos hostiles y deben protegerse del medio exterior.

25 Para este fin, la estructura micromecánica se coloca en una caja de protección: encapsulación de la estructura micromecánica (más generalmente, se habla de encapsulación de la estructura micromecánica cuando se trata de proteger la estructura micromecánica). Una vez en la caja, la presión a medir se transmite de la caja a las galgas extensométricas por medio de una interfaz de transmisión generalmente constituida de aceite. Tal colocación en una caja se conoce bajo su nombre inglés de "packaging".

30 No obstante, tal packaging presenta inconvenientes.

La presencia de aceite limita la utilización del sensor así obtenido a una temperatura del orden de 200°C.

35 Además, el sensor presenta una precisión limitada por la presencia de elementos intermedios que tienen unas interacciones con la estructura micromecánica (tales como aceite y adhesivo), que afecta en particular a la precisión y la estabilidad a largo plazo.

40 Desde hace algunos años, para paliar estos inconvenientes, la encapsulación de la estructura micromecánica puede llevarse a cabo en el momento de la fabricación de la estructura micromecánica (en inglés, "Wafer Level Packaging").

Los procedimientos conocidos presentan, no obstante, los inconvenientes siguientes.

45 La elección de los materiales utilizados para definir los contactos eléctricos es limitada, lo que provoca tensiones en el curso del ensamblaje de la estructura.

Se utiliza frecuentemente una pasta de vidrio para las conexiones, lo que crea unas resistencias de contacto no despreciables, que pueden evolucionar a lo largo del tiempo bajo el efecto de la temperatura.

50 Se utilizan unos cables eléctricos, lo que puede fragilizar la estructura.

Los documentos US 2004103724, US 2011073969, JP 2008 002994 y WO 02/08713 divulgan unos sensores de presión conocidos.

55 La invención se inscribe en este contexto para proponer un procedimiento de fabricación de un sensor de presión.

Presentación de la invención

60 La invención propone, según un primer aspecto, un procedimiento de fabricación de un sensor que, debido a su propio diseño, permite agrupar en una sola fase la fabricación y la protección de un elemento sensible de estructura micromecánica.

65 Con este fin, la invención propone un procedimiento de fabricación de un sensor de presión que comprende las etapas siguientes:

5 ensamblar un sustrato de soporte con una membrana deformable sobre la cual se han depositado unas galgas extensométricas, comprendiendo la membrana deformable una zona adelgazada en su centro, depositándose el sustrato de soporte por encima de la membrana deformable, comprendiendo el sustrato de soporte una superficie superior, una superficie inferior en contacto con la membrana deformable, comprendiendo además el sustrato de soporte unos rebajes laterales dispuestos por encima y frente a las galgas extensométricas y un rebaje central dispuesto por encima de la zona estrechada de la membrana, y esto para obtener una estructura micromecánica; y una efectuado vez el ensamblaje, el procedimiento comprende la etapa siguiente:

10 depositar en una única etapa por lo menos un material conductor sobre la superficie superior del soporte y en los rebajes laterales del soporte, extendiéndose el material conductor en los rebajes para estar en contacto directo con las galgas extensométricas a fin de formar unos contactos eléctricos en conexión con las galgas extensométricas.

15 La invención se completa ventajosamente por las características siguientes, tomadas solas o en cualquiera de sus combinaciones técnicamente posibles:

- 20 - comprende una etapa de formación de varios contactos eléctricos realizados por fotolitografía asociada a una técnica de laminado 3D en caliente o de revestimiento por pulverización de superficies de fuerte topología;
- el o los materiales conductores se seleccionan de entre el grupo siguiente: polisilicio ultradopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN;
- 25 - la membrana es de silicio y: el soporte es de vidrio, consistiendo el ensamblaje en un sellado anódico; o el soporte es de silicio, consistiendo el ensamblaje en un sellado mediante un enlace molecular o atómico con o sin capa intermedia, o por soldadura;
- comprende una etapa que consiste en: integrar el soporte en una caja que comprende unos contactos eléctricos de material conductor; integrándose el soporte en la caja por medio de conectores formados sobre el soporte;
- 30 - la integración del soporte en la caja se efectúa mediante un procedimiento de termocompresión;
- el procedimiento de termocompresión se lleva a cabo con una temperatura comprendida entre 250°C y 500°C, típicamente 320°C con una presión comprendida entre 10 MPa y 200 MPa, típicamente 50 MPa;
- 35 - los contactos eléctricos de la caja son de un material seleccionado de entre el grupo siguiente: polisilicio ultradopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN;
- 40 - la integración del sustrato de soporte en la caja se lleva a cabo mediante la técnica flip chip;
- la membrana se forma a partir de un sustrato, por ejemplo constituido por silicio monocristalino como el SOI o el PSOI, zafiro como el SOS o bien otros materiales como el SiCOI o el SiC.

45 La invención presenta numerosas ventajas.

50 Al efectuarse el ensamblaje del soporte con la membrana deformable antes del depósito de por lo menos un material conductor para obtener después los contactos eléctricos, la elección de los materiales es superior a la de las técnicas conocidas.

La invención permite evitar la utilización de elementos suplementarios para crear la conectividad a nivel de las galgas extensométricas: el depósito del material conductor se efectúa en una sola etapa y conduce a la formación de los contactos eléctricos.

55 Además, el procedimiento de la invención permite depositar varios materiales conductores sucesivos después del ensamblaje para mejorar los contactos eléctricos, por un lado, y facilitar la integración del soporte en una caja de conexión, por otro lado.

60 Además, con el procedimiento de la invención, la calidad de ensamblaje del soporte con la membrana deformable se incrementa, ya que la calidad de la superficie de los dos componentes no se altera por las etapas de grabado que se realizan, en este caso, aguas abajo del ensamblaje.

Por otro lado, la temperatura de sellado no está limitada por la elección de los materiales conductores.

65 Otra ventaja es que la conexión eléctrica por contacto metálico directo presenta una resistencia de contacto despreciable con respecto a la medición en sí, y no está sujeta a las variaciones de temperaturas.

Por otro lado, la integración por la técnica denominada flip chip en una sola etapa, no necesita una aportación de otros materiales que podrían crear unas limitaciones en el procedimiento de fabricación y/o unas tensiones mecánicas entre materiales debidas a la integración por termocompresión.

5

Presentación de las figuras

Otras características, objetivos y ventajas de la invención se desprenderán a partir de la descripción siguiente, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que debe leerse con respecto a los dibujos anexos, en los que:

10

- las figuras 1a, 1b y 1c ilustran el ensamblaje de una membrana deformable y de un soporte según un procedimiento conforme a un modo de realización de la invención;

15

- la figura 1d ilustra un depósito de una barrera de difusión según un ejemplo que no pertenece a la invención,

- las figuras 2a y 2b ilustran el depósito de uno o varios materiales conductores según un procedimiento conforme a un primer modo de realización de la invención;

20

- las figuras 2c y 2d ilustran el depósito de uno o varios materiales conductores según un ejemplo que no pertenece a la invención;

- la figura 3 ilustra la colocación en caja según un ejemplo que no pertenece a la invención y la figura 4 ilustra la colocación en caja según un procedimiento conforme a un primer modo de realización de la invención;

25

- la figura 5 ilustra unas etapas de un procedimiento conforme a un modo de realización de la invención.

En el conjunto de las figuras, los elementos similares llevan unas referencias idénticas.

Descripción detallada de la invención

30

Un sensor de presión comprende especialmente un soporte 10 y una membrana deformable 20, unas galgas extensométricas 30 y unos soportes 40 de ensamblaje dispuestos entre el soporte 10 y la membrana 20.

La medición de la presión puede ser absoluta o diferencial.

35

La estructura micromecánica formada por la membrana deformable las galgas extensométricas están protegidas, por lo tanto, por el soporte 10.

La estructura micromecánica está conectada eléctricamente a una caja 80 por medio de soporte 10 que comprende unos contactos eléctricos 61, comprendiendo la caja 80 también unos contactos eléctricos 81 dispuestos en el interior.

40

De manera ventajosa, la membrana deformable 20 comprende una superficie superior 201 y una superficie inferior 202, un diafragma sensible a la presión/o parte fina 20b suspendida por encima de un espacio libre y una parte gruesa 20a que forma un soporte de la parte fina 20b.

45

Tal membrana 20 se forma típicamente a partir de un sustrato, por ejemplo constituido por silicio monocristalino como SOI o PSOI, zafiro, como SOS o bien otros materiales como SiCOI o SiC.

50

El espacio libre (a nivel de la parte fina 20b de la membrana) se forma ventajosamente por micromecanizado.

Las técnicas de micromecanizado empleadas para formar tal espacio libre pueden ser, por ejemplo, grabado químico, tal como un grabado KOH a una temperatura determinada y/o un grabado profundo por iones reactivos (en inglés "Deep Reactive Ion Etch", (DRIE)) en un sustrato de superficie de origen plano.

55

Los grosores de tal membrana 20 son de varias decenas de micrones, de 100 μm a 1000 μm , típicamente de 500 μm para la parte gruesa 20a, y de 10 a 200 μm para la parte fina 20b.

La membrana deformable 20 comprende en su parte superior unas galgas extensométricas 30. Las galgas extensométricas 30 están constituidas por microestructuras de silicio monocristalino situadas en la superficie superior 201 de la membrana deformable 20 (véase la figura 1a). Típicamente, estas microestructuras se forman habitualmente a partir de una capa de silicio inicial grabada por fotolitografía y grabado químico o plasma.

60

Las galgas extensométricas 30 están dispuestas preferentemente en la zona de tensión mecánica máxima de la membrana deformable 20.

65

La membrana deformable 20 comprende además sobre su superficie superior 201 unos soportes 40 de ensamblaje que se depositan en los extremos de la parte gruesa 20b de la membrana deformable 20.

5 Es además posible prever sobre la superficie superior 201 de la membrana deformable 20 una capa eléctricamente aislante (no representada) tal como una capa de SiO₂. Las galgas extensométricas 30 y los soportes de ensamblaje 40 se depositan, en este caso, sobre la capa eléctricamente aislante.

10 El soporte 10 presenta una sección externa idéntica a la de la membrana deformable 20. El soporte 10 comprende además una superficie superior 101 y una superficie inferior 102, la cual está destinada a estar en contacto con la superficie superior 201 de la membrana deformable 20 en el curso de un procedimiento que se describirá a continuación.

15 El soporte 10 comprende unos rebajes laterales 11 que se forman para estar frente a las galgas extensométricas 30 y un rebaje central 50 formado para estar frente a la parte fina 20b de la membrana deformable cuando la membrana 20 y el soporte 10 se ensamblan. El soporte 10 comprende preferentemente por lo menos cuatro rebajes laterales 11. Los rebajes laterales 11 presentan ventajosamente una sección circular.

20 Los rebajes laterales 11 y el rebaje central 50 se forman a partir de un sustrato mediante unas técnicas de micromecanizado tal como un grabado KOH a una temperatura determinada y/o un grabado profundo por iones reactivos (en inglés, "Deep Reactive Ion Etch" (DRIE)) en un sustrato de superficie de origen plano.

El soporte 10 puede ser un material a base de vidrio, de silicio cuarzo, pyrex™, zafiro, alúmina, Si, SiC.

25 El soporte 10 presenta, por ejemplo, un grosor comprendido entre 50 y 1000 μm.

En el curso de un procedimiento de fabricación de un sensor de presión, un soporte 10 se ensambla E1 en una membrana deformable 20 en la que se han depositado previamente unas galgas extensométricas 30 y unos soportes 40 de ensamblaje.

30 El ensamblaje E1 puede efectuarse aplicando un sellado anódico o mediante una unión molecular o atómica con o sin capa intermedia, o por soldadura.

Por supuesto, se pueden considerar otras posibilidades para ensamblar el soporte 10 con la membrana deformable 20, posibilidades conocidas por el experto en la materia y que no se describirán más en la presente memoria.

35 Después del ensamblaje E1, se deposita E2, en una única etapa, por lo menos un material conductor 60 en los rebajes laterales 11 del soporte 10 y sobre la superficie superior 101 del soporte 10. Así, el material conductor 60 se extiende en los rebajes laterales 11 para estar en contacto con las galgas extensométricas (30) y para formar después unos contactos eléctricos 61 en conexión con las galgas extensométricas 30.

40 Tal depósito E2 comprende, especialmente, el depósito de una película de material o materiales conductores sobre la superficie superior 101 del soporte 10 (opuesta a la superficie inferior 102 del soporte 10 en contacto con la membrana deformable 20).

45 El o los materiales conductores 60 pueden ser una película de polisilicio ultradopado superpuesto a un metal, un depósito metálico solo, o una composición de varias capas metálicas.

Y, de manera más general, el o los materiales conductores 60 se seleccionan de entre el grupo siguiente: polisilicio ultradopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN.

50 El depósito de por lo menos un material conductor 60 se efectúa preferentemente por una técnica de depósito químico en fase de vapor a baja presión (en inglés, "Low Pressure Chemical Vapor Deposition", (LPCVD)), pero puede también realizarse por evaporación, electrodeposición o pulverización.

55 Además, aunque la temperatura sea baja y la presión elevada, la película es policristalina y presenta unas propiedades homogéneas por todas las partes en las que se deposita.

60 Tal depósito E2 presenta la ventaja de poder depositar una película gruesa de material conductor 60, que presenta un grosor que va hasta varias decenas de μm, en particular en unas cavidades, profundas, del soporte 10 que podrían haberse obtenido por el micromecanizado del soporte 10 para efectuar los rebajes 11. En otras palabras, el material conductor 60 llena todas las cavidades de las paredes de los rebajes laterales 11.

De esta manera, el o los materiales conductores 60 se depositan sobre el conjunto de la superficie superior 101 del soporte 10 y en los rebajes 11 laterales (véase la figura 2).

65 Después, el procedimiento de fabricación comprende una etapa E3 de formación de los contactos eléctricos 61.

Tal etapa E3 se realiza por fotolitografía asociada a una técnica de laminado 3D en caliente o de revestimiento por pulverización de un material fotosensible (en inglés "spray coating"). De esta manera, las zonas útiles de los contactos eléctricos 61 se restringen de manera precisa.

5 En efecto, la técnica de fotolitografía 3D asociada a una técnica de laminado en caliente o de revestimiento por pulverización de un material fotosensible permite definir unas zonas de depósito y unas zonas de protección sobre unas superficies que presentan una fuerte topología; esta técnica permite controlar la homogeneidad del depósito, incluso sobre unas superficies inclinadas o en el fondo de las cavidades. A título de ejemplo, esta técnica permite definir unas estructuras del orden de diez hasta algunas decenas de micrones en el fondo de los rebajes 11 que son de una profundidad del orden de 500 μm , para una anchura en la base del orden de 100 μm .

Después del depósito E2 de por lo menos un material conductor 60 en el curso de una única etapa, la fotolitografía 3D permite poder mecanizar los materiales así depositados después de la etapa de ensamblaje E1 entre el soporte 10 y la membrana 20, y así poder realizar E3 unas formas estructuradas complejas que presentan unas variaciones de alturas de varias centenas de μm , como por ejemplo el interior de los rebajes 11.

Al final de la etapa E3 de formación de los contactos eléctricos, los contactos eléctricos 61 se conectan a las galgas extensométricas 30 (véase la figura 2b) y se extienden a partir de la superficie superior 101 del soporte 10.

20 A título de ejemplo que no pertenece a la invención, una vez efectuado el ensamblaje E1 y antes de la única etapa E2 de depósito de por lo menos un material conductor 60, el procedimiento de fabricación comprende una etapa E10 de depósito en cada rebaje lateral 11, de una barrera de difusión 31 en contacto con las galgas extensométricas (30) correspondientes (véase la figura 1d).

25 La barrera de difusión 31 está constituida por un metal tal como TiW, TiN, Pt, Ta, etc. De manera más general, la barrera de difusión 31 está constituida por un material cuyas propiedades le permiten bloquear la difusión de otra especie atómica en las galgas extensométricas 30.

Después, como se ha descrito anteriormente, se forman los contactos eléctricos (etapa E3).

30 La barrera de difusión 31 es de un material conductor como el material que sirve para la formación de los contactos eléctricos. Así, como se habrá entendido, en cada rebaje lateral 11, los contactos eléctricos 61 están en contacto con la barrera de difusión 31, a su vez en contacto con la galga extensométrica 30 correspondiente. La barrera de difusión participa entonces en el contacto eléctrico 61 formado en cada rebaje 11. Después de haber obtenido los contactos eléctricos 61, se integra E4 la estructura de soporte 10 /membrana deformable 20 en una caja 80 que comprende unos contactos eléctricos 81.

Los contactos eléctricos de la caja 80 son de un material seleccionado de entre el grupo siguiente: polisilicio ultradopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN.

40 La caja 80 puede estar constituida por diferentes materiales, a base de vidrio, cerámica o metal, o un ensamblaje de los tres, y tener diversas formas.

45 Los contactos eléctricos 81 de la caja 80 están dispuestos de tal manera que estén frente a los contactos eléctricos 61 del soporte 10. La conexión eléctrica entre los contactos 61 y los contactos 81 puede llevarse a cabo mediante la técnica del cableado sin cable (en inglés "wire bonding") (técnica clásicamente utilizada para los sensores de presión) o por una técnica de contacto directo.

50 Los contactos eléctricos 81 de la caja 80 se extienden hacia el exterior de la caja 80 para permitir la adquisición de las señales eléctricas generadas durante la medición de la presión P.

Para integrar E4 la estructura de soporte 10/membrana deformable 20 en la caja 80, se pueden utilizar diferentes técnicas, como la técnica conocida denominada flip chip.

55 Para conectar los contactos eléctricos entre sí, se puede utilizar en particular un procedimiento de termocompresión a una temperatura comprendida entre 200°C y 500°C, y a una presión comprendida entre 10 MPa y 250 MPa.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un sensor de presión que comprende las etapas siguientes:

5 ensamblar (E1) un sustrato de soporte (10) con una membrana deformable (20) en la que se han depositado unas galgas extensométricas (30), comprendiendo la membrana deformable una zona adelgazada (20b) en su centro, estando dispuesto el sustrato de soporte (10) por encima de la membrana deformable (20), comprendiendo el sustrato de soporte (10) una superficie superior (101), una superficie inferior (102) en contacto con la membrana deformable (20), comprendiendo además el sustrato de soporte (10) unos rebajes laterales (11) dispuestos por encima y frente a las galgas extensométricas (30) y un rebaje central (50) dispuesto por encima de la zona adelgazada (20b) de la membrana (20), esto para obtener una estructura micromecánica; y una vez efectuado el ensamblaje, el procedimiento comprende la etapa siguiente:

15 depositar (E2) en una única etapa, por lo menos un material conductor (60) sobre la superficie superior (101) del soporte y en los rebajes laterales (11) del soporte (10), extendiéndose el material conductor (60) en los rebajes (11) para estar en contacto directo con las galgas extensométricas (30) a fin de formar unos contactos eléctricos (61) en conexión con las galgas extensométricas (30).

20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende una etapa (E3) de formación de varios contactos eléctricos (61) realizada por fotolitografía asociada a una técnica de laminado 3D en caliente o de revestimiento por pulverización de superficies de fuerte topología.

25 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el o los materiales conductores se seleccionan de entre el grupo siguiente: polisilicio ultra-dopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la membrana es de silicio y:

- el soporte (10) es de vidrio, consistiendo el ensamblaje (E1) en un sellado anódico; o
- 30 - el soporte (10) es de silicio, consistiendo el ensamblaje (E1) en un sellado mediante un enlace molecular o atómico con o sin capa intermedia, o por soldadura.

35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la membrana (20) se forma a partir de un sustrato, por ejemplo constituido por silicio monocristalino como SOI o PSOI, por zafiro como SOS o por otros materiales como SiCOI o SiC.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa que consiste en:

- 40 - integrar (E4) el soporte (10) en una caja (80) que comprende unos contactos eléctricos (81) de material conductor; integrándose el soporte en la caja por medio de unos conectores formados sobre el soporte.

7. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que la integración (E4) del soporte en la caja se efectúa por un procedimiento de termocompresión.

45 8. Procedimiento según la reivindicación anterior, en el que el procedimiento de termocompresión se realiza con una temperatura comprendida entre 250°C y 500°C, típicamente 320°C con una presión comprendida entre 10 MPa y 200 MPa, típicamente 50 MPa.

50 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que los contactos eléctricos de la caja (80) son de un material seleccionado de entre el grupo siguiente: polisilicio ultradopado, Au, Ag, Ni, Pt, TiW, Cu, Pd, Al, Ti, TiN.

55 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que la integración (E4) del sustrato de soporte (10) en la caja (80) se realiza mediante la técnica flip chip.

FIG. 1a

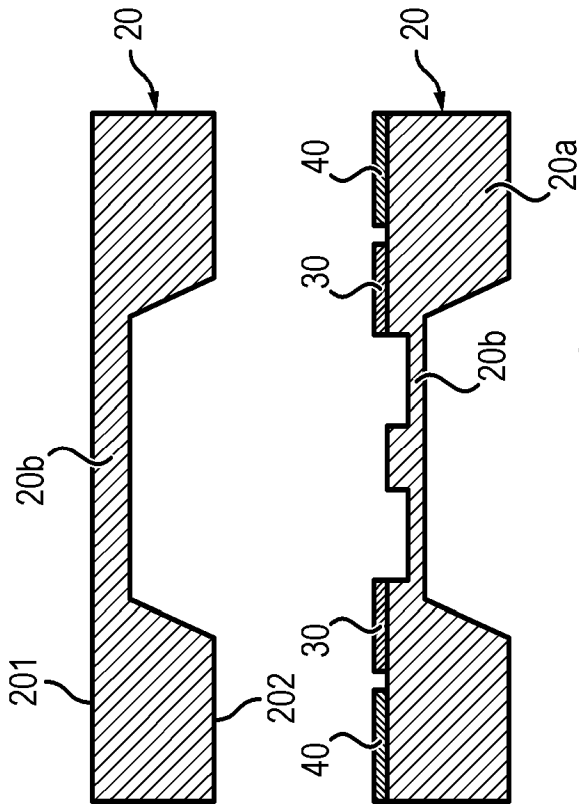


FIG. 1b

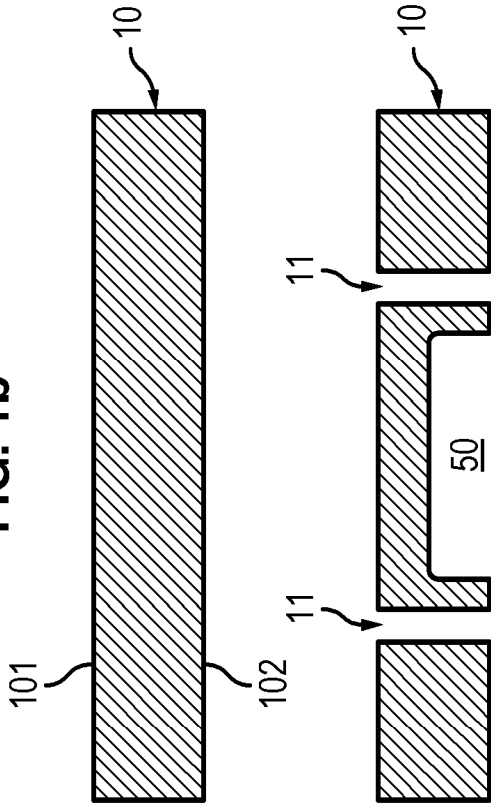


FIG. 1c

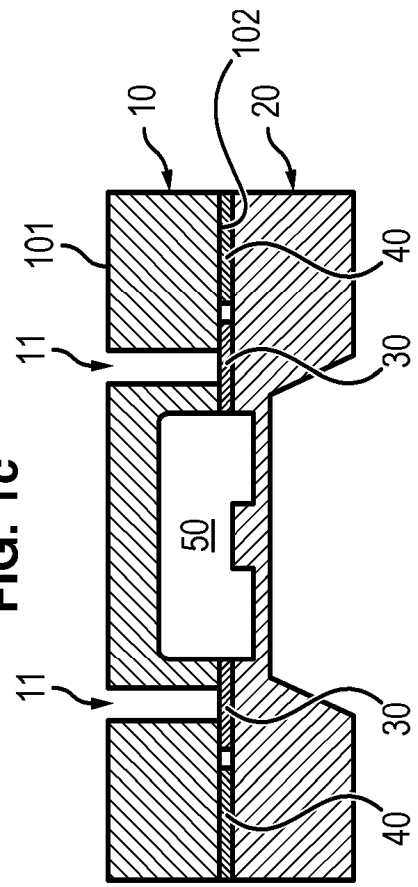


FIG. 1d

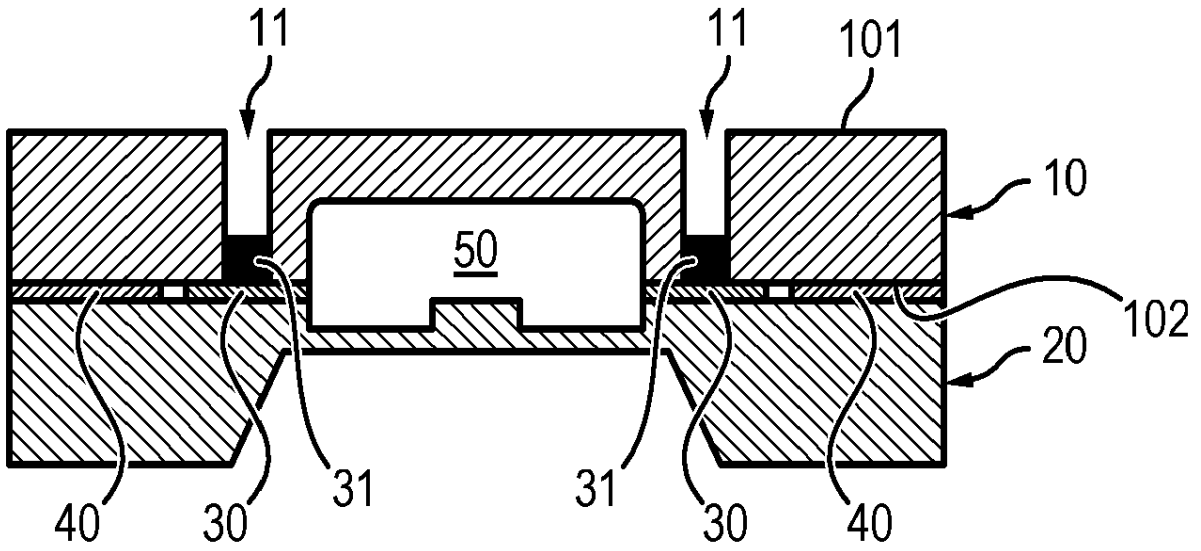


FIG. 2a

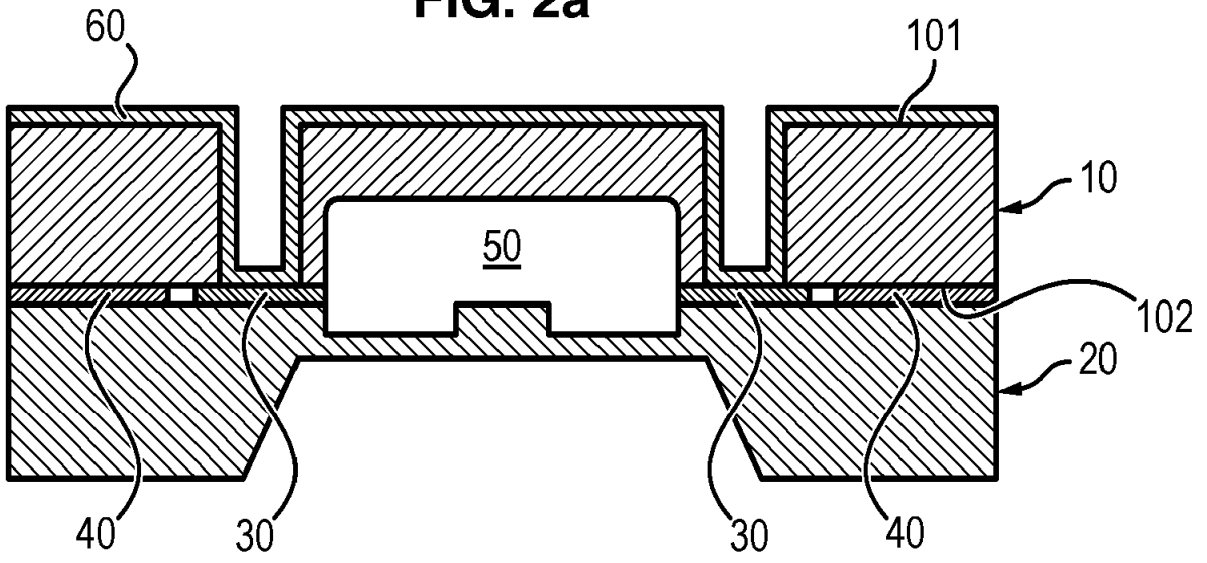


FIG. 2b

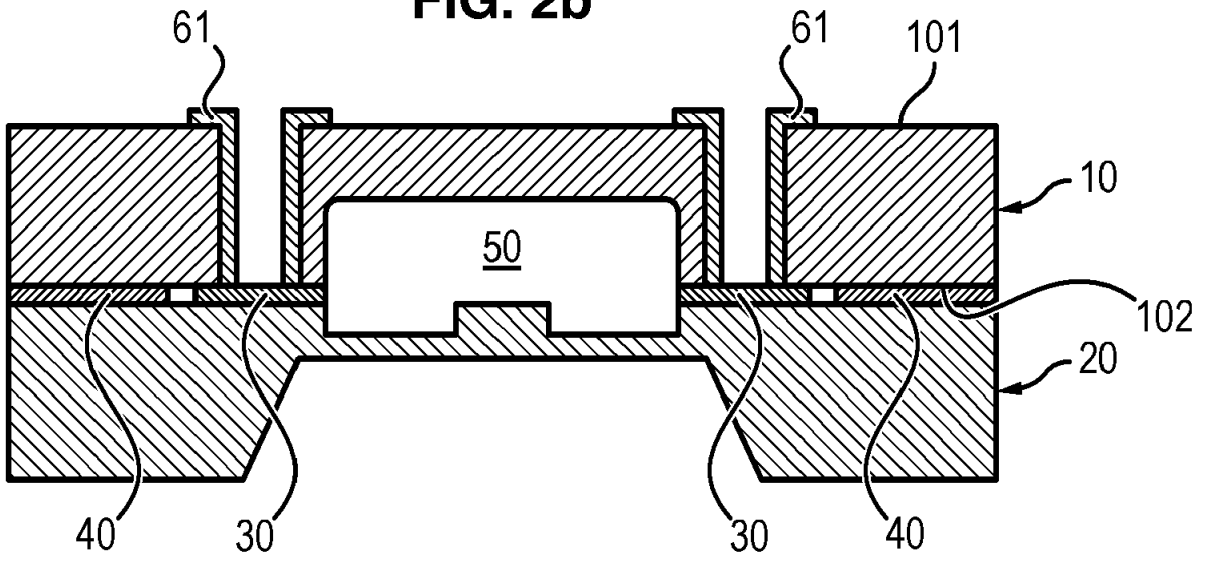


FIG. 2c

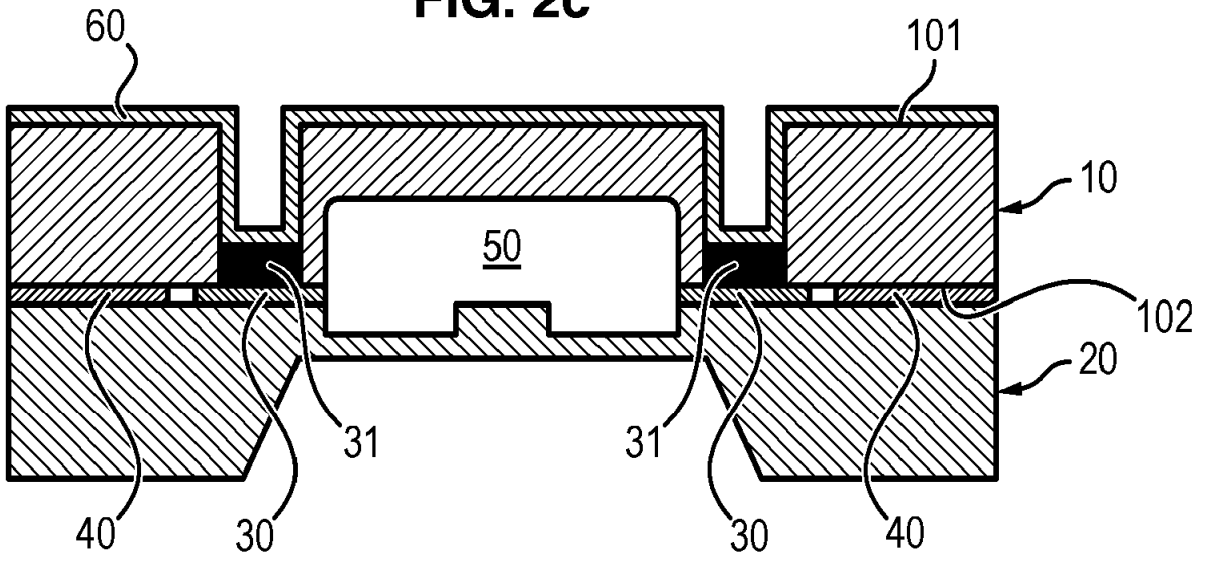


FIG. 2d

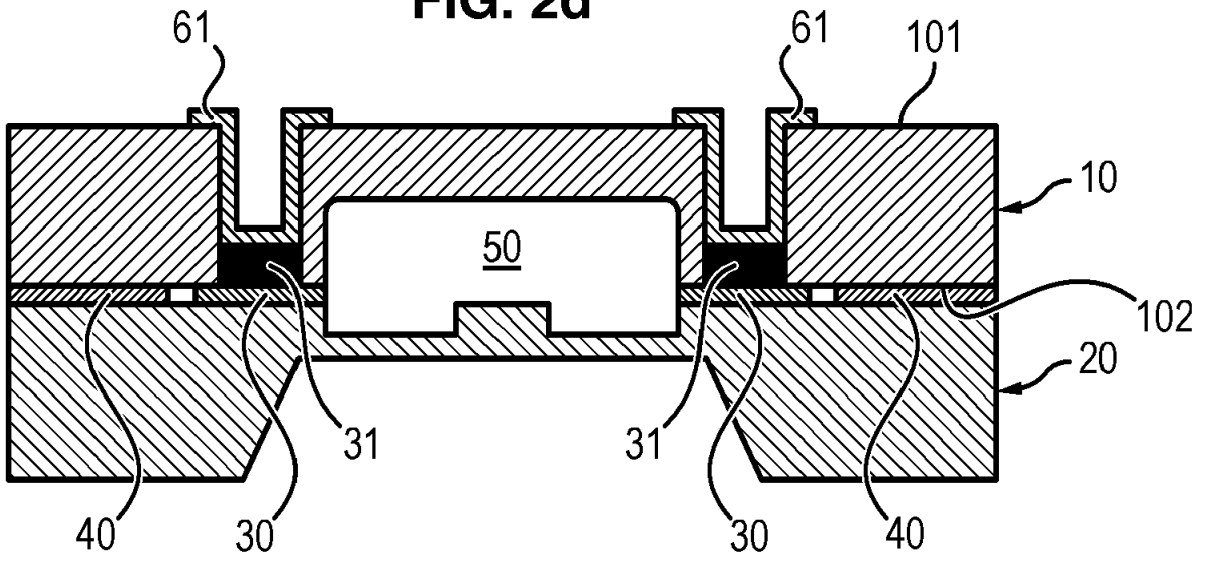


FIG. 3

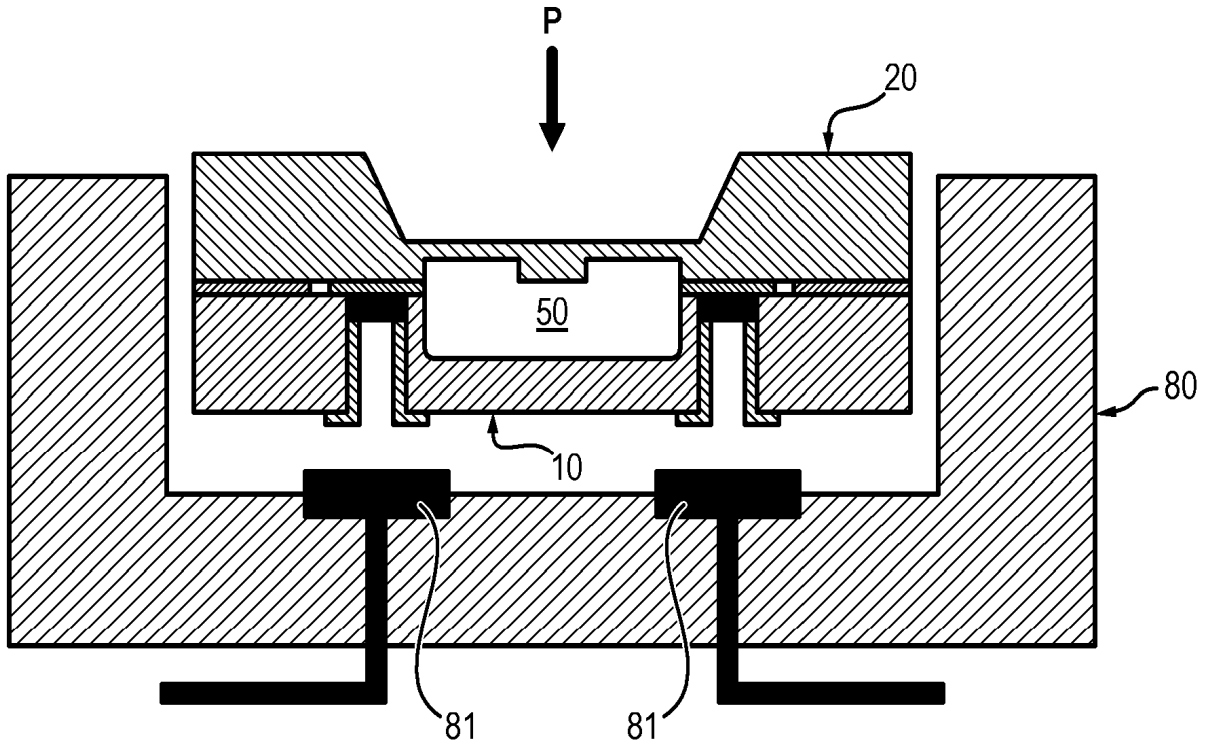


FIG. 4

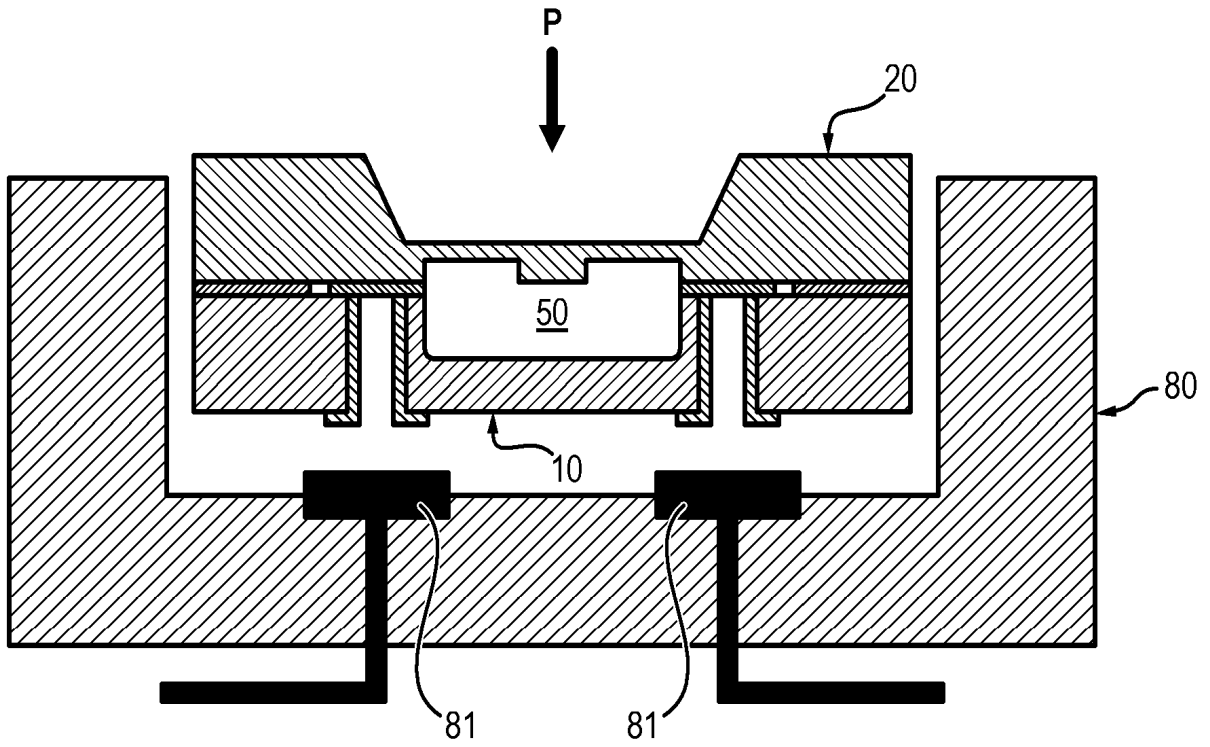


FIG. 5

