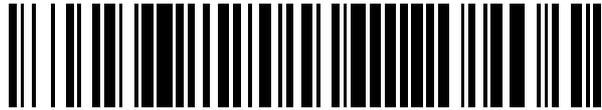


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 557**

51 Int. Cl.:

**B81B 3/00** (2006.01)

**G01L 9/00** (2006.01)

**G01L 19/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2012 PCT/EP2012/071000**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2013 WO13060697**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2012 E 12778331 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2771661**

54 Título: **Estructura micromecánica con membrana deformable y con protección contra fuertes deformaciones**

30 Prioridad:  
**26.10.2011 FR 1159726**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.09.2019**

73 Titular/es:  
**AUXITROL SA (100.0%)  
5, allée Charles Pathé  
18000 Bourges, FR**

72 Inventor/es:  
**BRIDA, SEBASTIANO**

74 Agente/Representante:  
**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 725 557 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

Estructura micromecánica con membrana deformable y con protección contra fuertes deformaciones.

### 5 **Campo técnico general**

La invención se refiere a una estructura micromecánica destinada a medir o a detectar una magnitud mecánica o una magnitud dinámica.

10 Se refiere más particularmente a una estructura micromecánica para la medición absoluta, relativa o diferencial de una presión.

### **Estado de la técnica**

15 Una estructura micromecánica para medir una magnitud mecánica o dinámica tal como una presión comprende clásicamente una membrana deformable y un sustrato de soporte, estando la membrana suspendida por encima del sustrato de soporte definiendo así un espacio libre.

20 Se conocen unas utilizaciones de estas membranas suspendidas (véanse por ejemplo las estructuras micromecánicas divulgadas en los documentos US-506302-A, FR 2 859 281 A1, JP-S62154130-A y JP-S59755971-A).

25 Así, unos sensores capacitivos o unos medidores de deformación soportados por la membrana pueden medir las deformaciones que sufre la membrana sometida a una aportación de energía externa (tal como por ejemplo una presión aplicada perpendicularmente al plano principal de la membrana), observando las modificaciones de propiedades físicas de la membrana asociadas a las deformaciones (tales como, por ejemplo, un cambio de capacidad eléctrica o de tensiones internas).

30 De esta manera, se puede medir por ejemplo las modificaciones de energía aportada a la membrana o de fuerza ejercida sobre la membrana y vigilar por lo tanto unas magnitudes físicas en un cierto medio (ya sean unas magnitudes de tipo dinámico, es decir de tipo aceleración o de tipo deceleración, y/o de tipo mecánico).

35 Unas membranas de este tipo sometidas a fuertes energías pueden volverse frágiles, pudiendo sus propiedades intrínsecas ser alteradas, y pudiendo su estructura fisurarse, incluso romperse.

### **Presentación de la invención**

La invención permite paliar por lo menos uno de los inconvenientes citados anteriormente.

40 Con este fin, la invención propone una estructura micromecánica según la reivindicación 1.

La invención está ventajosamente complementada por las características siguientes, consideradas solas o en cualquiera de sus combinaciones técnicamente posibles:

- 45
- los islotes comprenden unas facetas inclinadas que están orientadas según unos ángulos agudos superiores a cero grados con respecto a la superficie plana del tope inferior;
  - los islotes están en forma de mesa;
- 50
- comprende además un tope superior dispuesto por encima de la membrana;
  - el tope superior comprende unos vaciados repartidos alrededor de su centro;
- 55
- la base de soporte y el tope inferior están formados respectivamente en dos materiales diferentes uno del otro;
  - el sustrato de soporte está realizado en vidrio y en el que el tope inferior y dicho sustrato de soporte en vidrio están conectados por sellado anódico o por medio de un enlace molecular o covalente con o sin capa intermedia, o por sinterizado o por soldadura;
- 60
- la base de soporte y el tope inferior están formados por un solo y mismo material;
  - la base de soporte y los topes están realizados cada uno en un material seleccionado de entre los materiales siguientes: aleaciones; vidrio; cuarzo; alúmina; cerámica; Si, SiC, zafiro;
- 65
- la parte fina de la membrana presenta un grosor comprendido entre 20  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ ;

- los islotes presentan una altura comprendida entre 10  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$  y una anchura máxima comprendida entre 20  $\mu\text{m}$  y 200  $\mu\text{m}$ .

5 Además, la invención propone un sensor de presión diferencial que comprende una estructura micromecánica según el primer aspecto de la invención.

Las ventajas de la invención son múltiples.

10 El tope inferior permite proteger la membrana de las sobrepresiones.

El hecho de prever un tope como elemento independiente para la resistencia a las sobrepresiones permite añadir esta última a todas las estructuras micromecánicas ya existentes, sin ningún cambio dimensional de la membrana deformable y sin ninguna modificación del comportamiento mecánico o térmico de la estructura.

15 De esta manera, la resistencia de la estructura micromecánica está incrementada sin modificar ni la estructura ni la geometría de la membrana suspendida. Además, no modifica ni la estructura ni la definición de los elementos de medición montados sobre la membrana y no estorba la parte expuesta de la membrana.

20 Por otro lado, los islotes permiten minimizar las tensiones debidas a la dilatación térmica del aceite o de otro fluido (líquido o gaseoso) presente en el espacio entre la membrana y el tope. Estos islotes permiten además una buena circulación del fluido y permiten mejorar el llenado de la estructura en el caso de una utilización como sensor de presión diferencial. Esto es muy importante en el caso de un fluido viscoso, permitiendo los islotes evitar la aparición de burbujas de aire en el fluido, y reduciendo así los errores que se pudieran deber a una mala circulación del fluido, una vez que la estructura está llenada con dicho fluido, en el caso de una utilización como sensor de presión diferencial, por ejemplo.

25 La estructura micromecánica alcanza por lo tanto una resistencia a las tensiones externas sin tener que modificar para ello la membrana suspendida, pudiendo esta estructura micromecánica funcionar así por ejemplo con unas membranas estándares.

### 30 **Presentación de las figuras**

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán también de la descripción siguiente, la cual es puramente ilustrativa y no limitativa y debe ser leída con respecto a los dibujos adjuntos, en los que

- la figura 1 ilustra una estructura micromecánica según un modo de realización de la invención;
- la figura 2 ilustra una estructura micromecánica según un modo de realización de la invención;
- 40 - la figura 3 ilustra una vista por arriba de la estructura micromecánica de la invención;
- la figura 4 ilustra un sensor diferencial de presión que comprende una estructura micromecánica según la invención;
- 45 - la figura 5 ilustra una vista detallada de una parte de la estructura micromecánica de la invención;
- las figuras 6a y 6b ilustran dos vistas del tope inferior de la estructura micromecánica de la invención.

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

### **Descripción detallada de la invención**

55 Una estructura micromecánica destinada a medir o a detectar una magnitud mecánica o una magnitud dinámica tal como una presión comprende una membrana 20 deformable y un sustrato de soporte 10.

Como se puede ver en las figuras 1, 2 y 4, la membrana está dispuesta por encima del sustrato de soporte 10 para definir un espacio libre 30. Este espacio libre 30 está destinado a ser llenado por un fluido en el caso de una estructura micromecánica para una medición diferencial de la presión. En este caso, una presión P1 procede de encima de la estructura y una presión P2 procede de debajo de la estructura (véanse las figuras 1, 2 y 4).

60 La membrana 20 está destinada a soportar unos elementos de medición de presión 22, 23a, 23b, 24a, 24b, 25a, 25b, 26a, 26b.

65 El espacio libre 30 está formado generalmente por micro-mecanizado en un sustrato inicial. Las técnicas de micro-mecanizado para formar un espacio libre de este tipo pueden ser, por ejemplo, grabado químico tal como

un grabado KOH a una temperatura determinada.

De manera complementaria, la membrana está constituida por dos partes distintas: una primera parte 20a que presenta un grosor superior a una segunda parte 20b fina que sirve de elemento activo. La segunda parte 20b está rodeada por la primera parte 20a. La parte 20a es la que está en contacto con el sustrato de soporte 10 mientras que la parte fina 20b está suspendida por encima del espacio libre 30.

La segunda parte 20b de la membrana 20 presenta un grosor inferior al grosor de la primera parte 20a de la membrana.

El grosor de la parte 20b fina está comprendido típicamente entre 20 y 100  $\mu\text{m}$ , estando el valor definido según el intervalo de la magnitud mecánica o dinámica a medir.

De esta manera, la membrana 20, en particular su parte fina 20b, se puede deformar bajo el efecto de una presión P1 aplicada sobre esta última.

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

El grosor del sustrato de soporte 10 está comprendido típicamente entre 500  $\mu\text{m}$  y 2000  $\mu\text{m}$ .

La membrana 20 está conectada al sustrato de soporte 10 por sellado anódico o por medio de un enlace molecular o atómica con o sin capa intermedia, o por sinterizado o por soldadura.

La membrana 20 está formada típicamente a partir de un sustrato, constituido por ejemplo por silicio monocristalino como el SOI (en inglés "Silicon On Insulator") y el PSOI (en inglés, "Poly Silicon On Insulator"), por zafiro como el SOS (en inglés "Silicon On Saphir"), o por otro material como el SiCOI (en inglés "SiC On Insulator"), o el SiC.

La membrana 20 comprende una capa eléctricamente aislante 22 tal como una capa SiO<sub>2</sub> en el caso de una membrana 20 de SOI o PSOI, depositada sobre su superficie externa opuesta al espacio libre 30. En esta capa aislante 22, diferentes materiales tales como unos nitruros, unos óxidos, unas capas metálicas, silicio mono y policristalino, están dispuestos de manera que formen las microestructuras 23a, 23b, 24a, 24b, 25a, 25b, 26a, 26b. Las microestructuras pueden formar así unos medidores de deformación y servir de elementos de medición de la magnitud física a medir, por ejemplo, una presión.

Para asegurar las conexiones, unas zonas de contactos eléctricos 25a, 25b están dispuestas además sobre la membrana 20. Estas zonas de contactos eléctricos 25a, 25b están constituidas por ejemplo por aluminio, por oro, por platino, por titanio, por tungsteno.

Para proteger la membrana 20 contra unas deformaciones, en caso de sobrepresión que procede de encima de la estructura, la estructura micromecánica comprende un tope inferior 21 que limita las deformaciones de la membrana 20. El tope inferior 21 está dispuesto por encima del sustrato de soporte 10 y se extiende en el espacio libre 30 a partir del sustrato de soporte 10 hacia la membrana 20.

El tope inferior 21 está constituido preferentemente por un material idéntico al de la membrana 20 o por aleaciones, por zafiro, por alúmina, por cerámica, por cuarzo o por vidrio. Puede estar constituido incluso por un material idéntico al del sustrato de soporte 10.

El tope inferior 21 tiene una forma general trapezoidal, estando la base grande dispuesta sobre el sustrato 10 de soporte y la base pequeña está dispuesta directamente por debajo de la membrana 20 en particular bajo su parte 20b fina, esta base pequeña define una superficie plana del tope 21 inferior.

Para aumentar la eficacia del tope inferior 21, éste comprende (véanse las figuras 5 y 6a y 6b), sobre una superficie plana, definida en particular por la base pequeña del tope inferior, unos islotes 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 que se extienden a partir de una superficie plana del tope inferior 21, correspondiendo la superficie plana a la base de los islotes.

Los islotes 101-108 forman así una estructura en relieve de manera que, en caso de contacto entre los islotes 101-108 y la parte fina 20b de la membrana 20, la superficie de contacto entre los islotes 101-108 y la parte fina 20b de la membrana 20 es débil con respecto a las dimensiones de la parte fina 20b de la membrana 20.

Los islotes 101-108 comprenden ventajosamente unas facetas inclinadas que están orientadas según unos ángulos agudos superiores a cero grados con respecto a la superficie plana del tope inferior. Están en particular en forma de mesa.

Los islotes así formados permiten una circulación óptima del fluido en el espacio entre la membrana 20 y el tope inferior 21.

5 Otra ventaja es que los islotes permiten minimizar asimismo los errores debidos a la variación de densidad del fluido (en caso de variación de temperaturas durante la utilización de la estructura micromecánica por ejemplo de -50°C a 180°C) en el espacio situado entre el tope 21 inferior y la membrana 20.

10 Los islotes tienen una altura comprendida preferentemente entre 10 µm y 50 µm, y una anchura en la base comprendida entre 20 µm y 200 µm.

Por otro lado, los islotes están dimensionados para que la parte fina de la membrana y los islotes estén espaciados en una distancia comprendida entre 5 y 30 µm, preferentemente 10 µm.

15 Los islotes se obtienen, por ejemplo, mediante un procedimiento de micro-mecanizado, que comprende unas etapas de fotolitografía y de grabado aplicado sobre la cara superior del tope inferior 21. El tipo de grabado aplicado permite definir la forma de los islotes (forma mesa para un grabado húmedo anisótropo de tipo grabado KOH, TMAH forma de caras verticales para un grabado seco de tipo RIE (en inglés "Reactive Ion Etching").

20 De manera preferida, el tope inferior que comprende los islotes se obtiene a partir de un sustrato de silicio en el que se forma por grabado los islotes y el vaciado (véase a continuación). Las zonas de preformación de los islotes están protegidas por una máscara, preferentemente de SiO<sub>2</sub> + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, estando una segunda máscara SiO<sub>2</sub> + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> realizada después de la unión del tope inferior 21 al sustrato de soporte 10, siendo la unión obtenida preferentemente por un sellado anódico, siendo entonces de vidrio el sustrato de soporte 10.

25 Como se ha mencionado anteriormente, existe una separación entre el tope 21 inferior y la membrana 20. Esta separación representa la distancia máxima de deformación de la membrana 20. De esta manera, una deformación más importante que esta separación pone entonces la membrana 20 en apoyo contra el tope 21, lo cual impide una sobredeformación relacionada con una sobrepresión. Es en particular contra los islotes donde la membrana 20 se apoya en el caso de una sobrepresión P1 que procede de la parte de arriba de la estructura.

30 De manera ventajosa, el valor de esta separación se puede seleccionar en función de los parámetros de resistencia a la deformación de la membrana 20 (que depende en particular de su grosor y del material que la constituye) con una separación umbral a partir de la cual la membrana tiene el riesgo de deteriorarse.

35 De esta manera, es posible ajustar los parámetros del tope inferior 21 en función de la aplicación considerada.

Para la medición diferencial de la presión, el sustrato de soporte 10 comprende por lo tanto un vaciado 40 pasante que se prolonga según un vaciado 40' en el tope 21 inferior. Los vaciados 40, 40' del sustrato de soporte 10 y del tope 21 inferior son preferentemente circulares.

40 El vaciado 40' del tope puede ser de diámetro idéntico o inferior al diámetro del vaciado del sustrato de soporte 10. Sin embargo, esta opción no forma parte de la invención reivindicada. Según la invención, el vaciado 40' del tope está en forma de cono tal que el gran diámetro del cono esté por el lado del sustrato 10 de soporte y se reduzca a medida que el vaciado progresa en el grosor del tope 21 inferior.

45 Se debe observar que sin vaciado 40, la estructura micromecánica permite una medición absoluta de la presión. Sin embargo, esta opción no forma parte de la invención reivindicada.

50 El vaciado 40 presenta una forma geométrica que permite el acceso de la presión por el sustrato de soporte 10. El vaciado 40 puede adoptar la forma de un cilindro simple de diámetro comprendido generalmente entre 500 µm y 1500 µm, o una forma más compleja como, por ejemplo, un cilindro doble cuyo diámetro de la parte superior será inferior al del cilindro simple.

55 Los vaciados 40, 40' del sustrato de soporte 10 y del tope 21 inferior permiten el paso de fluidos (gases o líquidos) y por lo tanto son necesarios en el caso de un sensor diferencial o relativo para permitir la transferencia de la presión P2 a la parte inferior de la membrana 20.

60 Los vaciados 40,40' en el sustrato 10 del tope inferior 21 son efectuados por grabado gracias a una solución alcalina de grabado anisótropo (KOH, TMAH, etc.), realizado preferentemente en dos etapas: una primera etapa de pregrabado, y después un grabado final después de la unión del tope inferior 21 al sustrato de soporte 10, siendo la unión obtenida preferentemente por un sellado anódico, siendo entonces de vidrio el sustrato 10. Se debe observar que las zonas a evitar por el grabado están protegidas por un procedimiento de fotolitografía 3D de tipo conocido a base de resina gruesa (grosor comprendido entre 10 µm y 50 µm).

65 Para mejorar la resistencia de la estructura micromecánica para la medición diferencial de la presión, ésta comprende además un tope superior 60 dispuesto por encima de la membrana 20 (véanse las figuras 2 y 4).

## ES 2 725 557 T3

El tope superior 60 tiene la funcionalidad de proteger mecánicamente la membrana 20 en el caso en el que la sobrepresión apareciera por debajo de la estructura (presión P2 en las figuras 2 y 4).

5 El tope superior 60 presenta además uno o varios vaciados 70 (típicamente cuatro) en su centro y está conectado al resto de la estructura a través de un sellado anódico o por medio de un enlace molecular o covalente con o sin capa intermedia, o por sinterizado o por soldadura.

10 Los vaciados 70 están perforados en el tope superior 60 para reducir los efectos de capilaridad y de dilatación en temperatura después del llenado por el fluido, así como para facilitar la transmisión de la presión P1. Unos vaciados están realizados en las cuatro esquinas del tope 60 superior para permitir la conexión a una caja mecánica.

15 En efecto, como se ilustra en la figura 4, la estructura descrita anteriormente está destinada a ser colocada en una caja B, y estará embebida en el fluido (zonas rayadas cuadrículadas en la figura 4).

El tope superior 60 se obtiene, preferentemente, a partir de un sustrato de vidrio borosilicato perforado.

20 El tope superior 60 presenta unas zonas de sobregrabado, a nivel de las pistas metálicas, así como en las cuatro esquinas del tope superior, con el fin de permitir la conexión eléctrica y para facilitar el llenado por el fluido. Además, como anteriormente, las zonas evitadas por el sobregrabado están protegidas por un procedimiento de fotolitografía 3D de tipo conocido a base de resina gruesa.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Estructura micromecánica destinada a medir o a detectar una magnitud mecánica una magnitud dinámica, que comprende una membrana (20) deformable y un sustrato de soporte (10), comprendiendo la membrana (20) una primera parte (20a) y una segunda parte (20b) fina rodeada por la primera parte (20a), presentando la segunda parte (20b) un grosor inferior al grosor de la primera parte (20a), estando la primera parte (20a) de la membrana en contacto con el sustrato de soporte (10), estando la segunda parte (20b) de la membrana (20) suspendida por encima del sustrato de soporte (10) definiendo así un espacio libre (30), comprendiendo además dicha estructura micromecánica un tope inferior (21) adaptado para limitar las deformaciones de la membrana (20), estando dicho tope inferior (21) dispuesto por encima del sustrato de soporte (10) y extendiéndose en el espacio libre (30) a partir de dicho sustrato de soporte (10) hacia la segunda parte (20b) de la membrana (20), comprendiendo el sustrato de soporte (10) y el tope inferior (21) un vaciado (40, 40') central pasante,
- 10
- 15 caracterizada por que el tope inferior (21) comprende unos islotes (101-108) que se extienden en el espacio libre (30) hacia la segunda parte (20b) de la membrana (20) a partir de una superficie plana del tope inferior (21), formando los islotes (101-108) una estructura en relieve de manera que, en caso de contacto entre los islotes (101-108) y la segunda parte fina (20b) de la membrana (20), la superficie de contacto entre los islotes (101-108) y la segunda parte fina (20b) de la membrana (20) sea pequeña con respecto a las dimensiones de la parte fina (20b) de la membrana (20), y por que el vaciado (40') central pasante del tope inferior (21) está en forma de cono.
- 20
- 25 2. Estructura micromecánica según la reivindicación 1, en la que los islotes (101-108) comprenden unas facetas inclinadas que están orientadas según unos ángulos agudos superiores a cero grados con respecto a la superficie plana del tope inferior (21).
- 30 3. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que los islotes están en forma de mesa.
- 35 4. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte fina (20b) de la membrana (20) presenta un grosor comprendido entre 20  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ .
- 40 5. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, en la que los islotes están dimensionados de manera que la parte fina de la membrana y los islotes estén espaciados en una distancia comprendida entre 5 y 30  $\mu\text{m}$ , preferentemente 10  $\mu\text{m}$ .
- 45 6. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, en la que los islotes (101-108) presentan una altura comprendida entre 10  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$  y una anchura máxima, en la base, comprendida entre 20  $\mu\text{m}$  y 200  $\mu\text{m}$ .
- 50 7. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un tope superior (60) dispuesto por encima de la membrana.
- 55 8. Estructura micromecánica según la reivindicación anterior, en la que el tope superior (60) comprende unos vaciados repartidos alrededor de su centro.
9. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la base de soporte (10) y el tope inferior (21) están formados en unos materiales diferentes.
10. Estructura micromecánica según la reivindicación anterior, en la que el sustrato de soporte es de vidrio y en la que el tope y dicho sustrato de soporte de vidrio están conectados por sellado anódico o por medio de un enlace molecular o covalente con o sin capa intermedia, o por sinterizado o por soldadura.
11. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la base de soporte y el tope inferior (21) están formados en un solo y mismo material.
12. Estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la base de soporte y el tope están realizados cada uno en un material seleccionado de entre los materiales siguientes: vidrio; cuarzo; alúmina; cerámica; aleaciones; Si; SiC; zafiro.
- 60 13. Sensor de presión diferencial que comprende una estructura micromecánica según una de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

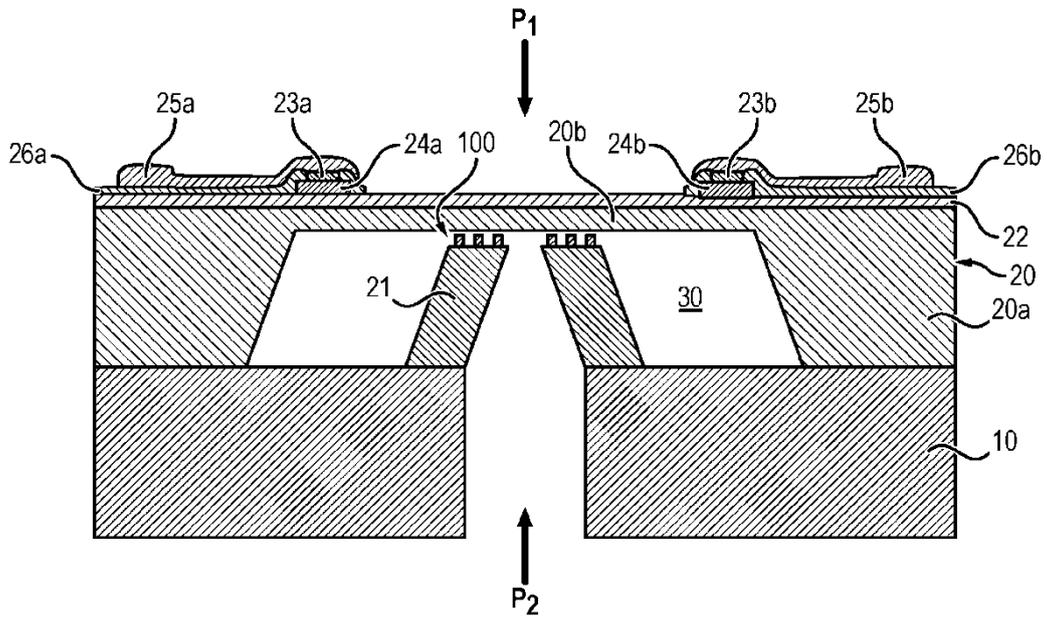
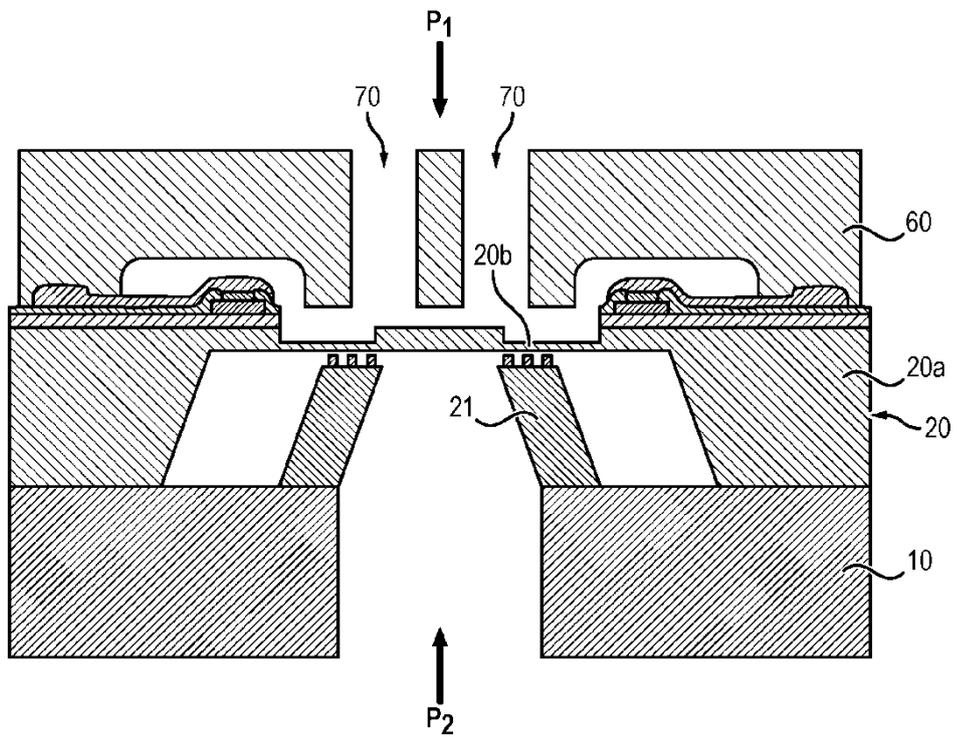
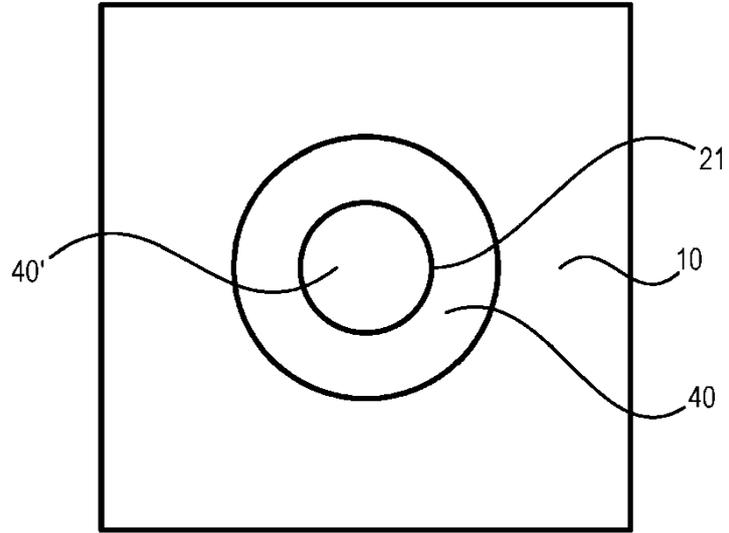


FIG. 2



**FIG. 3**



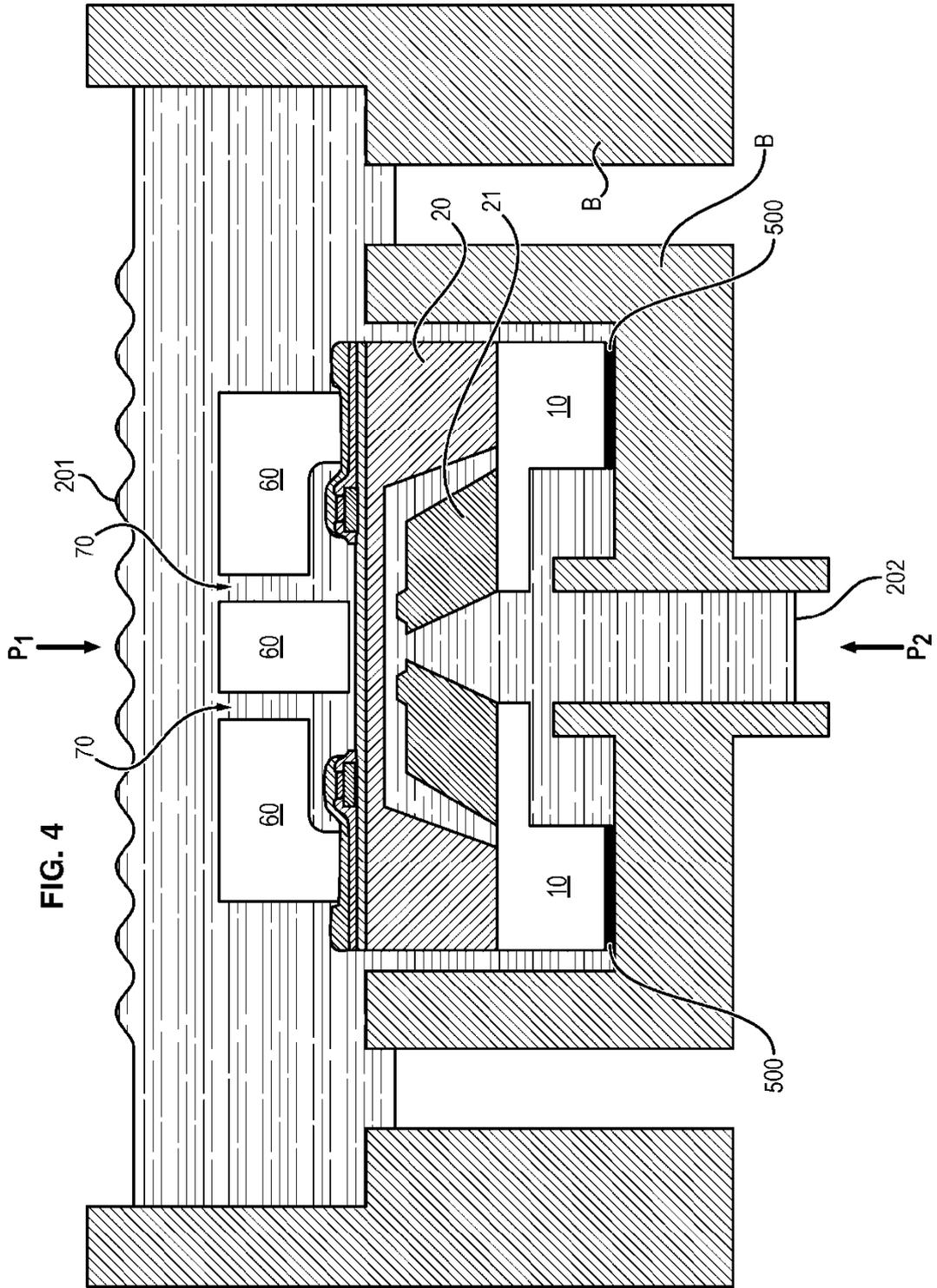


FIG. 5

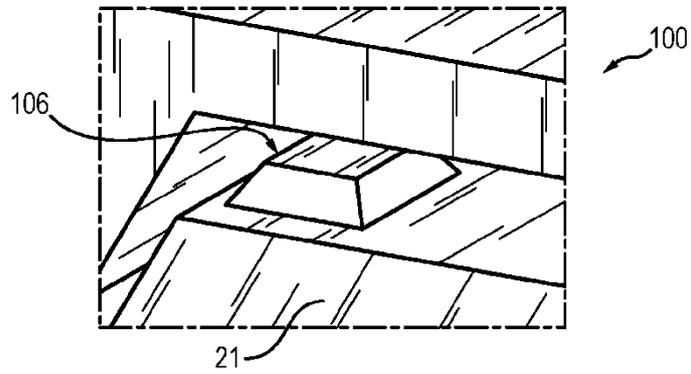


FIG. 6a

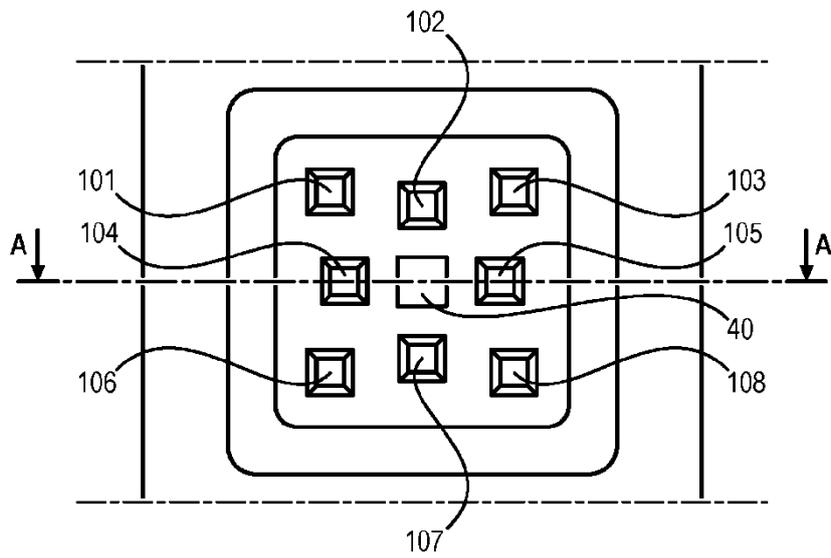


FIG. 6b

