

400839¹

P.- 50.514

PHN 3699 Div.

Int. Cl.²: H01 L // H 03 R

20 AB



Memoria descriptiva

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE _____
SUBCLASE _____

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS 'GLOELAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda.

por: "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR PARA CONVERTIR TENSIO-
NES MECANICAS EN SEÑALES ELECTRICAS"

(Clase Internacional H01L, H03k)

400839



5

10

15

20

25

30

El invento se refiere a dispositivos semiconductores que comprenden partes adyacentes de gruesos distintos. Se ha propuesto ya un dispositivo semiconductor consistente en una pieza delgada, de forma de placa, con un borde engrosado para una placa de blanco de un tubo de cámara vidicón. La fabricación de tal cuerpo en forma de placa supone la dificultad de retirar el material de una placa más gruesa, en tal medida que quede una parte delgada de grueso uniforme. En la solicitud de patente holandesa 67 03.013 se describe un método para quitar por ataque químico el material usando un proceso de ataque químico electrolítico selectivo, a partir de cuerpos discoidales de un espesor de unos pocos cientos de micras provistos de una capa de un tipo de conductividad diferente y/o de conductividad diferente, por ejemplo con un grueso del orden de 10 micras, en medida tal que sólo quede la delgada capa aplicada de conductividad diferente y/o de tipo de conductividad diferente. Se describe además que, por medio de dicho método, puede fabricarse una placa de blanco de silicio para su uso en una cámara vidicon. El invento se basa en parte en el reconocimiento del hecho de que en este método puede mantenerse un borde más grueso cubriendo dicho borde con un material adecuado resistente al ataque químico.

Con tal placa de blanco de silicio de un vidicon las dimensiones laterales son relativamente grandes, por ejemplo del orden de unos cuantos centímetros.

Otro reconocimiento que ha conducido al

400839

20



5 presente invento es que puede resultar deseable, para
diversos usos, alternar partes semiconductoras planas
y delgadas de pequeñas dimensiones laterales o rodear-
las con partes de mayor grueso, por ejemplo por razo-
nes de rigidez, tal como para dispositivos semiconduc-
tores sensibles a la presión. Bastará con frecuencia
usar un dibujo de un material enmascarador, resisten-
te al ataque químico, sobre el lado en que ha de qui-
tarse el material, por ejemplo, aplicado por medios
10 fotográficos usando una sustancia de foto-reserva, sien-
do luego sometido el conjunto al proceso selectivo de
ataque químico electrolítico. Sin embargo, como el
efecto del ataque químico tiene lugar también en di-
recciones laterales aproximadamente a la misma veloci-
15 dad que en la dirección de la profundidad, es difícil
obtener límites laterales exactos entre partes gruesas
y partes delgadas. En particular, resulta difícil
obtener de una manera precisa y reproducible partes
delgadas de dimensiones relativamente pequeñas, por
20 ejemplo del orden de 1 mm^2 o menores, rodeadas por par-
tes más gruesas. Un método de fabricar dispositivos
semiconductores de acuerdo con el invento, que tienen
partes yuxtapuestas, una de las cuales, por lo menos,
es más gruesa que, por lo menos, una parte adyacente,
25 se caracteriza porque un sustrato en forma de placa,
hecho de material semiconductor, se provee por una ca-
ra de una capa de material semiconductor de un tipo
de conductividad diferente y/o de conductividad dife-
rente, el material semiconductor del sustrato es reti-
30 rado luego localmente de la cara opuesta a la capa en

400839

20



5

cuestión hasta una profundidad que se halla en la proximidad del límite del sustrato con dicha capa, pero sin transgredir dicho límite, tras lo cual, con ayuda de un proceso selectivo de ataque químico electrolítico, se atacan las partes más delgadas hasta dicho límite.

10

En principio, la eliminación local podría llevarse a cabo por medios mecánicos, por ejemplo taladrado, rectificado o similares. Sin embargo, es necesario entonces considerar que pueden ocurrir perturbaciones de la red cristalina, las cuales favorecen el ataque por el proceso de ataque electrolítico. Por consiguiente, debe tenerse en cuenta que los rebajos

15

obtenidos, probablemente, serán ensanchados y profundizados rápidamente en el proceso de ataque electrolítico. Si las perturbaciones del material penetraran también en la capa del tipo de conductividad diferente prevista, el material de dicha capa sería asimismo eliminado por ataque químico. En una realización preferida, el material semiconductor es eliminado localmente por erosión por chispas. Este procedimiento tiene la ventaja de que, cuando se lleva a cabo de manera normal en un líquido dieléctrico, las dimensiones laterales de los rebajos no cambiarán sustancialmente por la erosión por chispas cuando se sigue profundizando el rebajo. Los electrodos para la erosión por chispas pueden configurarse en la forma requerida para la parte a eliminar, por ejemplo, una forma cilíndrica que tenga en cuenta una eliminación del material en una distancia de unas pocas micras, por ejemplo 5

20

25

30

400839

20



micras. Durante la erosión, dicho electrodo puede ser movido gradualmente más hacia dentro del rebajo formado.

5 Como alternativa, puede usarse un proceso de ataque electrolítico local para la retirada local del sustrato, por ejemplo, con un campo localizado con ayuda de un cátodo en un capilar aislante. Al progresar la profundidad del rebajo que está siendo formado, dicho capilar puede ser introducido gradualmente más en dicho rebajo. Aunque la forma lateral del rebajo, hecho de esta manera, no es tan exacta como en el caso del uso de la erosión por chispas, dicho ataque con campo localizado tiene la ventaja de que la unión con la capa prevista puede usarse para contrarrestar el ataque químico adicional. Si el proceso de ataque químico es detenido automáticamente de esta manera, la eliminación local y el proceso de ataque electrolítico selectivo pueden realizarse en una sola operación. Sin embargo, si, por ejemplo, debido a un intenso campo local producido en el ataque electrolítico local la transición a la capa de conductividad diferente y/o de tipo de conductividad diferente no fuera ya capaz de retener el proceso de ataque químico anódico, es posible cambiar al uso de un cátodo normal a una distancia dada del cuerpo semiconductor a atacar justo antes de que se llegue a la capa prevista. En principio, esto podría conseguirse en el mismo baño por el cual se lleva a cabo el proceso de ataque químico local.

25
30 Con preferencia, en el método que aquí se describe, se emplea un cuerpo monocristalino, parti-

400839



cularmente uno de silicio. Dicha capa que tiene una conductividad y/o un tipo de conductividad que difieren del material del substrato está, con preferencia, depositada epitaxialmente sobre el substrato.

5 Para el proceso de ataque químico selectivo de un substrato que consista en silicio de tipo p o silicio de tipo n de baja resistencia óhmica puede usarse una capa epitaxial de silicio de tipo n de alta resistencia óhmica. Es posible, además, usar silicio de tipo n de baja resistencia óhmica para el substrato y depositar epitaxialmente silicio de tipo p para formar la capa, de modo que en la transición al material del substrato se forme una delgada capa de silicio de tipo n, que es suficiente para detener el proceso de ataque electrolítico selectivo. Si después del proceso de ataque químico ha de eliminarse esta delgada capa conductora de tipo n, puede usarse un breve proceso de ataque químico.

10

15

20 En el caso de un substrato de silicio, se prefiere usar un baño que contenga flúor en el proceso selectivo de ataque electrolítico. Además, no es necesario en el proceso de ataque químico, en el cual se usa una conexión anódica al material del substrato, aplicar una contra-tensión al material del otro tipo de conductividad y/o de otra conductividad. En los casos particulares antes mencionados, se ha visto que la pasivación de la superficie expuesta al electrolito puede ocurrir en la transición a la capa de conductividad diferente y/o de tipo de conductividad diferente.

25

30

400839

20



5 En la capa de conductividad diferente y/o de tipo de conductividad diferente, particularmente en una capa de esta clase depositada epitaxialmente, pueden formarse zonas locales de una conductividad o de un tipo de conductividad diferentes del del material epitaxial, por ejemplo por difusión. Si estas zonas están suficientemente alejadas de la transición al substrato, estas zonas pueden mantenerse durante el proceso de ataque electrolítico.

10 En principio, es posible difundir en dicha capa, por ejemplo, material de tipo n o de tipo p de baja resistencia óhmica, siendo tal la profundidad que, localmente, la capa depositada sea atacada de un lado a otro. Esto puede usarse, por ejemplo, para
15 obtener delgados muelles de flexión planos espaciados entre sí por intersticios para fines que mencionaremos luego o tiras flexibles para otros usos. Puede usarse, además, para el aislamiento relativo de partes de un circuito integrado. Como alternativa, antes o después
20 de la eliminación local del material del substrato por medio del proceso de ataque electrolítico, estos rebajos pueden preverse en la capa aplicada, por ejemplo atacando químicamente en medida local usando una máscara resistente al agente de ataque. Estos rebajos
25 pueden tener una profundidad igual al grueso de la capa o algo más, impidiendo de este modo un socavado sustancial por el ataque.

30 Con el fin de proporcionar regiones de di fusión local y contactos, pueden emplearse técnicas conocidas de formación por planos. Se prefiere llevar

400839



a cabo estas técnicas de formación por planos antes de la eliminación local del material del sustrato, aunque también pueden realizarse luego uno o más de estos procesos.

5 Después del proceso de ataque electro-
lítico, que proporciona partes semiconductoras delgadas de espesor uniforme, puede realizarse otro ataque químico, por ejemplo para obtener un espesor menor deseable, para eliminar por ataque el material situado
10 en la transición entre el material del sustrato y la capa aplicada, o para obtener zonas de un tipo de conductividad y/o conducción diferentes, formadas por difusión desde la otra cara. De este modo, pueden obtenerse estructuras denominadas "de meseta", en las cuales las uniones pn se extienden transversalmente a la
15 superficie del semiconductor desde una cara de la parte delgada a la otra.

 El método que se describe en esta memoria es particularmente importante para la fabricación de dispositivos semiconductores para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas, en que están previstos uno o más muelles de flexión planos de material semiconductor, por ejemplo un diafragma semiconductor. Para tales dispositivos es particularmente importante tener
20 un método de fabricación de un muelle semiconductor plano de espesor pequeño, pero uniforme. Además, este método proporciona una forma fácil y exacta para obtener un borde de soporte engrosado para el muelle o los muelles de flexión delgados y planos, por ejemplo
25 en forma de un diafragma unido en su periferia a dicho
30

400839

20



reborde. El borde engrosado puede proporcionar medios para la rigidez mecánica y para evitar variaciones de esfuerzos debidas a fluctuaciones de la temperatura.

5 Los dispositivos semiconductores para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas pueden emplearse para diversos fines, por ejemplo para medir presiones en gases o en líquidos, para convertir oscilaciones acústicas en señales eléctricas, por ejemplo en micrófonos, en acelerómetros, por ejemplo en aviones, para registrar esfuerzos mecánicos en materiales de construcciones y fines similares.

10 Se sabe usar para estos fines muelles de flexión planos, por ejemplo, en forma de diafragma adecuada para fines de medición. Particularmente para medir presiones de líquidos, por ejemplo, para fines médicos o veterinarios, tal como un esfigmomanómetro, se ha propuesto usar un diafragma de silicio sujeto apretadamente en la periferia en un bastidor o pegado a un bastidor. El diafragma semiconductor comprende uno o más elementos de circuito sensibles a los esfuerzos mecánicos del diafragma, por ejemplo, los denominados medidores de tensiones mecánicas, provistos de contactos para derivar señales eléctricas de tal elemento de circuito sensible al voltaje. Usando en particular técnicas de formación por planos pueden construirse con dimensiones relativamente pequeñas dispositivos semiconductores de la clase expuesta. Los elementos de circuito sensibles al voltaje formados por medidores de tensiones mecánicas pueden acoplarse mutuamente en una disposición de puente de Wheatstone. Es posible así

400839

20 APR 1972



compensar las variaciones de resistencia debidas solamente a fluctuaciones de la temperatura.

5 Se encuentran artículos en revistas que se ocupan de la influencia de los esfuerzos mecánicos y de las deformaciones consideradas sobre las propiedades eléctricas de los semiconductores y de posibles aplicaciones de ello, por ejemplo, en "Journal of Applied Physics", 32, 10 (1961-10), páginas 2008 a 2019 y 33, 11 (1962-11) páginas 3322 a 3327, "Zeitschrift fuer angewandte Physik", 17, 7 (1964) páginas 511 a 517 y "Electronic Design", 16 (1967-08-02), bajo el título de "Noticias" en las páginas 22 a 26.

15 Una dificultad consiste en que al montar tal dispositivo sensible a la presión, el diafragma no debe ser demasiado fino para que pueda manejarse satisfactoriamente; por ejemplo, no debe tener menos de 50 micras. A fin de conseguir una elevada sensibilidad a la presión, a pesar de ello, el diafragma debe tener un diámetro suficientemente grande. Como es sabido, 20 la sensibilidad a la presión es proporcional al cuadrado de la relación entre el diámetro y el grueso del diafragma. Otra dificultad es que las fluctuaciones de la temperatura en el diafragma sujeto pueden dar lugar a esfuerzos mecánicos variables debido a una diferencia en los coeficientes de expansión del material 25 por el cual el diafragma es apretado y del silicio. El método de acuerdo con el invento permite, entre otras cosas, evitar los mencionados inconvenientes, pues es especialmente adecuado para fabricar un dispositivo 30 semiconductor para convertir esfuerzos mecánicos en se-

12.4.72

400839

20 A5



ñales eléctricas, comprendiendo dicho dispositivo al
menos un muelle de flexión plano de material semicon-
ductor con al menos un elemento de circuito, que es
sensible a esfuerzos mecánicos en el muelle de flexión
y que está provisto de contactos para derivar señales
eléctricas del elemento de circuito sensible al volta-
je, comprendiendo dicho dispositivo semiconductor un
reborde de soporte engrosado para el muelle o los mue-
lles de flexión planos, cuyo reborde consiste en el
mismo material semiconductor como enterizo con el ma-
terial semiconductor del muelle o muelles. El reborde
engrosado proporciona la rigidez necesaria para los
delgados muelles de semiconductor de modo que, dentro
de este reborde, estos muelles pueden ser muy finos e
incluso pueden tener un espesor de menos de 50 micras,
con preferencia de no más de 30 micras. Es posible fa-
bricar tal muelle de flexión plano con dimensiones la-
terales muy pequeñas, obteniendo así una sensibilidad
suficientemente grande a los esfuerzos mecánicos. El
borde engrosado puede sujetarse apretadamente o puede
pegarse a un soporte sin que los esfuerzos mecánicos
que entran en juego sean transferidos al muelle de fle-
xión.

Se prefiere usar un material semiconductor
monocristalino para fabricar el muelle o muelles de
flexión planos y el reborde de soporte asociado; tal
muelle de flexión se hace con preferencia de un material
epitaxialmente depositado y de mayores dimensiones, ha-
ciéndose el reborde de soporte engrosado parcialmente
del material monocristalino inicial del sustrato sobre



5 el cual está depositada la capa epitaxial. El material epitaxial tiene la ventaja de que no incluye las denominadas "estriás" que pueden ocurrir a menudo en un monocristal hecho a partir de una masa fundida. Tales "estriás" son zonas delgadas de mayor concentración de impurezas situadas en planos de crecimiento y capaces de determinar propiedades localmente diferentes del material semiconductor, por ejemplo, profundidades de penetración no uniformes y concentraciones de impurezas, por ejemplo en regiones difundidas. En general, estas diferencias pueden ser molestas, pero esto es particularmente cierto con dispositivos semiconductores para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas.

15 El silicio es un material semiconductor particularmente apropiado. Usando técnicas de formación por planos, pueden preverse en silicio localmente con facilidad elementos de circuito sensibles a los esfuerzos mecánicos. Dichos elementos de circuito pueden combinarse con otros para formar un circuito integrado. Se prefiere disponer capas de óxido por ambas caras del muelle de flexión plano a fin de compensar el esfuerzo debido a la diferencia de expansión del material semiconductor y el óxido. En tal película de óxido pueden hacerse ventanillas de modo conocido, mientras que pueden aplicarse tiras de contacto sobre la película de óxido, las cuales conducen a estas ventanillas.

25
30 Debe hacerse notar que los dispositivos semiconductores conocidos, sensibles a la presión, tie-

400839

20 ABR



nen el inconveniente de que han de usarse conexiones eléctricas al diafragma semiconductor, conexiones que tienden a cambiar los esfuerzos en el diafragma de una manera incontrolable y no reproducible. Sin embargo, en el caso de que el dispositivo semiconductor esté provisto de un reborde engrosado, dichas conexiones pueden unirse a dicho reborde. Las conexiones fijadas al reborde no afectarán entonces, en esencia, a los esfuerzos en el propio muelle plano de flexión.

Las variaciones de los esfuerzos en el muelle plano de flexión pueden ser convertidas en señales eléctricas por diversos elementos de circuito, por ejemplo diodos y dispositivos con más de una unión pn. Las variaciones de los esfuerzos se miden, con preferencia, por medio de resistencias dependientes de los esfuerzos en el material semiconductor. Para este fin, se prefiere usar regiones estrechas obtenidas, por ejemplo, por difusión, estando provista cada una de ellas con contactos en su extremo. Tal región, que puede denominarse también "calibre de tensiones mecánicas", está situada de preferencia a un lado de un muelle plano de flexión. Deformando este muelle de flexión a causa de fuerzas externas, tales como una diferencia de presiones a cada lado de un muelle de flexión que tenga la forma de diafragma, ocurren en éste flexiones locales. Como resultado de ello, el material a un lado del diafragma es dilatado en una dirección dada, al paso que es comprimido al otro lado del diafragma. Mirando desde la dirección de menor presión, las partes del diafragma en el reborde rígida-

400839



mente sujeto, serán en general cóncavas, y convexas en el centro. En algún punto entre el centro y el reborde el material no será sustancialmente curvado. Usando calibres de tensiones mecánicas en parte cerca

5 del centro y en parte en el reborde a un lado del diafragma, es posible medir, por ejemplo, por medio de un circuito de puente de Wheatstone, variaciones de resistencias debidas a esfuerzos mecánicos en el diafragma.

En general, las resistencias de silicio de tipo p son más dependientes que las resistencias de tipo n en lo que respecta a los esfuerzos mecánicos. Por consiguiente, se prefiere usar muelles planos de flexión de material de tipo n y calibres de tensiones mecánicas difundidos de material de tipo p. En principio, es posible, por supuesto, usar también un calibre de tensiones mecánicas de tipo n obtenido, por ejemplo, por difusión en material de conductividad de tipo p.

10

15

La sensibilidad de los calibres de tensiones puede depender de la dirección cristalográfica seleccionada. Cuando se usan calibres de tensiones mecánicas de tipo p en silicio, se ha visto que esta sensibilidad a las direcciones situadas en un plano $\{111\}$ es prácticamente isotrópica. Por el contrario, la resistencia del material de tipo p en una dirección $\langle 100 \rangle$ es sustancialmente insensible a los esfuerzos mecánicos, al paso que en una dirección $\langle 110 \rangle$ la resistencia del material de tipo p es muy sensible a los esfuerzos mecánicos. Si el diafragma de silicio tiene

20

25

30

400839

20 ABR 1952



[110] y [001] en tal plano están en ángulo recto entre sí. Esto puede utilizarse ventajosamente por una combinación apropiada de los calibres de tensiones mecánicas de tipo p en estas dos direcciones, por ejemplo, según un circuito en puente de Wheatstone. Esto tiene la ventaja de que los calibres de tensiones mecánicas pueden disponerse inmediatamente cercanas entre sí, de modo que sea menos probable que difieran las temperaturas de los calibres de resistencia. Una configuración adecuada de tal puente de Wheatstone viene dada por la disposición de los calibres en un cuadrado con contactos dispuestos en las esquinas.

El muelle de flexión plano puede recibir la forma de un diafragma limitado en su periferia por el reborde de soporte. Así, el dispositivo puede hacerse adecuado para la medición de la presión. Como el diafragma puede recibir un grueso muy pequeño, el diámetro del diafragma puede ser también pequeño, por ejemplo, menor de 3 mm, con preferencia no mayor de 2 mm, recibiendo el reborde de soporte entonces un diámetro exterior de menos de 5 mm, preferiblemente no mayor de 3 mm. El dispositivo así hecho es, por tanto, particularmente adecuado para manómetros de tamaño muy pequeño, por ejemplo, para medir la presión sanguínea, resultando incluso posible hacer una construcción muy pequeña adecuada para ser introducida en los vasos sanguíneos. El diafragma de tal manómetro puede formar la pared cerrada de una caja cuyas otras paredes están conectadas con el reborde engrosado del diafragma. Las diferencias de presión a cada lado del diafragma pue-



den medirse de este modo; por ejemplo, cuando la presión atmosférica reina dentro de la caja y la caja está situada en el medio cuya presión debe medirse.

5 En otra aplicación preferida, el dispositivo semiconductor de acuerdo con el invento, puede proveerse de otra parte engrosada dentro del reborde, denominada en este caso "parte engrosada central", que está conectada por medio del muelle o muelles de flexión con el reborde. Esta parte puede tener la forma

10 de un anillo o disco y, con preferencia, está acomodada simétricamente dentro del reborde de soporte. Un desplazamiento de la parte interior más gruesa con respecto al reborde en direcciones en ángulo recto con el plano del muelle o muelles de flexión es capaz de producir esfuerzos en el muelle o muelles de flexión, esfuerzos que pueden medirse por medio de los elementos

15 de circuito sensibles al voltaje. Puede emplearse un muelle de flexión que forme un diafragma cerrado entre la parte central y el reborde pero, como alternativa, pueden disponerse unos pocos muelles de flexión en forma de tira radialmente entre la parte central y el reborde. Tal dispositivo puede usarse, por ejemplo, como acelerómetro, en el cual una de las dos partes engrosadas está conectada con el objeto cuya aceleración

20 se está midiendo, al paso que la otra parte engrosada se emplea como masa de inercia, o a la inversa. En este último caso, las conexiones se aseguran de preferencia a la parte central. Otra posibilidad de uso puede residir en el registro de esfuerzos mecánicos o en la medición de otros valores basándose en un desplazamiento

25

30

400839

20 AB



relativo de las dos partes engrosadas.

5 El método de fabricación del dispositivo de este invento permite, además, fabricar elementos semiconductores, por ejemplo, circuitos integrados, en los cuales los elementos de circuito semiconductores o grupos de tales elementos de circuito están acomodados en partes adyacentes, delgadas, separadas, de material semiconductor, que están interconectadas por material aislante y/o por tiras de conexión conductoras que, a su vez, están dispuestas en común en un armazón semiconductor de material más grueso. Las partes semiconductoras delgadas pueden estar suspendidas con flexibilidad del armazón más grueso de material semiconductor. De este modo puede obtenerse un conjunto que puede ser manipulado mecánicamente de una manera satisfactoria, al paso que los elementos semiconductores individuales más delgados, debido a su suspensión flexible, no son cargados por los esfuerzos mecánicos exteriores. Por ejemplo, no es necesario usar como puentes conductores conductores tan gruesos como son los denominados "conductores de barra" en la tecnología de los semiconductores, ya que, debido a su pequeño grueso, las partes semiconductoras separadas tienen un muy escaso peso. Tales tiras conectadoras conductoras pueden incluso estar reforzadas por material aislante. Como alternativa, pueden usarse puentes aislantes que pueden estar provistos de conductores para sus contactos correspondientes, o incluso una hoja aislante flexible con tales conexiones conductoras, hoja situada entre las partes semiconductoras o sobre cuya hoja están dispuestas estas partes

10

15

20

25

30



5 semiconductoras, siendo solicitada dicha hoja dentro del armazón semiconductor más grueso o sobre él. Con tales estructuras de partes gruesas y delgadas, se obtiene además la ventaja de que las partes gruesas pueden emplearse para unir conexiones a los dispositivos semiconductores.

El invento será descrito ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

10 La fig. 1 muestra esquemáticamente la cabeza de un dispositivo para medir la presión en un líquido o un gas.

15 La fig. 2 es una vista en corte transversal de un diafragma de silicio usado en el dispositivo de la fig. 1 y rodeado por un reborde de silicio más grueso.

La fig. 3 es una vista desde abajo del diafragma de silicio de la fig. 2.

20 Las figs. 4 y 5 son una vista desde abajo y una vista en corte transversal respectivamente de otro diafragma de silicio dentro de un reborde más grueso, adecuado para uso en un dispositivo medidor de la presión.

25 Las figs. 6, 7 y 8 ilustran un dispositivo semiconductor para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas adecuado, por ejemplo, para medir aceleraciones y que comprende partes delgadas y partes gruesas.

La fig. 8 es una vista en corte transversal del mismo.

30 La fig. 6 es una vista en planta; y

400839

20



la fig. 7 es una vista desde abajo de parte de este dispositivo semiconductor.

5 El dispositivo para medir la presión en un líquido o un gas, cuya cabeza se muestra en la fig. 1, comprende un cuerpo tubular 1 del material conductor, acero inoxidable por ejemplo, al cual puede sujeta-
10 tor, un conducto flexible, por ejemplo de plástico o de caucho (no mostrado). Un dispositivo semiconductor para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas está formado, de hecho, en un solo cuerpo semiconductor consistente en un muelle de flexión plano formado por un diafragma semiconductor 2 y un reborde de soporte engrosado 3. El dispositivo semiconductor está sujeto por dicho reborde en el extremo del cuerpo tubular 1 con ayuda de un cuerpo metálico tubular 4, que está asegurado al cuerpo tubular 1, por ejemplo por soldadura. Entre el metal de los cuerpos tubulares 1 y 4 y el reborde engrosado 3 del cuerpo semiconductor puede usarse una capa intermedia, de preferencia flexible (no mostrada) que puede consistir en un material de soldadura blanda adecuado. Por medio de su reborde 3, el cuerpo semiconductor puede conectarse eléctricamente a la parte tubular 1, que puede proveerse sobre su cara interior de un contacto (no mostrado) puesto a masa.

25 El diafragma 2 está provisto de resistencias dependientes de los esfuerzos dispuestas en circuito de puente de Wheatstone y conectadas a través de trayectos conductores a lugares de conexión del reborde de soporte 3, que se describirán todavía con de-

400839²⁰



5 talle con referencia a las figs. 2 y 3. Unos hilos
de conexión 6 están conectados eléctricamente en estos
lugares de conexión al circuito de puente de Wheatstone,
por ejemplo usando bolas de material de soldadura blan-
da 7 (no mostradas en la fig. 3). Un tope en la cara
interior del cuerpo tubular 1 está provisto de un dis-
co aislante anular 8 provisto de conexiones eléctricas
pasantes 9. Los hilos 6 están conectados a un extremo
de estas conexiones eléctricas pasantes, mientras que
10 el otro extremo lo está a hilos 10 de alimentación de
corriente que tienen una funda aislante, a través de
los cuales puede aplicarse voltaje y puede derivarse
un voltaje de medición del puente de Wheatstone. La
cabeza del voltímetro comprende un espacio 11, limita-
do por la pared interior del cuerpo tubular 1 y el dia-
fragma 2. El espacio 11 puede comunicar a través de
dicho tubo flexible con un espacio en el cual reina
una presión conocida, por ejemplo el aire libre. La
cabeza puede disponerse en el gas o en el líquido cuya
presión ha de medirse y, debido a la diferencia de
presiones a cada lado del diafragma, este último es
deformado de manera que aparece un voltaje a través
de las resistencias dependientes del voltaje. La ca-
beza del voltímetro se muestra en la fig. 1 a escala
muy aumentada: de hecho, el diámetro del cuerpo anular
25 4 es de unos 2 mm y el del diafragma 2, dentro del re-
borde de soporte 3, es de 1 mm.

30 El dispositivo semiconductor que com-
prende el diafragma 2 de material semiconductor y el
reborde 3 engrosado de soporte, será descrito ahora

400839

20



con más detalle con referencia a las figs. 2 y 3.

5 El reborde de soporte 3 consiste en un sub-
trato de silicio monocristalino del tipo n con una re-
sistividad de 0,01 ohmios.cm provisto de una capa epi-
taxial 21 que se extiende por todo el diafragma 2. Con-
siste en silicio de tipo n con una resistividad de 0,6
ohmios.cm. El reborde 3 tiene un diámetro interior de
1 mm, un diámetro exterior de 1,4 mm y un espesor de
250 micras, mientras que el diafragma 2 tiene un grue-
so de 15 micras.

10 El diafragma comprende por una cara re-
giones conductoras de tipo p 22, 23, 24 y 25 hechas
por medio de difusión local de boró. El grueso de
estas regiones de tipo p se hace de 1 micra y la re-
sistencia del recubrimiento se hace de 100 ohmios por
15 cuadrado. Estas cuatro regiones tienen las mismas for-
mas y tamaños y están formadas por estrechas tiras 26,
27, 28, 29, respectivamente, de una longitud de 100
micras y una anchura aproximada de 15 micras, tenien-
do los dos extremos de cada estrecha tira partes anchas
20 para la disposición de contactos. Por el lado de las
regiones de tipo p 22, 23, 24 y 25, el diafragma se-
miconductor está cubierto con una capa de óxido 30,
al paso que dicha capa de óxido está prevista por el
25 lado opuesto del diafragma a fin de compensar los es-
fuerzos en el diafragma debidos a la diferencia entre
los coeficientes de expansión del silicio y el óxido.
Esta segunda capa de óxido 31 está prolongada más allá
del reborde engrosado 3 hasta el lado en que la capa
de óxido 30 está dispuesta. En la capa de óxido 30,
30



se hacen ventanillas 32 para disponer contactos en las partes extremas de las regiones de tipo p. La capa de óxido 30 se prolonga sólo en parte a través de la superficie del reborde 3, de modo que una parte anular 41 de una superficie del semiconductor no quede cubierta con óxido.

5 Esta parte superficial libre 41 puede emplearse para establecer una conexión óhmica con la parte tubular metálica 1, una cara de la cual se apoya, si es necesario con la interposición de una pieza metálica, sobre la parte superficial anular 41 (véase la fig. 1). Las ventanillas 32

10 (véanse las figs. 2 y 3) acomodan contactos de aluminio óhmicos aplicados, es decir, los contactos 33 y 34 con los extremos ensanchados de la zona de tipo p 22, los contactos 35 y 36 con los extremos ensanchados de la zona de tipo p 23, los contactos 37 y 38 con los extremos ensanchados

15 de la zona 24 y los contactos 39 y 40 con los extremos ensanchados de la zona 25. La superficie de la capa de óxido 30 está provista, además, de conductores de corriente formados por tiras metálicas, hechas por ejemplo depositando

20 aluminio en estado de vapor, es decir, cuatro conductores de forma de T, conectando el conductor en T 42 los contactos 33 y 38 a la zona metálica de conexión 43, conectando el conductor en T 44 los contactos 34 y 39 a la zona metálica de conexión 45, conectando el conductor en T

25 46 los contactos 40 y 35 a la zona metálica de conexión 47 y conectando el conductor en T 48 los contactos 36 y 37 a la zona metálica de conexión 49. Las zonas metálicas de conexión 43, 45, 47 y 49 están formadas también depositando metal en estado de vapor

30 que puede reforzarse de modo conocido, si se desea,



con metal depositado galvánicamente, adecuado, por ejemplo, para adherir puntos de soldadura blanda 7. Las superficies de las zonas metálicas de conexión tienen dimensiones laterales suficientes para este fin. Las zonas de conexión 43, 45, 47 y 49 están previstas, además, sobre el reborde de soporte engrosado 3, de modo que se evite la deformación del diafragma 2 durante la fijación de los hilos de conexión 6 con ayuda de los puntos de soldadura 7.

Debe hacerse notar que en el presente caso, los lados planos del diafragma están orientados en un plano (lll). En esta orientación, las partes estrechas 26, 27, 28 y 29 forman cuatro resistencias, denominadas calibres de tensiones mecánicas, lo que quiere decir que estas resistencias varían con los esfuerzos en el material debidos a deformaciones. Los calibres de tensiones mecánicas 26 y 27 están dispuestos en la proximidad del centro del diafragma y los calibres de tensiones 28 y 29 están situados más cerca del reborde de soporte 3. Como es sabido, en los diafragmas sujetos, la flexión en el centro del diafragma diferirá de la deflexión cerca del reborde 3 en el caso de una diferencia de presión sobre las caras del diafragma, por ejemplo, debida a una presión en exceso por la cara opuesta a la de los calibres de tensiones mecánicas. En el caso de una presión excesiva sobre la cara del diafragma opuesta a la que lleva los calibres de tensiones mecánicas, la parte central del diafragma que lleva los calibres de tensiones 22 y 23 se hará convexa, al paso que en el reborde 3, las par-

400839



tes del diafragma que llevan los calibres de tensiones 28 y 29 serán cóncavas. El material de los calibres de tensiones mecánicas 26 y 27 es así dilatado y el material de los calibres de tensiones 28 y 29 es comprimido. La resistencia de los calibres de tensiones mecánicas 26 y 27 es así elevada y la de los calibres 28 y 29 es disminuída. Al paso que, inicialmente, las resistencias de los calibres de tensiones mecánicas son iguales, se produce una diferencia de voltaje entre las zonas de conexión 43 y 47 al aplicar un voltaje dado entre las conexiones 45 y 49, dependiendo dicha diferencia de la de presiones sobre las caras del diafragma. Debe hacerse notar que en el presente caso los voltajes aplicados a las zonas de contacto 45 y 49 no son positivos a masa a fin de evitar circuitos de corriente eléctrica de alguna importancia a través del silicio de tipo n. Debe hacerse notar además que, al seleccionar los voltajes a aplicar, ha de tenerse en cuenta la posibilidad de un efecto de descarga brusca de las uniones pn afectadas. Cuando se usa un voltaje de puente de 10 V, una diferencia de presiones sobre el diafragma que varíe entre 200 y 500 mm Hg produce una variación en el voltaje de medición de 200 mV. La exactitud de la medición de la diferencia de las presiones tiene entonces una tolerancia de menos del 1%. El alcance de medición en cuestión es particularmente adecuado para medir la presión de la sangre.

Debe señalarse, todavía, que con el diafragma de silicio sujeto conocido, las áreas de cone-

400839

20



5 xión se eligen del modo más conveniente en la tira si-
tuada entre las partes convexa y cóncava del diafrag-
ma, donde no ocurren prácticamente ni dilatación ni
compresión. Como estos lugares de conexión están si-
tuados sobre el diafragma, la forma de conexión ha de
satisfacer requisitos severos, por ejemplo con respec-
to a la flexibilidad de la conexión, al paso que las
dimensiones laterales de los puntos de conexión, re-
queridas para una conexión apropiada, limitan la minia-
10 turización del tamaño del diafragma. La provisión del
reborde de soporte engrosado 3 en el presente caso y
la posibilidad de disponer las zonas de contacto en
dicho reborde 3 eliminan dichos inconvenientes de los
dispositivos conocidos.

15 Debe señalarse, todavía, que en la rea-
lización que hemos descrito, las dos caras del diafrag-
ma están cubiertas en toda su extensión con una capa
de óxido. Como alternativa, esta capa de óxido puede
confinarse a los calibres de tensiones mecánicas y sus
20 proximidades inmediatas y a debajo de los conductores
metálicos, en cuyo caso puede prescindirse de una pe-
lícula de óxido compensadora al otro lado del diafrag-
ma. El uso de una película de óxido a cada lado del
diafragma por toda su superficie tiene la ventaja de
25 que el material semiconductor queda mejor protegido
contra influencias exteriores.

30 En el dispositivo mostrado en las figs.
2 y 3, el diafragma 2 está orientado en un plano (111).
En este caso, la variación de la resistencia al defor-
marse el diafragma depende francamente de la orienta-

400839



ción elegida de la resistencia en el plano (111).

Una variante de este dispositivo que comprende un diafragma de silicio sensible a la presión en la cual la orientación del cristal es diferente, se muestran en las figs. 4 y 5. El diafragma de silicio 52 y el reborde engrosado 53 están hechos también de silicio monocristalino de tipo n.

Las dimensiones pueden ser similares a las del cuerpo de silicio mostrado en las figs. 2 y 3. El reborde de soporte 53 está formado también por un substrato de silicio monocristalino de tipo n, 60, de baja resistividad, sobre el cual está depositada una capa epitaxial 61 de silicio de tipo n de mayor resistividad, estando dicha capa prolongada dentro de la parte periférica anular 53 y formando el diafragma de silicio 52. La orientación del cristal de silicio es tal que la capa epitaxial y el diafragma están orientados en el plano (110) del cristal. En las proximidades del centro se forman por difusión cuatro tiras resistivas de silicio de tipo p, formando dichas cuatro resistencias 66, 67, 68 y 69, juntas, un cuadrado en torno al centro del diafragma 52, en las esquinas del cual hay formadas regiones de contacto 62 de tipo p, cada una de las cuales está situada en un extremo de dos de las resistencias. La orientación de estas resistencias se elige de manera que las tiras 66 y 67 se extiendan en la dirección $\overline{110}$ y las tiras 68 y 69 en la dirección $\overline{001}$. En una forma similar a la descrita con referencia a las figs. 2 y 3, se aplican capas de óxido 70 y 71 a cada lado del diafragma, mien

400839



5 tras que en la zona de las regiones de contacto 62 se
forman ventanillas 72 en la capa de óxido 70. Por téc-
nicas conocidas, entre otras el depósito de aluminio
desde el estado de vapor, los contactos 73, 74, 75 y
10 76 se disponen en las ventanillas y sobre la capa de
óxido se disponen las tiras de contacto 82, 84, 86 y
88, respectivamente, conectadas a ella, y que se ex-
tienden hasta las zonas de conexión 83, 85, 87 y 89,
respectivamente, del reborde 53. De este modo se ob-
tiene de nuevo un circuito en puente de Wheatstone,
pero las tiras resistivas están ahora situadas todas
cerca del centro donde, en el caso de presión externa
sobre el diafragma, todas las tiras resistivas son des-
15 viadas, ya a una forma convexa, ya a una forma cóncava,
según que la presión en el lado de las tiras resisti-
vas sea menor o mayor, respectivamente, que la que ac-
túa sobre el otro lado. Al paso que las tiras resis-
tivas 66 y 67, que se extienden en la dirección $[1\bar{1}0]$
operan como calibres de tensiones mecánicas muy depen-
20 dientes de la deformación del diafragma, las tiras con-
ductoras de tipo p 68 y 69, que se extienden en la di-
rección $[001]$ no varían en esencia con la deformación
del diafragma en la zona considerada. Esta baja sen-
sibilidad de las resistencias de tipo p que se extien-
25 den en la dirección $\langle 100 \rangle$ a las deflexiones del dia-
fragma de silicio es ya conocida. Si el diafragma 52
no es desviado, las resistencias 66, 67, 68 y 69, son
sustancialmente iguales. Sin embargo, cuando una di-
ferencia de presión sobre los lados del diafragma des-
30 vía el diafragma por el lado de las tiras resistivas



cerca de estas tiras llevándolo a una forma cóncava o convexa, las resistencias de los calibres de tensiones mecánicas 66 y 67 aumentarán o disminuirán respectivamente, al paso que las resistencias de los calibres de tensiones 68 y 69 no variarán prácticamente. Cuando se aplica una diferencia de voltaje a las zonas de conexión 85 y 89, aparecerá un voltaje de medición entre las zonas de conexión 83 y 87 de acuerdo con la diferencia de las presiones sobre las caras del diafragma. El dispositivo semiconductor mostrado en las figs. 4 y 5 puede disponerse de una manera similar a la antes descrita para el dispositivo semiconductor de las figs. 2 y 3 en un aparato de medición como se muestra en la fig. 1.

Debe hacerse notar que el grueso de los diafragmas mostrados en las figs. 2 a 5 puede adaptarse a la gama de presiones deseada. Con una extensa gama de presiones se prefiere un espesor relativamente grande y con una gama restringida, un grueso pequeño del diafragma, siendo las mismas las dimensiones laterales del diafragma. Para medir el mismo margen de presiones, el grueso del diafragma se reduce, con preferencia, cuando se reducen las dimensiones laterales.

Las figs. 6, 7 y 8 muestran dispositivos para convertir esfuerzos mecánicos en señales eléctricas, en los cuales se usan muelles de flexión planos de material semiconductor en forma de tiras, que conectan un reborde de soporte engrosado con una parte central engrosada. Tales dispositivos pueden usarse como acelerómetros, en los cuales el reborde engrosado está



conectado rígidamente con el objeto, por ejemplo un
vehículo, un cohete, mientras que la parte central ac-
túa como masa de inercia o a la inversa. De este mo-
do pueden medirse aceleraciones o deceleraciones en
5 ángulo recto a los planos de los muelles de flexión.
El dispositivo semiconductor mostrado en las figs. 6,
7 y 8 comprende un reborde grueso, circular, de sopor-
te, 103, una parte central gruesa discoidal 104 y mue-
lles de desviación planos de forma de cinta, 100, 101
10 y 102, que constituyen la única conexión mecánica en-
tre el reborde 103 y la parte central 104. Estos mue-
lles tienen la forma de tiras con igual espesor, peque-
ñas con respecto al grueso del reborde 103 y de la par-
te central 104. Las dos partes más gruesas se hacen
15 con preferencia de material de sustrato monocristali-
no 106, por ejemplo, silicio de tipo n de baja resis-
tencia óhmica, correspondiendo la orientación del cris-
tal del material de sustrato del reborde 103 la del
material del sustrato de la parte central engrosada
20 104. El material del sustrato tiene una capa epita-
xial 107 de silicio de tipo n con una resistividad de
más de 0,1 ohm.cm, que se extiende por una cara sobre
el material del sustrato de las partes 103 y 104 y
que forma, además, los muelles de flexión 100, 101 y
25 102. El cuerpo está provisto a cada lado, en toda o
substancialmente en toda su superficie, de una capa de
óxido 105. La capa epitaxial está orientada en un pla-
no $\{111\}$. Los muelles de flexión 100, 101 y 102
comprenden cada uno cuatro calibres de tensiones mecá-
30 nicas, cuyos extremos están interconectados de la mane-

40083920



5 ra mostrada en la fig. 2 de acuerdo con un circuito de
puente de Wheatstone, al paso que lo están, además, a
zonas de conexión previstas, ya en el reborde 103, ya
en la parte central 104, de acuerdo con que el reborde o
la parte central estén rígidamente asegurados al obje-
to cuya aceleración o deceleración deben medirse. En
gracia a la claridad, no se han mostrado en la fig. 8
estos calibres de tensiones mecánicas con las tiras
de conexión conductoras y las zonas de conexión, pero
10 lo han sido a mayor escala en la fig. 7 en cuanto se
refiere a los calibres de tensiones del muelle de fle-
xión 100. Los calibres de tensiones mecánicas 111,
112; 113 y 114 de silicio del tipo p se obtienen por
la difusión de un aceptador, por ejemplo boro. En
15 sus extremos están conectados a través de ventanillas
de la capa de óxido 105 (no mostradas) por medio de
tiras de aluminio 120 unos con otros y dispuestos con
los lugares de conexión del reborde 121, 122, 123 y 124
de aluminio en un circuito de puente de Wheatstone.
20 Los calibres de tensiones mecánicas 111 y 112 están
situados cerca de la parte central engrosada 104 y los
113 y 114 están situados más cerca del reborde engro-
sado 103. En el caso de un desplazamiento axial de la
parte central 104 con relación al reborde 103, el
25 muelle de flexión 100 es deformado de manera que el
codo cercano a la parte central queda frente al codo
cercano a la parte periférica. Como antes se describió
con referencia al dispositivo semiconductor de las
figs. 2 y 3, las dos resistencias 111 y 112 variarán
30 en un sentido opuesto al de las resistencias 113 y 114.



Dicho desplazamiento es producido en el presente caso por una aceleración o una deceleración en direcciones transversales al plano del muelle, mientras que, debido a la inercia de la masa de la parte central 104 y de cualesquiera refuerzos de ella, la magnitud de la deflexión de los muelles planos ocurrirá dependiente de la aceleración o de la deceleración. Cuando se aplica un voltaje fijo a los puntos de conexión 121 y 123, aparecerá un voltaje de medición, dependiente de la aceleración o la deceleración, entre los puntos de conexión 122 y 124. Se prefiere determinar simultáneamente los voltajes de medición de calibres similares de las tensiones mecánicas incluídos en circuitos de puente de Wheatstone de los muelles de flexión 101 y 102, con el fin de permitir la determinación de deflexiones desiguales de estos tres muelles planos, que pueden tenerse así en cuenta al determinar la aceleración o la deceleración axiales.

También el dispositivo mostrado en las figs. 6, 7 y 8 puede tener dimensiones relativamente pequeñas, por ejemplo una parte central de un diámetro de 1 a 2 mm aproximadamente, muelles de flexión planos de una longitud de 1 mm aproximadamente y un reborde de soporte con una diferencia entre el diámetro interior y el exterior de 0,5 a 1 mm aproximadamente.

En lugar de usarse como acelerómetro, el dispositivo mostrado en las figs. 6, 7 y 8 puede usarse para otras mediciones, por ejemplo la del radio de curvatura de superficies, particularmente de superficies de pequeña anchura, en cuyo caso las partes grue-

400839



5 sas 103 y 104 son empujadas por el lado opuesto a la
capa epitaxial 107 contra la superficie a medir. Es
posible, además, medir desplazamientos muy pequeños
de objetos, por ejemplo conectando la parte central
104 con dicho objeto. No se excluye, todavía, la po-
sibilidad de convertir de este modo vibraciones mecá-
nicas en oscilaciones eléctricas.

10 En los ejemplos que hemos presentado se
emplean calibres de tensiones mecánicas de silicio de
tipo p en material de tipo n. En principio, pueden
usarse calibres de tensiones de material de tipo n en
material de tipo p. Las resistencias de los calibres
de tensiones mecánicas de silicio de tipo n aumentan
15 en el caso de una compresión y disminuyen en el de di-
latación. Sin embargo, en general, los calibres de ten-
siones de tipo p son más sensibles que los de tipo n.
Debe hacerse notar, además, que, al paso que con un
muelle de flexión plano de silicio orientado en un pla-
no {110} la resistencia de los calibres de tensión
20 de silicio de tipo p en una dirección $\langle 100 \rangle$ no cambia
marcadamente, cuando se flexiona el muelle, tal varia-
ción de resistencia sí ocurre en un muelle de flexión
plano de dicha orientación en un calibre de tensiones
mecánicas de silicio de tipo n que se dilate en dicha
25 dirección.

30 La presente solicitud que corresponde
a la presentada en Holanda, con fecha 29 de Noviembre
de 1.968 bajo el número 6817089, se acoge a los bene-
ficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Pro-
piedad Industrial.

REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención, propia y nueva,
que se presentan para que sean objeto de esta solicitud
de Patente de Invención en España, por VEINTE años,
son los siguientes:

10 1.- Un dispositivo semiconductor para
convertir tensiones mecánicas en señales eléctricas,
comprendiendo dicho dispositivo al menos un muelle de
flexión plano, de material semiconductor, en el cual
está previsto al menos un elemento de circuito, el cual
15 es sensible a las tensiones mecánicas en el muelle de
flexión, y el cual está provisto de contactos para de-
rivar señales eléctricas del elemento de circuito sen-
sible al voltaje, caracterizado porque el dispositivo
semiconductor comprende una corona o reborde de sopor-
te engrosado, para el o los muelles de flexión planos,
20 cuya corona consiste en el mismo material semiconductor
que el muelle o muelles y es integral con el material
semiconductor del muelle o muelles.

25 2.- Un dispositivo semiconductor según
la reivindicación 1, caracterizado porque el conjunto
de muelle o muelles de flexión y corona de soporte con-
siste en material semiconductor monocristalino.

30 3.- Un dispositivo semiconductor según
la reivindicación 2, caracterizado porque el muelle o
muelles de flexión están hechos de material depositado
epitaxialmente, mientras que la corona de soporte con-

400839 20



siste parcialmente en el material del sustrato monocristalino inicial, sobre el cual es depositada la capa epitaxial.

5 4.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el material semiconductor consiste en silicio.

10 5.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el muelle de flexión plano incluye, localmente, uno o más elementos de circuito, planos, sensibles a las tensiones mecánicas, y porque están aplicadas capas de óxido a los dos lados del muelle.

15 6.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque las conexiones eléctricas al dispositivo semiconductor están establecidas sobre la corona de soporte.

20 7.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el elemento o elementos de circuito consisten en uno o más extensómetros o calibres de tensiones mecánicas.

25 8.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 7, caracterizado porque está incluido al menos un extensómetro en un circuito en puente de Wheatstone.

30 9.- Un dispositivo semiconductor según las reivindicaciones 7 u 8, en el cual el muelle o muelles de flexión planos consisten en silicio monocristalino, caracterizado porque son utilizados extensóme-

12.4.72



tros de silicio del tipo p.

5 10. - Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el cual el muelle de flexión plano incluye en el mismo lado extensómetros, caracterizado porque está previsto al menos un extensómetro en una parte del muelle de flexión plano que es desviada por esfuerzos mecánicos a una forma convexa o cóncava, mientras que está previsto al menos un extensómetro adicional en una parte del muelle de flexión que es desviada por los mismos esfuerzos mecánicos a una forma cóncava o convexa, respectivamente.

15 11. - Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 10, caracterizado porque está dispuesto al menos un extensómetro cerca del centro y al menos un extensómetro adicional en la proximidad de la corona de soporte.

20 12. - Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 9, caracterizado porque los lados planos del muelle o muelles están orientados de acuerdo con el plano (110), y el muelle o muelles incluyen tiras de resistencia del tipo p, algunas de las cuales están orientadas en la dirección $[1\bar{1}0]$ y otras en la dirección $[001]$.

25 30 13. - Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 12, caracterizado porque están dispuestas cuatro de dichas tiras de resistencia, dos de las cuales se extienden en la dirección $[110]$ y dos en la dirección $[001]$, cerca unas de otras en la misma parte del muelle de flexión plano, y están

400839



conectadas en un circuito en puente de Wheatstone.

5 14.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 13, caracterizado porque las tiras de resistencia están dispuestas en un cuadrado provisto de contactos en las esquinas.

10 15.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque el muelle de flexión plano tiene un espesor menor que 50μ y, preferiblemente, no superior a 20μ .

15 16.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque el muelle de flexión plano forma un diafragma limitado en la periferia por la corona de soporte.

17.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 16, caracterizado porque el diafragma tiene un diámetro menor que 3 mm, preferiblemente no superior a 2 mm.

20 18.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 17, caracterizado porque la corona de soporte tiene un diámetro exterior inferior a 5 mm y, preferiblemente no superior a 3 mm.

25 19.- Un dispositivo semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque el dispositivo semiconductor comprende una porción central engrosada, también de material semiconductor, conectada a la corona de soporte por medio del muelle o muelles de flexión planos.

30 *ME* 20.- Un dispositivo semiconductor para convertir tensiones mecánicas en señales eléctricas.

400839

20 ABR 1912



Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

La presente Memoria consta de treinta y siete hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 20 ABR 1912

P.A.

Alberto de Ezaburu
Por Poder

one

12.4.72

JGM.

400839

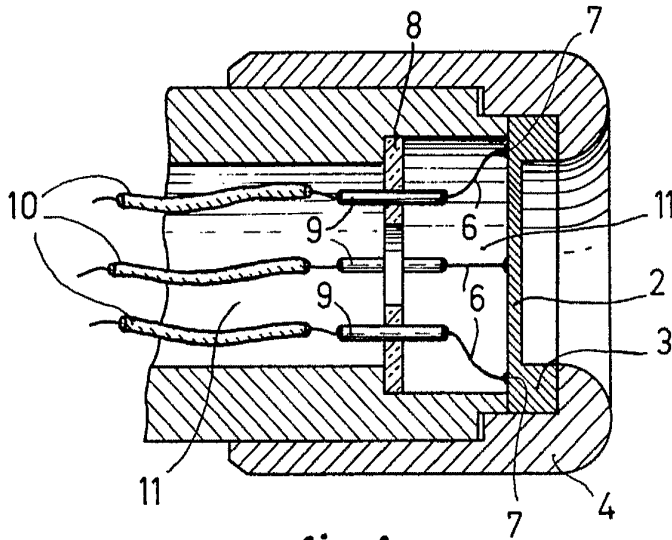


fig.1

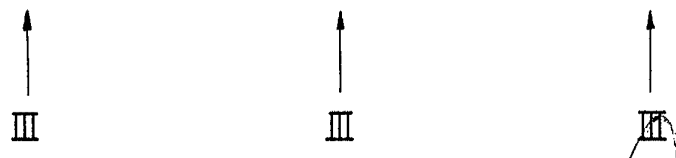
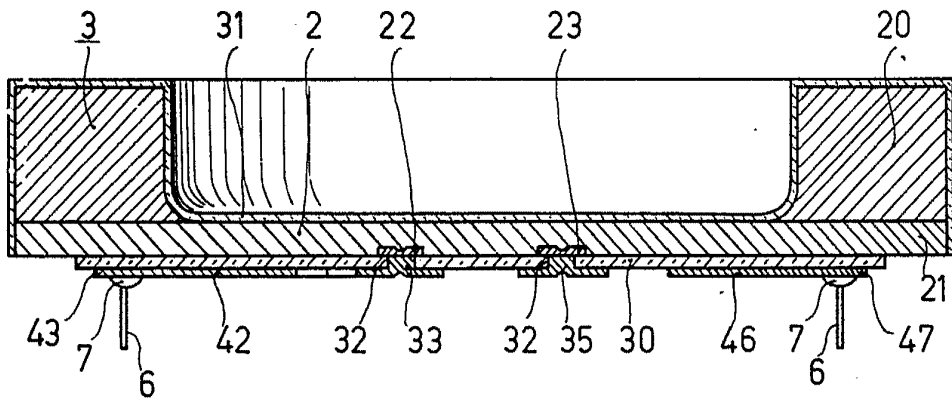


fig.2

Alberto de Eizoburu
Por Poder

400839

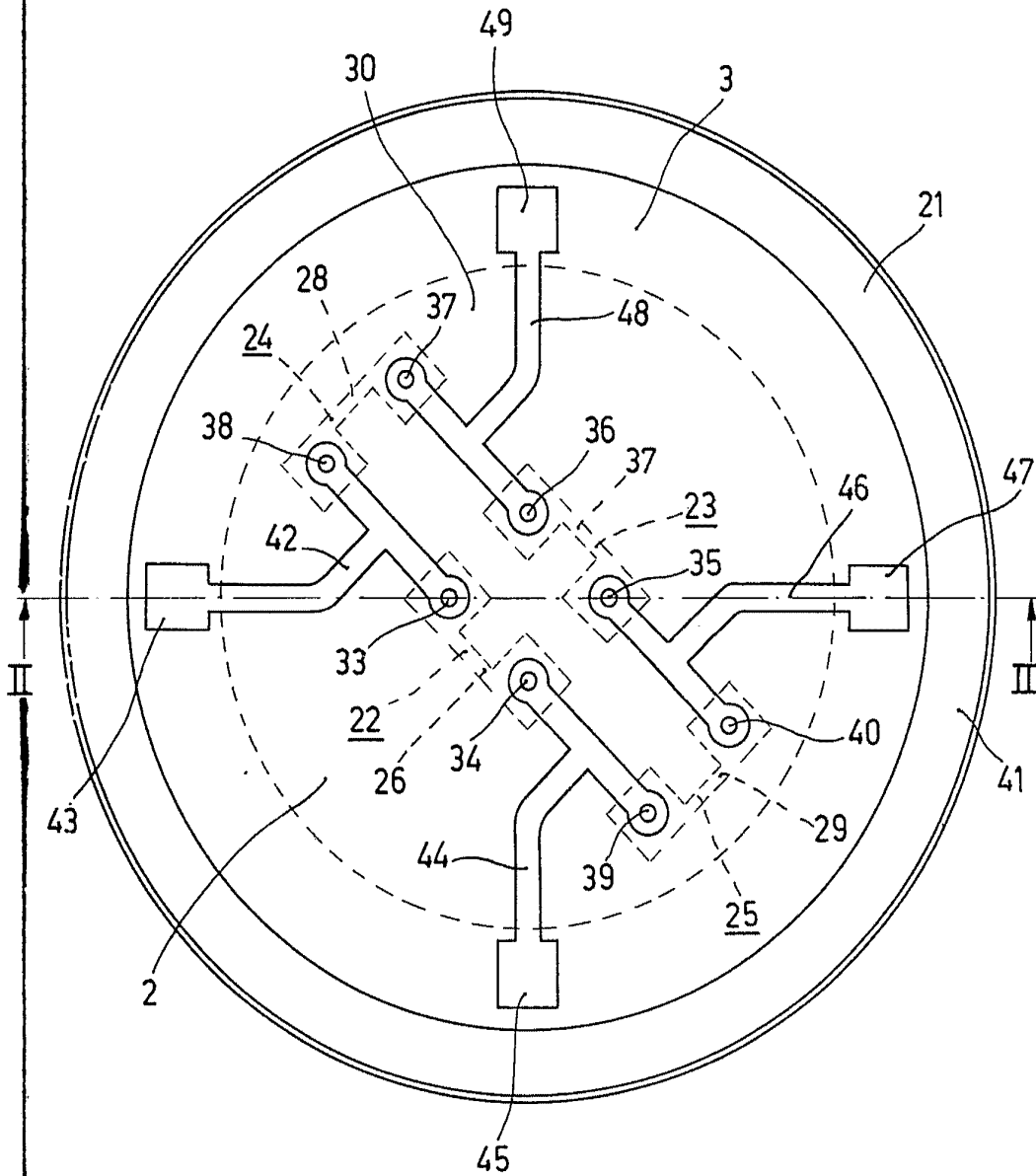


fig.3

Alberto de ...
Per Fos...

400839

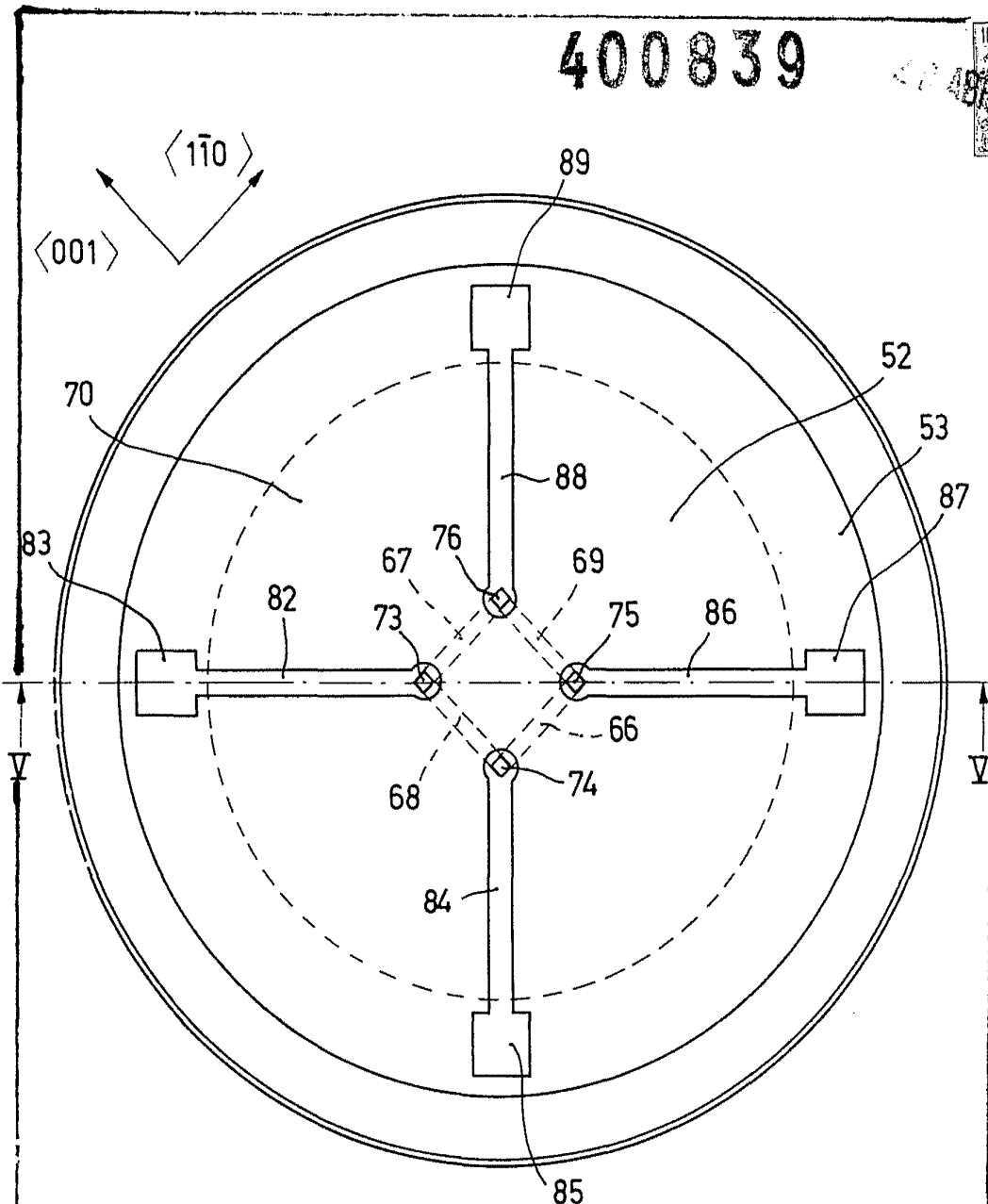


fig.4

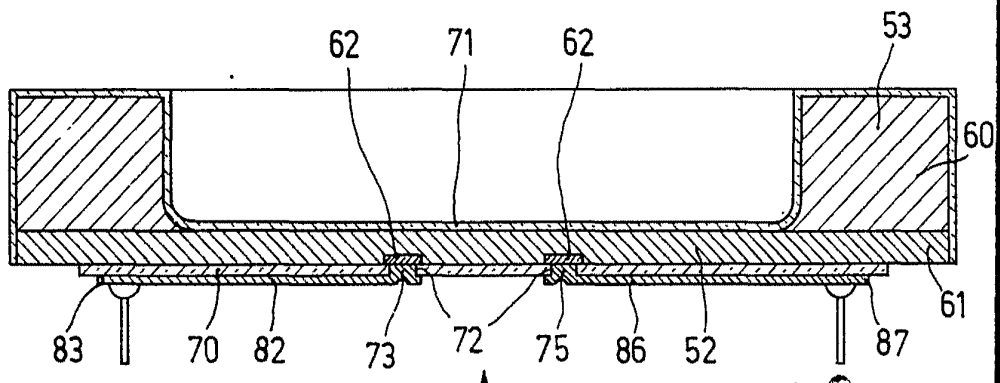


fig.5

Alber...
Vor...
[Handwritten signature]

400839

20

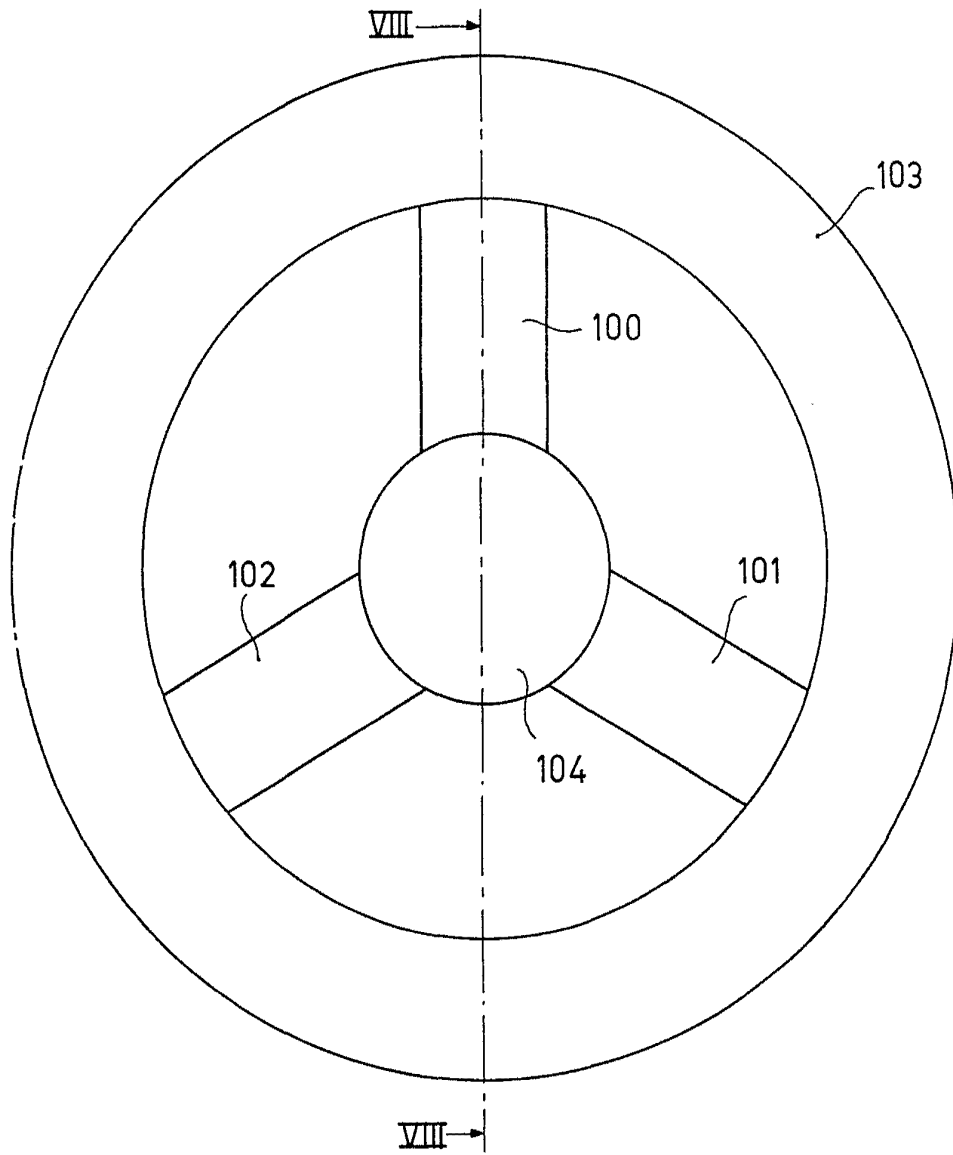


fig.6

ALBERT PHILIPSEN
For Patent

400839

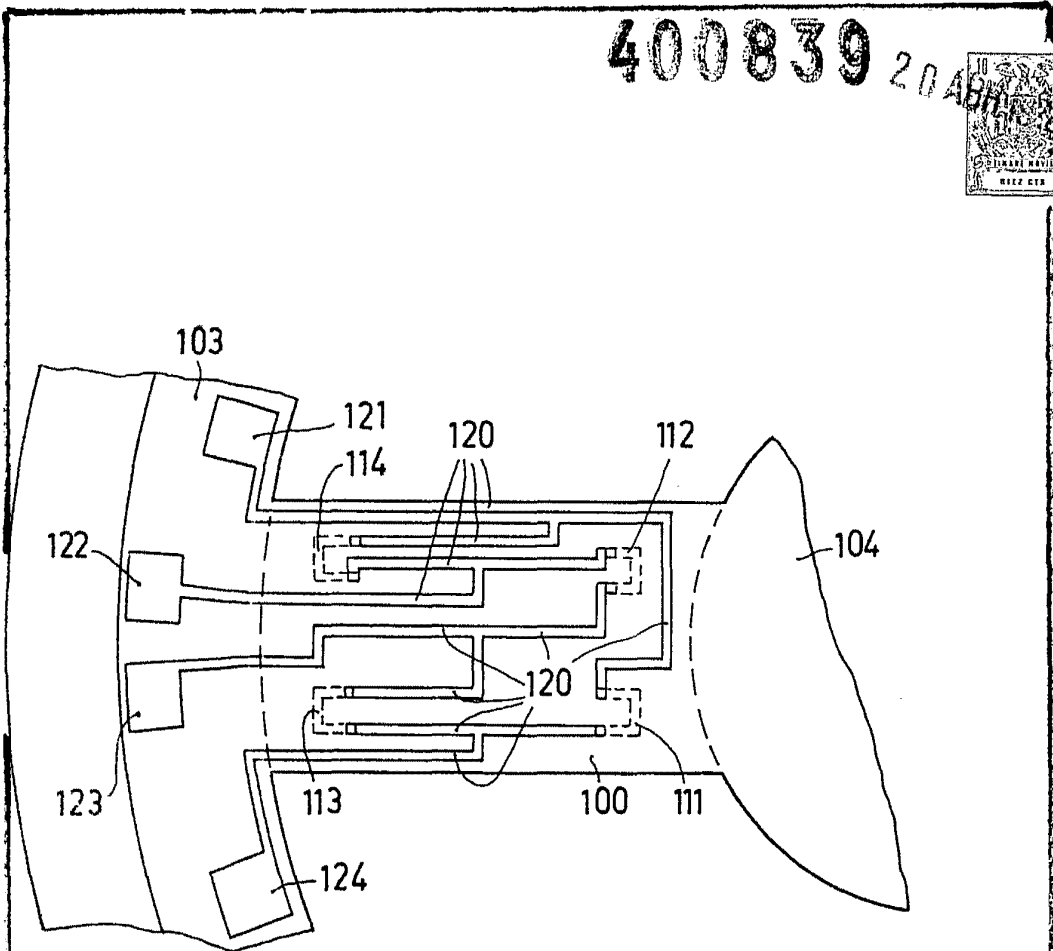


fig.7

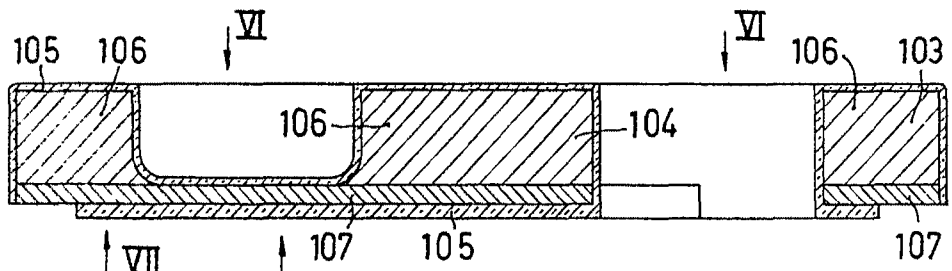


fig.8

Albert de Elshof
For Patent

400839

28 APR 1957

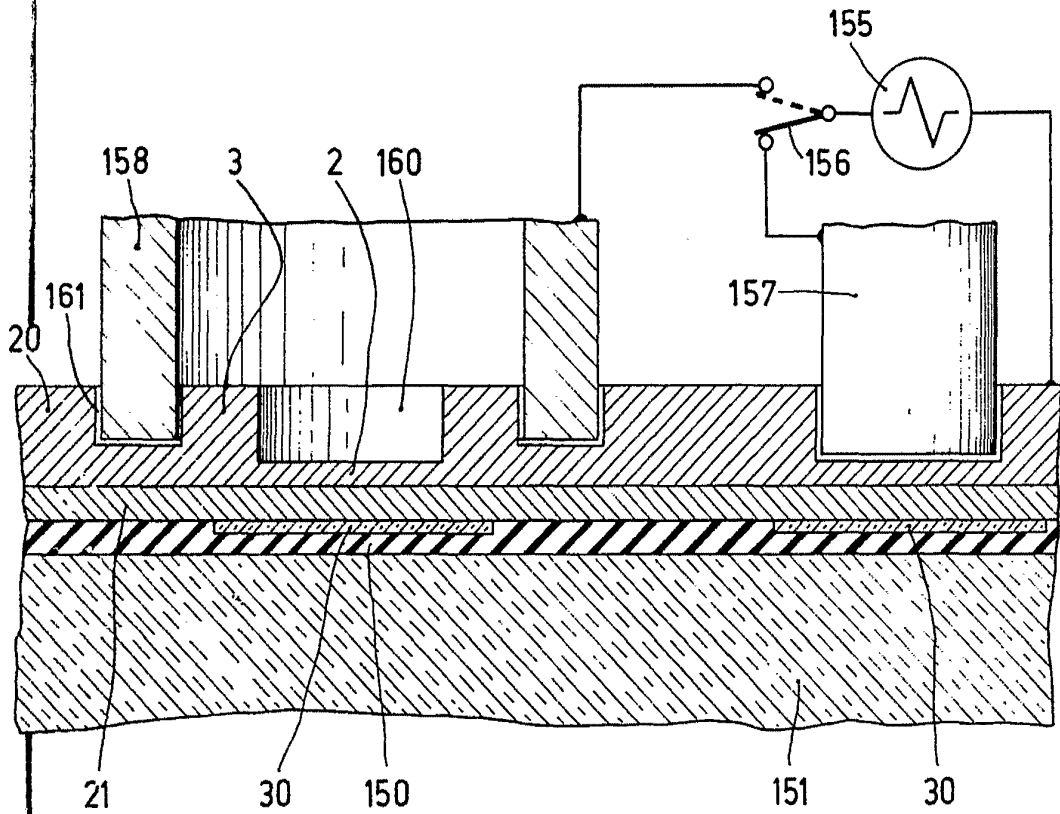


fig.9

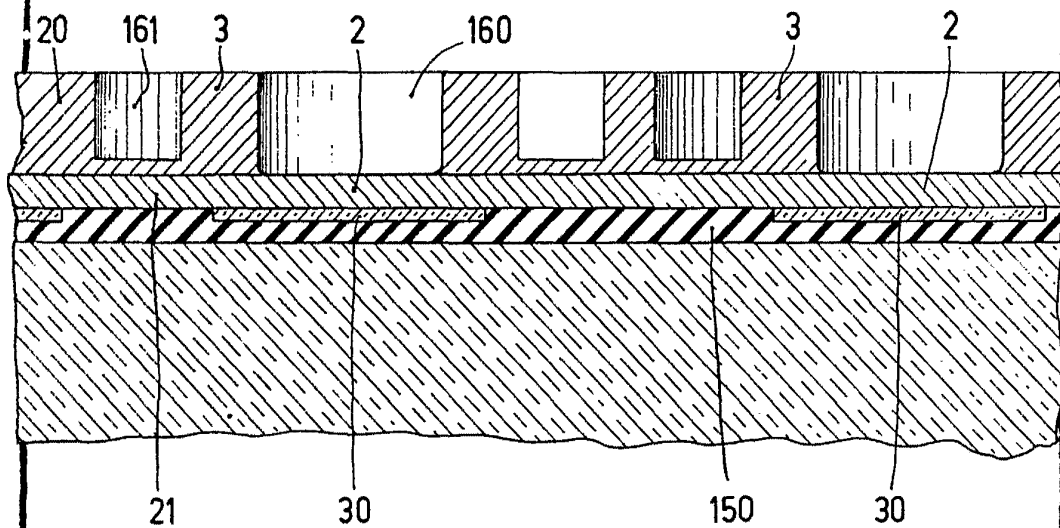


fig.10

[Handwritten signature]