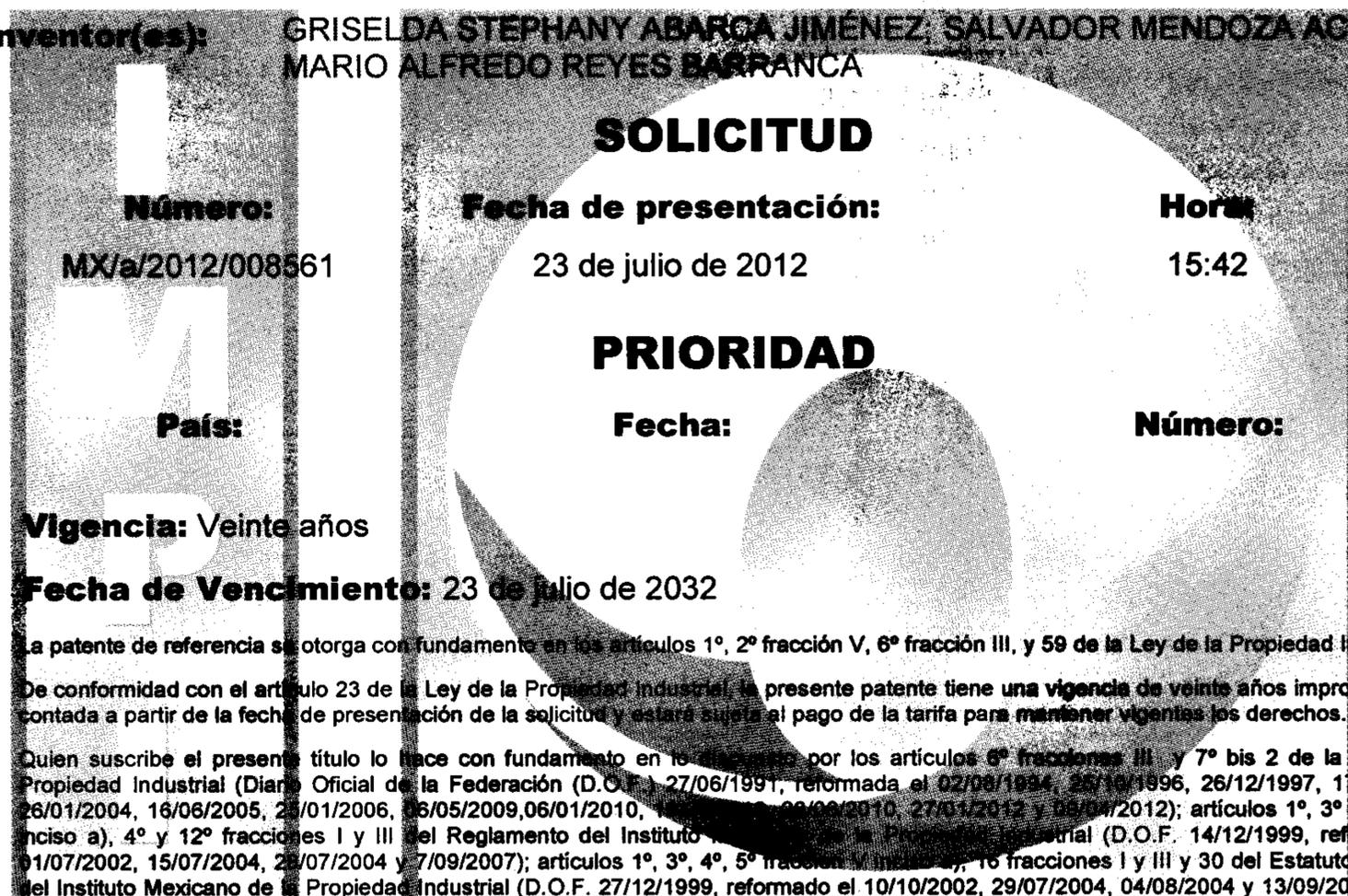




TÍTULO DE PATENTE NO. 338492

Titular(es): CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I. P. N.
Domicilio: Av. Instituto Politécnico Nacional no. 2508, Col. San Pedro Zacatenco, 07360, Gustavo A. Madero, Distrito Federal, MÉXICO
Denominación: SENSOR DE ESTRUCTURA CAPACITIVA PARA ACELERÓMETRO.
Clasificación: Int.CI.8: G01P15/125; G01P15/18
Inventor(es): GRISELDA STEPHANY ABARCA JIMÉNEZ, SALVADOR MENDOZA ACEVEDO, MARIO ALFREDO REYES BARRANCA



Número:
MX/a/2012/008561

Fecha de presentación:
23 de julio de 2012

Hora:
15:42

País:
México

PRIORIDAD
Fecha:
Número:

Vigencia: Veinte años
Fecha de Vencimiento: 23 de julio de 2032

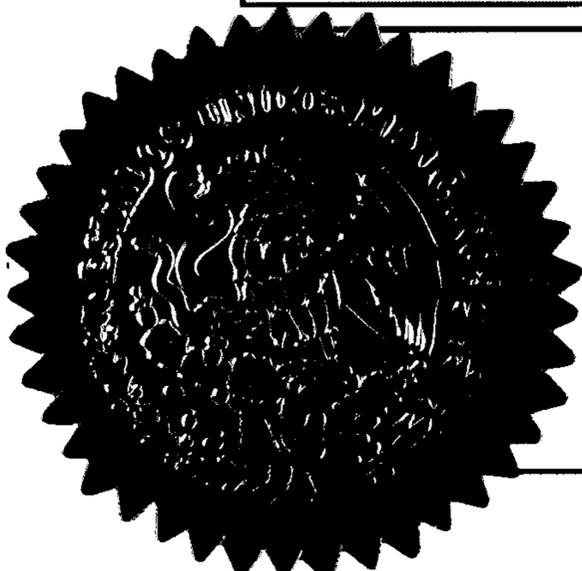
La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial. De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformado el 02/08/1994, 26/10/1996, 26/12/1997, 11/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 23/01/2006, 03/05/2009, 06/01/2010, 09/03/2010, 27/03/2012 y 04/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 23/07/2004 y 17/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 15 de abril de 2016

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES

NAHANNY CANAL REYES



Sensor de estructura capacitiva para acelerómetro**Campo técnico de la invención.**

La presente invención se refiere en lo general, al campo de los sistemas
5 microelectromecánicos (MEMS por sus siglas en inglés) y a sus aplicaciones en
dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas, tales como la aceleración, y en lo
particular, se refiere a una estructura capacitiva configurada en polisilicio con la finalidad
de ser utilizada como sensor en un acelerómetro MEMS capaz de sensar desplazamiento
de un cuerpo rígido.

10

Antecedentes de la invención.

Cuando se hace referencia a los Sistemas Microelectromecánicos
(Microelectromechanical Systems, MEMS) se hace alusión a la tecnología
electromecánica, micrométrica y sus productos. Los MEMS también se denominan "Micro
15 Máquinas" en Japón o "Tecnología de Micro Sistemas" - MST en Europa. Los MEMS son
independientes y distintos de la hipotética visión de la nanotecnología molecular o
Electrónica Molecular. Los MEMS en general varían en tamaño desde unas fracciones de
micrómetro a un milímetro. En este nivel de escala de tamaño, las construcciones de la
física clásica no son siempre ciertas. Debido a la gran superficie en relación al volumen de
20 los MEMS, los efectos de superficie como electrostática y viscosidad dominan los efectos
de volumen tales como la inercia o masa térmica. El análisis de elementos finitos es una
parte importante del diseño de los MEMS. La tecnología de sensores ha hecho progresos
significativos debido a los MEMS. La complejidad y el rendimiento avanzado de los
sensores MEMS ha ido evolucionando con las diferentes generaciones de sensores
25 MEMS.

El potencial de las máquinas muy pequeñas fue apreciado mucho antes de que existiera la
tecnología que pudiera construirlas. Los MEMS se convirtieron en prácticos una vez que
pudieron ser fabricados utilizando modificación de tecnologías de fabricación de
semiconductores, normalmente utilizadas en electrónica. Estos incluyen moldeo y
30 galvanoplastia, grabado húmedo (KOH, TMAH) y grabado en seco (RIE y DRIE), el
mecanizado por electro descarga (EDM), y otras tecnologías capaces de fabricar

dispositivos muy pequeños.

Existen diferentes tamaños de empresas con importantes programas MEMS. Las empresas más grandes se especializan en la fabricación de componentes de bajo costo alto volumen o paquetes de soluciones para los mercados finales como el automotriz, 5 biomedicina y electrónica.

Dentro de la gran variedad de dispositivos MEMS, los acelerómetros son de los más simples, y sin embargo, de los que más encuentran aplicaciones prácticas dentro de los sistemas micro-electromecánicos. Por lo anterior, los acelerómetros micro-maquinados tienen un potencial comercial muy importante. Al seleccionar un acelerómetro, es 10 importante determinar si se desea medir el movimiento o la vibración. A su vez, para la medición de vibraciones, lo que interesa es la respuesta vibratoria del objeto a prueba, mientras que para la medición del movimiento, lo que interesa es la velocidad o el desplazamiento del cuerpo rígido.

Existen varias formas de diseñar un acelerómetro. Algunos utilizan efectos piezoeléctricos 15 como transductor; éstos contienen estructuras cristalinas microscópicas que al aplicar un esfuerzo debido a una fuerza de aceleración se genera una diferencia de potencial proporcional al esfuerzo causado con el movimiento. Otra forma de transducción es mediante el sensando a través de cambios de capacitancia. Las interfaces capacitivas tienen varias características atractivas, como el proceso de fabricación, ya que una vez 20 que se fabricó el chip o dado, el post-proceso es casi nulo, tienen una excelente sensibilidad y el mecanismo de transducción intrínsecamente no se ve afectado por la temperatura.

La presente propuesta de invención, consiste en una estructura capacitiva configurada en polisilicio con la finalidad de ser usada como sensor en un acelerómetro. Este capacitor es 25 parte de la compuerta flotante (FG por sus siglas en inglés) de un transistor MOS (metal-óxido-semiconductor) donde solo una de las placas del capacitor se mantiene fija y la otra placa se mueve cuando sea aplicada una aceleración externa, causando por este medio una capacitancia variable, de acuerdo con una revisión realizada del estado de la técnica, se encontraron como actuales propuestas en el campo de interés las siguientes:

30 La patente estadounidense US 7,825,507 de Chin-Sheng Yang, de fecha 02 de noviembre de 2010, en donde bajo el título "Ensamble de semiconductor y método para formar un

anillo de sello”, se divulga y protege un método para formar un anillo de sello, en donde primero, se proporciona un sustrato incluyendo una región de MEMS, una región lógica y una región de anillo de sello; y segundo, se forma un canal en la región de los MEMS y varios canales se forman en la región del anillo de sello. Un óxido rellena ambos canales.

- 5 Más tarde, un MOS se forma en la región lógica y una capa dieléctrica se formada sobre el sustrato. Entonces, un procedimiento de grabado se lleva a cabo para eliminar parcialmente la capa dieléctrica y al mismo tiempo eliminar completamente el óxido en los múltiples canales para formar un espacio de anillo de sello. Posteriormente, un metal llena el espacio de anillo de sello.
- 10 Otra propuesta se encuentra en la patente estadounidense US 8,125,271 de Lei Zhang y Herb He Huang, a partir de la cual se divulga y protege un amplificador de potencia y un circuito de puente en un amplificador de potencia, el amplificador de potencia incluye un comparador, un circuito de puente y un filtro de pasa bajo. El comparador está adaptado para recibir una primera señal analógica, comparar la primera señal analógica con una
- 15 señal de referencia y una señal de onda cuadrada de salida. El circuito de puente está adaptado para amplificar la señal de onda cuadrada y la salida de la señal de onda cuadrada amplificada. El filtro de pasa bajo está adaptado para convertir la señal de onda cuadrada amplificada en una segunda señal analógica. El circuito de puente incluye un primer conmutador de MEMS y un segundo conmutador de MEMS. El primer conmutador
- 20 de MEMS y el segundo conmutador de MEMS encienden alternativamente cuando la polaridad de la onda cuadrada cambia y da salida a una primera señal de voltaje o una segunda señal de voltaje respectivamente. La señal de onda cuadrada amplificada incluye la primera señal de voltaje y la segunda salida de señal de voltaje alternativamente. Esta propuesta sustituye los transistores MOS en arte previo con conmutadores de MEMS, por
- 25 lo que pueden reducir el consumo de energía, el tamaño de los dispositivos y los costos de fabricación.

De las enseñanzas del estado de la técnica, también se sabe que cuando un acelerómetro es utilizado en juguetes, control remoto para consolas de videojuegos o en partes del cuerpo humano, se requiere sensar un intervalo de aceleraciones, el cual se muestra en la

30 siguiente tabla 1.

Tabla 1.

Resumen de la frecuencia de aceleración y gama de movimientos humanos

Parte del cuerpo	Aceleración	Intervalo de frecuencia
Cabeza	0.5-9 g	3.5Hz - 8Hz
Torso (miembro superior)	0.5-9 g	< 12Hz
Mano/dedos	0.04g-1g	8Hz - 12Hz
Miembro inferior	0.2-6.6 g	< 12Hz

5

10 En la presente solicitud de patente bajo el título Sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, se propone un acelerómetro diseñado para cubrir los intervalos mostrados en la tabla 1, invención con la que son pretendidos los siguientes:

Objetivos de la invención.

15 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro diseñado para bajas G's.

20 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, que cubre un intervalo de frecuencia de 3.5 Hz a 12 Hz.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, que permite sin modificar su estructura base rediseñarlo para altas G's.

25 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, en donde, el punto clave y el más importante del diseño es el coeficiente de acoplamiento variable característico de un transistor MOS de compuerta flotante (FGMOS).

30 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, que en virtud de su diseño permite que el mismo transistor tenga diferentes características de transconductancia dependiendo de la posición en la que se encuentre la estructura generadora de la capacitancia variable.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva

para acelerómetro, en donde, cuando se aplica una diferencia de potencial a la estructura capacitiva (compuerta de control del FGMOS) y al mismo tiempo se le está aplicando una fuerza externa al acelerómetro, la variación de capacitancia producirá una variación en voltaje en la compuerta flotante del transistor MOS.

5 Aun otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, en donde, el diseño propuesto puede ser fabricado usando tecnología CMOS estándar, seguido de un post-proceso de micro-maquinado.

Los objetivos de la presente invención antes referidos y aún otros no mencionados, serán evidentes a partir de la descripción de la invención y las figuras que con carácter ilustrativo
 10 y no limitativo la acompañan, y que a continuación se presentan.

Breve descripción de las figuras.

15 **Figura 1.** Se muestra una perspectiva convencional de un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, realizado de conformidad con la presente invención.

Figura 2. Se muestra una vista en elevación frontal del sensor de la figura 1, cuando esta ensamblado.

Figura 3. Se muestra una vista en elevación frontal del sensor de la figura 1, en donde solo se muestra la masa móvil de dicho sensor.

20 **Figura 4.** Se muestra una vista en elevación frontal del sensor de la figura 1, en donde se aprecian en detalle unas extremidades de un capacitor que forman parte integral del sensor.

Figura 5. Se muestra una gráfica en donde se aprecia una variación de desplazamiento en función de las G's aplicadas al sensor de la figura 1.

25 **Figura 6.** Se muestra una gráfica en donde se aprecia una variación de capacitancia en función de las G's aplicadas al sensor de la figura 1.

Figura 7. Se muestra un circuito equivalente de un FGMOS con coeficiente de acoplamiento variable, implementado en el sensor de la figura 1.

30 **Figura 8.** Se muestra una gráfica en donde se aprecia la variación de una intensidad de corriente que fluye por el drenador de un FGMOS al aplicar un voltaje fijo para tres aceleraciones distintas en el sensor de la figura 1.

Figura 9. Se muestra una gráfica en donde se aprecia la variación de una intensidad de corriente que fluye por el drenador de un FGMOS al aplicar dos voltajes diferentes para una aceleración de 9G's en el sensor de la figura 1.

5 Descripción detallada de la invención.

De acuerdo con lo que se ilustra en las figuras 1 a 9, la presente invención consiste en un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro 100, en lo sucesivo denominado sensor 100, cuya estructura está elaborada toda de silicio policristalino, en donde, la estructura móvil o masa de prueba 10, es una masa suspendida en cada uno de sus extremos entre un primer muelle fijo 20 y un segundo muelle fijo 30, tal y como se muestra en la figura 1, así por ejemplo, si se aplica una fuerza de aceleración externa al sensor 100, éste se desplazará en la dirección opuesta a la fuerza externa siguiendo la segunda Ley de Newton, por otro lado, la masa móvil 10 ha sido diseñada de tal manera que tiene un volumen central de forma rectangular, de tal manera que en cada uno de los lados más largos presenta una pluralidad de extremidades o dedos 40, de modo que cada dedo 40 de la masa móvil 10 encontrará dos dedos más 55 y 65 correspondientes a una masa fija inferior 50 y a una masa fija superior 60 para formar dos capacitores. De estos capacitores que se forman, uno tendrá menor separación entre sus placas que el otro y gracias a esta diferencia de separación entre uno y otro se podrá diferenciar el sentido de la fuerza aplicada.

Así, si el desplazamiento externo es en sentido positivo, la masa móvil 10 se desplazará a la izquierda formando un capacitor más grande entre sí misma 40 y la extremidad de la izquierda 65a, y formará un capacitor más pequeño con la extremidad del lado derecho 65b. De esta manera se sabe si el desplazamiento fue a la derecha a o la izquierda.

Se debe remarcar que el dieléctrico que existe entre las dos placas de estos capacitores es aire dado que se debe permitir un libre movimiento para la masa de prueba. Con la finalidad de asegurar la variación en la separación entre los dedos 40 de la masa móvil 10 y los dedos 55 y 65 de las masas fijas 50 y 60, se ha dispuesto la masa móvil 10 del sensor 100 entre un primer muelle fijo 20 y un segundo muelle fijo 30 que limitan su desplazamiento. Por ejemplo, para una aceleración externa de 9G's la masa móvil 10 debe desplazarse una distancia de 0.6µm.

El tamaño de dichos primero 20 y segundo 30 muelles fijos depende del volumen de la
masa de móvil 10, entre más grande sea ésta, la constante de rigidez deberá ser más
grande y por lo tanto más pequeños deberán ser los muelles. Para diseñar los primero 20
y segundo 30 muelles fijos es necesario fijar el volumen de la masa móvil 10 y después
5 calcular la constante de rigidez necesaria para lograr el desplazamiento deseado, usando la
Ley de Hook. Este valor de constante de rigidez da la pauta para calcular el tamaño de los
resortes.

El sensor 100 es fabricado usando un proceso CMOS y por esta razón el grosor de la viga
que conforma a todo el resorte tiene un valor fijo; la altura y el ancho de la viga deberán
10 ser múltiplos de λ (mínima dimensión definida por la fábrica de Circuitos Integrados y base
de sus reglas de diseño). Por lo tanto, es necesario proponer primero el ancho de la viga
para después calcular su altura. Cada muelle sostiene por uno de sus lados a la masa
móvil por medio de los conectores 21 y 31 respectivamente, y el otro extremo está anclado
al substrato por medio de otros dos conectores 22 y 32 respectivamente sobre el que se
15 coloca al acelerómetro.

Con el propósito de verificar el correcto funcionamiento de los primero 20 y segundo 30
muelles fijos, se hizo una simulación para realizar un análisis de esfuerzos utilizando
elementos finitos. Se aplicó una fuerza en el eje horizontal de la masa móvil 10
proporcional a la aceleración externa y la masa móvil 10. Los resultados finales muestran
20 que el esfuerzo máximo ejercido sobre el sensor con las condiciones establecidas en la
simulación no excede el punto de ruptura del material por lo que se puede asegurar que el
sensor conserva su integridad dentro del rango de aceleraciones propuesto.

Para confirmar los cálculos realizados manualmente, se hizo un análisis de
desplazamiento usando COMSOL Multiphysics, cuyos resultados se muestran en la tabla
25 2. La máxima capacitancia encontrada es debida al par de placas o dedos del lado
izquierdo y la mínima capacitancia corresponde al capacitor formado por las placas
situadas entre la masa móvil y el dedo ubicado del lado derecho.

En la figura 5, se observa que el desplazamiento máximo de las placas de los capacitores
del acelerómetro es lineal entre el rango estudiado de aceleraciones, es decir, entre 1 y 9
30 G's. Cuando se aplican 9 G's la masa móvil 10 se desplaza $0.697 \mu\text{m}$, lo que representa
un error del 14% respecto al cálculo inicial que era de $0.6 \mu\text{m}$. Se puede argumentar que

este error es debido a que la masa de los primero 20 y segundo 30 muelles fijos no se conoce al inicio del proceso de diseño (ya que esto es lo que se desea conocer), y la constante de rigidez calculada de la ley de Hook no considera esta masa adicional en el cálculo inicial.

5

Tabla 2.

Resultados empleando el software Comsol Multiphysics

G's aplicadas [m/s²]	Desplazamiento máximo [μm]	Esfuerzo máximo [1x10⁵Pa]	Capacitor máximo [1x10⁻¹⁴F]	Capacitor mínimo [1x10⁻¹⁵F]
1	0.174	0.801	1.220	5.292
2	0.240	0.906	1.342	5.091
3	0.305	1.008	1.489	4.908
4	0.370	1.118	1.671	4.737
5	0.435	1.271	1.905	4.578
6	0.501	1.321	2.220	4.427
7	0.566	1.422	2.652	4.288
8	0.631	1.528	3.293	4.157
9	0.697	1.633	4.364	4.032

10

15

20

Aunque ya ha sido referido previamente, es importante resaltar que tanto la estructura de la masa móvil 10, así como la primera 50 y segunda 60 masas fijas, están elaboradas de polisilicio usando tecnología CMOS.

Por otro lado, el sensor 10 descrito provoca una variación de capacitancia desde 12.2 F hasta 43.64 F.

De acuerdo con lo que se ilustra en la figura 7, la masa móvil 10 o de prueba servirá como compuerta de control 11 para polarizar a un transistor FGMOS 12. Con el fin de obtener un intervalo de capacitancia suficientemente bueno para ser utilizado como referencia, se agregó un capacitor fijo 13 en paralelo con el capacitor variable 11. Este capacitor fijo 13 extra formará parte de una segunda compuerta de control del transistor FGMOS 12 que servirá como transductor. El capacitor variable 11 da como resultado un coeficiente de

30

acoplamiento variable. Ambos capacitores variable 11 y fijo 13 tienen un nodo común 14b conectado a una compuerta flotante 15 del transistor MOS, ~~por lo que al variar la capacitancia que existe entre la primera compuerta de control y la compuerta flotante del transistor, se provoca que cambie el potencial reflejado en dicha compuerta flotante 15 del~~
5 sensor 100 y en consecuencia también cambian las características de transconductancia del transistor.

La diferencia de capacitancias debido a la separación entre placas, junto con la modificación de las características eléctricas del FGMOS 12, permite complementar la estructura explicada para poder determinar la dirección de la fuerza aplicada. Cada
10 capacitor cuenta con una referencia de potencial diferente 14 y 14a, esto es con la finalidad de llevar al transistor a un punto de operación adecuado para el sensado en el rango deseado y para establecer los rangos de corriente apropiados con los cuales la medición sea más clara y sencilla. Además, para poder determinar el sentido de la corriente, se empleó la estructura dividida en dos partes, una para sensar un movimiento
15 hacia la izquierda 60 y la otra para sensar un movimiento hacia la derecha 50. La estructura completa del sensor 100 o acelerómetro incluye una estructura compuesta de una masa superior 60 y otra inferior 50 fijas a la masa móvil 10. En donde cada una de estas masas superior 60 e inferior 50 cuenta con sus respectivos dedos 65 y 55 que son la contra-placa del capacitor variable y cuya alineación es asimétrica en una masa con
20 respecto a la otra. En el diagrama de la figura 7 sólo se ilustra la masa fija superior 60. El capacitor variable 11 representa el equivalente eléctrico a la estructura comprendido entre la masa fija superior y la parte superior de la masa móvil.

Cada una de dichas masas superior 60 e inferior 50, están hechas de silicio policristalino y se prolonga para formar una compuerta flotante sobre un transistor MOS, por lo que se
25 tendrán dos transistores FGMOS en el sensor 100. De esta manera, al aplicar la fuerza externa en un sentido, uno de los coeficientes de acoplamiento variables asociado a uno de los transistores, será menor y por lo tanto la circulación de corriente por ese transistor será menor, comparada con la corriente del otro transistor, cuyo coeficiente de acoplamiento se verá incrementado ya que las placas del capacitor variable respectivo se
30 acercaron, aumentando el valor de la capacitancia. De esta forma, el sentido de la fuerza aplicada será indicado por aquel transistor que entregue una mayor corriente.

Para mostrar gráficamente cómo influye el coeficiente de acoplamiento variable sobre el comportamiento del circuito se realizaron las siguientes simulaciones con PSPICE. Tomando como referencia las terminales del circuito equivalente mostrado en la figura 7, las condiciones de polarización empleadas fueron las siguientes:

5

$$V_{drenador (16)} = 5V$$

$$V_C (14a) = 0-5V$$

$$V_A (14) = 3.5V$$

$$V_{fuente (17)} = 0V$$

10

De lo que se puede observar en las figuras 8 y 9, se puede afirmar que la magnitud de corriente de salida del transistor MOS de compuerta flotante y dos compuertas de control se puede modular dependiendo del voltaje aplicado en la terminal del capacitor fijo configurado como segunda compuerta de control y a la cual se le aplica el voltaje fijo de modulación, V_A . Esto es, por un lado con el capacitor fijo se establece el punto de operación del transistor y por el otro lado, con ayuda del capacitor variable se modula el voltaje en la compuerta flotante del FGMOS con el que se tiene una corriente de salida correspondiente con la fuerza aplicada al acelerómetro.

Así, a partir de la configuración anteriormente descrita del sensor de estructura capacitiva para acelerómetro 100, se demuestra que el principio de coeficiente de acoplamiento variable, logrado mediante medios mecánicos como el empleado con los acelerómetros y aplicado en un transistor MOS de compuerta variable (FGMOS), resulta en una alternativa eficaz de transducción para medir las fuerzas aplicadas a este tipo de sensores, con la cual es posible determinar que todos los objetivos de la invención originalmente definidos y aún otros no especificados se cumplen, obteniéndose una invención completamente diferente de las hasta ahora conocidas en el campo de los sensores implementados en acelerómetros MEMS.

30

R ivindicacion .

1. Un sensor de estructura capacitiva (100), que se utiliza en un acelerómetro MEMS, para sensar el desplazamiento de un cuerpo rígido, caracterizado porque comprende:
 - 5 a) una estructura móvil (10) que tiene un volumen central que tiene lados cortos y lados largos, y que se encuentra suspendido en los lados cortos entre un primer muelle fijo (20) y un segundo muelle fijo (30), teniendo respectivos medios conectores (21 y 31) de unión con la estructura móvil (10), y respectivos conectores (22 y 32) de unión con el sustrato sobre el que se coloca al acelerómetro; dichos muelles (20 y 30) limitan el desplazamiento de la estructura
10 móvil (10);
 - b) un primer capacitor formado por un acoplamiento de:
 - una masa móvil de extremidades o dedos (40) de silicio policristalino, superiores, dispuestos a lo largo de uno de los lados largos del volumen central de dicha estructura móvil (10); y
 - 15 - una masa de dedos de silicio policristalino, superiores (60), fijados al sustrato, los cuales se acoplan entre los espacios de los respectivos dedos (40), superiores;
 - c) un segundo capacitor, formado por un acoplamiento de:
 - una masa móvil de extremidades o dedos (40) de silicio policristalino, inferiores, dispuestos a lo largo de uno de los lados largos del volumen central de dicha estructura móvil (10); y
 - 20 - una masa de dedos de silicio policristalino, inferiores (50), fijados al sustrato, los cuales se acoplan entre los espacios de los respectivos dedos (40), inferiores;

en donde la masa de dedos inferior (50) tiene un dedo (55) y la masa de dedos superior (60) tiene un dedo (65) que son la contra-placa del capacitor variable y cuya alineación es asimétrica en una masa con respecto a la otra, y en virtud de esta diferencia de separación entre uno y otro, se determina el sentido de la fuerza aplicada al sensor.
2. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque dicho acelerómetro (100) cubre un intervalo de frecuencia de 3.5 Hz a 12Hz.
3. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque cuando
25
30

el desplazamiento externo es en sentido positivo, la masa móvil (10) se desplaza a la izquierda formando un capacitor más grande entre la masa (40) y la extremidad de la izquierda (65a), y al mismo tiempo forma un capacitor más pequeño con la extremidad del lado derecho (65b), de esta manera se determina la dirección del desplazamiento a la derecha a o la izquierda.

- 5
4. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque el acelerómetro (100) provoca una variación de capacitancia desde 12.2 F hasta 43.64 F.
 5. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque el dieléctrico que existe entre los dos capacitores es aire, que permite un libre movimiento de la estructura móvil (10).
 - 10 6. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque el tamaño de dichos primero y segundo muelles fijos (50 y 60) depende del volumen de la masa de móvil (10).
 - 15 7. El sensor de estructura capacitiva de la reivindicación 1, caracterizado porque tanto la estructura de la estructura móvil (10), así como la primera y segunda masas fijas (50 y 60), están elaboradas de polisilicio usando tecnología CMOS.

20

25

30

Resum n.

La presente invención se refiere a un sensor de estructura capacitiva para acelerómetro, cuya estructura está elaborada toda de silicio policristalino, en donde, la estructura móvil o masa de prueba, es una masa suspendida en cada uno de sus extremos entre un primer

5 muelle fijo y un segundo muelle fijo, así por ejemplo, si se aplica una fuerza de aceleración externa al sensor, éste se desplazará en la dirección opuesta a la fuerza externa siguiendo la segunda Ley de Newton, por otro lado, la masa móvil ha sido diseñada de tal manera que tiene un volumen central de forma rectangular, de tal manera que en cada uno de los

10 dedos de la masa móvil encontrará dos dedos más y correspondientes a una masa fija inferior y a una masa fija superior para formar dos capacitores. De estos capacitores que se forman, uno tendrá menor separación entre sus placas que el otro y gracias a esta diferencia de separación entre uno y otro se podrá diferenciar el sentido de la fuerza aplicada.

15

20

25

30

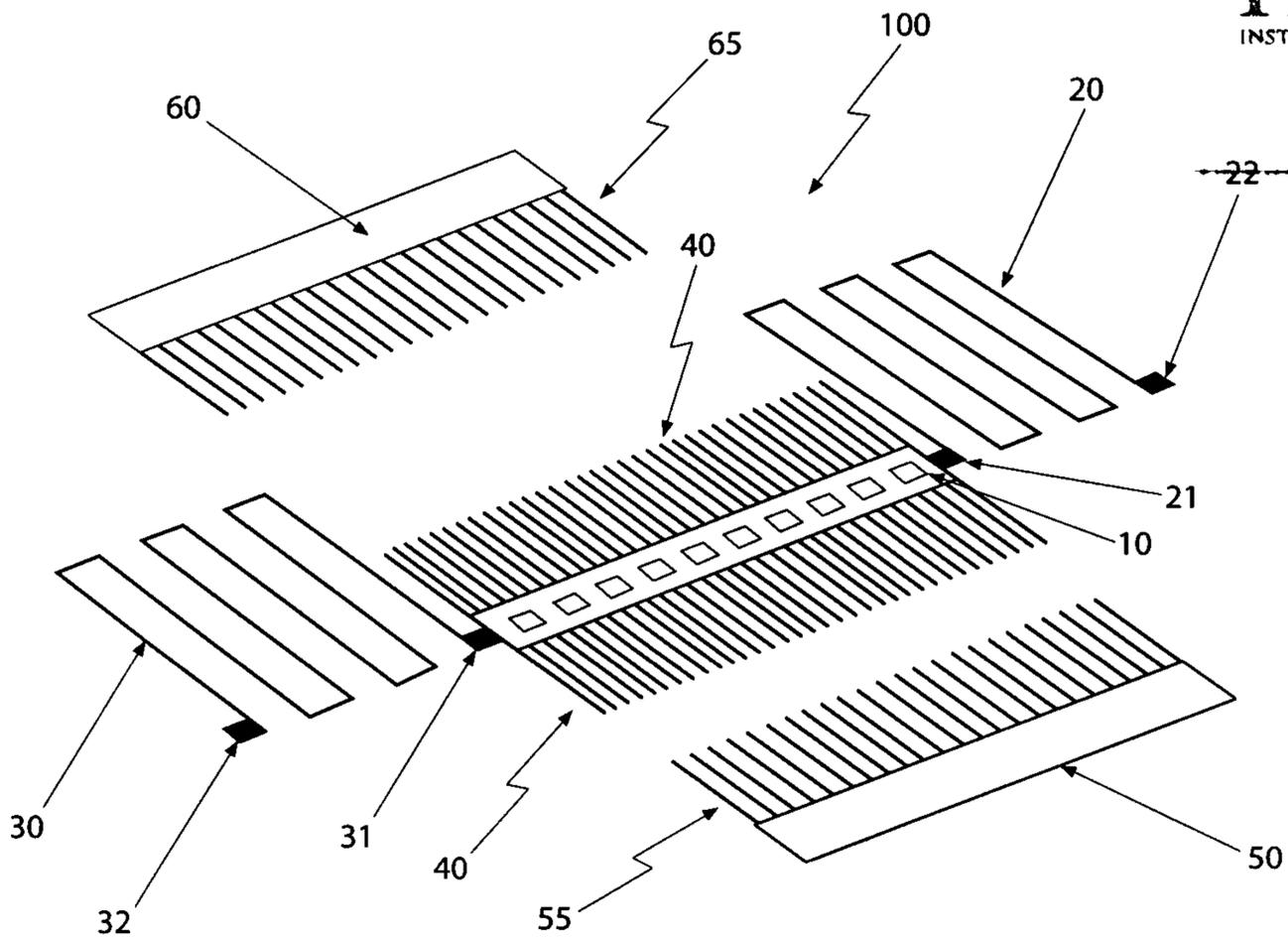


FIGURA 1

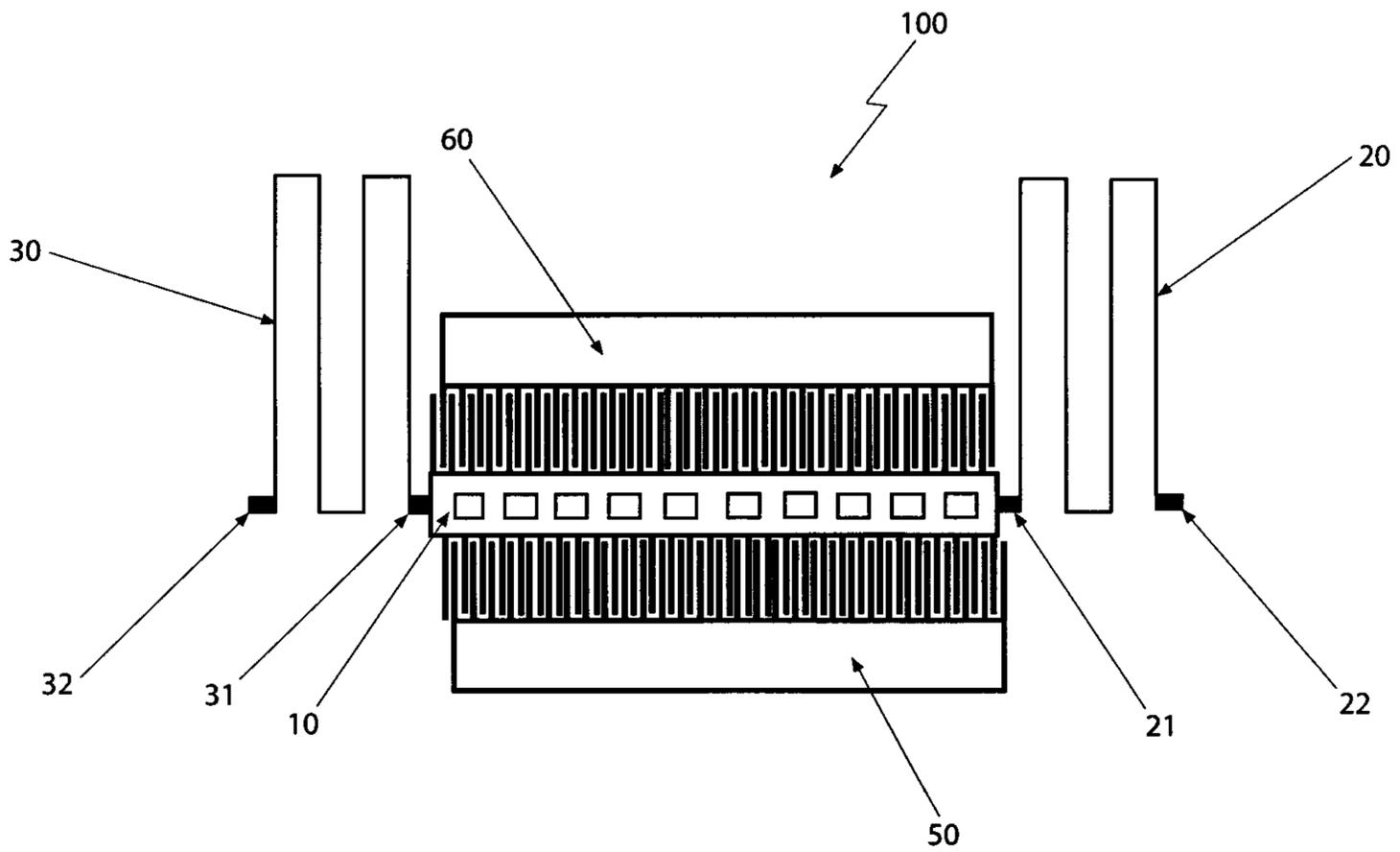


FIGURA 2

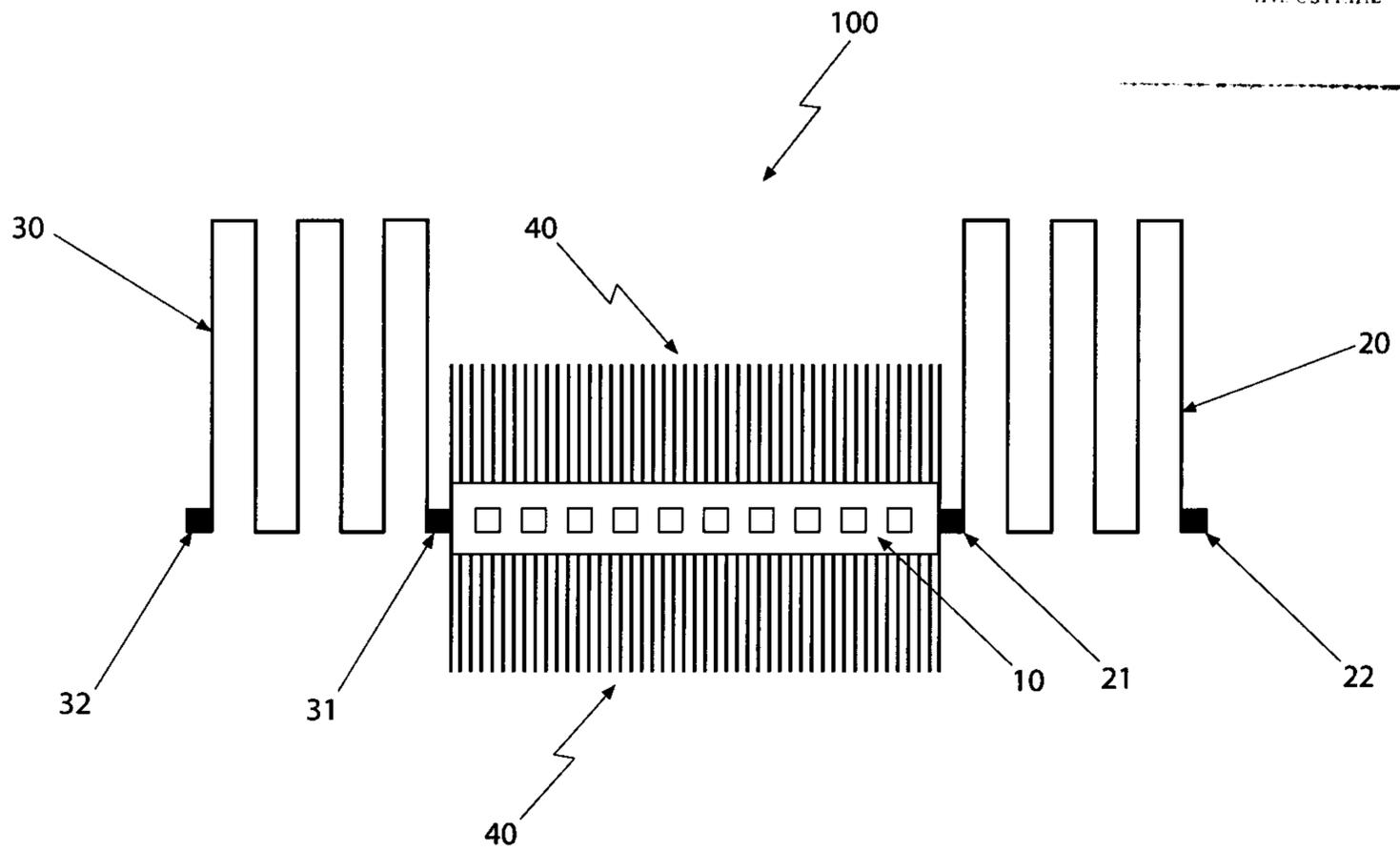
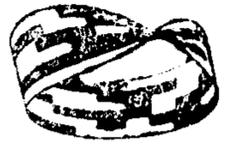


FIGURA 3

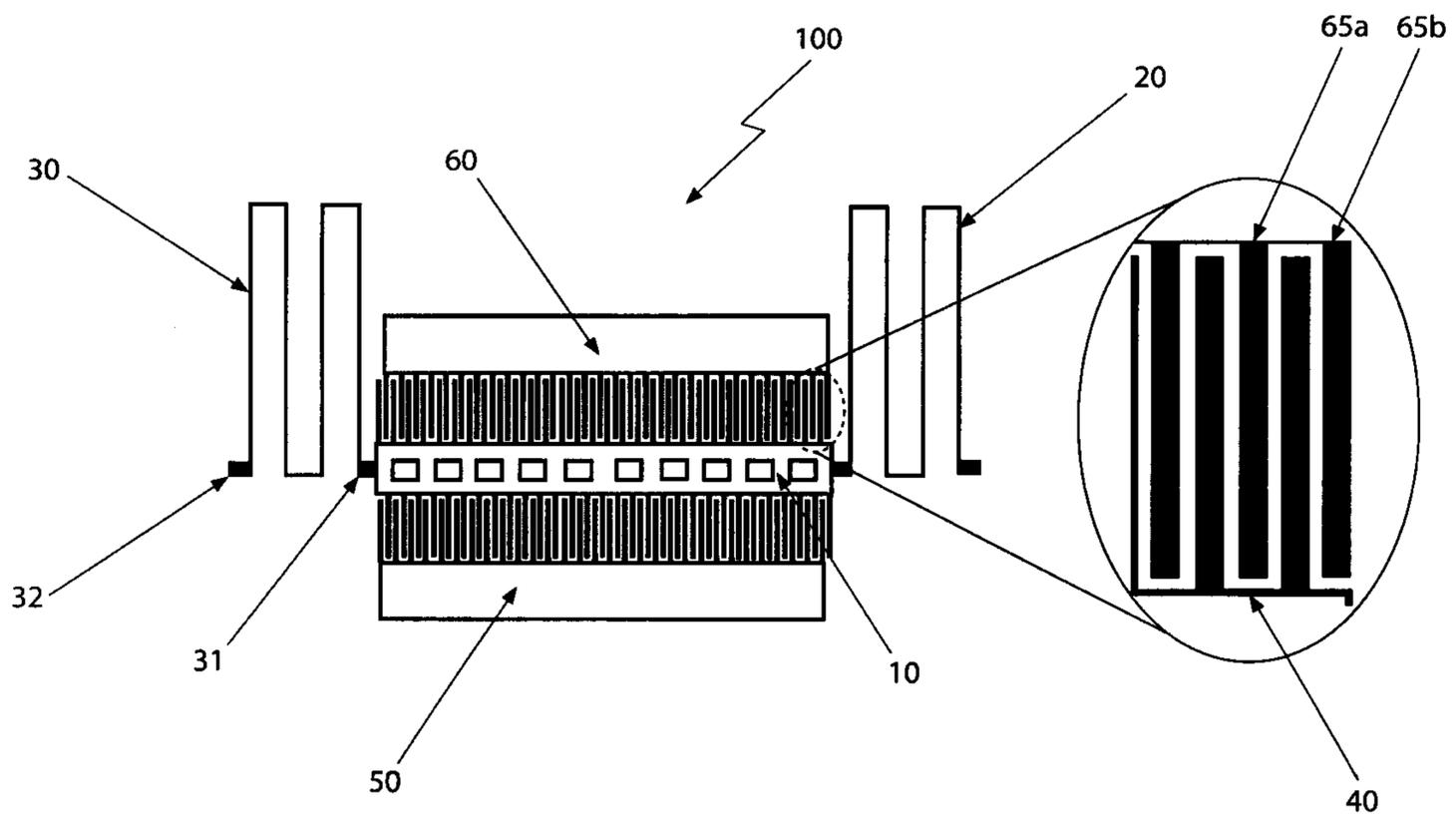


FIGURA 4

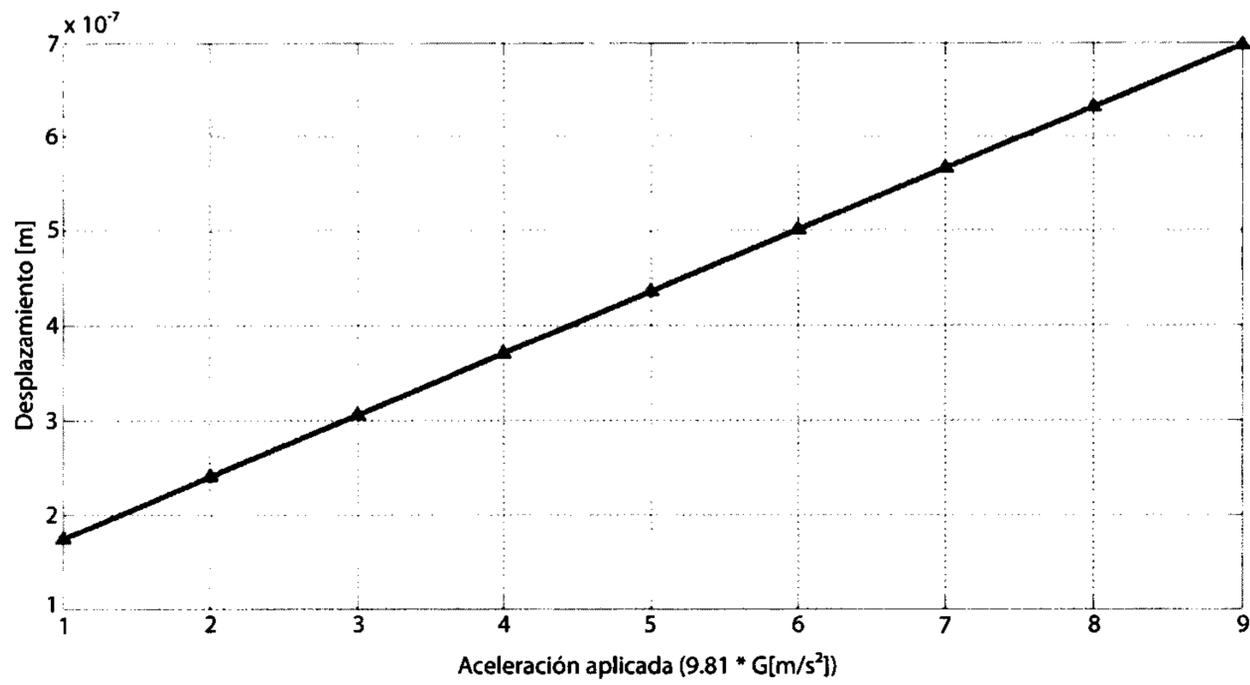


FIGURA 5

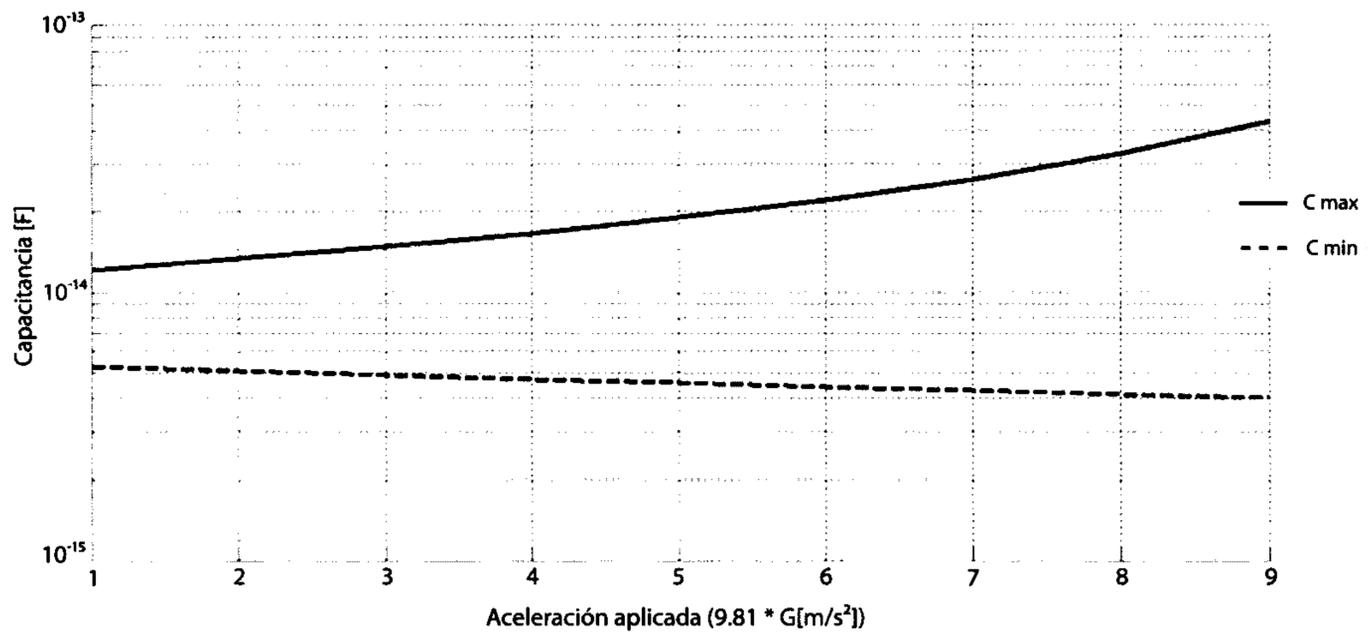


FIGURA 6

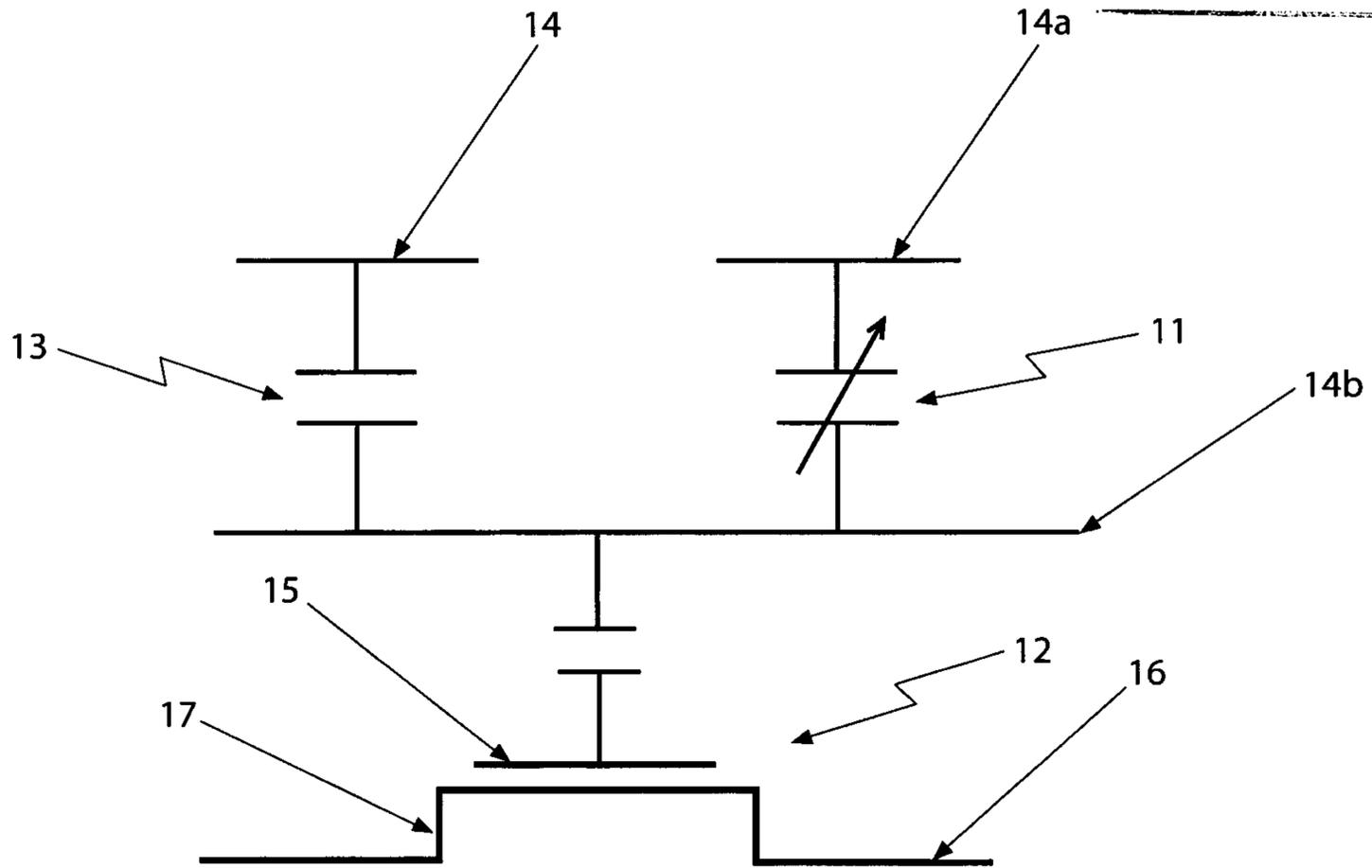


FIGURA 7

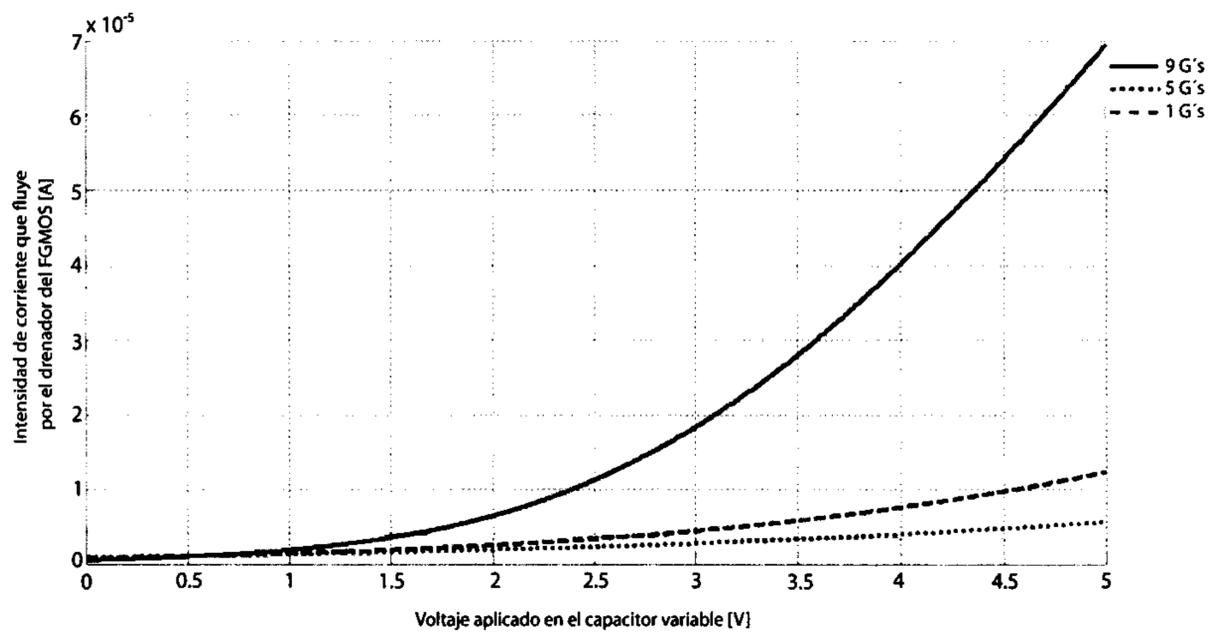


FIGURA 8

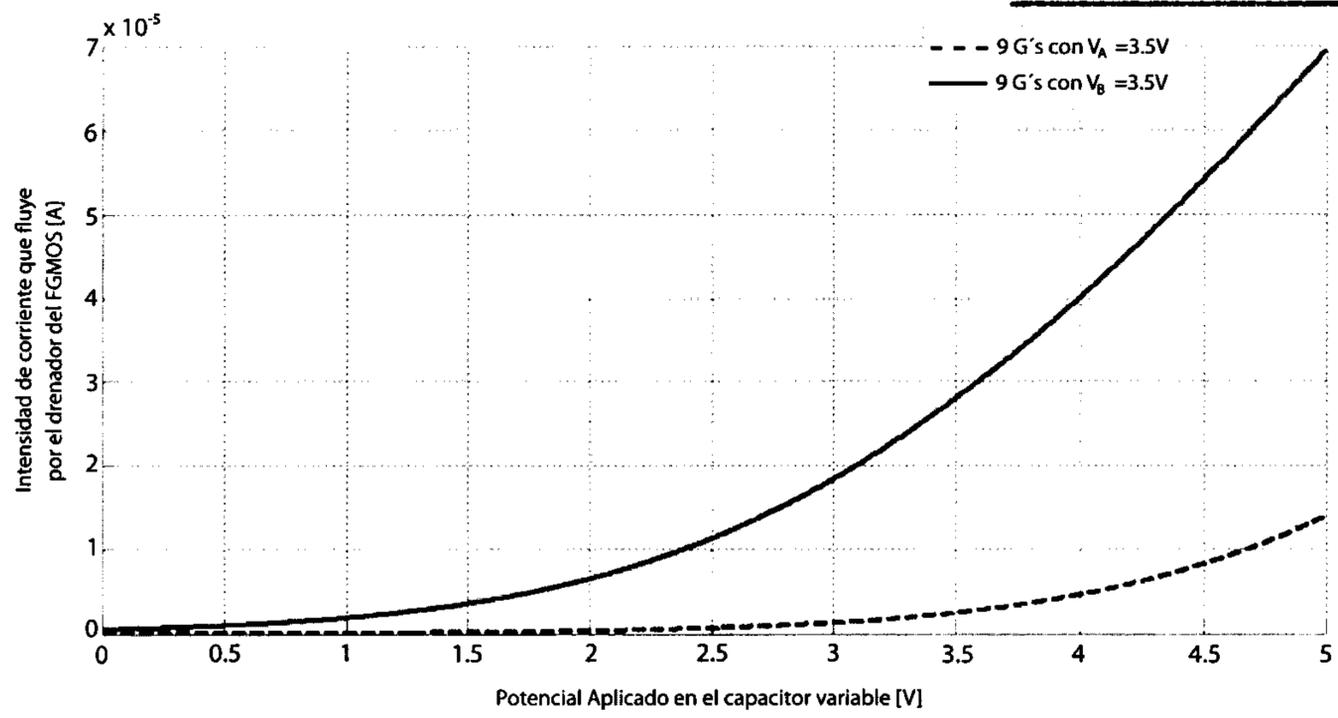


FIGURA 9