

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 104**

51 Int. Cl.:
G01F 1/84

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09075522 .4**

96 Fecha de presentación: **27.11.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2199756**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2010**

54 Título: **SENSOR DE FLUJO DE CORIOLIS CON MASA OSCILANTE SUSPENDIDA ELÁSTICAMENTE.**

30 Prioridad:
19.12.2008 NL 1036341

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.12.2011

73 Titular/es:
**BERKIN B.V.
NIJVERHEIDSSTRAAT 1A
7261 AK RUURLO, NL**

72 Inventor/es:
**Van de Geest, Jan Wouter;
Katerberg, Marcel Ronald;
Zwikker, Jan Marinus y
Jacobs, Hernes**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 370 104 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

Sensor de flujo de Coriolis con masa oscilante suspendida elásticamente

5 La invención se refiere a un sensor de flujo de Coriolis, con un tubo de Coriolis que tiene dos extremos y está fijado en una carcasa, estando fijados dichos extremos en unos medios de fijación, mientras la porción del tubo situada entre dichos dos extremos se encuentra libre, cuyo sensor de flujo incluye unos medios de excitación para hacer que el tubo oscile alrededor de un eje de excitación y medios de detección para detectar los desplazamientos de las porciones del tubo durante la operación.

10 - Un sensor de flujo de Coriolis (o: sistema sensor de flujo de Coriolis) comprende al menos un tubo vibrante, denominado, frecuentemente, tubo de Coriolis, tubo de flujo, o tubo de detección. Este tubo (o estos tubos) está sujeto o están sujetos en ambos extremos de la carcasa del instrumento. Los extremos del tubo sirven también para el suministro y descarga del flujo de líquido o gas a medir.

15 - Además del tubo (o tubos) de flujo, un sensor de flujo de Coriolis comprende además dos subsistemas más, es decir, para la excitación y para la detección. El sistema de excitación (excitador) hace que el tubo entre en vibración. Se aplican una o varias fuerzas o pares a las porciones del tubo. El sistema de detección detecta, normalmente, el desplazamiento de uno o varios puntos del tubo en función del tiempo. En lugar del desplazamiento, puede detectarse la fuerza (o el par) aplicada por el tubo a su entorno; lo que se describe más adelante para la detección del desplazamiento es igualmente válido para la detección de la fuerza.

20 - Las mismas dos posiciones alternativas son posibles, tanto para la excitación como para la detección. Una es que la excitación o la detección tienen lugar entre la carcasa y el tubo. La otra es que la excitación o la detección tienen lugar entre diferentes puntos o secciones del tubo en movimiento o, si el sensor de flujo (a veces llamado, en adelante, en el presente documento, "el instrumento (sensor)", o "el medidor de flujo") tiene varios tubos de flujo, entre los tubos de flujo individuales.

- Es deseable, en el caso de un sensor de flujo Coriolis, diseñado para medir flujos pequeños, que el tubo completo debería estar en un plano, tanto por la precisión de la medición como por razones producibilidad.

25 La vibración del tubo, generada por el excitador, tiene lugar a una frecuencia más o menos fija, que varía sólo ligeramente con la densidad del medio que fluye a través del tubo. La frecuencia de vibración es casi siempre una de las frecuencias naturales del tubo, de manera que puede conseguirse una amplitud máxima con una mínima energía de entrada.

30 La invención se basa en el reconocimiento de que sin medidas adicionales, la vibración del tubo puede dar lugar a dos problemas de vibración:

35 1. Puede ocurrir un primer problema cuando dos instrumentos idénticos se colocan juntos y sus frecuencias de vibración coinciden sustancialmente. Entonces, el instrumento uno puede excitar el otro instrumento a través de la carcasa y la superficie de soporte y, en general, muy cerca de su frecuencia natural, con una fase que casi siempre diferirá de la de su excitación respectiva. Este es un problema real, ya que en la práctica, por ejemplo, en procesos de mezcla, dos, tres o, a veces, hasta veinte medidores de flujo están situados uno junto al otro. Entonces, la experiencia es que los resultados de las mediciones pueden variar con una determinada periodicidad, independientemente del flujo.

40 2. Un segundo problema es la sensibilidad a sus propias vibraciones: cuando un medidor de flujo de Coriolis está montado sobre una superficie no rígida, por ejemplo, una placa delgada, o en un sistema de tubos, la parte de soporte respectiva puede empezar a vibrar conjuntamente con el medidor de flujo. Las vibraciones propias son observadas como un desplazamiento en el punto cero. Por lo tanto, la precisión del sensor y, en consecuencia, de la medición, se ve influida de forma impredecible.

45 Un objeto de la invención es reducir la sensibilidad a las vibraciones en un sensor de flujo de Coriolis, especialmente en sensores de flujo Coriolis del tipo en el que la detección (y excitación) tiene lugar con respecto a la carcasa. El objeto particular es reducir la sensibilidad a las vibraciones propias del instrumento sensor o a las vibraciones de los instrumentos sensores de flujo contiguos.

50 Este objetivo se consigue en un sensor de flujo de Coriolis del tipo descrito en el párrafo inicial, en el que los medios de fijación están conectados a una masa oscilante, y en el que el conjunto total de la masa oscilante y los medios de fijación está suspendido elásticamente en relación con la carcasa mediante unos medios de suspensión elásticos, de manera que dicho conjunto puede girar alrededor de un eje de rotación, que es al menos sustancialmente paralelo o coincide con el eje de excitación del tubo.

La expresión "masa oscilante", aquí y en adelante, indica un cuerpo cuyo momento de inercia con respecto a dicho eje de rotación es sustancialmente mayor (en particular, un número de veces mayor) que el del tubo de Coriolis.

Las mediciones han demostrado, entre otras cosas, que el montaje elástico del tubo de Coriolis, tal como se

describe en la presente memoria, reduce la transferencia de vibraciones desde un tubo de Coriolis a la carcasa, durante la operación, y que un primer instrumento montado elásticamente, de esta manera, interfiere con un segundo instrumento contiguo en un menor grado. También se mejora la exactitud de un sensor de flujo independiente con un tubo de Coriolis montado elásticamente.

5 El documento US2007/0034019-A1 describe un sensor de flujo de Coriolis con un armazón que presenta un tubo de Coriolis. Se hace que dicho armazón realice una vibración forzada alrededor de una porción centro de oscilación de un soporte de oscilación fijado a una base. El armazón no usa una masa oscilante, y el tubo no está soportado solo por sus extremos, sino también en las porciones intermedias.

10 Los desplazamientos del tubo pueden ser detectados entre el tubo y la carcasa, o entre las partes individuales del tubo. El principio de la invención, sin embargo, es particularmente adecuado para su uso en combinación con una detección de los desplazamientos del tubo con respecto a la carcasa.

15 Una realización práctica se caracteriza porque el sensor de flujo está provisto de una placa de soporte (en términos más generales: medios de soporte), en la que al menos uno de los medios de fijación tiene los extremos del tubo de Coriolis fijados a la misma, y la masa oscilante está fijada a la placa de soporte, y en que la placa de soporte está suspendida en relación a la carcasa por medio de dos medios de resorte de torsión, en una disposición lineal, de manera que puede girar alrededor de dicho eje de rotación.

Los medios de resorte de torsión aquí proporcionan una flexibilidad rotacional (torsión). En el contexto de la invención, por lo tanto, los medios de fijación y la masa oscilante pueden estar fijados, de manera articulada, en la placa de soporte, o uno de ellos puede estar fijado en la placa de soporte.

20 Puede ser ventajoso, especialmente en el caso en el que o bien los medios de fijación o bien la masa oscilante están fijados a la placa de soporte, cuando la masa oscilante y los medios de fijación están conectados de manera flexible (en particular, con posibilidad de torsión) entre sí. Los medios de resorte de torsión, que van a hacer posible el movimiento deseado de la placa de soporte, pueden ser contruidos de diversas maneras.

25 Una realización adecuada se caracteriza porque los medios de suspensión elásticos comprenden unos medios de resorte de torsión que conectan la placa de soporte, directa o indirectamente, a la carcasa y los cuales están formados por bisagras de torsión, resortes de flexión posicionados oblicuamente o bisagras de láminas cruzadas, que pueden ser o no planos.

El sensor de flujo según la invención puede comprender una placa base que está fijada, de manera fija, a la carcasa y una placa de soporte separada, que es móvil con respecto a esta placa base.

30 Una realización preferente, sin embargo, está caracterizada porque el sensor de flujo está provisto de una placa base de metal elástico, que está conectada fijamente a la carcasa, cuya placa base tiene una abertura central, y en que la placa de soporte y los medios de resorte de torsión se extienden dentro de dicha abertura y están formados en el material de la placa base, por medio de incisiones provistas en la placa base, de manera que los medios de resorte de torsión tienen la forma de tiras alargadas que constituyen la única conexión entre la placa de soporte y la placa base, y la placa de soporte está suspendida en la apertura de la placa base por medio de dichas tiras alargadas. Una ventaja de esto es que la placa base, la placa de soporte y los medios de resorte de torsión pueden ser fabricados con alta precisión a partir de una pieza de material. El conjunto de la placa base y la placa de soporte puede formar una placa plana en el contexto de la invención.

40 Sin embargo, una forma de realización preferente adicional está caracterizada porque el conjunto de la placa base y la placa de soporte forma una placa plegada. Esto tiene la ventaja de una mayor rigidez del conjunto, en comparación con una construcción plana. Una ventaja adicional es que el conjunto de la placa base y la placa de soporte puede estar provisto de puntos de tope integrados, para limitar la amplitud de los movimientos relativos de la placa de soporte con respecto a la placa base, en el plano de la placa base. Tal como se explicará en mayor detalle, más adelante, esto es posible tanto en la construcción plana como en la construcción plegada. Una ventaja adicional de la construcción plegada es que el conjunto de la placa base y la placa de soporte puede estar provisto de puntos de tope integrados para limitar la amplitud de los movimientos relativos de la placa de soporte con respecto a la placa base, tanto en como transversal al plano de la placa base.

Una realización adicional está caracterizada porque cada una de las tiras alargadas está delimitada, en ambos lados, por una incisión respectiva, formando dichas incisiones una articulación elástica con un tope integrado.

50 Una realización adicional está caracterizada porque las incisiones que delimitan las tiras, en cada lado, tienen una anchura tal que el material de la placa en el otro lado de las incisiones actúa como un tope, para limitar la amplitud de los movimientos en el plano de la placa base.

55 En una realización del conjunto de la placa base, la placa de soporte y los medios de resorte de torsión con forma de tiras, es además ventajoso si las placas de tope están dispuestas sobre o debajo de al menos una tira alargada, cada una de dichas placas es mantenida a una distancia de la tira por una placa de separación, para servir como un tope para limitar los movimientos de la placa de soporte fuera del plano de la placa base.

El uso de una masa oscilante, suspendida elásticamente, es una parte esencial de la invención.

5 Una realización adicional está caracterizada porque la masa oscilante está dispuesta transversal y con su centro de gravedad en el eje alrededor del cual puede girar. Preferentemente, la mayor porción de masa de la masa oscilante está localizada contigua a sus extremos más alejados de su eje de rotación. En otras palabras: la masa oscilante comprende una parte puente que es más pesada en sus extremos.

Una realización adicional está caracterizada porque la masa oscilante comprende o soporta al menos un componente de un yugo magnético, con el fin de llevar a cabo una excitación Lorentz del tubo de Coriolis.

10 Un aspecto altamente ventajoso de la suspensión elástica inventiva de la masa oscilante es que el tubo de Coriolis no es excitado (forzado a vibrar) directamente, sino que es excitado indirectamente. Para conseguir esto, o bien la masa oscilante o bien los medios de fijación del tubo cooperan con unos medios accionadores para hacer que la masa oscilante y los medios de fijación del tubo giren alrededor de dicho eje.

Una primera realización de este principio está caracterizada porque dichos medios de accionamiento son medios de accionamiento electromagnéticos.

15 Una segunda realización de este principio está caracterizada porque dichos medios de accionamiento son medios de accionamiento basados en la fuerza de Lorentz.

A continuación se describirán, en mayor detalle, unas pocas realizaciones de la invención, con referencia a los dibujos, en los que:

La Fig. 1 muestra un sensor de flujo de masa con un tubo de Coriolis;

20 La Fig. 2 muestra una placa base realizada en una sola pieza, con una porción central suspendida elásticamente para suspender un tubo de Coriolis;

Las Figs. 3A y 3B muestran una construcción similar a la de la Fig. 2, con dos tipos de tubos de Coriolis y una masa oscilante provista en la porción central;

La Fig. 4A muestra una placa base con una porción central elástica que tiene unos topes integrados;

La Fig. 4B muestra la placa base de la Fig. 4A con una masa oscilante y un tubo de Coriolis;

25 La Fig. 5A muestra una placa base con una placa de soporte suspendida de la misma, por medio de elementos de resorte de torsión;

Las Figs. 5B y 5C muestran respectivas placas base con placas de soporte suspendidas por medio de resortes planos;

30 La Fig. 6A es una vista en perspectiva de una construcción de una placa base y una placa de soporte con topes exteriores;

La Fig. 6B es una vista en sección transversal a través de una porción de la construcción de la Fig. 6A;

Las Figs. 7A y 7B son elevaciones de las masas oscilantes con dos medios de tope diferentes;

La Fig. 8 muestra una placa base plegada alrededor de una línea central, con una porción central elástica;

[La Fig. 9 muestra la placa base de la Fig. 8, provista de una masa oscilante y un tubo de Coriolis;

35 Las Figs. 10A y 10B muestran diferentes realizaciones del brazo oscilante de una masa oscilante con una proyección que forma una conexión flexible y una conexión rígida, respectivamente;

La Fig. 11 muestra un bloque de fijación de tubo acoplado a una masa oscilante, estando conectado dicho bloque de fijación de tubo a un soporte elástico;

La Fig. 12 muestra una masa oscilante con medios para la actuación de fuerzas de Lorentz, y

40 Las Figs. 13A y 13B muestran dos versiones diferentes de masas oscilantes con medios para un accionamiento electromagnético.

45 La Fig. 1 muestra una realización de un sensor 1 de flujo, del tipo Coriolis, con un tubo 2 de Coriolis (o de detección) con forma de bucle, que está plegado en una forma rectangular y que sigue una trayectoria sustancialmente circunferencial (formando una vuelta sustancialmente completa). El tubo 2 (o de detección) de flujo con forma de bucle en esta realización comprende dos porciones 2c, 2d de tubo laterales, paralelas, que están conectadas en un extremo a una primera porción 2e de tubo transversal y en el otro extremo a dos segundas porciones 2a, 2b tubo transversal. Estas últimas están conectadas, en los lados opuestos a los extremos en los que están conectados a los

- 5 tubos 2c, 2d laterales, a un tubo 3 flexible de alimentación y a un tubo 4 flexible de descarga, para permitir un medio fluido, respectivamente. El bucle 2 y los tubos 3, 4 de alimentación y de descarga son, preferentemente, parte de una única pieza de tubería. La totalidad del tubo 2 está plegada en una forma rectangular, siendo las esquinas redondeadas para hacer posible el plegado. El tubo 3 de alimentación está conectado a una línea 6 de alimentación y el tubo de descarga 4 a una línea 7 de descarga, a través de un bloque 20 de alimentación y descarga. Los tubos 3, 4 de alimentación y de descarga, en esta realización, se extienden dentro del bucle 2 y están fijados a un almacén 13 con medios de fijación 12. Los tubos 3, 4 de alimentación y descarga, flexibles, no forman parte de la forma de bucle del tubo 2 de detección, pero proporcionan una fijación flexible del bucle 2 al almacén 13. Por consiguiente, puede considerarse que el bucle 2 está suspendido, de manera flexible, de los tubos 3, 4 de alimentación y de descarga. El bucle 2 y los tubos 3, 4 de alimentación y de descarga pueden ser fabricados, ventajosamente, a partir de una única pieza de tubería. Esta puede ser, por ejemplo, un tubo de acero inoxidable con un diámetro exterior de aproximadamente 0,7 mm y un espesor de pared de 0,1 mm. La invención es adecuada no sólo para su uso con pequeñas dimensiones de tubo (diámetro exterior, por ejemplo, menor que 1 a 1.5 mm), sino particularmente también para el uso con tubos de diámetros más grandes.
- 10
- 15 Los tubos 3 y 4, que se extienden juntos, a cada lado de y simétricamente con respecto al eje principal de simetría S del tubo 2, están fijados a los medios de fijación 12, por ejemplo por medio de una sujeción, o por medio de soldadura, encolado o soldeo, estando fijados, dichos medios de fijación 12, a su vez, al almacén 13. Como alternativa, los tubos 3, 4 pueden estar fijados directamente al almacén 13.
- 20 Los medios de excitación, para hacer que el tubo de 2 gire alrededor del eje principal de simetría (en este caso, el eje principal o de excitación) o el eje de rotación en la construcción de la Fig. 1, comprenden un yugo 8 magnético con dos huecos 9 y 10 de aire, a través de los cuales se extienden las porciones 2a y 2b (indicadas anteriormente como los segundos tubos transversales) del tubo 2 con forma de bucle, cuyo yugo está fijado al almacén 13 y está provisto de un imán permanente 19, y medios para introducir una corriente eléctrica en el tubo 2. En la Fig. 1, éstos son medios para generar una corriente eléctrica en el tubo 2, por medio de inducción. El yugo 8 magnético de imán permanente tiene dos partes 8a y 8a', yugo superior, que están separadas de una parte 8b yugo inferior, por los huecos 9 y 10 de aire. El imán permanente 19 está dispuesto entre las partes 8a y 8a' yugo con su un polo (norte) frente a la parte 8a yugo y su otro polo (Sur) frente a la parte 8a yugo.
- 25
- 30 En este caso, la corriente es inducida en el tubo 2 por dos núcleos 17, 17a de transformador, cada uno de los cuales está provisto de una bobina 18a, 18b eléctrica respectiva, y a través de las cuales se pasan las respectivas porciones 2c y 2d de tubo laterales. Un núcleo del transformador puede ser suficiente, según se desee. Las bobinas 18a, 18b pueden estar enrolladas en las partes interiores de los núcleos de transformador, tal como se muestra aquí, o en uno de los otros lados. La combinación de los campos magnéticos, mutuamente opuestos, que se genera en los huecos 9 y 10 del yugo magnético permanente y que se dirige transversalmente a la dirección de la corriente, y una corriente (alterna) inducida en el tubo 2 ejercen un par sobre el tubo, debido al cual empieza a girar (oscilar) alrededor del eje de rotación (es decir, para vibrar en el modo conocido como 'enroscado').
- 35
- 40 Cuando un medio está fluyendo a través del tubo, el tubo empezará a oscilar alrededor de un eje de respuesta transversal al eje de rotación bajo la influencia de las fuerzas de Coriolis (el llamado modo de oscilación). Durante la operación, los desplazamientos (sinusoidales) de los puntos de la porción 2e de tubo, que son representativos del flujo, son detectados por medio de un sensor de efecto Coriolis que comprende un primer sensor 11a localizado contiguo a la porción 2e de tubo y un segundo sensor 11b. El primer sensor y el segundo sensor están dispuestos simétricamente a cada lado del eje de excitación o del eje de rotación, cerca del punto de intersección de los mismos, con la porción 2e de tubo. Un tercer sensor 11c puede servir para propósitos de corrección. Los sensores pueden ser, por ejemplo, de tipo electromagnético, inductivo, capacitivo o ultrasónico. Sin embargo, en la realización de la Fig. 1 se eligieron sensores ópticos. Los denominados sensores optoelectrónicos 11a, 11b, 11c fueron usados como sensores ópticos, cada uno con una carcasa con forma de U, que está fijada al almacén 13 con una fuente de luz en una pata de la U (por ejemplo, un LED) y una célula de medición de luz (por ejemplo, un fototransistor) dispuesta en la otra pata opuesta a la fuente de luz. La porción 2e de tubo, o una paleta fijada a la misma, es capaz de moverse entre las patas de las carcasas 11a, 11b (11c y, si está presente) de los sensores, en forma de U, interceptando, de esta manera, más o menos luz desde la fuente de luz.
- 45
- 50 Es esencial para la presente invención que los extremos fijos del tubo 2 de Coriolis no estén atornillados directamente a la carcasa del instrumento, sino que estén acoplados (a través de medios de fijación de tubo) a una masa oscilante que está suspendida elásticamente en la carcasa. La frecuencia natural de la suspensión de esta masa oscilante debe ser sustancialmente menor que la frecuencia a la que vibra el tubo. (La frecuencia natural es proporcional a la rigidez dividida por la masa). La vibración del tubo, así como la de la masa oscilante, es un movimiento de rotación. El eje de rotación de la rotación de excitación del tubo y el eje de rotación de la suspensión elástica coinciden, al menos sustancialmente. Además, es favorable, pero no esencial, si el momento de inercia de la masa oscilante alrededor el eje de rotación es sustancialmente mayor que el momento de inercia del tubo alrededor de su eje de rotación.
- 55
- 60 En una realización, la masa oscilante y los medios de fijación del tubo están montados en una placa de soporte que está posicionada, elásticamente, con relación a la carcasa.

Según un primer aspecto de la invención, la placa de soporte es una placa plana que está suspendida por medio de elementos elásticos que tienen un efecto de resorte de torsión.

La Fig. 2 muestra una realización favorable de un componente en el que estos elementos elásticos están incorporados. Este comprende una placa 20 metálica plana de un material elástico, tal como, por ejemplo, acero para resortes, en la que se han realizado incisiones (cortes transversales) por medio de una etapa del proceso (tal como corte por láser o grabado). Una porción central movable o la placa 22 de soporte ha sido creada, de esta manera, en la placa dentro de una porción circunferencial fija o placa base 21. Dichas dos porciones están interconectadas exclusivamente a través de dos puentes o elementos 23, 23', con forma de tira estrecha, de sección transversal rectangular, que se encuentran en línea con un eje de rotación 24. Estos puentes actúan como elementos de resorte de torsión. La flexibilidad deseada es la de un movimiento de torsión alrededor del eje de rotación 24. Las personas con conocimientos en la materia pueden minimizar cualquier otra flexibilidad indeseable de los puentes 23, 23', tales como una traslación fuera del plano de la placa de metal, eligiendo la geometría de los puentes 23, 23' en combinación con una masa oscilante a ser fijada a la porción 22 movable, de manera que las frecuencias naturales pertenecientes a dicha flexibilidades no deseadas sean sustancialmente mayores que las pertenecientes a la flexibilidad torsional deseada.

La porción 22 movable puede girar en relación a la porción 21 fija solo en un ángulo limitado, de manera que su movimiento durante la operación tenga un carácter oscilante o alternante. La porción 21 fija está fijada rígidamente a un componente de la carcasa (en este caso, al armazón 13) del instrumento de detección de flujo en al menos tres puntos. Mejor aún, tal como se muestra en la Fig. 2, está fijada a lo largo de dos bordes. Esta fijación puede efectuarse por medio de pernos, soldadura, sujeción o pegado. Tanto un tubo de Coriolis como una masa adicional, la denominada masa oscilante, están fijados a la porción 22 en movimiento. Conjuntamente, forman un conjunto rígido que puede oscilar alrededor del eje 24 de rotación. En la Fig. 2 puede verse que hay provistos orificios 27 para fijar el tubo, y los orificios 28 están provistos para fijar la masa oscilante en la porción 22 movable. Para ello, pueden emplearse también técnicas de sujeción alternativas, tal como se ha indicado anteriormente.

La Fig. 3A muestra la placa 20 de metal de la Fig. 2 con la porción 21 fija y la porción 22 movable interconectadas por los puentes 23, 23' elásticos. Un tubo 29 de Coriolis y una masa oscilante 30 han sido instalados en la porción 22 movable. La masa oscilante 30, estando construida como una especie de mancuerna con la mayor parte de la masa alejada lo más lejos posible del eje 24 de rotación. Esto es favorable para hacer las frecuencias naturales de las flexibilidades no deseadas sustancialmente mayores que la frecuencia natural de la rotación deseada alrededor del eje 24, tal como se ha explicado anteriormente. El tubo 29 está fijado a la porción móvil 22 a través de un bloque 31 o medio de fijación de tubo.

La Fig. 3A muestra un tubo 29 plegado, en forma de un bucle rectangular (la forma de una antena de ventana) con los extremos 32, 32' del tubo fijados, uno junto al otro, en el bloque 31 de fijación del tubo. En una realización preferente, los medios de fijación están provistos de una ranura en la que se acomoda (en parte) el tubo. Dicha ranura ofrece una mayor superficie de contacto entre el tubo y los medios de fijación que la que ofrece una superficie plana, mientras que puede conseguirse también un posicionamiento más preciso sin necesidad de herramientas auxiliares. El tubo puede ser fijado en la ranura por medio de soldadura, pegado o soldeo. Un procedimiento de fijación alternativo es una sujeción entre dos medios de sub-fijación o entre un medio de sub-fijación y el punto de fijación, en el que dichos componentes pueden estar provistos o no de una ranura, para un posicionamiento más preciso.

Aunque la invención es altamente adecuada para su uso con un tubo, tal como se muestra en la Fig. 3A, con una forma circunferencial de bucle y dos extremos situados, uno junto al otro, la invención no se limita al uso dicho tubo. El principio inventivo de la suspensión elástica es aplicable también a tubos de otras formas, tales como tubos con una circunferencia en forma de U, tubos con una circunferencia circular o tubos con una circunferencia triangular, cuyos ejemplos se muestran en las Figs. 5 y 6 del documento EP 1 719 982 A1, en el que es ventajoso que los extremos del tubo se encuentren uno junto al otro. El uso de una realización particularmente práctica, que corresponde a la forma del tubo de la Fig. 1, en combinación con una suspensión elástica, se muestra en la Fig. 3B. El tubo está forma en la misma como si fueran dos bucles situados uno junto al otro y conectados en serie, con los extremos situados junto al otro, para medir la entrada y la salida del flujo.

Cabe señalar que las realizaciones de las Figs. 3A y 3B comprenden un elemento 33 de tipo viga, por medio del cual la masa oscilante 30 y los medios 31 de fijación del tubo son fijados sobre la porción 22 movable. Como alternativa, al menos uno de entre la masa oscilante 30 y los medios 31 de fijación puede estar fijado directamente a la porción 22 movable. Otra posibilidad es fijar los medios de fijación con el tubo de Coriolis directamente a una masa oscilante suspendida elásticamente. En las Figs. 3A y 3B, además, el eje de rotación de la porción 22 movable tiene el número de referencia 24. El eje de excitación alrededor del cual gira el tubo de Coriolis tiene la referencia X. Será evidente que, en esta construcción, no es posible hacer que el eje X de excitación y el eje 24 de rotación coincidan completamente. Sin embargo, el objeto de la invención se consigue también si los ejes X y 24 están al menos sustancialmente paralelos y se encuentran juntos, uno del otro. Sobre todo, las formas de tubo indicadas, tienen dos extremos que se encuentran cerca, uno del otro, contiguos (y particularmente, simétricamente en relación a) el eje de rotación del tubo. Esto las hace particularmente adecuadas para la suspensión elástica, según la presente invención.

- La Fig. 2 muestra una versión básica de una placa de soporte, metálica, plana, con elementos de resorte de torsión integrados. Esta versión básica puede ser mejorada mediante una o varias adiciones. Esto se expondrá con referencia a la Fig. 4. La Fig. 4A muestra una placa 41 de base, en la que se ha formado una abertura 40 central rectangular, por medio de incisiones. Después de realizadas las incisiones, una porción movable, es decir, la placa 42 de soporte, se dejó dentro de la abertura 40. Esta placa de soporte es movable con relación a la porción 41 fija, debido a dos tiras (puentes) 43, 43' alargadas, dispuestas en línea, y creadas también por medio de las incisiones, cuyas tiras sirven como medios de resorte de torsión. En comparación con la Fig. 2, parte del material ha sido dejado al lado de las tiras 43, 43' alargada, de manera que sólo hay un pequeño hueco entre las tiras alargadas y el material circundante. En la Fig. 4A, este material forma parte de la placa base, en la parte superior de la Figura, y de la placa de soporte, en la parte inferior de la Figura, pero otras combinaciones son igualmente posibles.
- Este es la primera mejora, con el número de referencia 48 (cuatro veces). Hay provistas incisiones muy estrechas en estas posiciones para formar los resortes de torsión. Debido a que el material de la porción fija 41 y la porción movable 42, según proceda, no se ha eliminado alrededor de las tiras 43, 43', a diferencia de la realización de la Fig. 2, puede servir como un tope para limitar la amplitud del movimiento relativo entre la placa de soporte y la placa base en el plano de la placa base. Esta limitación reduce las tensiones del material en los medios de resorte de torsión que podrían surgir, por ejemplo, en el caso de una caída, en la que las fuerzas son absorbidas por las paredes laterales, que se tocan mutuamente, del hueco. Esto evita deformaciones plásticas de las tiras alargadas, en el caso de aceleraciones excesivas.
- A continuación, en la presente descripción, se presentará una construcción con topes para prevenir movimientos excesivos fuera del plano de la placa base, por ejemplo, si el instrumento se cae accidentalmente.
- Una alternativa a la provisión de los topes es la construcción de la placa elástica a partir de un material superelástico, tal como Nitinol S. Este material posibilita absorber toda la energía cinética, generada en la caída del instrumento, en la placa elástica, sin deformación plástica permanente.
- La segunda adición a la versión básica, se muestra con los números de referencia 44 y 45 (dos veces cada uno) en la Fig. 4A. Esta se refiere a los elementos de desacoplamiento térmico añadidos a la placa 41 base, para contrarrestar las deformaciones impuestas sobre la porción 41 fija de la placa de metal, causadas por las deformaciones de la carcasa del instrumento, por ejemplo, debido a cambios de temperatura. El elemento 44 es un laberinto, para permitir deformaciones en la dirección del eje X, el elemento 45 es una construcción en forma de paralelogramo, para permitir deformaciones en una dirección transversal al mismo.
- La Fig. 4B muestra la construcción elástica con la placa 42 base elástica de la Fig. 4A, después de que una masa oscilante 46 y unos medios 47 de fijación de tubo con un tubo 49 de Coriolis, han sido proporcionados a la misma. En este caso, la masa oscilante 46 comprende dos elementos L1 y L2 de conexión paralelos, que se extienden transversalmente a, y simétricamente con respecto a, el eje Y de rotación de la placa 42 de soporte, el último elemento estando conectado a la placa 42 de soporte elástica por medio de una pieza puente intermedio en las posiciones p y q, y el primer elemento por medio de una pieza intermedia, con forma de I, en la posición r. En este ejemplo, los extremos de los elementos de conexión se proyectan al exterior de la circunferencia del tubo 49, y están provistos de pesos W1 y W2 (oscilantes). El centro de gravedad de la construcción oscilante se encuentra en el eje Y de rotación.
- La Fig. 5A muestra una realización diferente de la construcción elástica, según la invención. Esta no utiliza una única placa provista de incisiones, con una porción central movable, tal como en la Fig. 2; por el contrario, la porción 51 fija y la porción 54 movable son, aquí, componentes separados. En este caso, la porción 51 fija tiene dos bordes 52, 53 mutuamente opuestos. Estos pueden ser los bordes de una abertura o bordes elevados de una superficie base. La porción 54 movable se extiende entre estos bordes y está conectada a los mismos por medio de dos elementos de resorte de torsión 56, 56', que se encuentran en la dirección que se extiende entre ambas. Los elementos 56, 56', que están realizados en un metal elástico, tal como acero para resortes, están fijados, por un lado, a los bordes de la porción fija (preferentemente por una sujeción) por medio de elementos 55, 55' de fijación (que, en este caso, tienen forma de bloque, pero la invención no está limitada en este sentido) y, por otro lado, a dos bordes mutuamente opuestos de la porción movable, por medio de elementos 57, 57' de fijación. Los elementos de resorte de torsión 56, 56' pueden tener una sección transversal circular, tal como se muestra, pero secciones transversales rectangulares, triangulares, de cilindro hueco, y otras secciones transversales son alternativas posibles. La sección transversal puede ser constante a lo largo del elemento de resorte de torsión, o puede variar para adaptarse a ciertas aplicaciones. Las porciones 51, 54 pueden ser fabricadas a partir de un metal o un material de resina sintético (duro), siempre que sea más fuerte que el material de los elementos de resorte de torsión. El eje de rotación tiene el número de referencia 58.
- Una alternativa a la construcción elemento de resorte de torsión, que implica una placa base separada (porción fija) y una placa de soporte (porción movable), tal como se describe con referencia a la Fig. 5A, está formada por el uso de dos elementos de resorte plano (resortes de flexión) que están dispuestos formando un ángulo entre ambos, y que están sujetos a cada uno de los dos extremos mutuamente opuestos de la placa de soporte y la placa base. Los elementos de resorte de dicho par pueden cruzarse entre sí, tal como se muestra en la Fig. 5B (resortes a, b), en cuyo caso el eje de rotación estará entre la placa base 50 y la placa de soporte 51, o sus extensiones pueden

5 cruzarse, tal como se muestra en la Fig. 5C (resortes c, d), donde el ángulo entre los resortes c y d puede ser elegido de manera que el eje de rotación pase por el punto de intersección contiguo a la superficie superior de la placa de soporte 59'. Los resortes están conectados a las proyecciones en la porción 59, 59' movable, que se extiende paralela al eje de rotación en las realizaciones mostradas, pero la invención no está limitada en este sentido.

Una importante adición al montaje elástico de la masa oscilante es aquella en la que los topes se proporcionan para contrarrestar la deformación plástica de los elementos de resorte, en el caso de fuertes aceleraciones. El efecto favorable de los topes en el plano de la placa ha sido expuesto ya con referencia a las Figs. 4A, 4B. Es favorable añadir también topes perpendiculares a este plano.

10 Las Figs. 6A, 6B muestran una posible realización de esto. La Fig. 6A es una vista en perspectiva de la placa de metal de la Fig. 4 A, con la porción central pudiendo girar alrededor de los puentes, a la que se ha añadido unos topes, y la Fig. 6B muestra una sección transversal V tomada perpendicularmente al plano de la placa de metal de la Fig. 6A, en el área de uno de los puentes, es decir, el puente 43'. Placas 61, 62 relativamente gruesas, están dispuestas sobre el puente 43', para servir como topes en el caso de movimientos excesivos de la porción movable con respecto a la porción fija, la distancia desde las placas al puente siendo definida con precisión por medio de cuñas o placas espaciadoras finas 63, 64. Las fuerzas debidas a la masa, que ocurren en el caso de una caída en la dirección transversal a la placa, no se transmitirán ahora a través de los puentes (medios de resorte de torsión), sino que serán absorbidas por las placas de topes, mucho más gruesas.

20 Las Figs. 7A y 7B muestran dos versiones alternativas de los topes, actuando ambas dentro y fuera de dicho plano de la placa de metal. En la Fig. 7A, que es una elevación tomada transversalmente al eje de rotación de la masa oscilante 30 de las Figs. 3A, 3B, se ha proporcionado un orificio 72 en el centro de la porción 71 de puente de la masa oscilante 30. Este orificio puede ser, por ejemplo, de forma cilíndrica. Un pasador 73 está dispuesto en el mismo y está sujetado en su otro extremo a la carcasa del instrumento de detección de flujo. Un espacio libre 74 circunferencial, definido y ajustado de manera precisa, está presente entre el pasador y el orificio, que define la amplitud del movimiento de la masa oscilante 30. En la Fig. 7B, que es también una elevación tomada transversalmente al eje de rotación 24 de la masa oscilante 30 de la Fig. 3A, una pinza 77, 77' está provista alrededor de cada uno de los dos extremos 75, 76 de la masa oscilante 30, también con un espacio libre 78 bien definido. Esto es efectivo, especialmente si la amplitud normal de rotación de la masa oscilante es sustancialmente menor que la amplitud de impacto máxima permitida. Este es el caso, dada una relación lo suficientemente alta del momento de inercia de la masa oscilante con respecto a la del tubo (de aproximadamente un factor igual o superior a 25).

30 Una segunda realización comprende una placa elástica plegada con topes integrados. Los dos elementos de resorte de torsión y los topes son combinados en un único componente para las tres direcciones de traslación en esta realización: una placa de metal plegada de material elástico. Esto se muestra en las Figs. 8 y 9. La Fig. 8 muestra una placa 80 rectangular de material elástico, tal como acero para resortes, de la cual se forman una porción 81 fija (placa base) y una porción 82 movable (placa de soporte) por medio de dos incisiones, que se extienden, en parte, en la dirección longitudinal y, en parte, transversalmente a la misma, y que son simétricos respecto al eje longitudinal. La placa 80 está plegada a lo largo de una línea 87 de plegado y las porciones 88, 88' laterales están plegadas hacia atrás, para que estén en un plano, en este caso. Los pares de incisiones mutuamente opuestas definen puentes 83, 83' elásticos, que interconectan la porción fija y la porción movable contiguas a los extremos de la línea 87 de plegado. Construcciones alternativas pueden tener porciones laterales que no estén en un plano, o porciones laterales que no hayan sido plegadas hacia atrás. Como alternativa, la placa base puede estar plegada a lo largo de dos líneas, en lugar de una, de manera que hay una superficie plana presente entre los lados plegados. La placa base está fijada a la carcasa, por ejemplo, por sus bordes laterales. Cada una de las incisiones que definen cada puente constituye, aproximadamente, la mitad del borde de un orificio. Lo que queda contiguo al orificio sirve como tope. Los orificios pueden ser, por ejemplo, redondos, ovalados o alargados. Dos de estos orificios forman, conjuntamente, una articulación elástica con los topes integrados. Además, es una bisagra plegada, consiguiendo el plegado que la construcción sea rígida en dos direcciones de traslación (en un plano transversal a la línea 87 de plegado que define un eje de rotación), en lugar de uno, y que los topes integrados sean también activos en estas dos direcciones de traslación. El eje de rotación de la construcción, formada de esta manera, se encuentra, aproximadamente, en la punta de la línea 87 de plegado de la placa 80. Los espacios libres 89 (en número de cuatro), formados por las incisiones, definen la máxima amplitud de movimiento que es posible entre la porción fija y la porción movable. El movimiento relativo es mayor en los puntos 86: se crea un tope en dos direcciones para cada uno de los cuatro puntos 86 aquí, en el sentido que se hace que la trayectoria de la incisión se curve hacia atrás. Los orificios 84 provistos en las porciones 88, 88' laterales sirven para sujetar la porción 81 fija en la carcasa de un instrumento de detección de flujo, por medio de pernos. Una alternativa a la fijación con pernos, por ejemplo, es mediante soldadura por puntos. Una masa oscilante está fijada a la porción 82 movable en los puntos 85, las cruces aquí indican los puntos de soldadura. La placa 80 de metal, con las incisiones en la misma, tal como se muestra, puede ser fabricada por corte por láser o grabado y puede ser plegada posteriormente, en una máquina de plegado en ángulo u otra herramienta de plegado.

60 La Fig. 9 muestra, una vez más, la placa 80 plegada de la Fig. 8 con la porción 82 central elástica. La porción 82 central elástica soporta, aquí, una masa oscilante 92, mientras un tubo 90 de Coriolis, del tipo mostrado en las Figs.

1 y 3B, está fijado con sus extremos en un bloque 91 de fijación de tubo. La masa oscilante 92 está formada por un elemento de conexión (puente) 94, en este caso, en cuyos extremos hay presentes dos pesos (o masas extremas) 96, 97. El elemento 94 de conexión tiene una proyección 93 que es integral con el mismo o está fijado al mismo. El bloque 91 de fijación de tubo está fijado a un punto 98 de fijación de la proyección 93, de manera que la masa oscilante 92 y el bloque 91 de fijación de tubo están conectados (acoplados) el uno al otro. Esto significa que, en esta realización, el bloque de fijación de tubo está fijado a la masa oscilante, estando esta última suspendida elásticamente en la carcasa. Esto contrasta con, por ejemplo, las realizaciones de las Figs. 3A, 3B y 4B, en las que el bloque de fijación de tubo y la masa oscilante están fijados, conjuntamente, en una placa de soporte y la placa de soporte está suspendida elásticamente. El tubo 90 está dispuesto en el bloque 91 de fijación, de manera que no está en contacto con la porción central movable (la placa de soporte) 82, pero se encuentra justo encima de la misma, y de manera que la línea central de las dos porciones de tubo central está justo encima de la línea de plegado de la placa plegada. Los ejes de rotación del tubo de Coriolis y la acción elástica coinciden, tanto como sea posible, de esta manera (esta situación es menos óptima en las construcciones de las Figs. 3A y 3B).

La Fig. 9 muestra, además, dos bloques 95 de cuña de material magnetizable que forman parte de la masa oscilante. Conjuntamente con una placa intermedia de material magnetizable, éstos forman la parte inferior de un yugo magnético, comparable a la parte 8b de yugo magnético de la Fig. 1, que se usa para la excitación de la fuerza de Lorentz de la vibración del tubo.

La Fig. 10A muestra el elemento de conexión (el puente) 94 de la masa oscilante 92 de la Fig. 9. La proyección 93, que puede ser integral con el puente 94 o puede estar conectado al mismo como un componente separado, es más visible en esta Figura. La proyección 93 tiene en su extremo un punto 98 de fijación que sirve para fijar el bloque 91 de fijación de tubo. Dependiendo del material y las dimensiones de la proyección 93, esta constituye una conexión rígida o flexible entre el puente 94 y el bloque 91 de fijación de tubo. La proyección en la Fig. 10A se hace delgada, al menos localmente, para proporcionar una conexión flexible, mientras que la proyección en la Fig. 10B es más gruesa, permaneciendo iguales el material y las otras dimensiones, de manera que se proporciona una conexión rígida. En la construcción flexible de la Fig. 10A, el material y las dimensiones de la conexión elástica entre el puente de la masa oscilante y el punto de fijación de los medios de fijación de tubo se eligen de manera que la frecuencia natural de la rotación de los medios de fijación de tubo alrededor del eje de excitación se encuentra, tanto como sea posible, centralmente, entre las frecuencias naturales del tubo y la de la masa oscilante. En la construcción rígida de la Fig. 10B, el material y las dimensiones de la conexión entre el puente de la masa oscilante y el punto de fijación de los medios de fijación de tubo se eligen de manera que las frecuencias naturales de los medios de fijación de tubo son sustancialmente más altas (en al menos un 20%) que la de la vibración de excitación del tubo y la de la suspensión elástica de todo el conjunto masa oscilante en relación a la carcasa.

La Fig. 11 muestra una masa oscilante 100 con un puente 101 de conexión y pesos 102, 103 extremos. Un sistema 110 de soporte elástico, comparable al sistema 80 de soporte de la Fig. 9, está fijado a un bloque 106 de fijación con un tubo 105 de Coriolis, en este caso. La fijación es realizada mediante un bloque 108 de conexión con patas 109, 109', la porción 111 movable del sistema 110 de soporte estando fijada a las patas 109, 109', por ejemplo, mediante soldadura por puntos. El bloque 108 de conexión está conectado a un componente 107, el denominado punto de fijación, que está conectado, rígida o flexiblemente, al puente 101 de conexión, al igual que el componente 98 en las Figs. 9 y 10. La conexión entre el bloque 107 de conexión, que soporta también el bloque 106 de fijación, y el puente 101 de conexión no es visible en la Fig. 11. Consiguientemente, la Fig. 11 muestra la situación en la que la porción movable del sistema de soporte está conectada al bloque de fijación con el tubo y no a la masa oscilante, tal como en la Fig. 9. En comparación con la Fig. 9, un bloque adicional ha sido añadido debajo del punto de fijación del bloque de fijación de tubo, cuyo bloque adicional está dispuesto con dos patas sobre el resorte plegado, estando fijada la parte inferior a dicho resorte, preferentemente, mediante soldadura por puntos. El bloque adicional, el punto de fijación del bloque de fijación de tubo y el propio bloque de fijación de tubo pueden ser fabricados a partir de una sola pieza de material.

La Fig. 12 muestra una masa oscilante 112 comparable a la masa oscilante 92 conectada a un tubo 90 de Coriolis en la Fig. 9. En este caso, sin embargo, no es el tubo de Coriolis el que es excitado por un accionador de fuerza de Lorentz, tal como en la Fig. 1, pero la masa oscilante 112 es excitada por un accionador de fuerza de Lorentz. Para este propósito, una configuración 113 de imán está sujeta al puente 119 de conexión de la masa oscilante 112, para cooperar con una bobina eléctrica 114 que está dispuesta fijamente en la carcasa y una porción de la cual está posicionada en relación a la configuración 113 de imán, de manera que dicha configuración 113 de imán con la masa oscilante 112 fijada empieza a oscilar alrededor de un eje 115 cuando la bobina 114 es activada por una corriente alterna i . La configuración 113 de imanes de la Fig. 12 está formada por un yugo magnético que está dividido en dos mitades 116, 116', en el que se forman dos huecos entre las dos mitades, que están interconectadas por una pieza 118 de conexión, no magnética, extendiéndose parte de la bobina a través de dichos dos huecos. Los campos magnéticos, dirigidos en direcciones opuestas, generados por un imán 117 colocado en la trayectoria del yugo 116, 116', están presentes en los huecos. En este documento, se entiende que un "yugo magnético" es un núcleo circunferencial (anular cerrado) de material magnético blando. Una realización alternativa de la configuración de imán comprende dos imanes permanentes, con forma de U, dispuestos a corta distancia el uno del otro, con sus polos opuestos, uno frente al otro. La bobina 114 tiene, preferentemente, un número de vueltas. En esta realización, la bobina 114 forma parte del 'mundo sólido' y el yugo 116, 116' completo forma parte del conjunto en movimiento. La masa oscilante 112 tiene una cola 120 sobresaliente que se extiende al punto 121 de fijación de tubo con orificios

para fijar un bloque de fijación de tubo con el tubo, tal como en la Fig. 10. El yugo 116, 116' del imán hace que la masa oscilante 112 vibre; excitando esta última, a su vez, el tubo de Coriolis (no mostrado).

En la Fig. 12, el yugo 116, 116' de imán de la configuración 113 de imán está orientado transversalmente al plano del tubo de Coriolis (no mostrado). Una alternativa es colocar un yugo de imán dividido en dos mitades paralelas al plano del tubo de Coriolis y hacer que coopere con una bobina eléctrica, una porción de la cual se extiende a través de los dos huecos entre las mitades de yugo. Otra posibilidad para excitar la masa oscilante es que un único imán está sujeto al puente de conexión o a la pieza de cola de la masa oscilante y se hace que coopere con una bobina que está fijada a la carcasa, y es activada por una corriente alterna, generando dicha bobina un campo electromagnético transversal al campo del imán. Una versión básica de este tipo de excitación electromagnética se muestra en la Fig. 13. Una bobina eléctrica 122 está alojada en una carcasa (no mostrada). Esta bobina 122 es activada por una corriente alterna 123. Un imán permanente 126, que tiene un polo norte N y un polo sur S, fijado al puente de conexión de la masa oscilante 125, está localizado en la extensión de la línea central 124 de la bobina 122 o, posiblemente, parcialmente dentro de la bobina. El eje Norte-Sur del imán 126 es perpendicular tanto a la línea central 124, a través de la bobina 122, como al eje 127 de rotación de la masa oscilante 125. Cuando una corriente pasa a través de la bobina 122, se creará un campo magnético. El imán 126, colocado en el campo de la bobina 122, tenderá a alinearse con este campo. Aparecerá un campo magnético alterno cuando la bobina recibe una corriente alterna, en lugar de una corriente continua, de manera que el imán 126 y, consiguientemente, la masa oscilante 125 y el tubo de Coriolis conectado al mismo a través de los medios de fijación de tubo, realizará una vibración rotacional.

La Fig. 13B muestra una versión modificada de la excitación electromagnética de la masa oscilante de la Fig. 13. En este caso, un par, que actúa sobre la masa oscilante 128, es generado por la colaboración de dos bobinas eléctricas 129, 130, que están colocadas a cierta distancia, una de la otra, y del eje de rotación, con dos imanes permanentes 131, 132, cuyos ejes Norte-Sur están posicionados paralelos a, o en las extensiones de, los campos electromagnéticos generados por las bobinas 129, 130, cuando estas últimas son activadas. Las bobinas eléctricas están dispuestas, preferentemente, contiguas a los extremos de la masa oscilante. Las fuerzas del par se ponen en contrafase en el sentido de que (tal como se muestra) los imanes están orientados opuestamente, mientras que los campos electromagnéticos de las bobinas tienen la misma dirección. Como alternativa, los imanes pueden tener la misma dirección, mientras que las corrientes a través de las bobinas están dirigidas en direcciones opuestas, de manera que los campos electromagnéticos generados están en direcciones opuestas.

La bobina o bobinas están montadas de manera fija en la carcasa para hacer que el tubo de Coriolis entre en vibración, y la configuración del imán está fijada al "mundo en movimiento". Con la masa oscilante suspendida elásticamente según la invención, es decir, por ejemplo, la masa oscilante. Cuando la frecuencia de la corriente alterna a través de la bobina se hace igual a la frecuencia de rotación natural del tubo, el tubo entrará en resonancia a través de sus medios de fijación de tubo. Si la masa oscilante tiene una pieza de cola rígida (número de referencia 99 en la Fig. 10B), la configuración magnética puede estar fijada o bien a la masa oscilante o bien a los medios de fijación de tubo; en el caso de una pieza de cola flexible (número de referencia 93 en la Fig. 10A), sólo puede ser fijada a la masa oscilante.

Además de la actuación de fuerza de Lorentz y la excitación electromagnética para excitar la masa oscilante, pueden concebirse procedimientos de excitación alternativos, tales como, por ejemplo, una excitación piezoeléctrica o térmica.

En resumen, la invención se refiere a un sensor de flujo de Coriolis con un tubo de Coriolis que está fijado en una carcasa y que puede ser excitado con una cierta frecuencia, en el que una masa oscilante (inercia) está dispuesta, con flexibilidad de rotación, entre el tubo de fijación y la carcasa. En particular, una placa de acero para resortes es usada para proporcionar una rigidez de conexión entre la masa oscilante y la carcasa, cuya placa comprende una porción fija y una porción móvil, recortada de la porción fija, en la que las incisiones se forman de manera que las porciones fijas y las porciones móviles están interconectadas a través de porciones de placa elástica, cuyas porciones de placa elástica son, en particular, tiras alargadas que se encuentran en una línea y que materializan una flexibilidad de rotación (torsión), mientras que hay dispuestos topes que limitan la amplitud de los movimientos de la masa oscilante.

Las consideraciones de diseño importantes son:

- los ejes de los movimientos de excitación del tubo y la masa oscilante deben coincidir tanto como sea posible, y los centros de gravedad del tubo y de la masa oscilante deben estar en este eje común, tanto como pueda conseguirse, y

- este eje común es el eje de simetría del tubo y de la masa oscilante.

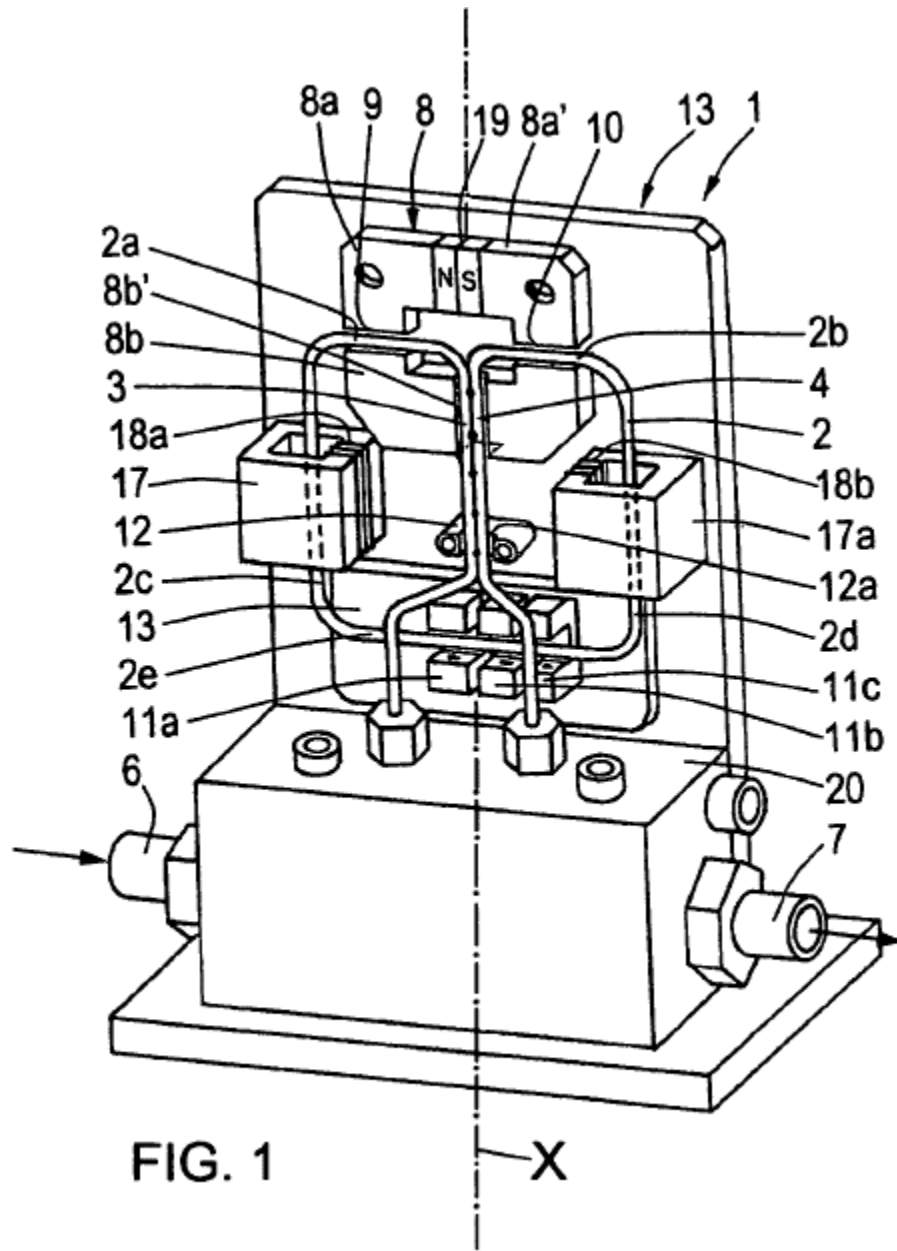
REIVINDICACIONES

- 5 1. Sensor de flujo de Coriolis con un tubo (29) de Coriolis, que tiene dos extremos (32, 32') y está fijado en una carcasa, dichos extremos (32, 32') estando fijados en unos medios (31) de fijación, mientras la porción de tubo situada entre dichos dos extremos (32, 32') está libre, cuyo sensor de flujo comprende medios de excitación para causar que el tubo (29) oscile alrededor de un eje de excitación y medios de detección, para detectar los desplazamientos de las porciones del tubo (29) durante la operación,
- 10 **caracterizado porque** dichos medios (31) de fijación están conectados a una masa oscilante (30), y porque el conjunto total de masa oscilante (30) y los medios (31) de fijación están suspendidos elásticamente en relación a la carcasa por unos medios (32, 32') de suspensión elásticos, de manera que dicho conjunto puede girar alrededor de un eje (24) de rotación, que es al menos sustancialmente paralelo o coincide con el eje (X) de excitación del tubo (29).
- 15 2. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sensor flujo está provisto de una placa (54) de soporte, porque al menos uno de entre los medios de fijación con los extremos del tubo Coriolis fijados al mismo y la masa oscilante está fijado en esta placa de soporte, y porque la placa (54) de soporte está suspendida con relación a la carcasa por medio de dos medios (56, 56') de resorte de torsión en una disposición lineal, de manera que puede girar alrededor del eje (58) de rotación.
- 20 3. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la masa oscilante (94) y los medios (98) de fijación están fijados, uno al otro, de manera flexible.
- 25 4. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios suspensión elásticos comprenden medios de resorte de torsión que conectan la placa (54, 59, 59') de soporte, directa o indirectamente, a la carcasa y que están formados por bisagras de torsión, resortes (c, d) de flexión posicionados oblicuamente o bisagras (a, b) de láminas cruzadas, que puede ser planos o no.
- 30 5. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el sensor de flujo está provisto de una placa (41) base de metal elástico que está conectada, de manera fija, a la carcasa, cuya placa base tiene una abertura (40) central, y porque la placa (42) de soporte y los medios de resorte de torsión se extienden dentro de dicha abertura (40) y están formados a partir del material de la placa (41) base por medio de incisiones provistas en la placa base, de manera que los medios de resorte de torsión tienen la forma de tiras (43, 43') alargadas que constituyen la única conexión entre la placa (42) de soporte y la placa (41) base y la placa de soporte está suspendida en la abertura de la placa base por medio de dichas tiras (43, 43') alargadas.
- 35 6. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el conjunto de la placa (41) base y la placa (42) de soporte constituye una placa plana.
- 40 7. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el conjunto de la placa (41) base y la placa (42) de soporte constituye una placa plegada.
- 45 8. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el conjunto de la placa (41) base y la placa (42) de soporte está provisto de puntos de tope integrados, para limitar la amplitud de los movimientos relativos de la placa (42) de soporte con respecto a la placa (41) base, en el plano de la placa base.
- 50 9. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el conjunto de la placa (81) base y la placa (82) de soporte está provisto de puntos (86) de tope integrados, para limitar la amplitud de los movimientos relativos de la placa (82) de soporte con respecto a la placa (81) base, tanto en como transversal al plano de la placa base.
10. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 7, **caracterizado porque** cada una de las tiras (83, 83') alargadas está delimitada, en cada lado, por una incisión (89) respectiva, formando dichas incisiones una articulación elástica con tope integrado.
11. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 10, **caracterizado porque** las incisiones (89) que delimitan las tiras (83, 83'), en cada lado, tienen una anchura tal que el material de la placa en el otro lado de las incisiones actúa como un tope, para limitar la amplitud de los movimientos en el plano de la placa (81) base.
12. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 6, **caracterizado porque** las placas (61, 62) de tope están dispuestas encima y debajo de al menos una tira (43, 43') alargada, cada una de cuyas placas de tope es mantenida a una distancia de la tira por una placa (63) espaciadora, para servir como un tope para limitar los movimientos de la placa de soporte fuera del plano de la placa base.
13. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la masa oscilante (112) está dispuesta transversal a, y con su centro de gravedad en, el eje (115), alrededor del cual puede girar.
14. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 13, **caracterizado porque** la mayor porción de masa de la masa oscilante (112) se encuentra contigua los extremos de la masa oscilante más alejados de su eje de rotación

(115).

15. Sensor de flujo de Coriolis según la reivindicación 1, **caracterizado porque** o bien la masa oscilante (112) o bien los medios de fijación de tubo cooperan con unos medios (114, 116a, 117) accionadores, para hacer que la masa oscilante y los medios de fijación de tubo giren alrededor del eje (115) de rotación.

5



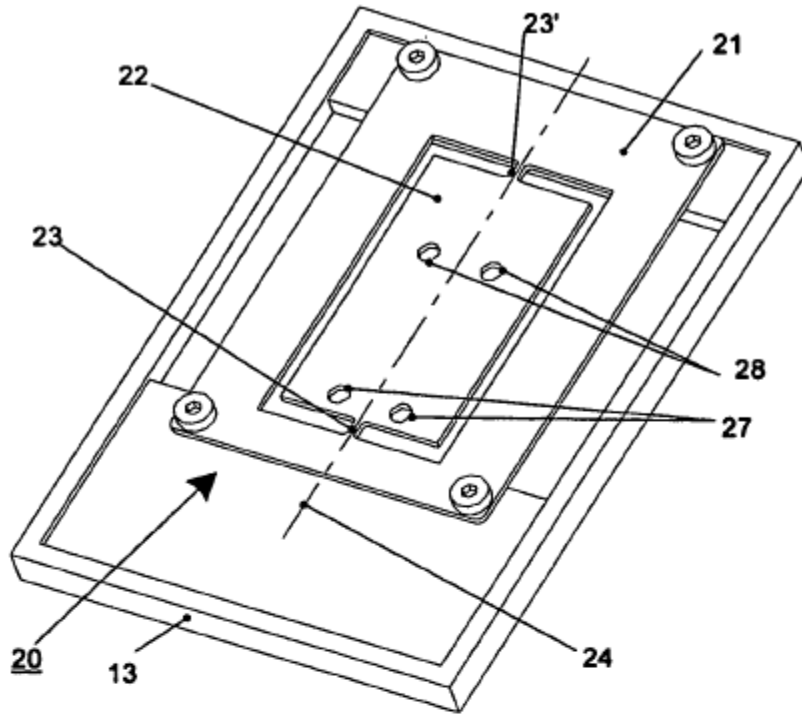


FIG. 2

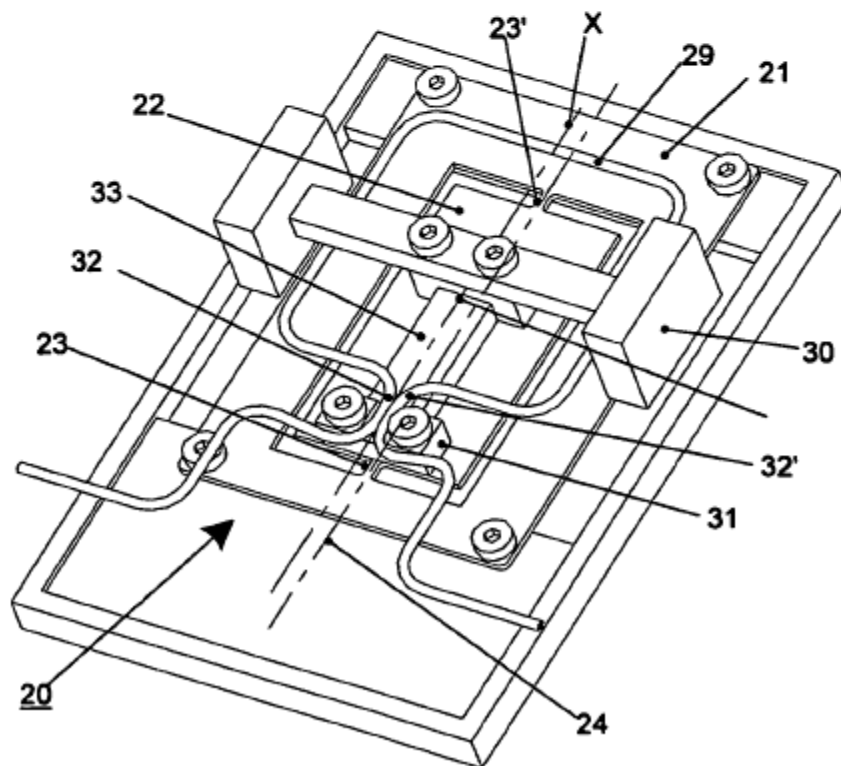


FIG. 3A

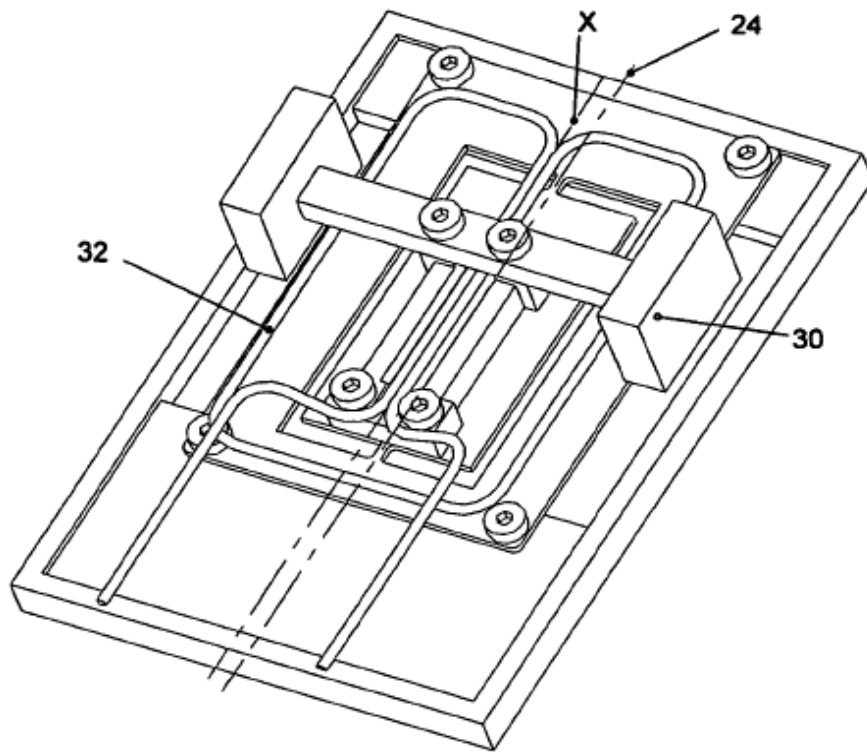


FIG. 3B

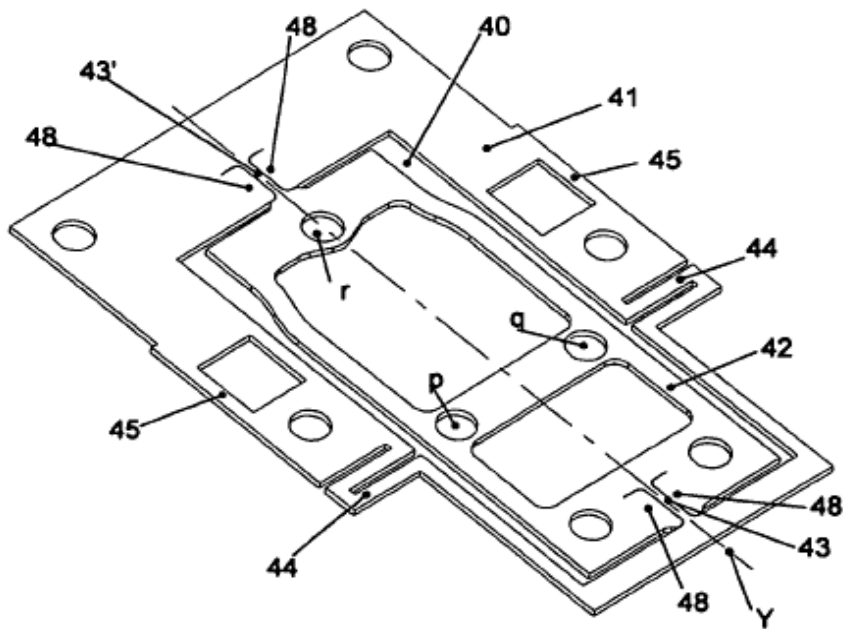


FIG. 4A

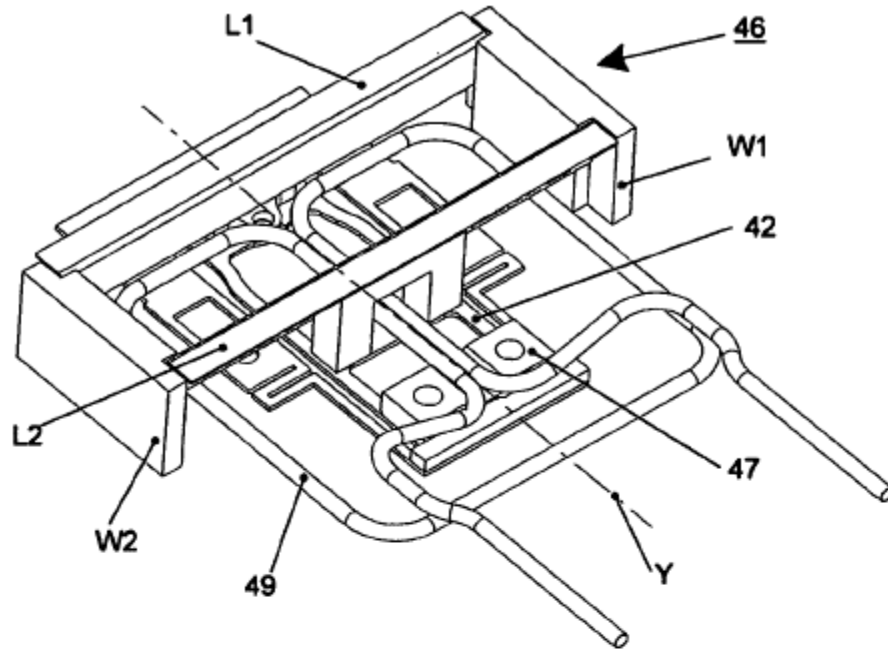


FIG. 4B

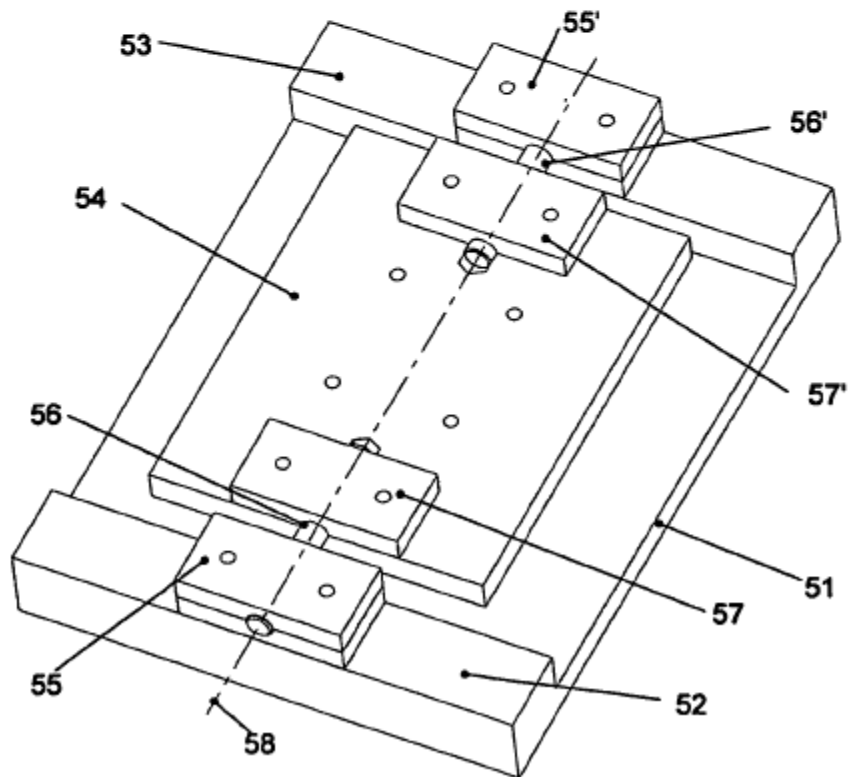


FIG. 5A

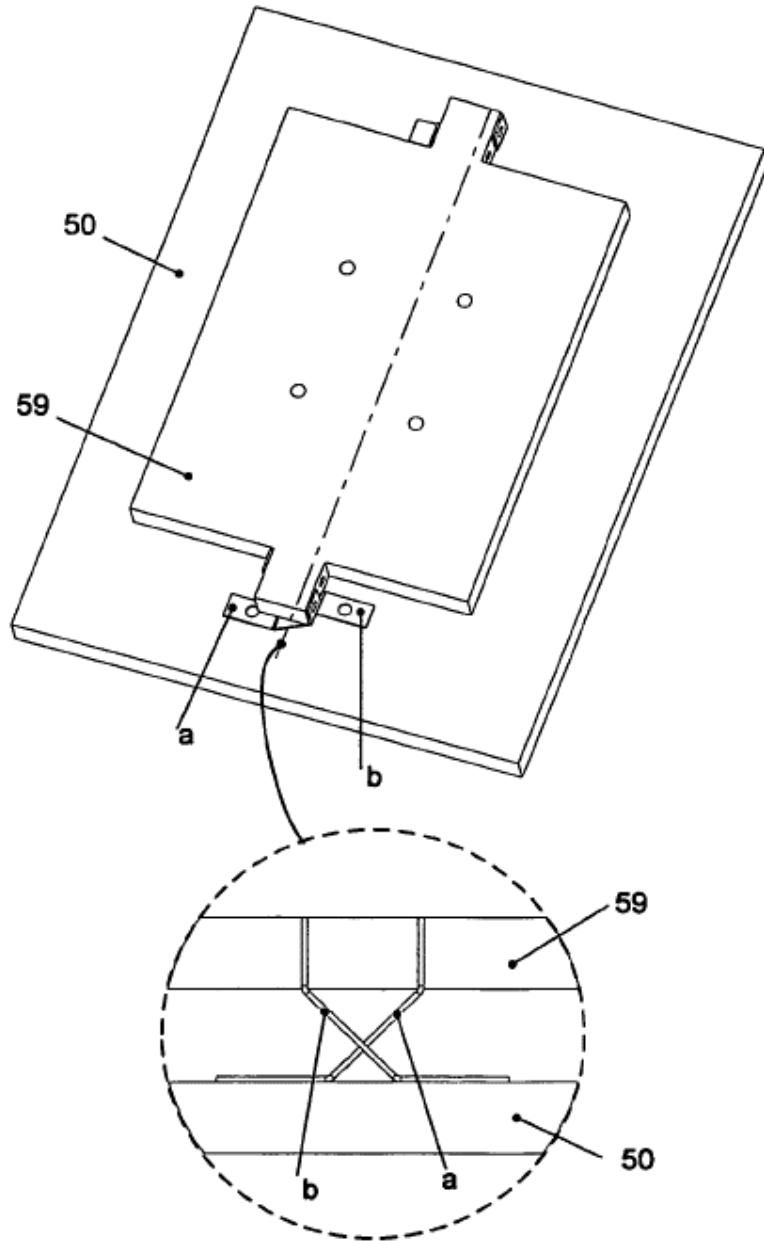


FIG.5B

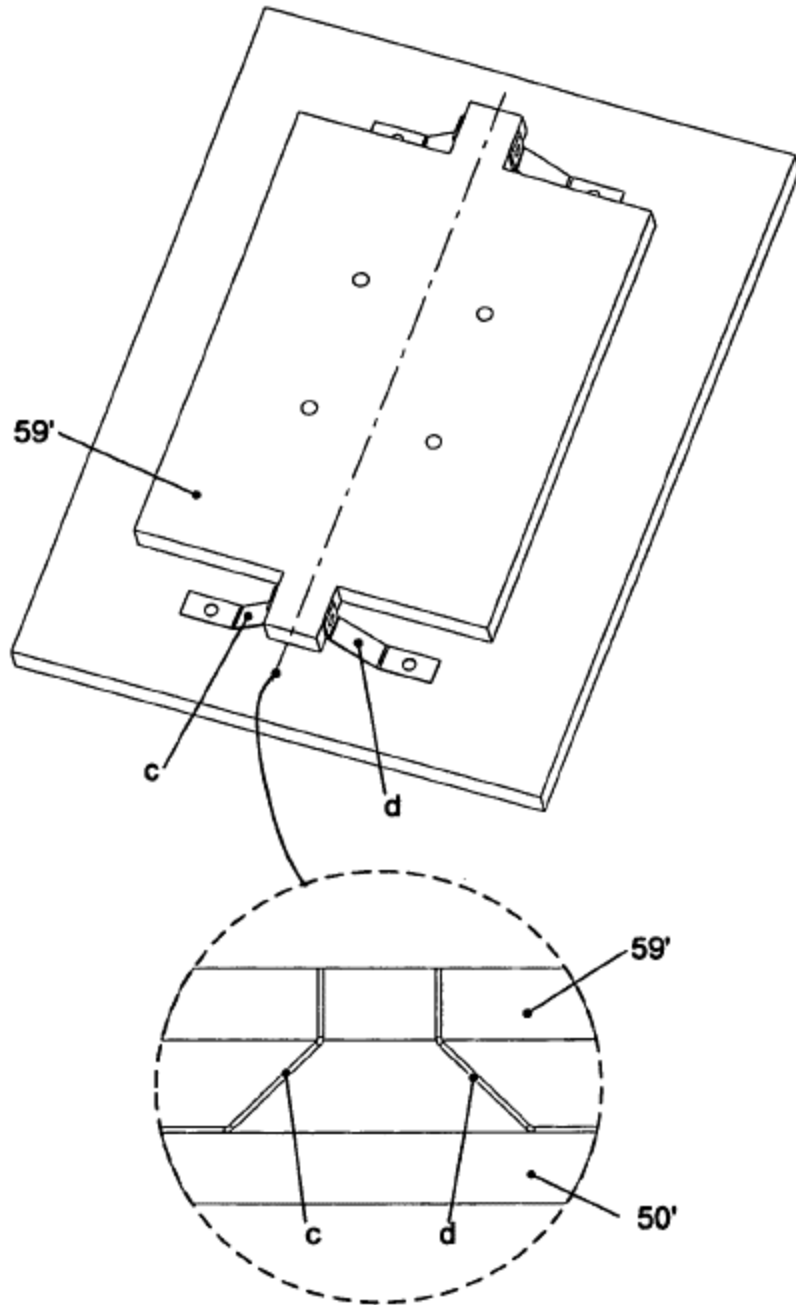


FIG.5C

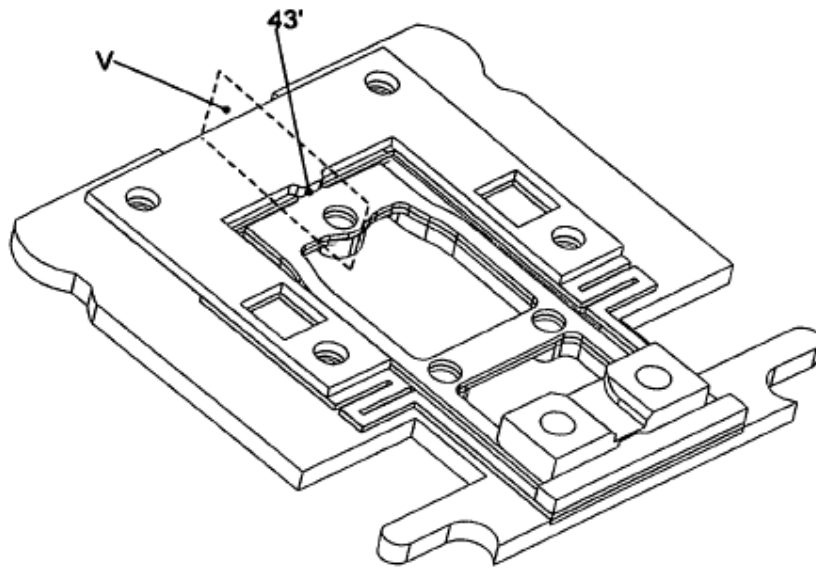


FIG. 6A

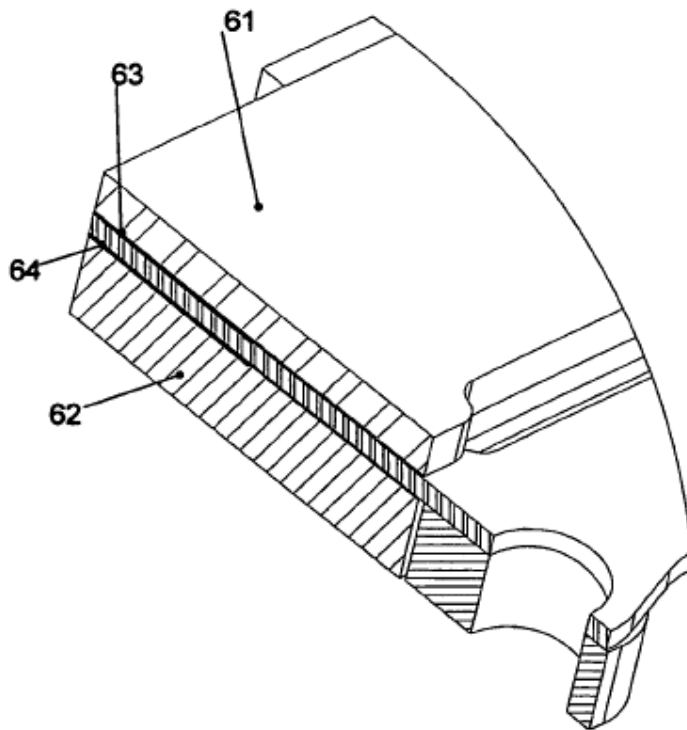
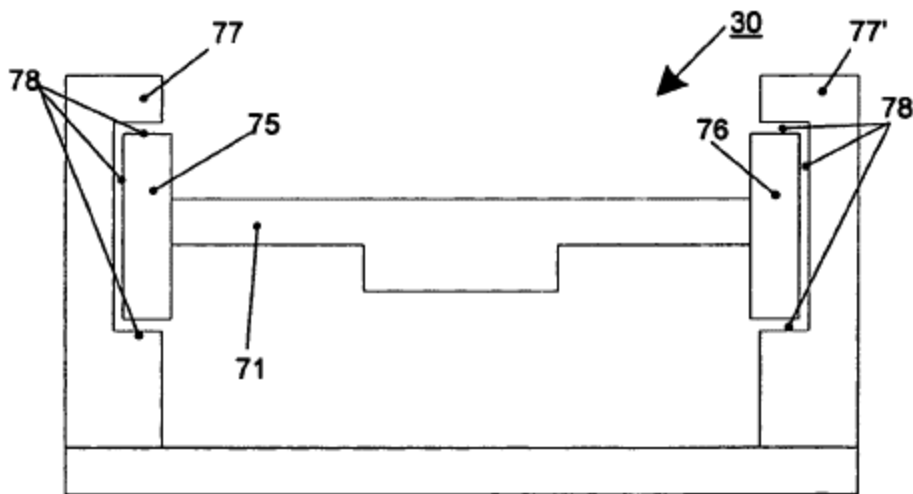
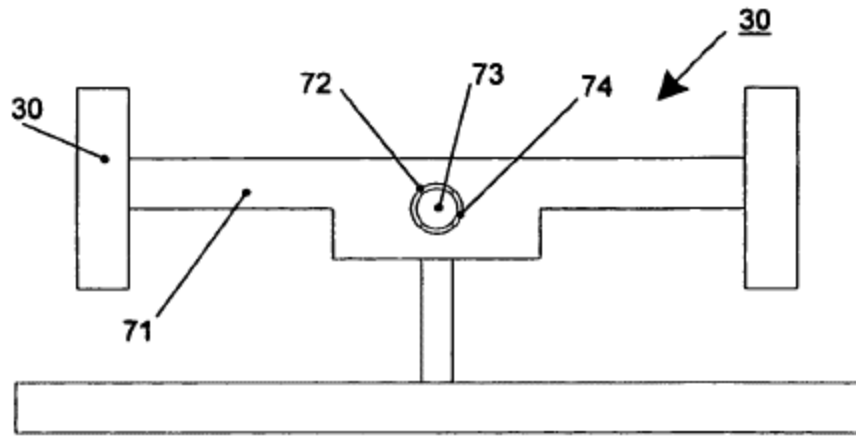


FIG. 6B



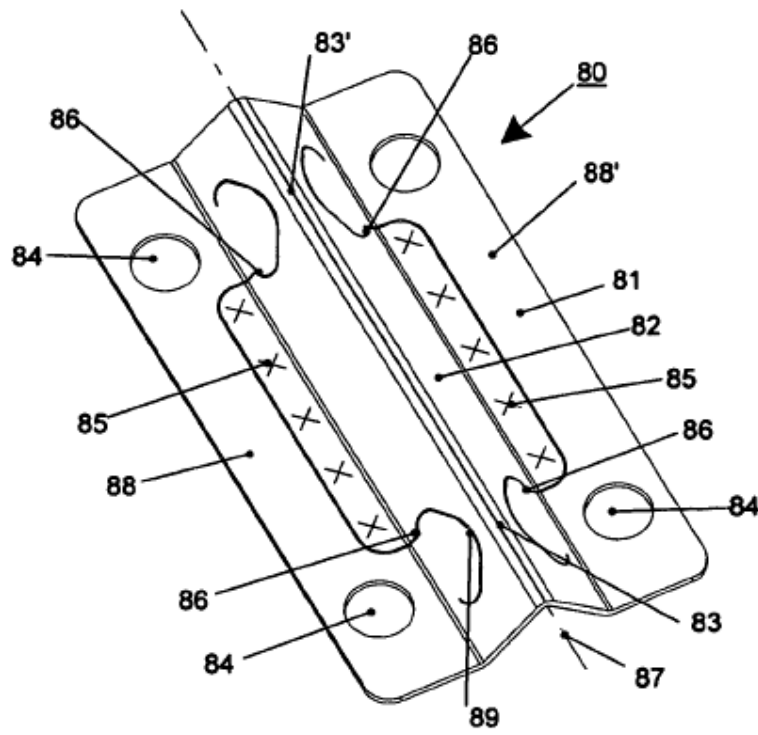


FIG. 8

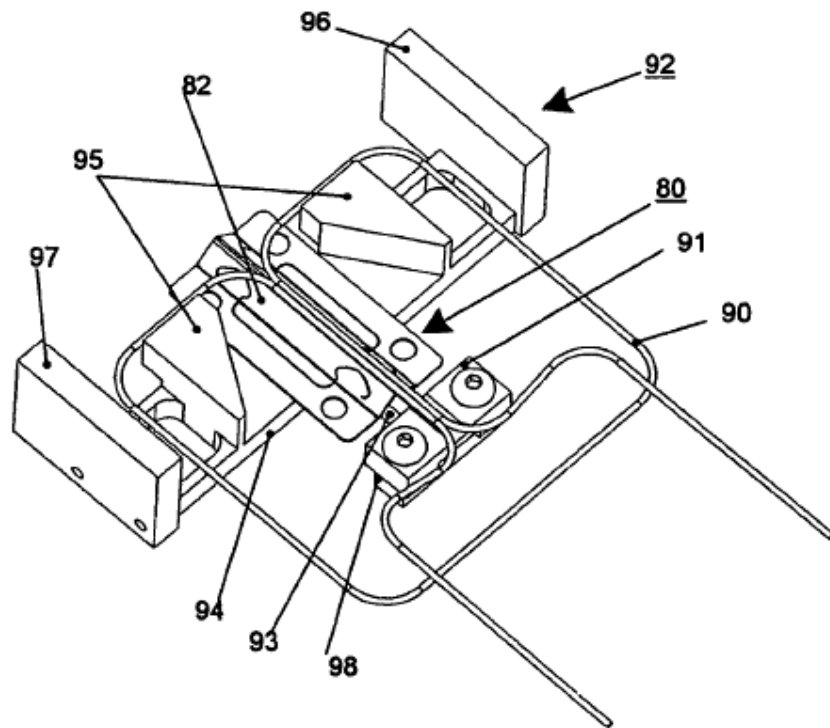


FIG. 9

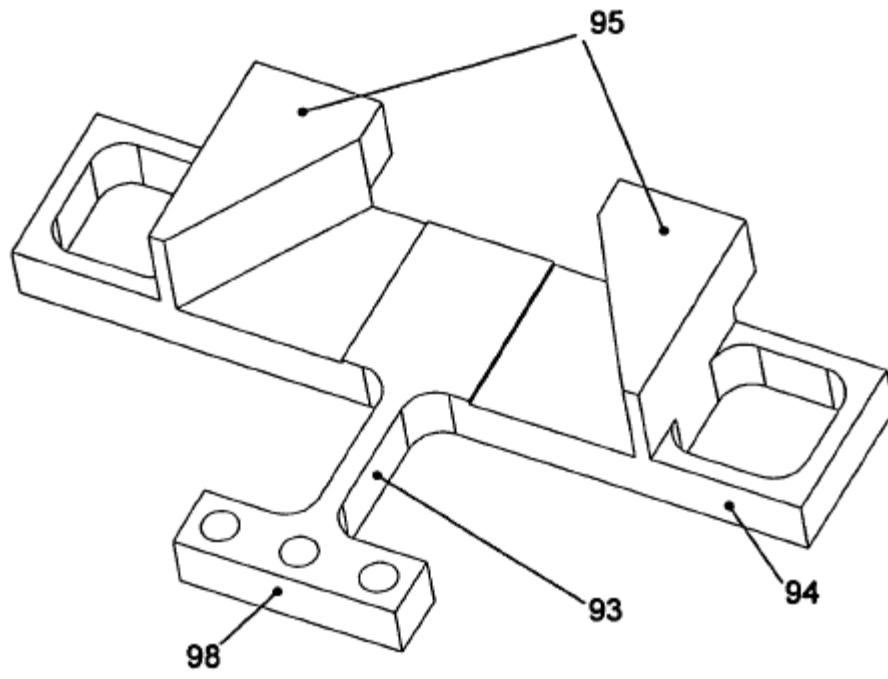


FIG. 10A

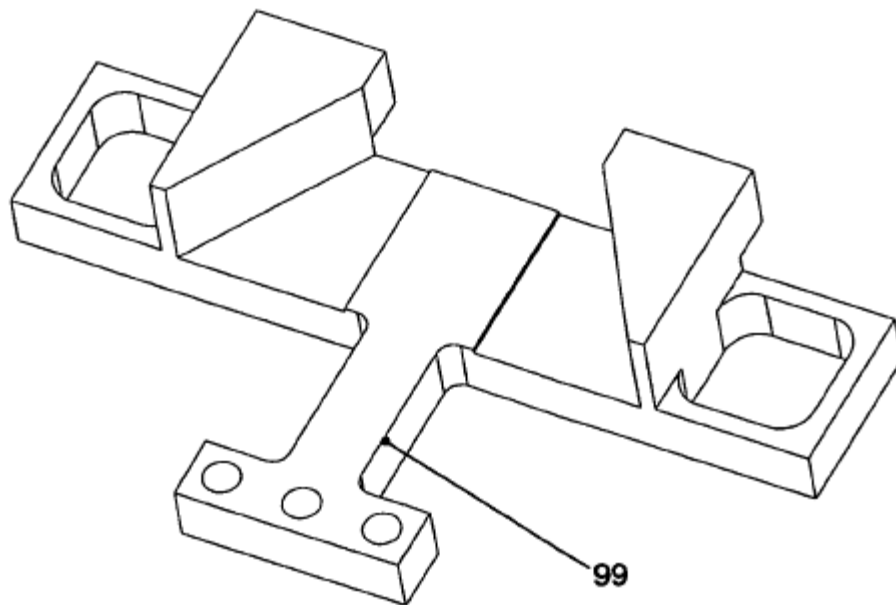


FIG. 10B

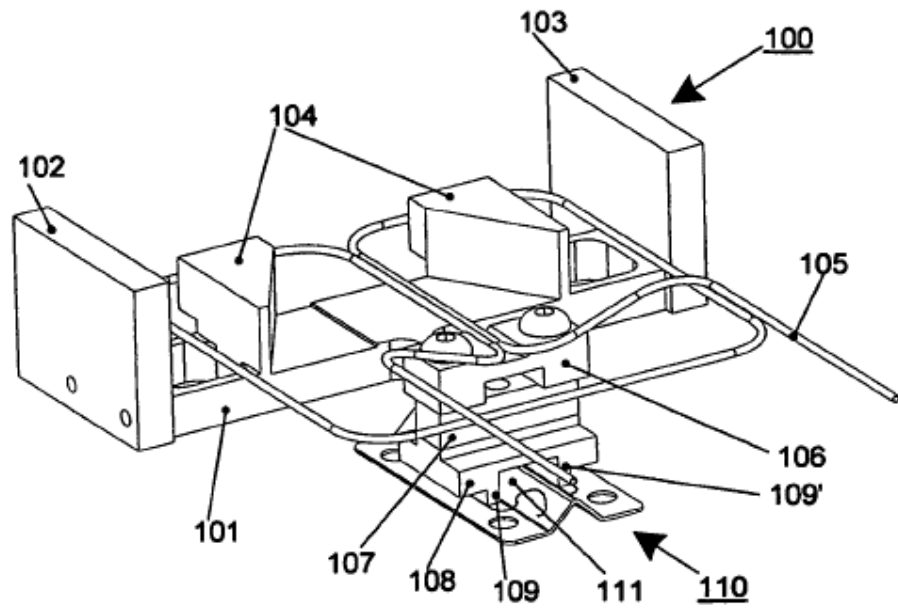


FIG.11

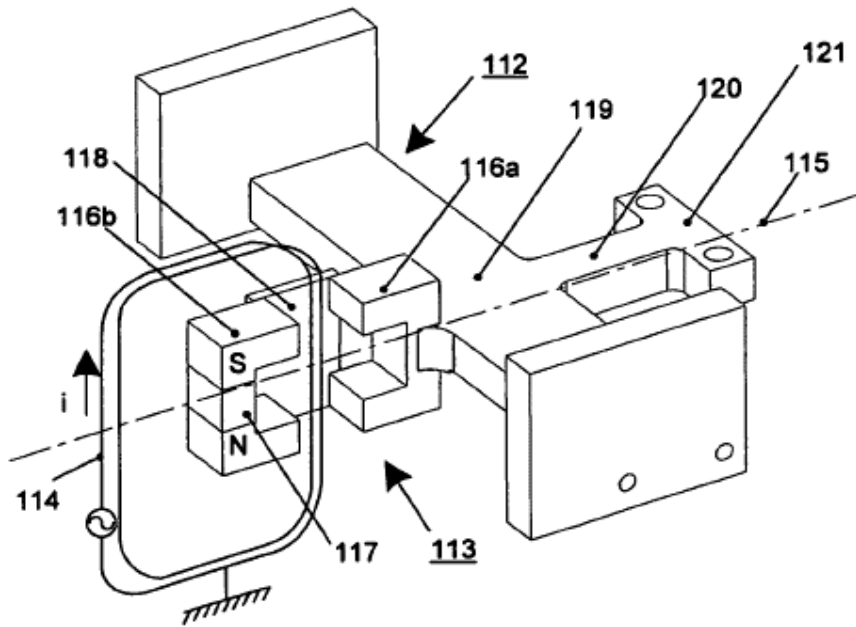


FIG.12

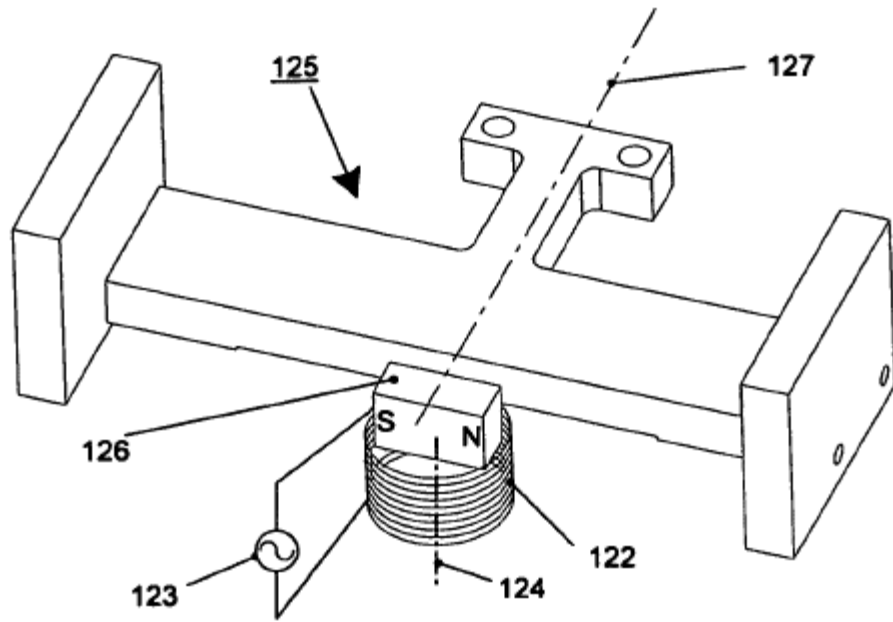


FIG. 13A

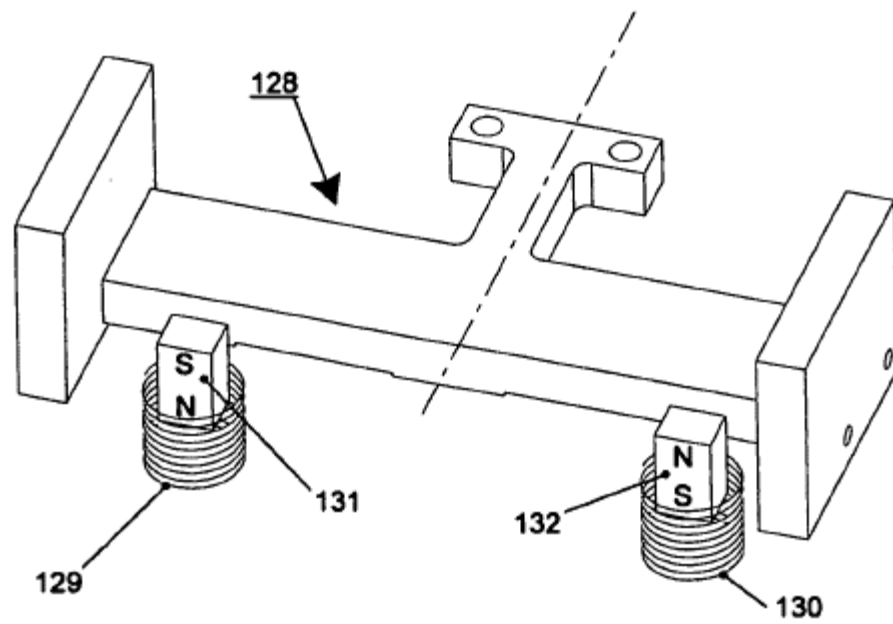


FIG. 13B