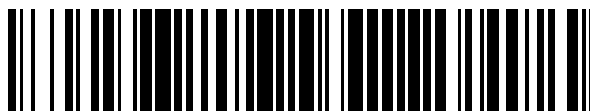


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 977**

51 Int. Cl.:

**F16F 15/00** (2006.01)  
**B60G 17/00** (2006.01)  
**B60G 11/00** (2006.01)  
**B60G 13/00** (2006.01)  
**B60G 15/00** (2006.01)  
**B60G 17/015** (2006.01)  
**B60G 17/019** (2006.01)  
**F16F 15/02** (2006.01)  
**F16F 15/03** (2006.01)  
**F16F 15/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2014 PCT/FI2014/050907**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015 WO15079109**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2014 E 14865637 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 3074659**

54 Título: **Protección contra fuerzas excesivas en una disposición de suspensión**

30 Prioridad:

**27.11.2013 FI 20136182**

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

**29.11.2018**

73 Titular/es:

**TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY  
(100.0%)  
Vuorimiehentie 3  
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**KEINÄNEN, JARKKO;  
VEHVILÄINEN, KALLE y  
VESSONEN, ISMO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 691 977 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

Protección contra fuerzas excesivas en una disposición de suspensión

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a disposiciones de suspensión. Más específicamente, la invención se refiere a una disposición de suspensión de acuerdo con la porción de preámbulo de la reivindicación 1.

### Técnica anterior

10 La suspensión de un objeto a un bastidor es un compromiso entre la estabilidad y la comodidad. Para proteger un equipo, personal o una estructura, tal como un vehículo contra golpes, la suspensión debe ser lo suficientemente blanda para absorber los impactos entre el bastidor y el objeto suspendido. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones, el aislamiento blando por sí solo no se puede utilizar porque el aislamiento maximizado típicamente hará que el objeto sea inestable, impidiendo así el uso normal del mismo. Por otro lado, la suspensión entre el objeto y el bastidor debe ser rígida durante la operación normal para mantener la estabilidad y también evitar que el personal aislado o suspendido sienta mareos por la oscilación de baja frecuencia. Consideremos la suspensión de un vehículo, por ejemplo. Durante la conducción sobre una superficie lisa, se prefiere que la suspensión sea rígida para la estabilidad del vehículo, mientras que la suspensión debe ser blanda durante los golpes causados por baches u orificios en la carretera. Esta suspensión pasiva no es ideal.

20 Se han realizado numerosos intentos para optimizar las disposiciones de suspensión entre un bastidor y el objeto suspendido. Tales intentos típicamente presentan un regulador en la suspensión diseñado para detectar la dinámica del objeto, tal como la aceleración, y para alterar las características de amortiguación de los elementos de suspensión en consecuencia. Alternativamente, las características de suspensión son alteradas por el usuario. Un ejemplo de tal disposición de suspensión se presenta en el documento US 2010/0276906 A1, que divulga un sistema de suspensión para un vehículo, cuyo sistema de suspensión con un conjunto de amortiguación conectado operativamente a un actuador y un controlador para controlar el movimiento del actuador, regulando así la tasa de amortiguación del conjunto de amortiguación. El sistema de suspensión hace uso de un dispositivo de generación de señal, que proporciona una señal eléctrica de salida que representa un ajuste de usuario deseado a la tasa de amortiguación del conjunto de amortiguación.

25 Ya sea que el ajuste sea realizado por el usuario o automáticamente por una disposición de sensor, tales sistemas tienden a ser bastante complicados y, por lo tanto, costosos y delicados.

30 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una disposición de suspensión simple y robusta capaz de tener en cuenta diferentes modos de suspensión sin la necesidad de sensor o electrónica excesiva.

### Sumario

35 El objetivo de la presente invención se consigue con la ayuda de una nueva disposición de suspensión para suspender un objeto a un bastidor para protección contra fuerzas de excitación excesivas transmitidas desde el bastidor o el objeto. La disposición incluye un primer elemento de suspensión, que suspende directamente el objeto al bastidor, y un segundo elemento de suspensión, que suspende el objeto al bastidor a través de un acoplamiento magnético entre el objeto y el segundo elemento de suspensión. El acoplamiento magnético proporciona una fuerza de acoplamiento magnético para actuar como un umbral tal que la disposición de suspensión está diseñada para desacoplar magnéticamente el segundo elemento de suspensión del objeto cuando la fuerza de excitación transmitida entre el bastidor y el objeto excede la fuerza de acoplamiento magnético.

40 Más específicamente, la disposición de suspensión de acuerdo con la presente invención se caracteriza por la porción caracterizadora de la reivindicación 1.

Se obtienen beneficios considerables con la ayuda de la presente invención.

45 En comparación con las disposiciones de suspensión pasiva convencionales, la solución propuesta proporciona una mejora notable a las propiedades de aislamiento de la suspensión. Por ejemplo, cuando un impacto es de un orden de 10-200 G, la disposición de suspensión propuesta puede reducir el impacto transmitido al objeto aislado a menos de un G. Esta es una reducción considerable, que es beneficiosa para la protección, por ejemplo, de aparatos de medición delicados o personal de embarcaciones marítimas o vehículos terrestres contra golpes repentinos imprevistos, o personal en vehículos o embarcaciones diseñadas para mar embravecido o terreno irregular.

50 Los beneficios de la disposición de suspensión propuesta en comparación con los métodos pasivos convencionales incluyen protección sobresaliente contra golpes, lo que lleva a una mayor durabilidad y estabilidad. Una ventaja particular en comparación con los sistemas de seguridad de tipo fusible es que la nueva disposición es reversible, por lo que la disposición se puede usar una y otra vez. En comparación con las disposiciones de suspensión activas o semiactivas, la solución propuesta es significativamente más simple en construcción, lo que la hace fiable y

asequible. Además, la nueva disposición de suspensión puede reaccionar instantáneamente a cargas de golpes, transitorias o de alta vibración. Debe tenerse en cuenta que los sistemas activos siempre tendrán un retardo interno integrado porque los sensores, etc. deben notar la carga del golpe antes de que pueda entregar una orden para pasar de un estado rígido a uno blando. La disposición de suspensión propuesta es reversible, lo que es una gran ventaja en comparación con muchas disposiciones de un solo uso que se usan en aplicaciones militares.

**Breve descripción de los dibujos**

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

La figura 1 presenta una ilustración esquemática de una disposición de suspensión según una primera realización antes y después de un golpe,

La figura 2 presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 1 durante un golpe,

Las figuras 3a a 3c presentan gráficos que muestran mediciones de tres pruebas de una disposición de la figura 1,

La figura 4a presenta una ilustración esquemática de una disposición de suspensión de acuerdo con una segunda realización durante un golpe,

La figura 4b presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 4a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia arriba,

La figura 4c presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 4a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia abajo,

La figura 5a presenta una ilustración esquemática de una disposición de suspensión según una tercera realización antes y después de un golpe,

La figura 5b presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 5a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia arriba,

La figura 5c presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 5a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia abajo,

La figura 6a presenta una ilustración esquemática de una disposición de suspensión según una cuarta realización antes y después de un golpe,

La figura 6b presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 6a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia arriba,

La figura 6c presenta una ilustración esquemática de la disposición de suspensión de la figura 6a durante un golpe, donde el bastidor se ha movido hacia abajo, y

La figura 7 presenta un diagrama que ilustra los resultados de prueba de una prueba de excitación realizada con una disposición de suspensión de acuerdo con las figuras 5a a 5c, donde se muestra una curva de excitación en una línea gruesa discontinua y la curva de respuesta del objeto aislado se muestra como una línea fina y sólida.

**Descripción detallada de modos de realización ejemplares**

Una realización de ejemplo se describe con referencia a las figuras 1 y 2, en las que se ilustra una disposición de suspensión simple 100. En el ejemplo mostrado, un objeto 130 se suspende a un bastidor 200 por medio de dos elementos de suspensión, a saber, un primer y segundo elemento de suspensión 110, 120, respectivamente. El primer y segundo elementos de suspensión 110, 120 están acoplados al objeto 130 a través de una interfaz de acoplamiento 132, que en las figuras se ha representado como una mera plataforma que conecta los elementos de suspensión 110, 120 al objeto 130 en paralelo. También sería posible disponer los elementos de suspensión 110, 120 en lados opuestos del objeto 130, por lo que el bastidor 200 rodearía el objeto 130 (no mostrado). La interfaz de acoplamiento 132 se conecta o forma parte de una masa 131, que se suspende en el bastidor 200. En el ejemplo ilustrado, la masa 131 se aproxima para formar toda la masa del objeto 130, mientras que la interfaz de acoplamiento 132 se supone que no tiene peso. En lugar de una *disposición de suspensión*, el nuevo concepto también podría denominarse un aparato de suspensión, que incluye los elementos divulgados. Sin embargo, la expresión *disposición de suspensión* se usa a lo largo de esta divulgación.

En la realización mostrada, ambos elementos de suspensión 110, 120 incluyen un muelle y un amortiguador. En este contexto, debe entenderse que el amortiguador puede emplear cualquier método adecuado para la amortiguación, por ejemplo, viscosidad, fricción, electricidad, neumático, etc. En las realizaciones ilustradas, se representa un amortiguador viscoso convencional. El muelle 111 y el amortiguador 112 del primer elemento de

suspensión 110 están acoplados en paralelo y permanentemente a la interfaz de acoplamiento 132 y finalmente a la masa 131 y, por otra parte, al bastidor 200. En otras palabras, un primer elemento de suspensión 110 está configurado para suspender directamente el objeto 130 al bastidor 200. En este contexto, la expresión *suspensión directa* significa que el objeto está fijado elásticamente al bastidor mediante el primer elemento de suspensión de manera permanente. Esta unión permanente debe entenderse como que carece de una conexión a través de un embrague o acoplamiento separable similar, que está configurado para desconectarse automáticamente en una reacción a la carga (véase la conexión del segundo elemento de suspensión 120 a través de un acoplamiento magnético 140). Debe observarse que el ejemplo mostrado muestra un muelle y un amortiguador en ambos elementos de suspensión. Sin embargo, como se muestra a continuación en conexión con las figuras 6a a 6c, un elemento de suspensión también puede disponerse con un muelle o amortiguador solamente. El muelle 121 y el amortiguador 122 de la segunda suspensión 120 también están dispuestos en paralelo para conectar el bastidor 200 al objeto 130, pero dicho muelle 121 y el amortiguador 122 están conectados a la interfaz de acoplamiento 132 a través de un acoplamiento magnético 140. El acoplamiento magnético 140 incluye dos componentes principales. En primer lugar, el acoplamiento magnético 140 presenta un imán 141, que en la realización mostrada es un imán permanente conectado al segundo elemento de suspensión 120 combinando el muelle 121 y el amortiguador 122 del mismo. En segundo lugar, el acoplamiento magnético 140 incluye un elemento cooperante magnéticamente 142, que puede ser de material ferromagnético o un electroimán, que está conectado a la interfaz de acoplamiento 132. Más específicamente, la interfaz de acoplamiento 132 tiene una abertura, cuyo perímetro está provisto del elemento cooperante magnéticamente 142, que puede ser un elemento de anillo metálico, que recubre la abertura. Alternativamente, se puede usar una placa metálica, dos partes metálicas por encima y por debajo del imán o un imán.

Como una realización alternativa (figura 4), la interfaz de acoplamiento puede construirse también de modo que el imán 141 se encuentre en el medio del elemento magnético 142 o el imán 141 contenga el elemento magnético 142 desde el lado. De este modo, se proporciona una fuerza de retención adicional mediante la fricción entre los elementos 141, 142 del acoplamiento magnético 140. Se puede construir una gran cantidad de variedades sin utilizar una abertura en la interfaz de acoplamiento como se muestra en las figuras. Alternativamente, una interfaz en forma de L, C o U (no mostrada) podría usarse para establecer un efecto similar.

Está claro que en todas las realizaciones, las posiciones mutuas de los elementos 141, 142 del acoplamiento magnético 140 pueden invertirse sin afectar la función del acoplamiento magnético 140.

El segundo elemento de suspensión 120 puede tener propiedades dinámicas que son diferentes de las del primer elemento de suspensión 110. Más específicamente, el segundo elemento de suspensión 120 es considerablemente más rígido que el primer elemento de suspensión 110. Si bien este es el caso en las realizaciones ilustradas, también sería posible disponer elementos de suspensión similares para que actúen cuando el primer y el segundo elemento de suspensión 110, 120 o el segundo elemento de suspensión 120 puedan ser más blandos que el primer elemento de suspensión 110.

Durante la operación normal, donde la fuerza entre el bastidor 200 y el primer y segundo elemento de suspensión 110 y 120 es menor que la fuerza de retención del acoplamiento magnético 140 entre el imán permanente 141 y el elemento cooperante magnéticamente 142, las fuerzas transmitidas entre el bastidor 200 y el objeto 130 se transmiten a través del primer y segundo elemento de suspensión 110, 120. Cuando se produce una carga de un golpe, la fuerza entre el bastidor 200 y el objeto 130 excede la fuerza de sujeción del acoplamiento magnético 140, el contacto entre los elementos del acoplamiento magnético 140, es decir, el elemento cooperante magnéticamente 142 y el imán 141, se pierde. En consecuencia, la fuerza entre el bastidor 200 y el objeto 130 se transmite solo a través del primer elemento de suspensión 110. En este contexto, el término "golpe" se refiere a cualquier impulso o carga transitoria o tal impacto transmitido desde el bastidor 200 o desde el objeto 130. Ejemplos de tales golpes incluyen explosiones, golpeo de una rueda de un vehículo (automóvil, motocicleta, bicicleta, etc.) en un bache o terreno accidentado, arranque o parada de un motor, fallo en la máquina, etc.

A continuación, la dinámica de la suspensión se analiza con mayor detalle. En particular, se describen las propiedades dinámicas del primer y segundo elemento de suspensión 110, 120. En este contexto, la expresión *propiedades dinámicas* se refiere a las propiedades de suspensión típicas, que afectan el rendimiento de la configuración de la suspensión. Dichas propiedades de suspensión típicas incluyen, entre otras, constante elástica, constante de amortiguación o la combinación de las mismas. La fuerza transmitida desde el movimiento del bastidor 200 y transmitida al objeto 130 a través de la suspensión 110, 120 en operación normal (véase la figura 1) se puede equiparar de la siguiente manera:

$$F_e = m\ddot{x}_2 + c_1(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_1(x_2 - x_1) + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1), \quad (1)$$

donde  $F_e$  es la fuerza de excitación transmitida a la masa 131,

$m$  es la masa del objeto 130,

$\ddot{x}_2$  es la aceleración de la masa 131,

$c_1$  es la constante de amortiguación del amortiguador 112 del primer elemento de suspensión 110,

$k_1$  es la constante elástica del muelle 111 del primer elemento de suspensión 110,

$c_2$  es la constante de amortiguación del amortiguador 122 del segundo elemento de suspensión 120,

$k_2$  es la constante elástica del muelle 121 del segundo elemento de suspensión 120,

5  $x_1$  y  $x_2$  son las posiciones del bastidor 200 y del objeto 130 en una coordenada de referencia, respectivamente, mediante el cual  $x_2 - x_1$  es el desplazamiento del bastidor 200 en relación a la masa 131. En consecuencia,  $\dot{x}$  y  $\ddot{x}$  indican la primera y segunda derivadas de la posición con respecto al tiempo, es decir, la velocidad y la aceleración. Debe observarse que el amortiguador 112 y 122 también puede basarse en fricción o neumático, etc. Este ejemplo de cálculo se basa en elementos amortiguadores viscosos. Además, el movimiento de excitación también puede ser causado por el objeto 130 y luego la disposición de suspensión está aislada el bastidor 200 (en el ejemplo de cálculo anterior, el movimiento de excitación proviene del bastidor 200 y la disposición de suspensión aísla el objeto 130).

10 Mientras que la fuerza de excitación  $F_e$  es mayor que la fuerza de retención del acoplamiento magnético 140, el contacto entre el elemento cooperante magnéticamente 142 y el imán permanente 141 se pierde y la potencia de retención disminuye significativamente. Cuando el imán permanente 141 no está en contacto con el elemento cooperante magnéticamente 142 (véase la figura 2), la fuerza transmitida al objeto 130 puede equipararse aproximadamente de la siguiente manera:

$$F_e = m\ddot{x}_2 + c_1(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_1(x_2 - x_1) \quad (2)$$

donde  $F_e$  es la fuerza de excitación transmitida a la masa 131,

20  $m$  es la masa del objeto 130,

$\ddot{x}_2$  es la aceleración de la masa 131,

$c_1$  es la constante de amortiguación del amortiguador 112 del primer elemento de suspensión 110,

$k_1$  es la constante elástica del muelle 111 del primer elemento de suspensión 110,

25  $x_1$  y  $x_2$  son las posiciones del bastidor 200 y de la masa 131 en una coordenada de referencia, respectivamente, mediante el cual  $x_2 - x_1$  es el desplazamiento del bastidor 200 en relación al objeto 130. En consecuencia,  $\dot{x}$  y  $\ddot{x}$  indican la primera y segunda derivadas de la posición con respecto al tiempo, es decir, la velocidad y la aceleración.

En vista de las ecuaciones (1) y (2) anteriores, la fuerza de retención  $F_h$  del acoplamiento magnético 140 puede diseñarse con una ecuación simplificada:

$$F_h = m \cdot a, \quad (3)$$

30 donde  $m$  es la masa del objeto 130,

$a$  es la aceleración del bastidor 200, y

$F_h$  es la fuerza de retención del acoplamiento magnético 140, cuando  $(x_2 - x_1) k_1 \ll F_h$  y  $c_1(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \ll F_h$ .

Por ejemplo, cuando la masa del objeto 130 - tal como equipo o personal protegido - es 100 kg y la fuerza de retención del acoplamiento magnético 140 es 80 kg, la máxima aceleración que se puede transmitir a través de la disposición de suspensión 100 es:

$$0.8 \cdot g \quad (4)$$

40 donde  $g$  es la gravedad ( $\sim 9,82 \text{ m/s}^2$ ), cuando la frecuencia natural del primer elemento de suspensión 110 y el objeto 130 es inferior a 1 Hz y el desplazamiento/fuerza de excitación es razonable (por ejemplo, un automóvil conduciendo a un bache o explosión de una mina cerca de un buque o vehículo). Esta estimación aproximada se basa en el hecho de que cuando  $k_1$  y  $c_1$  del elemento de suspensión 110 se eligen para ser muy sueltos, la fuerza de excitación no llega a la masa 131 debido a las excelentes propiedades de aislamiento de vibraciones de la primera pieza de suspensión suelta 110.

En operación normal (figura 1), el primer elemento de suspensión 110 suelto no sería óptimo como el único elemento de suspensión entre el bastidor 200 y el objeto 130 porque el objeto 130 no sería estable en la mayoría de las aplicaciones. Como ejemplo, consideremos un giroscopio en un buque marítimo. En circunstancias normales, el giroscopio debe estar rígidamente unido al bastidor del buque para mediciones precisas. Por lo tanto, el segundo elemento de suspensión 120 más rígido está provisto de un acoplamiento magnético 140. El segundo elemento de suspensión 120 puede ser rígido, incluso una barra de acero, por ejemplo, o al menos mucho más

rígido que el primer elemento de suspensión 110 para mantener estable el objeto protegido o aislado 130. Debido a que el acoplamiento magnético 140 mantiene el objeto 130 suspendido en el bastidor 200 en circunstancias normales, el primer y segundo elementos de suspensión 110, 120 actúan en paralelo. Por lo tanto, el segundo elemento de suspensión 120, que es más rígido que el primero 110, es dominante, por lo que las características de suspensión globales de la disposición de suspensión 100 están determinadas por el segundo elemento de suspensión 120 más rígido.

Cuando el buque marítimo experimenta un golpe repentino en la dirección de excitación ED, tal como una gran ola próxima o una explosión subacuática, por ejemplo, el giroscopio delicado debe suspenderse suavemente en el bastidor del buque marítimo. Para pasar de la suspensión rígida proporcionada por el segundo elemento de suspensión 120 a una suspensión más suelta, el segundo elemento de suspensión 120 se libera del objeto 130 por medio de un acoplamiento magnético 140 adecuadamente dimensionado entre el segundo elemento de suspensión 120 y el objeto 130 (véase el principio anterior). Durante el golpe (véase la figura 2), la fuerza de excitación ( $F_e$ ) que se origina en el bastidor 200 excede la fuerza de retención magnética ( $F_r$ ) entre el elemento cooperante magnéticamente 142, por lo que el acoplamiento magnético 140 se separa y desacopla el segundo elemento de suspensión 120 del objeto 130. Debe observarse que todas las fuerzas actúan en la dirección de excitación ED. Con el segundo elemento de suspensión 120 separado del objeto 130, el objeto 130 (por ejemplo, giroscopio) se suspende al bastidor 200 (por ejemplo, un buque marítimo) solamente a través del primer elemento de suspensión 110, que es más blando que el segundo 120. La suspensión más suelta aísla el objeto 130 del bastidor 200 durante el golpe, permitiendo que el bastidor 200 experimente desplazamientos violentos sin ejercer fuerzas excesivas sobre el objeto 130.

Después de que el bastidor 200 ha vuelto a la posición de reposo, el acoplamiento magnético 140 reanuda su configuración acoplada cuando el imán permanente 141 unido al segundo elemento de suspensión 120 y el elemento cooperante magnéticamente 142 unido al objeto 130 vuelven al estado conectado (figura 1). Por lo tanto, el objeto 130 se suspende rígidamente de nuevo al bastidor 200.

La realización descrita anteriormente representa un mero ejemplo del concepto inventivo para disponer una suspensión para una masa con respecto a un bastidor. Debe entenderse que podría establecerse una disposición de suspensión inventiva similar en un gran número de variantes a los ejemplos de las figuras 1 y 2. Por ejemplo, los elementos de suspensión 110, 120 podrían contener alternativamente solo un muelle o amortiguador o el primer elemento de suspensión 110 podría incluir solamente un muelle, mientras que el segundo elemento de suspensión 120 podría incluir solamente un amortiguador. Alternativamente, los elementos de suspensión 110, 120 podrían establecerse en una combinación de los ejemplos dados anteriormente. Los elementos de suspensión 110, 120 también se pueden controlar activamente ajustando las propiedades de amortiguación de los amortiguadores, por ejemplo, por medio de un ajuste electromagnético. Además de la mera rigidez, los elementos de suspensión 110, 120 pueden configurarse de forma diferente en características de suspensión porque el muelle 111 del primer elemento de suspensión 110 puede ser regresivo, mientras que el muelle 121 del segundo elemento de suspensión 120 puede ser progresivo o decreciente, por ejemplo.

Con respecto al acoplamiento magnético 140, el acoplamiento reutilizable entre el segundo elemento de suspensión 120 y el objeto 130 puede proporcionarse de varias maneras diferentes a las descritas anteriormente. Por ejemplo, el elemento cooperante magnéticamente se puede proporcionar alternativamente al segundo elemento de suspensión para combinar el muelle y el amortiguador. De manera similar, el imán puede proporcionarse en la interfaz de acoplamiento. En lugar de un imán permanente, que se describe como la opción preferida, el imán se puede proporcionar como un imán activo, que se emplea electrónicamente, cuando los sensores detectan un golpe desde el bastidor. Aunque esta opción es factible, no es tan rápida y robusta como la disposición de imán permanente virtualmente instantánea descrita anteriormente.

Volviendo ahora a las figuras 3a a 3c, que presentan gráficos que muestran las mediciones de dos pruebas de una disposición de la figura 1. En el primer estudio (figura 3a), una bicicleta se probó de manera efectiva con tres configuraciones diferentes de suspensión trasera; primero con el muelle helicoidal rígido original (rigidez: 132 N/mm) de la bicicleta solalmente y luego junto con un muelle helicoidal suelto (rigidez: 23 N/mm) acoplado a una disposición de suspensión 100 como se muestra en la figura 1. La suspensión se instaló en la suspensión trasera de la bicicleta con un muelle helicoidal suelto (rigidez: 23 N/mm) en paralelo con un imán (fuerza de retención: 215 N) que estaba en serie con un muelle rígido de caucho (rigidez: 250 N/mm). En primer lugar, la bicicleta fue conducida cuesta arriba con un muelle en espiral liso (figura 3a, línea gruesa) y luego con la nueva disposición de suspensión (figura 3a, línea delgada). Los resultados de la medición se presentan en la figura 3a en el dominio de tiempo (eje X: tiempo y eje Y: desplazamiento relativo de la suspensión trasera). La bicicleta con un muelle suelto rebotaba hacia arriba y hacia abajo durante el desplazamiento cuesta arriba. Con la novedosa disposición de suspensión, la estabilidad se mejoró enormemente. La diferencia entre el muelle suelto y la nueva disposición de suspensión se puede ver en la figura 3a: con el resorte suelto, el desplazamiento relativo oscila a la frecuencia natural del sistema de masa del muelle con, por ejemplo, una amplitud de  $\pm 8$  mm. La amplitud oscilante es claramente más baja con una nueva disposición de suspensión y no es un estado estable. La suspensión se atiende principalmente con muelles rígidos de caucho durante el desplazamiento cuesta arriba con la nueva disposición de suspensión. Si se producen cargas transitorias con una fuerza superior a 215 N, la suspensión cambia a un muelle helicoidal suelto.

En el segundo estudio (figuras 3b y 3c), después del estudio cuesta arriba, la misma bicicleta fue conducida a un bache de 6 cm de altura con la nueva disposición de suspensión (figura 3c) y con el muelle helicoidal rígido original (figura 3b). Los resultados de medición se presentan en las figuras en el dominio de tiempo (eje X: tiempo y eje Y: aceleración a la dirección vertical medida desde el centro del bastidor de la bicicleta). Aunque la estabilidad de la bicicleta con el muelle helicoidal rígido original era buena, es evidente a partir de la figura 3b que la respuesta durante el desplazamiento al bache fue pobre. Con la novedosa disposición de suspensión, la estabilidad fue similar a la del muelle rígido original, pero la respuesta durante el desplazamiento al bache fue excelente, como se puede ver en la figura 3c. La diferencia entre el muelle rígido y la nueva disposición de suspensión es clara. Con el muelle rígido, la aceleración del bastidor de la bicicleta en dirección vertical fue de aproximadamente 6 g y con la nueva disposición de suspensión de aproximadamente 1 g (donde g es la gravedad: 9,82 m/s<sup>2</sup>). Con la nueva disposición de suspensión, la suspensión se maneja principalmente por medio del muelle rígido de caucho durante el desplazamiento normal. Cuando se produce la carga transitoria del bache, la suspensión cambia a un muelle helicoidal suelto que proporciona una respuesta suave. Después de la carga transitoria, la suspensión cambia a un muelle rígido porque el imán se mantiene, las cargas durante el desplazamiento normal cuando las fuerzas son menores a 215 N.

A continuación, se presentan valores de dimensionamiento ejemplares para los componentes por medio de un ejemplo referente a un equipo de aislamiento en un buque, que se prevé que experimentará golpes repentinos. Una disposición de suspensión se construyó de forma similar a la ilustrada en las figuras 5a a 5c con las siguientes especificaciones:

- 20  $m = 300 \text{ kg},$
- $c_1 = 1400 \text{ Ns/m},$
- $k_1 = 70 \text{ N/mm},$
- $c_2 = 10000 \text{ Ns/m},$
- $k_2 = 0 \text{ N/m},$
- 25  $x_2 - x_1 = 30 \text{ mm},$
- $\dot{x}_1 = 2,2 \text{ m/s},$
- $\ddot{x}_2 = 500 \text{ m/s}^2, \text{ y}$
- $F_h = 500 \text{ N}.$

Los resultados de la prueba se muestran en la figura 7, que muestra las medidas del ejemplo de la nueva disposición de suspensión utilizada en una mesa de prueba de golpes para aislar una masa de 300 kg (los valores se indican más arriba). El resultado de la medición está en el dominio de tiempo (el eje horizontal es el tiempo y el eje vertical es la velocidad). La línea gruesa es una velocidad de excitación y la línea delgada es una velocidad de respuesta de 300 kg de masa aislada. Como puede concluirse, se logró un considerable efecto de amortiguación.

TABLA 1: LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA.

| Número | Parte                                  |
|--------|--|
| 100    | Disposición de suspensión              |
| 110    | 1 <sup>er</sup> elemento de suspensión |
| 111    | muelle                                 |
| 112    | amortiguador                           |
| 120    | 2° elemento de suspensión              |
| 121    | muelle                                 |
| 122    | amortiguador                           |
| 130    | objeto                                 |

| <b>Número</b> | <b>Parte</b>  |
|---------------|---|
| 131           | masa  |
| 132           | interfaz de acoplamiento                            |
| 140           | acoplamiento magnético                              |
| 141           | imán  |
| 142           | elemento cooperante magnéticamente                  |
| 200           | bastidor  |
| $x_1$         | posición del objeto en una coordenada de referencia |
| $x_2$         | posición del objeto en una coordenada de referencia |
| ED            | dirección de excitación                             |



**REIVINDICACIONES**

1. Una disposición de suspensión (100) para suspender un objeto (130) a un bastidor (200) y para protección contra fuerzas de excitación excesivas ( $F_e$ ) transmitidas entre el bastidor (200) y el objeto (130), comprendiendo la disposición (100):
  - 5 - un primer elemento de suspensión (110), que está configurado para suspender directamente el objeto (130) al bastidor (200),
  - un segundo elemento de suspensión (120), que está configurado para suspender el objeto (130) al bastidor (200),  
caracterizada por que
  - 10 - el segundo elemento de suspensión (120) está configurado para suspender el objeto (130) al bastidor (200) a través de un acoplamiento magnético (140) entre el objeto (130) y el segundo elemento de suspensión (120), y por que
  - 15 - el acoplamiento magnético (140) está configurado para proporcionar una fuerza de acoplamiento magnético ( $F_h$ ) para actuar como un umbral, en el que la disposición de suspensión (100) está configurada para desacoplar magnéticamente el segundo elemento de suspensión (120) del objeto (130) cuando la fuerza de excitación ( $F_e$ ) transmitida entre el bastidor (200) y el objeto (130) excede la fuerza de acoplamiento magnético ( $F_h$ ).
2. La disposición de suspensión (100) según la reivindicación 1, en la que el objeto (130) y el segundo elemento de suspensión (120) comprenden porciones de acoplamiento mutuo y en la que el acoplamiento magnético (140) comprende:
  - 20 - un imán permanente (141) conectado a cualquiera de dichas porciones de acoplamiento y
  - un elemento cooperante magnéticamente (142) con la otra porción de acoplamiento.
3. La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el segundo elemento de suspensión (120) tiene propiedades dinámicas diferentes a las del primer elemento de suspensión (110).
  - 25 - un elemento cooperante magnéticamente (142) con la otra porción de acoplamiento.
4. La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las propiedades dinámicas del primer (110) y el segundo elemento de suspensión (120) proporcionan una suspensión más rígida o mayor amortiguación, o ambas, que las propiedades dinámicas del primer elemento de suspensión (110) en solitario.
5. La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 4, en la que las propiedades dinámicas de los segundos elementos de suspensión (120) proporcionan una suspensión más rígida o mayor amortiguación, o ambas, que las propiedades dinámicas del primer elemento de suspensión (110).
6. La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer elemento de suspensión (110) o el segundo elemento de suspensión (120), o ambos, comprenden:
  - 35 - un muelle (111, 112), o
  - un amortiguador (121, 122), o
  - un resorte (111, 112) y un amortiguador (121, 122).
7. La disposición de suspensión (100) según la reivindicación 6, en la que:
  - 40 - la constante de amortiguación ( $c_2$ ) del amortiguador (122) del segundo elemento de suspensión (120) es mayor que la constante de amortiguación ( $c_1$ ) del amortiguador (112) del primer elemento de suspensión (110), o
  - la constante elástica ( $k_2$ ) del muelle (121) del segundo elemento de suspensión (120) es mayor que la constante elástica ( $k_1$ ) del muelle (111) del primer elemento de suspensión (110), o
  - 45 - la constante de amortiguación ( $c_2$ ) del amortiguador (122) del segundo elemento de suspensión (120) es menor que la constante de amortiguación ( $c_1$ ) del amortiguador (112) del primer elemento de suspensión (110), mientras que la constante elástica ( $k_2$ ) del muelle (121) del segundo elemento de suspensión (120) es mayor que la constante elástica ( $k_1$ ) del muelle (111) del primer elemento de suspensión (110) o

- la constante de amortiguación ( $c_2$ ) del amortiguador (122) del segundo elemento de suspensión (120) es mayor que la constante de amortiguación ( $c_1$ ) del amortiguador (112) del primer elemento de suspensión (110), mientras que la constante elástica ( $k_2$ ) del muelle (121) del segundo elemento de suspensión (120) es menor que la constante elástica ( $k_1$ ) del muelle (111) del primer elemento de suspensión (110) o
- 5 - tanto la constante de amortiguación ( $c_2$ ) del amortiguador (122) del segundo elemento de suspensión (110) como la constante elástica ( $k_2$ ) del muelle (121) del segundo elemento de suspensión (120) son mayores que la constante de amortiguación ( $c_1$ ) del amortiguador (112) del primer elemento de suspensión (110) y la constante elástica ( $k_1$ ) del muelle (111) del primer elemento de suspensión (110), respectivamente.
- 10 **8.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las fuerzas de excitación ( $F_e$ ) se producen en una dirección de excitación (ED), estando los elementos de suspensión (110, 120) configurados para suspender el objeto (130) en la dirección de excitación (ED).
- 9.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer elemento de suspensión (110) está configurado para suspender permanentemente el objeto (130) al bastidor (200).
- 15 **10.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer elemento de suspensión (110) está configurado para soportar la carga de la masa (131) provocada por la gravedad y el segundo elemento de suspensión (120) está configurado para transportar únicamente cargas dinámicas hasta que la fuerza de excitación ( $F_e$ ) exceda la fuerza de acoplamiento magnético ( $F_h$ ), durante cuyo período el primer elemento de suspensión (110) está configurado para soportar la carga dinámica hasta que se vuelve a acoplar el acoplamiento magnético.
- 20 **11.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la fuerza de acoplamiento magnético ( $F_h$ ) es mayor que cualquier fuerza de fricción estática dentro del acoplamiento magnético (140).
- 25 **12.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11 anteriores, en la que la fuerza de acoplamiento magnético ( $F_h$ ) es mayor que cualquier fuerza de fricción estática entre el imán permanente (141) y el elemento cooperante magnéticamente (142) del acoplamiento magnético (140).
- 13.** La disposición de suspensión (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la disposición de suspensión (100) comprende una pluralidad de disposiciones de suspensión (100) como se define por cualquiera de las reivindicaciones anteriores en serie conectadas entre sí de manera que las fuerzas de acoplamiento magnético ( $F_h$ ) entre las disposiciones de suspensión (100) varían para proporcionar diferentes umbrales para desacoplar los acoplamientos magnéticos (140) bajo diferentes cargas.
- 30

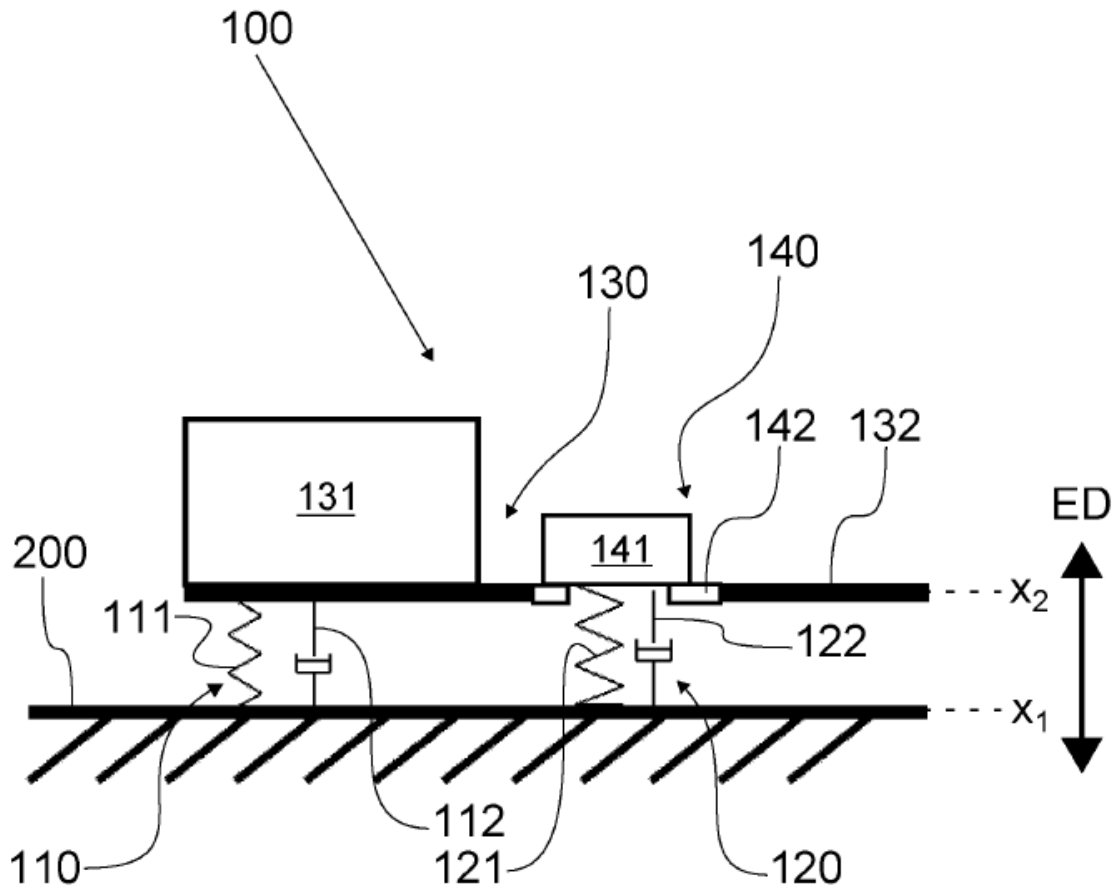


FIG. 1

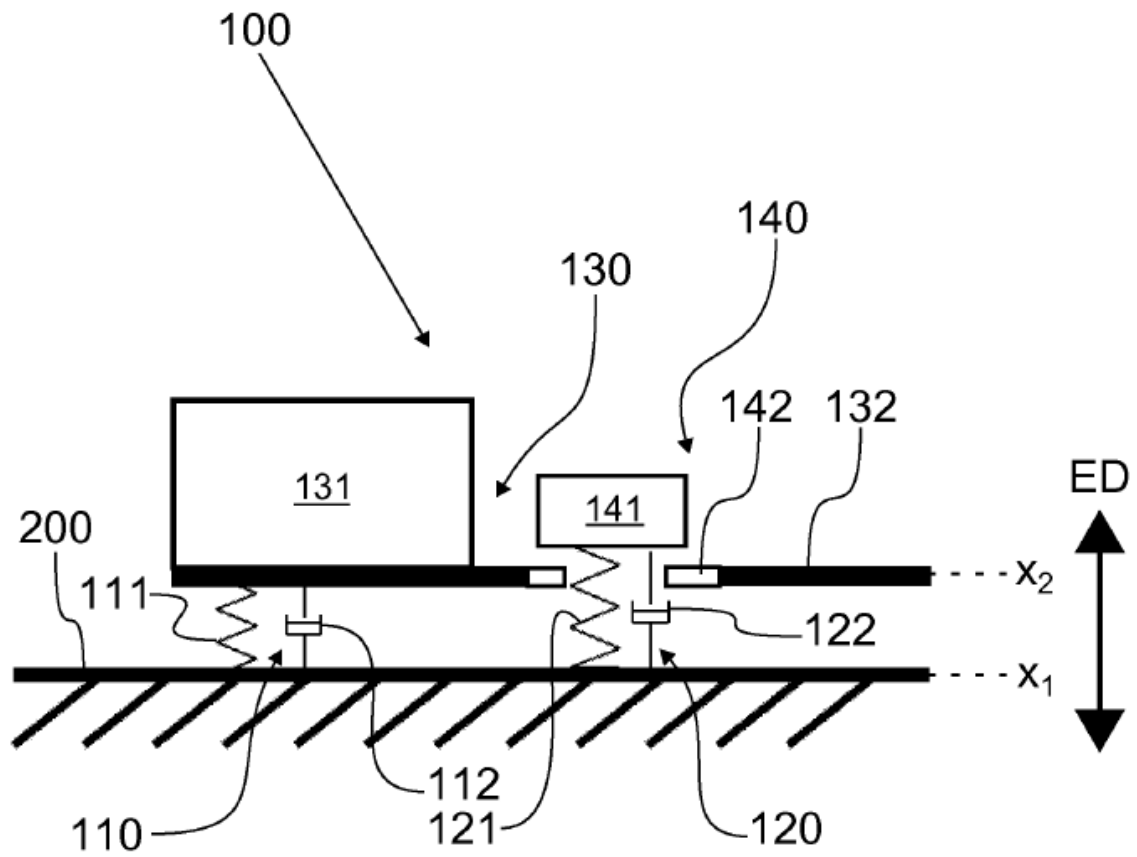


FIG. 2

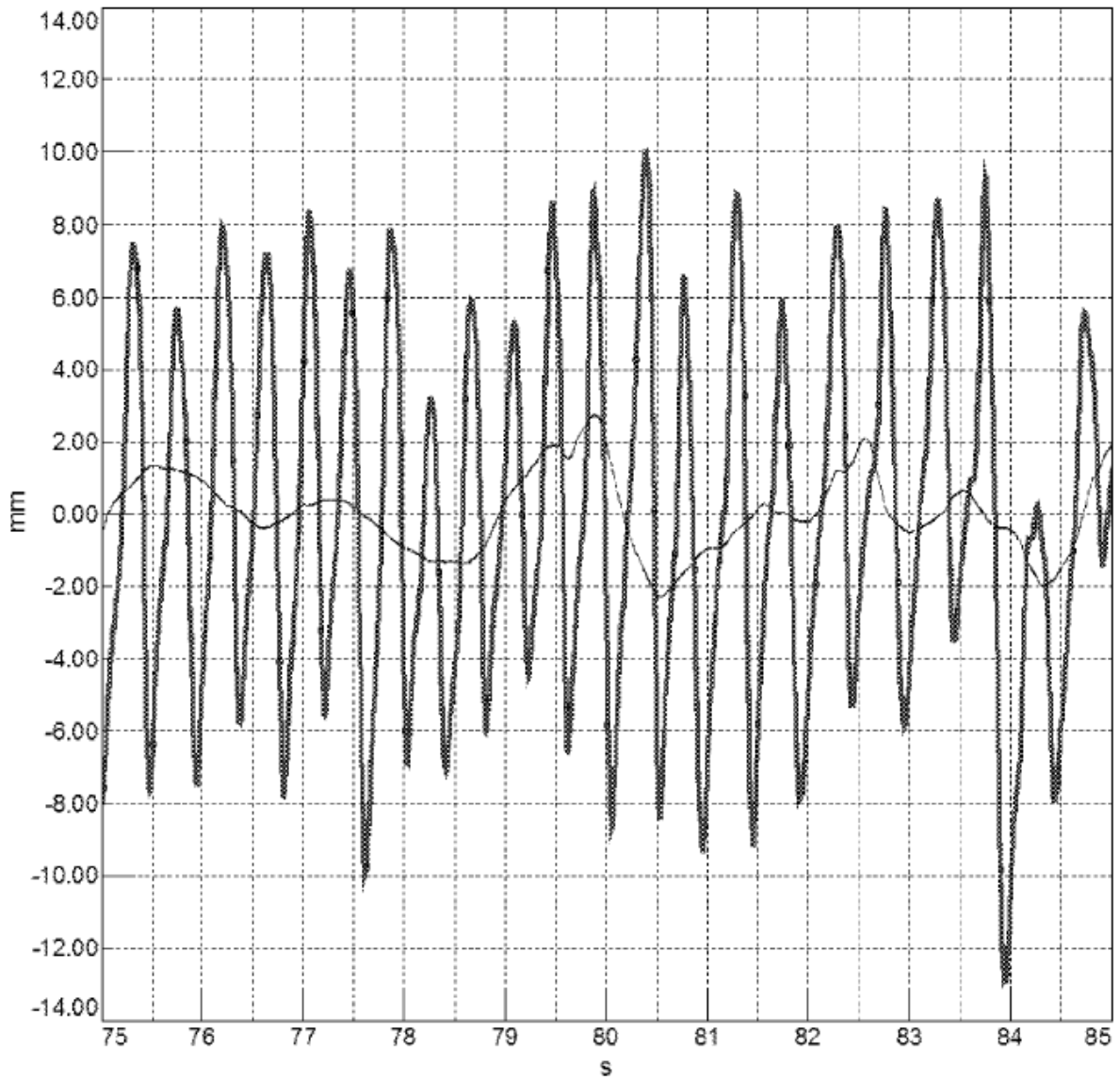


FIG. 3a

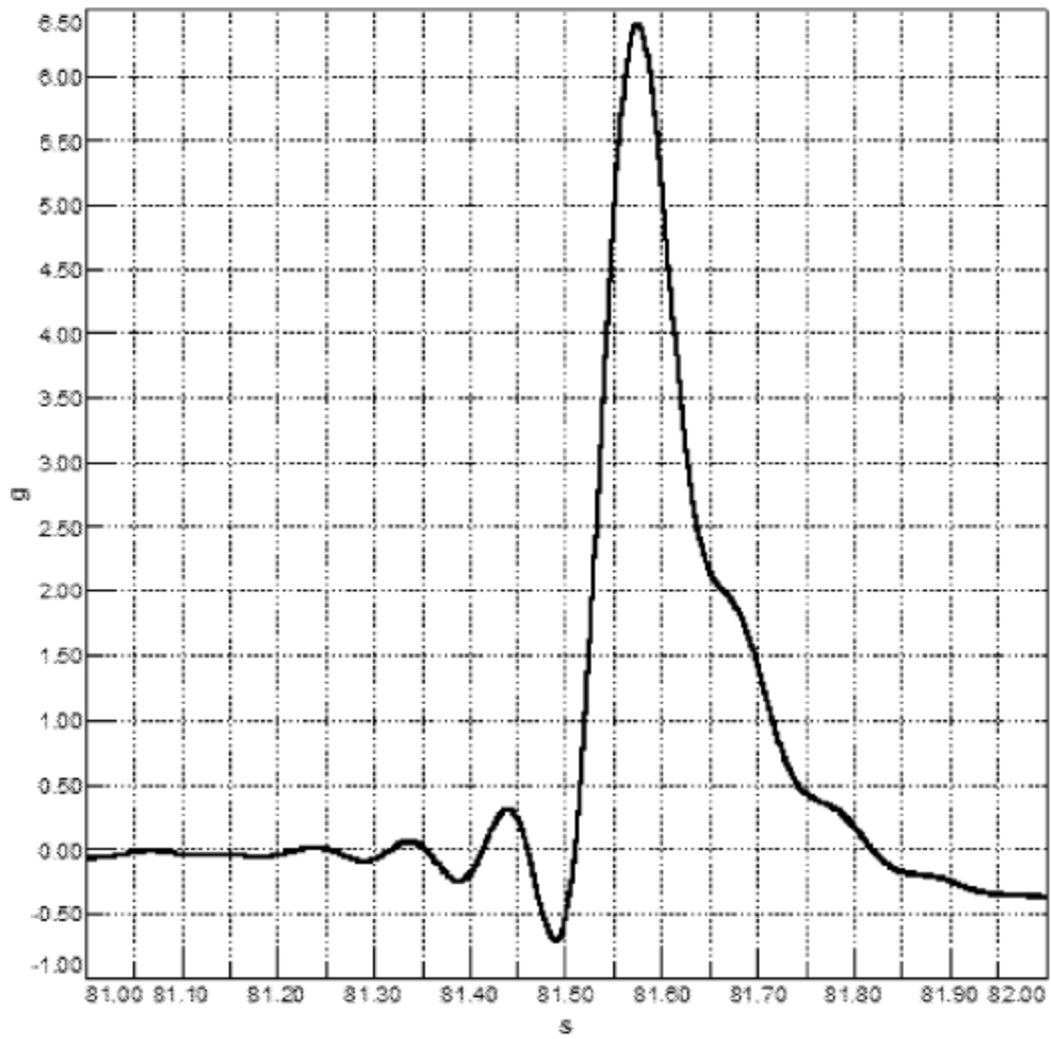


FIG. 3b

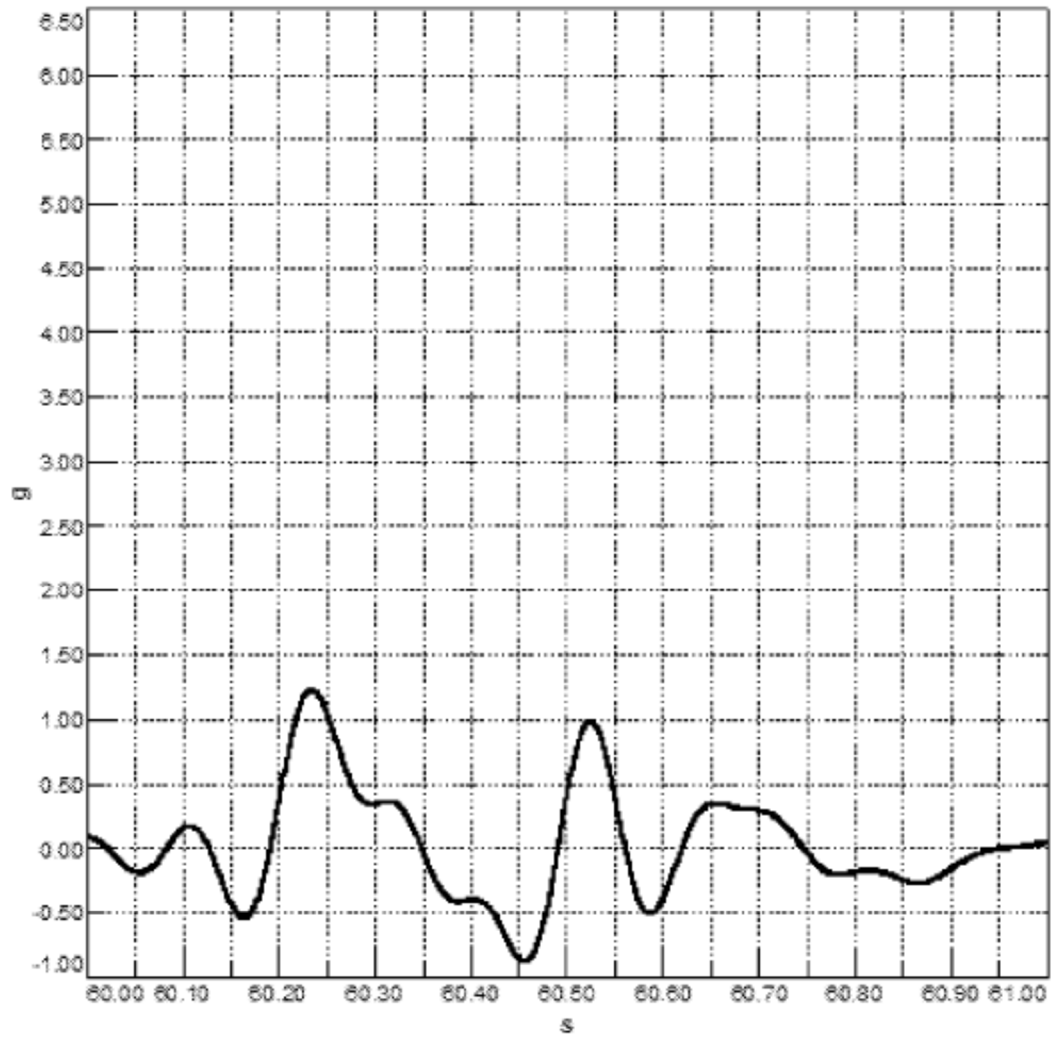


FIG. 3c

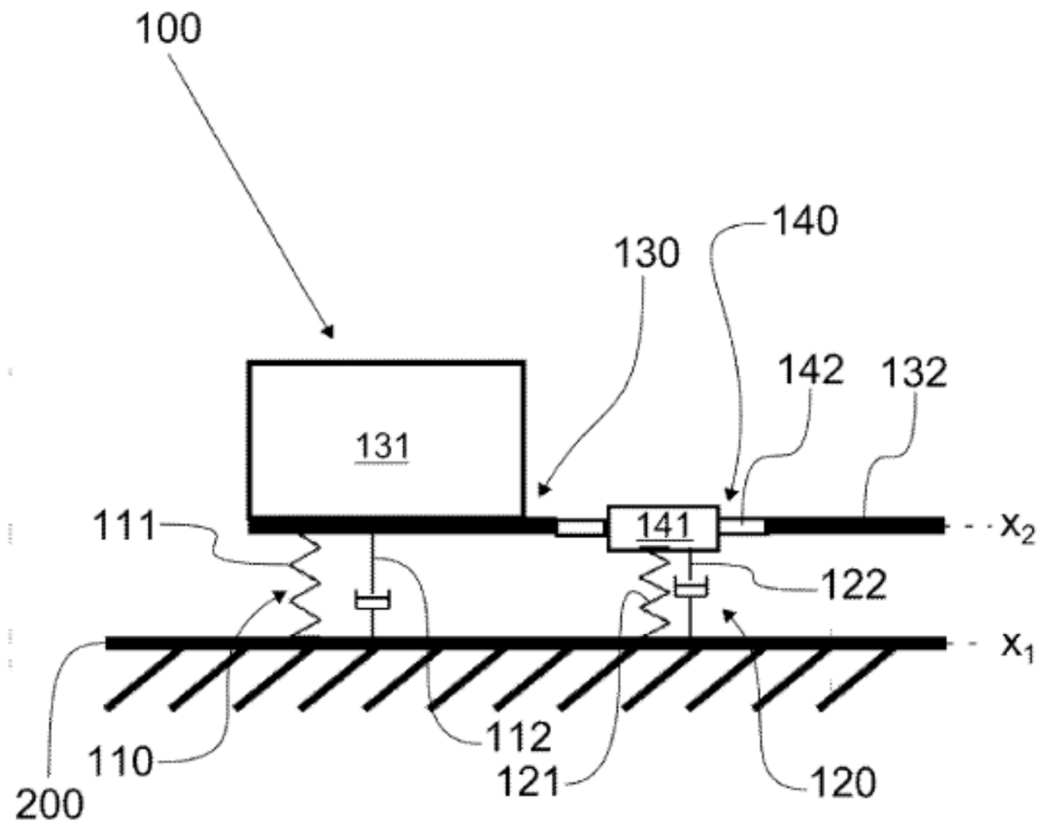


FIG. 4a



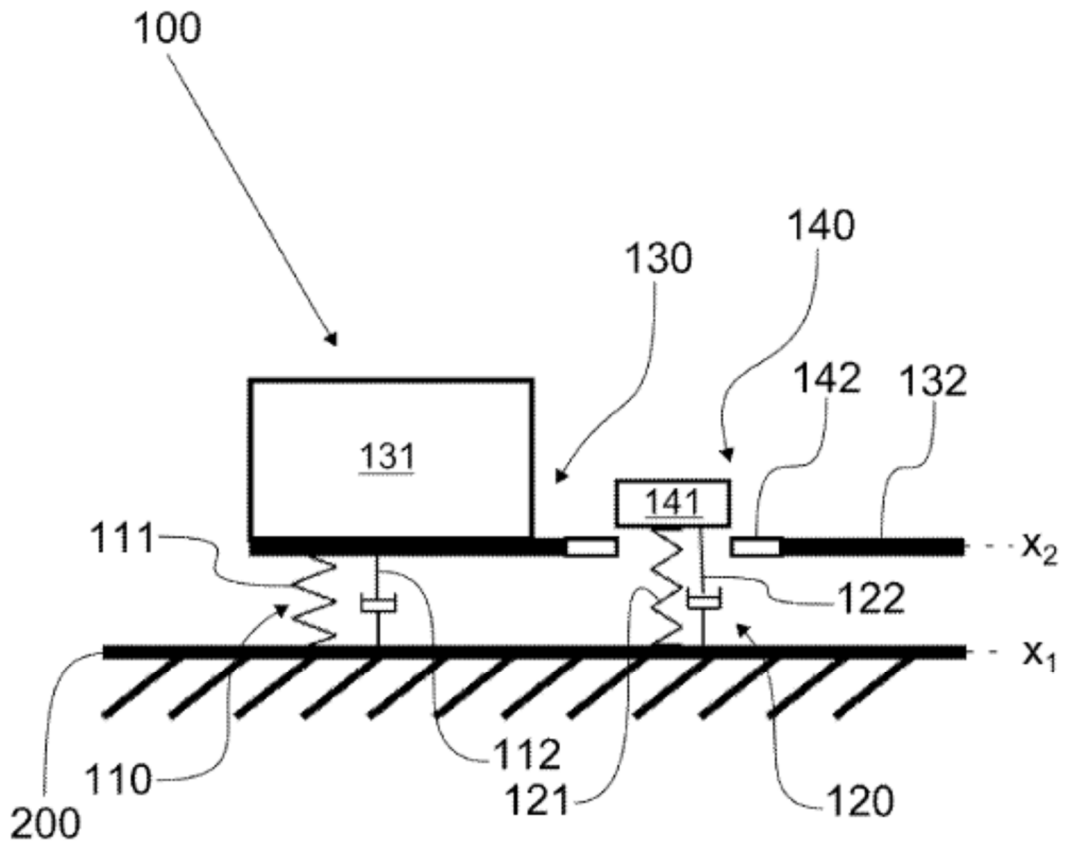


FIG. 4b

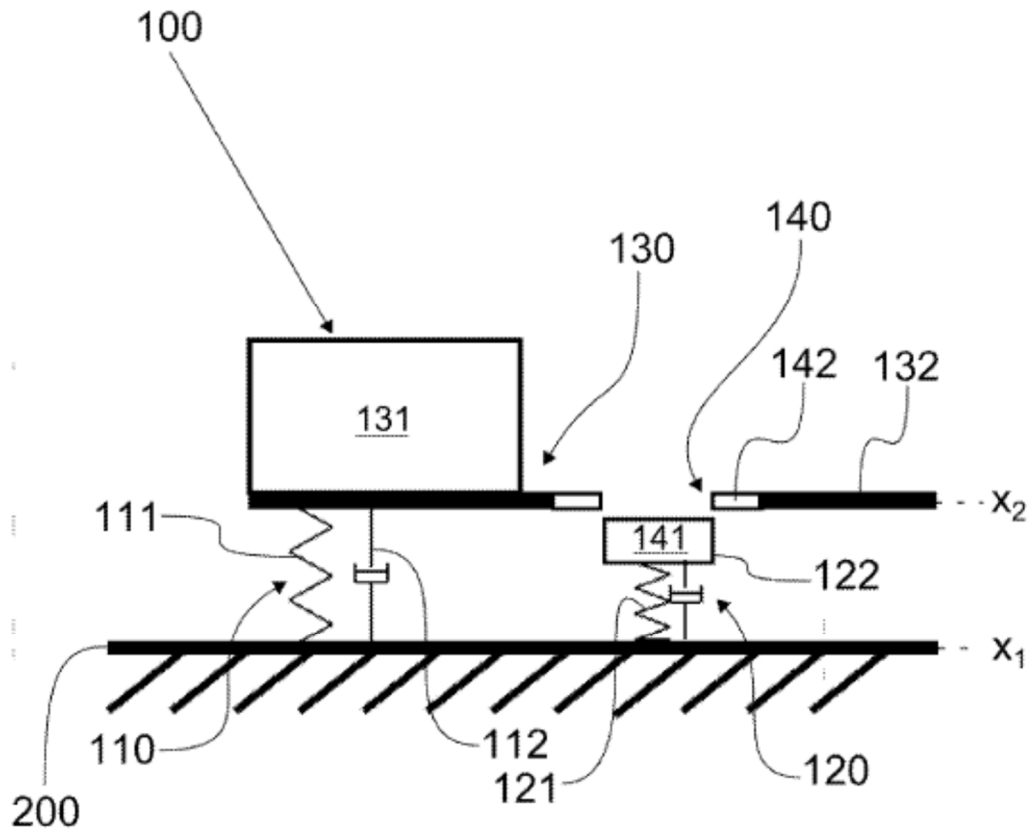


FIG. 4c

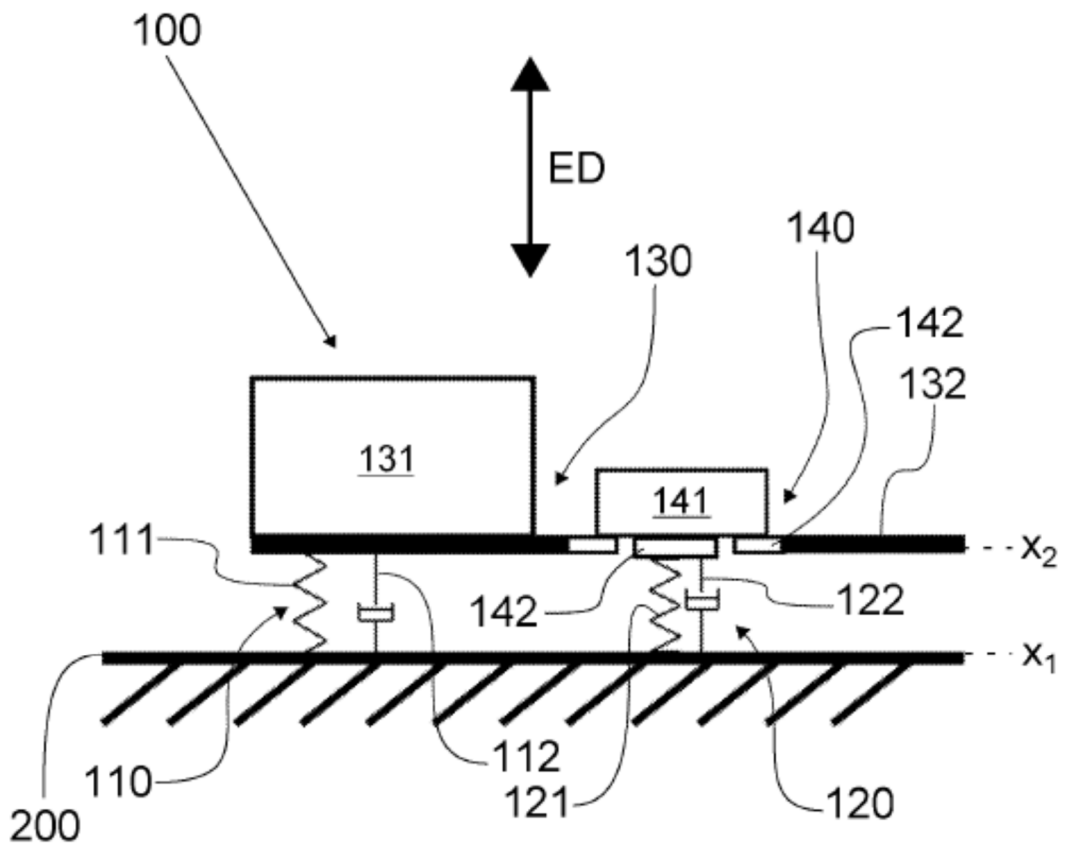


FIG. 5a

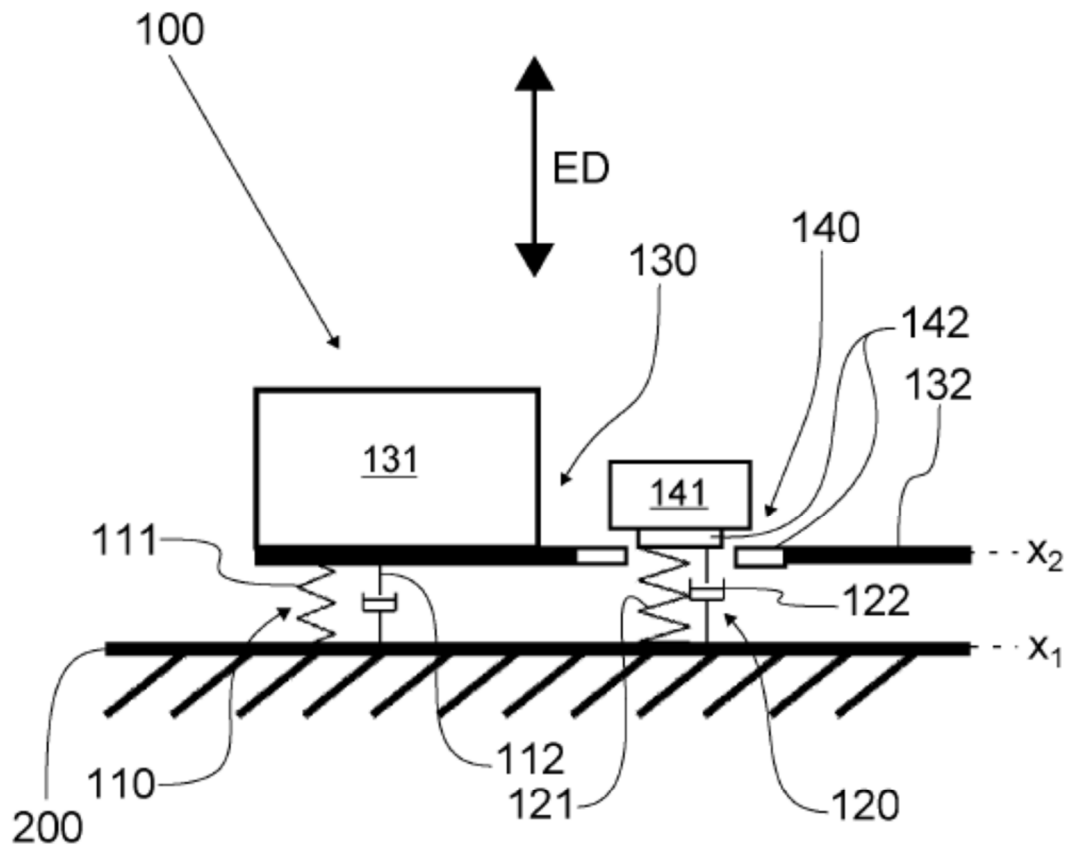


FIG. 5b

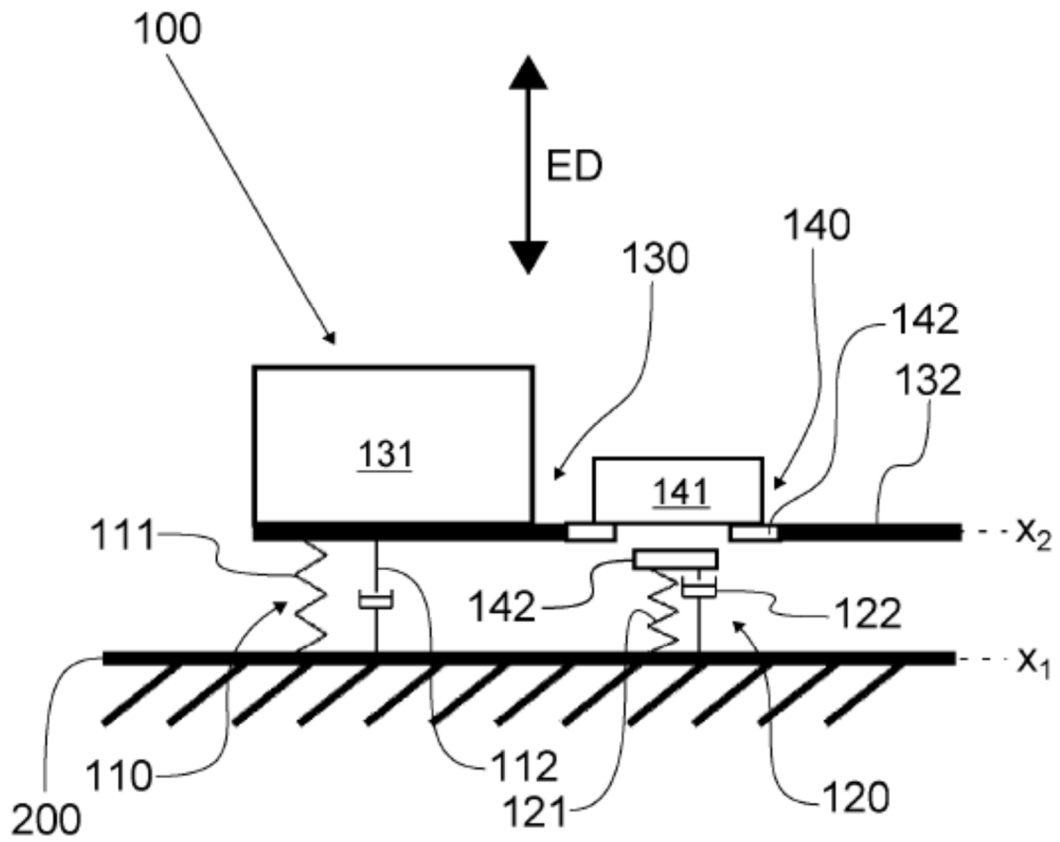


FIG. 5c

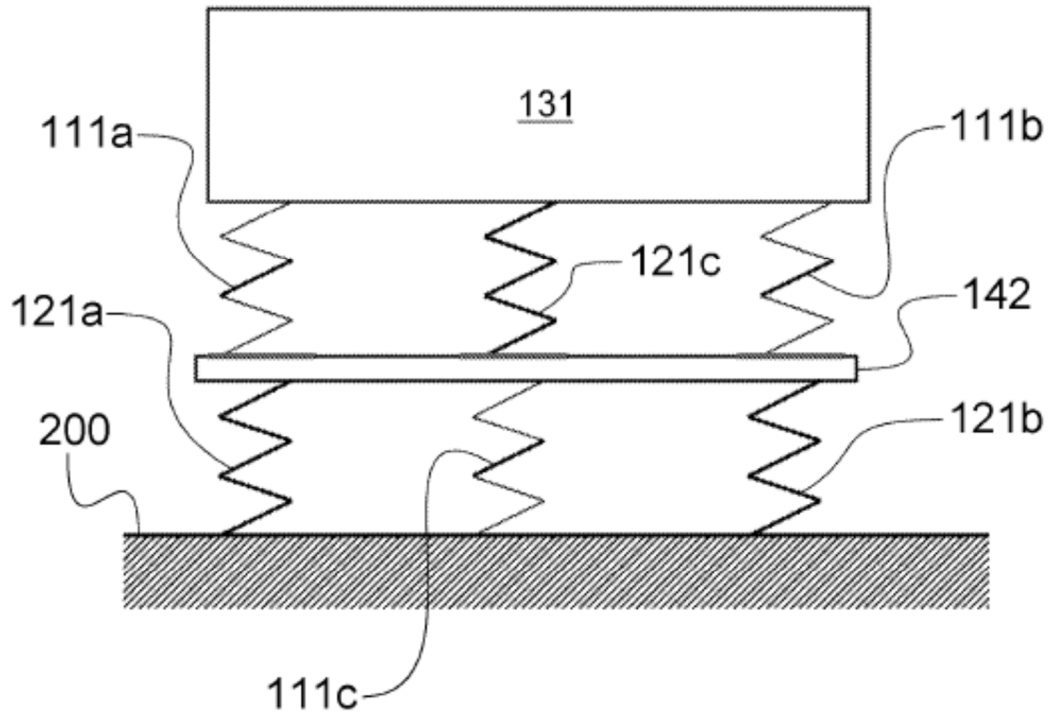


FIG. 6a

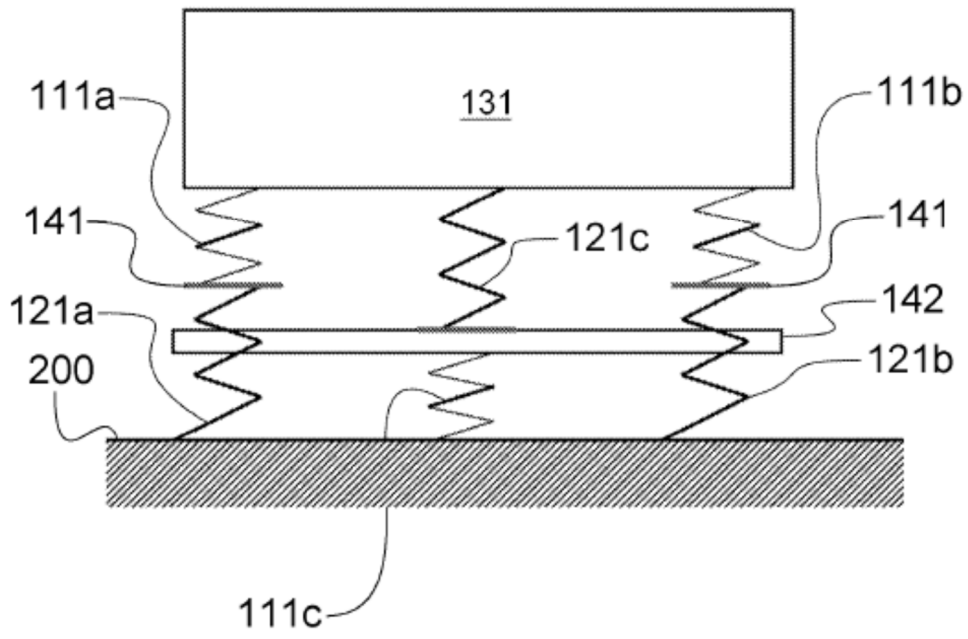


FIG. 6b

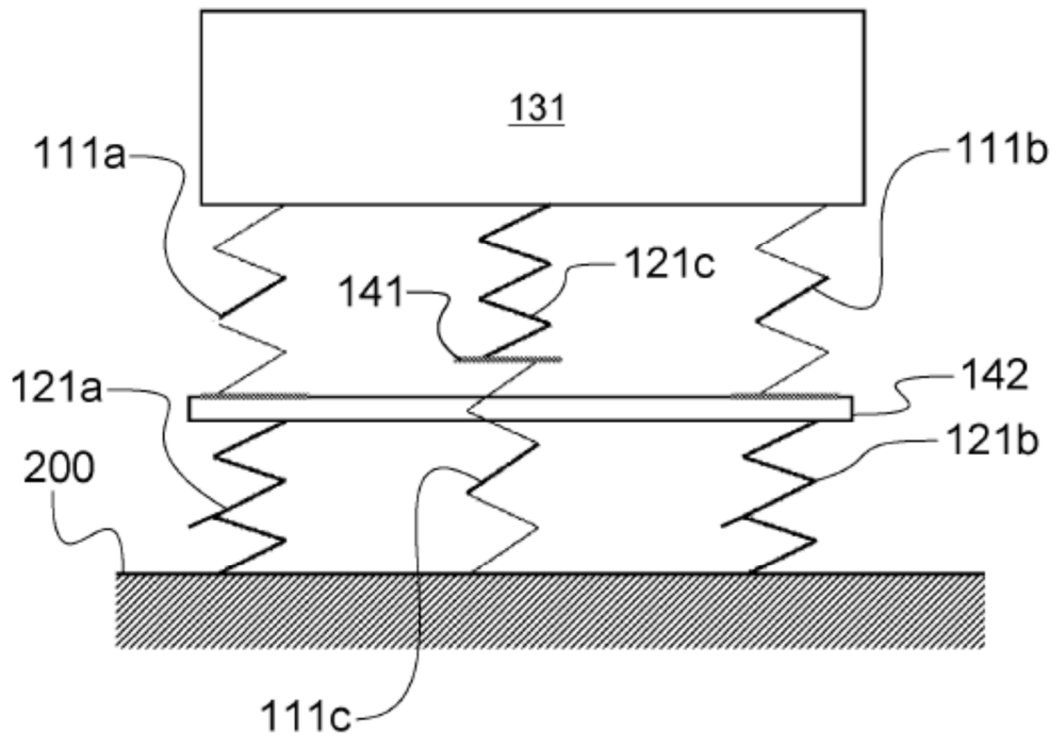


FIG. 6c



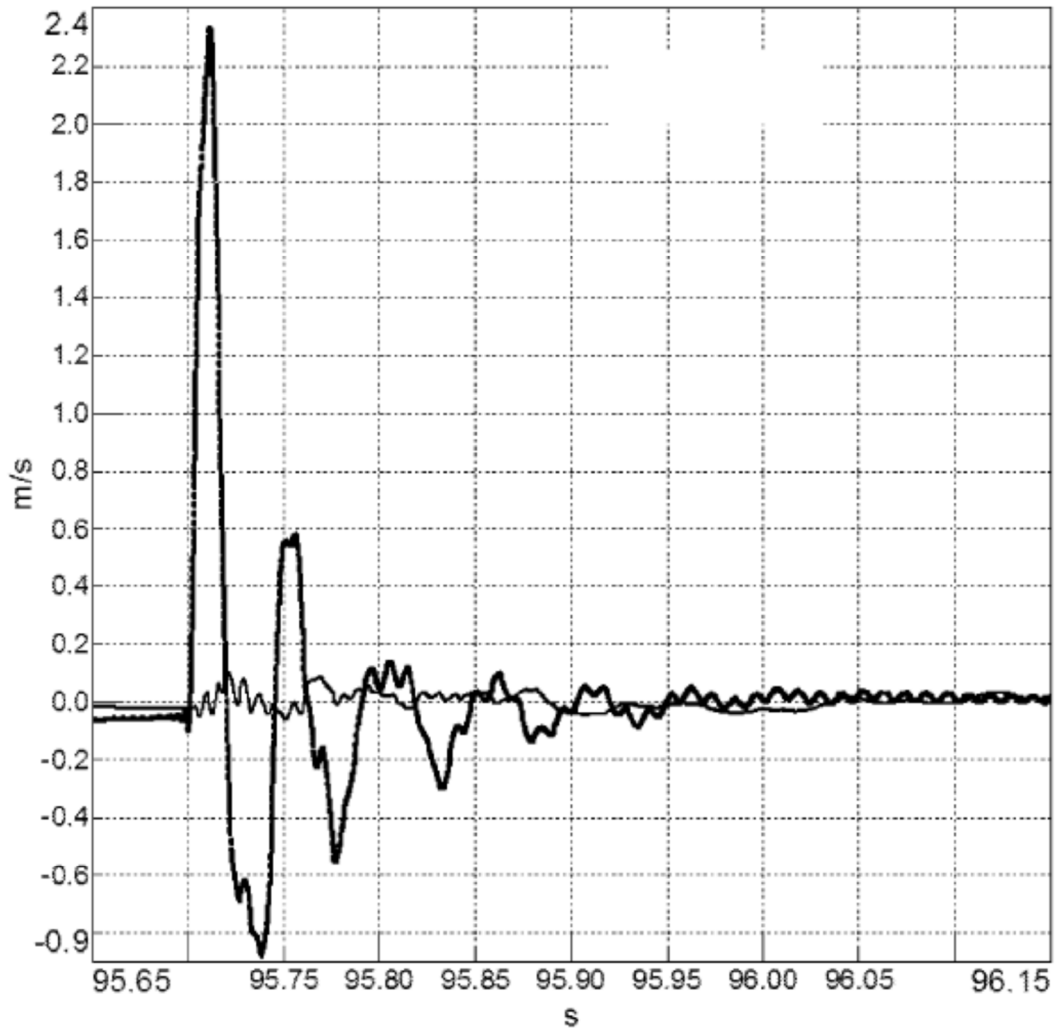


FIG. 7