

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 720**

51 Int. Cl.:

F16F 7/12 (2006.01)

B32B 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2016** **E 16382622 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019** **EP 3339677**

54 Título: **Estructura de absorción de energía para atenuar la energía transmitida por una fuente de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.07.2020

73 Titular/es:

AIRBUS OPERATIONS, S.L. (100.0%)
Avda. John Lennon s/n
28906 Getafe Madrid, ES

72 Inventor/es:

MARTINO GONZÁLEZ, ESTEBAN y
TORAL VAZQUEZ, JAVIER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 773 720 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura de absorción de energía para atenuar la energía transmitida por una fuente de energía

Campo de la invención

La presente invención se refiere a estructuras capaces de absorber energía procedente de fuentes de energía tales como un impacto mecánico o acústico o una vibración acústica o mecánica.

5 Antecedentes

En la industria aeronáutica existe la necesidad de estructuras capaces de resistir impactos mecánicos y se conocen varias propuestas dirigidas a satisfacerlas. Por ejemplo, el documento ES 2 398 287 A1 describe una pieza de fuselaje de aeronave resistente al impacto y tolerante al daño que comprende un revestimiento, una pluralidad de cuadernas dispuestas perpendicularmente al eje longitudinal del fuselaje y también un cajón longitudinal superior entero, con o sin divisiones internas, y un cajón longitudinal inferior, con o sin divisiones internas, que están configurados para formar
10 junto con el revestimiento una estructura multi-celular perteneciendo en cada celda el lado exterior al revestimiento y los lados interiores a dichos cajones longitudinales. Dicha pieza también comprende una pluralidad de vigas laterales que están interconectadas con dichas cuadernas para formar con el revestimiento una unidad estructural. Dichos componentes están dimensionados de manera que la aeronave pueda hacer frente a, por ejemplo, impactos mecánicos
15 de piezas desprendidas de los motores de la aeronave manteniendo un número suficiente de celdas cerradas.

En cuanto a los impactos acústicos ES 2 211 586 A1 describe el uso de paneles micro-perforados (MPP's) para revestimientos en medios de transporte, tales como automóviles, trenes, barcos y aeronaves. Se trata de paneles de grosor t en el rango $0.2 \leq t \leq 5$ mm, con perforaciones de diámetro d en el rango $0.05 \leq d \leq 2$ mm, y porcentajes de perforación p en el rango $0.2 \leq p \leq 4\%$. La cavidad de aire, en este caso, puede estar rellena de material esponjoso
20 o guata.

Así pues, en la técnica conocida las soluciones propuestas para hacer frente a impactos mecánicos y acústicos son muy diferentes. Son deseables, sin embargo, soluciones estructuralmente similares para ambos tipos de impactos.

Es conocido el documento FR2971233 que divulga que el sustrato tiene un revestimiento superior y un revestimiento inferior que están separados por una estructura tipo panal de abeja que comprende un conjunto de celdas tubulares con un patrón periódico, donde las celdas tubulares tienen una forma hexagonal regular o cóncava. Una de las celdas
25 tubulares está provista de un elemento amortiguador que ocupa el interior de la celda tubular. El elemento amortiguador está hecho de material polimérico, por ejemplo, espuma o gel. Cada celda tubular tiene una sección en un plano paralelo al plano principal de los revestimientos.

También se conoce el documento US2006208135 que divulga los sistemas y métodos para reducir el ruido en los fuselajes de las aeronaves y otras estructuras que se describen aquí. Un sistema de reducción de ruido configurado de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención incluye un núcleo auxético, una capa de amortiguación y una
30 capa limitante. En este ejemplo de realización, el núcleo auxético está soportado por un miembro estructural, y la capa de amortiguación se encuentra entre el núcleo auxético y la capa limitante. Un método para fabricar un ensamblaje

estructural de acuerdo con otro ejemplo de realización de la invención incluye la formación de un refuerzo por la colocación de una primera capa de material compuesto contra una primera superficie del molde, la colocación de material de amortiguación contra la primera capa, y colocar una segunda capa de material compuesto contra el material de amortiguación para intercalar el material de amortiguación entre la primera y la segunda capa. El método puede incluir además la formación de un revestimiento mediante la colocación de una tercera capa de material compuesto contra una segunda superficie del molde desplazada de la primera superficie del molde, y fijando el refuerzo al revestimiento mediante el co-curado de la primera, segunda y tercera capa de material compuesto.

También se conoce un documento que divulga un aparato estibable que soporta la carga y que tiene al menos dos tiras biestables. Cada una de las tiras bi-estables se alterna entre una disposición estable extendida que tiene linealidad longitudinal y curvatura lateral y una disposición enrollada que tiene curvatura longitudinal y linealidad lateral. Las dos tiras bi-estables están entrelazadas en la disposición enrollada, tienen una curvatura lateral opuesta en relación a la otra cuando están en la disposición extendida y cuando se extienden se dirigen a una alineación de carga mediante un elemento de la alineación estructural.

Sumario de la invención

La invención proporciona una estructura de absorción de energía para atenuar la energía procedente de una fuente de energía que comprende una estructura deformable formada por un conjunto de una o más primeras capas de un material con un coeficiente de Poisson positivo, una o más segundas capas de un material con un coeficiente de Poisson negativo y una o más terceras capas de un material elastómero situadas entre una primera y una segunda capa. El conjunto debe estar dispuesto con una o más terceras capas unidas a primeras y segundas capas para absorber al menos parte de dicha energía a través de esfuerzos de cortadura o de la combinación de fuerzas de tracción y compresión como consecuencia de su diferente deformación al estar sometidas a una fuente de energía.

La energía recibida por la estructura de absorción de energía puede ser la energía transmitida por un impacto acústico o mecánico aplicado perpendicularmente sobre la superficie de la estructura de absorción de energía o vibraciones acústicas o mecánicas transmitidas a la estructura de absorción de energía bien directamente o bien por medio de elementos de transmisión.

En una realización las primeras y segundas capas están formadas por una pluralidad de elementos interconectados definiendo entre ellos primeras y segundas celdas con forma de, respectivamente prismas hexagonales regulares y prismas hexagonales re-entrantes.

En un grupo de realizaciones la estructura deformable está dispuesta en forma de barra entre primeros y segundos elementos de transmisión de cargas.

En un grupo de realizaciones la estructura deformable está dispuesta en forma de una membrana soportada por primeros y segundos elementos de soporte.

En un grupo de realizaciones la estructura deformable está dispuesta en forma de una placa soportada por elementos de soporte.

En otra realización la estructura de absorción de energía está dispuesta en forma de sándwich con dos estructuras deformables y un núcleo interno entre ellas.

- 5 Otras características deseables y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención y de las reivindicaciones adjuntas, en relación con los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Las Figuras 1a y 1b son vistas en sección transversal de cuerpos de dos materiales usados en las estructuras de la presente invención ilustrando su diferente comportamiento de deformación. En el material mostrado en la Figura 1a (con un coeficiente de Poisson positivo) una extensión en la dirección de las flechas T produce una contracción en una dirección perpendicular mientras que en el material mostrado en la Figura 1b (con un coeficiente de Poisson negativo) una extensión en la dirección de las flechas T también produce una extensión en una dirección perpendicular.

- 15 La Figura 2a es una vista en perspectiva de una primera celda de una estructura deformable según la invención y la Figura 2b es una vista en perspectiva de la primera celda después de ser sometida a una fuerza F. Las Figuras 3a y 3b son vistas en sección de las Figuras 2a y 2b por el plano A-A'. Las Figuras 4a, 4b y 5a, 5b son vistas en sección de las Figuras 2a y 2b por los planos B-B' y C-C'.

- 20 La Figura 6a es una vista en perspectiva de una segunda celda de una energía de absorción de la estructura según la invención y la Figura 6b es una vista en perspectiva de la segunda celda después de ser sometida a una fuerza F. Las Figuras 7a y 7b son vistas en sección de las Figuras 6a y 6b por el plano A-A'.

Las Figuras 8a-10b son vistas de estructuras de absorción de energía con forma aplanada según la invención dispuestas en forma de barra entre un primer y un segundo elemento de transmisión de carga que ilustran sus deformaciones después de ser sometidas a una fuerza F en vistas en sección según el plano A-A.

- 25 Las Figuras 11a-13b son vistas de estructuras de absorción de energía según la invención que tienen una sección cerrada dispuestas en forma de barra entre un primer y un segundo elemento de transmisión de carga, incluyendo vistas en sección por el plano A-A, que ilustran sus deformaciones después de ser sometidas a una fuerza F.

Las Figuras 14a-14c son vistas esquemáticas en sección de estructuras aeronáuticas que incluyen estructuras de absorción de energía según la invención.

- 30 Las Figuras 15a, 16, 17, 18a son vistas en perspectiva de estructuras de absorción de energía de tipo membrana según la invención. Las Figuras 15b y 15c son vistas en perspectiva de las celdas mostradas en la Figura 15a

antes y después de la deformación. Las Figuras 18b y 18c son vistas en perspectiva de las celdas que se muestran en la Figura 18a antes y después de la deformación.

Las Figuras 19a y 19b son vistas en perspectiva de estructuras de absorción de energía de tipo placa según la invención.

- 5 La Figura 20 es una vista en sección de una estructura de absorción de energía de tipo sándwich según la invención y las Figuras 20b y 20c son vistas en sección de la Figura 20 por el plano A-A ilustrando dos realizaciones del núcleo del sándwich.

Descripción detallada de la invención

Las celdas de la estructura deformable

- 10 Una celda típica 17 de las estructuras deformables utilizadas en las estructuras de absorción de energía de la invención está formada por un conjunto de una capa 21 de un material que tiene un coeficiente de Poisson positivo (en adelante, una primera capa 21), una capa 23 de un material que tiene un coeficiente de Poisson negativo (en adelante una segunda capa 23) y una capa de un material elastomérico 25 (en adelante, una tercera capa 25) entre ellas, estando la tercera capa 25 unida a la primera y a la segunda capa 21, 23.
- 15 En una realización, la primera capa 21 tiene una configuración en forma de panal en la que sus celdas huecas 13 (ver Fig. 1a) con forma de prismas hexagonales regulares están delimitadas por una pluralidad de elementos interconectados 11. Una extensión en la dirección de las flechas T produce una contracción en una dirección perpendicular. Una contracción en la dirección de las flechas T produce una extensión en una dirección perpendicular.
- 20 Por su parte, la segunda capa 23 tiene una configuración en forma de panal en el que sus celdas huecas 14 (ver Fig. 1b) con forma de prismas hexagonales "re-entrante" están delimitadas por una pluralidad de elementos interconectados 12. Una extensión en la dirección de las flechas T produce una extensión en una dirección perpendicular. Una contracción en la dirección de las flechas T produce una contracción en una dirección perpendicular.
- 25 La magnitud del coeficiente de Poisson (positivo o negativo) de estas capas 21, 23 depende del ángulo α que se muestra en las Figuras 1a, 1b y por lo tanto su configuración se puede adaptar a las necesidades específicas de la estructura eligiendo un valor apropiado para el ángulo α .

- 30 Cuando se somete a una fuerza F producida por una fuente de energía, la celda 17 se convierte en una celda deformada 17' (ver Figs. 2a-5b). La primera capa 21 cambia a una primera capa deformada 21' que se extiende en la dirección de la fuerza F y se contrae en una dirección perpendicular. La segunda capa 23 cambia a una segunda capa deformada 23' que se extiende en la dirección de la fuerza F y también en una dirección perpendicular. En consecuencia, la tercera capa 25 cambia a una tercera capa deformada 25' como resultado de

las fuerzas de cortadura (representadas con flechas simples en la Fig. 3b) en direcciones opuestas que se producen en sus interfaces con las capas deformadas 21', 23' absorbiendo parte de la energía recibida por la celda 17.

5 En la realización mostrada en las Figuras 6a-6b la celda 19 es similar a la celda 17, excepto en que la tercera capa es una capa discontinua formada por dos segmentos 25a, 25b en lugar de la capa continua 25 de la celda 17. Con respecto a la celda 17, en la celda 19 se deforma una mayor parte de la capa elastomérica por cortadura (en la celda 17 la deformación de la parte media de la capa elastomérica es muy pequeña).

Estructuras de absorción de energía de tipo barra

10 En el sentido de esta invención, una estructura de absorción de energía de tipo barra es una estructura deformable unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de carga, transmitiendo uno de ellos una fuerza de una fuente de energía, proporcionando el otro una fuerza de reacción.

15 En una realización (ver Figura 8a) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 31 formada por un conjunto de una primera, una segunda y una tercera capa planas 21, 23, 25 unidas a un primer y un segundo elemento de transmisión de cargas 41, 43. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción y compresión.

20 En otra realización (ver Figuras 8b-8c) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 32, formada por un conjunto de una primera y una segunda capa plana 21, 23 y una tercera capa discontinua formada por dos segmentos 25a, 25b, unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de cargas 41, 43. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción y compresión.

En otra realización (ver Figura 9a) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 33, formada por un conjunto de dos primeras capas planas 21, tres segundas capas planas 23 y cuatro terceras capas planas 25, unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de cargas 41, 43. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de compresión.

25 En otra realización (véase la Figura 9b) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 33, formada por un conjunto de tres primeras capas planas 21, dos segundas capas planas 23 y cuatro terceras capas planas 25 unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de cargas 41, 43. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción.

30 Las realizaciones ilustradas en las Figuras 9c y 9d son similares a las mostradas en las Figuras 9a y 9b sustituyendo las terceras capas continuas 25 por terceras capas discontinuas formadas por dos segmentos 25a, 25b.

En las realizaciones ilustradas en las Figuras 9a a 9d se disipa una mayor cantidad de energía en el material elastomérico que en las realizaciones ilustradas en las Figuras 8a-8c.

En otra realización (ver Figuras 10a, 10b) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 35 formado por una pluralidad de capas 28, 29 con segmentos alternados de primeras y segundas capas 21, 23 y terceras capas discontinuas 25 que tienen segmentos separados 26 unidos por un lado a un segmento de una primera capa 21 y por el otro lado a un segmento de la segunda capa 23. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción y compresión. Cabe señalar que en este caso se disipa una gran cantidad de energía en el material elastomérico sin deformación externa.

En otra realización (ver Figuras 11a-11b) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 36 formada por un conjunto de una primera capa 21 en forma de caja (que puede ser la capa exterior o la capa interior del conjunto), una tercera capa 25 en forma de caja y una segunda capa 23 en forma de caja (que puede ser la capa interior o la capa exterior del conjunto). Como la estructura deformable 36 tiene una sección cerrada la deformación del material elastomérico se debe a una combinación de fuerzas de tracción y de compresión (no de cortadura). Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción y compresión.

En otra realización (ver Figuras 12a-12b) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 37 formada por un conjunto de una segunda capa 23 de forma tubular como la capa exterior del conjunto, una tercera capa de forma tubular 25 como la capa intermedia y una primera capa 21 de forma tubular como la capa interior del conjunto. Se muestra el comportamiento de la estructura de absorción de energía sometida a fuerzas de tracción y compresión.

En otra forma de realización (ver Figuras 13a-13b) la estructura de absorción de energía comprende una estructura deformable 38 formada por un conjunto de una segunda capa 23 con forma de rollo como la capa exterior del conjunto, una tercera capa 25 con forma de rollo como la capa intermedia y una primera capa 21 con forma de rollo como la capa interior del conjunto. La sección enrollada de las capas hace que la deformación del material elastomérico sea el resultado de una combinación de fuerzas de tracción, compresión y cortadura que proporciona una absorción de energía adicional.

Como un ejemplo industrial de las estructuras antes mencionadas, la Fig. 14a muestra una estructura de absorción de energía de tipo barra formada por una estructura deformable 31 unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de carga 41, 43 conectados, respectivamente, a un motor de aeronave 61 y a una estructura de soporte 63 de la aeronave. La estructura deformable 31 está sometida a una fuerza de $F(t)$ debida a cualquier causa (por ejemplo, un impacto mecánico) y debe absorber parte de ella de modo que la fuerza de salida $F'(t)$ transmitida a la estructura de soporte de la aeronave sea aceptable. En otras palabras, si el valor del factor de transmisibilidad $Tr = F'(t)/F(t)$ (que depende de las características de la estructura deformable) es aceptable. Conociendo el rango de variación de $F(t)$ se puede seleccionar una estructura deformable apropiada (bien la estructura deformable 31 mencionada anteriormente u otra estructura deformable según la invención) para lograr el factor de transmisibilidad deseado Tr .

La Figura 14b muestra otro ejemplo industrial en el que la estructura deformable 31 está unida a un primer y un segundo elemento de transmisión de carga 41, 43. El elemento de transmisión 43 está unido a la estructura de soporte 63 de la aeronave y el elemento de transmisión 41 está cerca de un motor de aeronave 61. La estructura deformable 31 está sometida una fuerza $F(t)$ debida a una vibración mecánica o acústica causada por el motor de aeronave 61.

La Figura 14c muestra otro ejemplo industrial en el que un conjunto de tres estructuras deformables 31 está unido un primer y un segundo elemento de transmisión de carga 41, 43. El elemento de transmisión 43 está unido a la estructura de soporte 63 de la aeronave y el elemento de transmisión 41 está cerca de un motor de aeronave 61. Las tres estructuras deformables 31 están sometidas a una fuerza $F(t)$ debida a una vibración mecánica o acústica causada por el motor de aeronave 61.

La estructura deformable 31 mencionada anteriormente (y de manera similar otras estructuras deformables) se puede utilizar por tanto como un dispositivo amortiguador pasivo de la vibración para un sistema tal como una aeronave sometida a vibraciones. En ese caso, la rigidez y la masa de las tres capas de la estructura deformable 31 se pueden ajustar a fin de que el conjunto de dichas capas resuene para una o más frecuencias objetivo de manera que cuando el sistema se excita en tales frecuencias, la deformación de las tres capas se incrementará y el material elastómero absorbe una gran parte de la energía asociada a esas frecuencias objetivo. La estructura deformable 31 actúa, por tanto, como un sumidero de energía que la retira de la aeronave protegida para evitar los efectos indeseables que tales vibraciones podrían causarle.

Una de las ventajas de las estructuras de absorción de energía de tipo barra de la invención con respecto a las estructuras elastoméricas convencionales es que las cargas pasan a través de las primeras y las segunda capas 21, 23 de la estructura deformable y no a través de las capas de elastómero 25 de manera que la resistencia no está limitada por el material elastómero.

Otra ventaja es que es posible definir la sección y el material y el ángulo de orientación de las primeras y segundas capas 21, 23 así como la sección y material de las terceras capas 25 para cada requisito específico de rigidez, resistencia y amortiguación.

Estructuras absorción de energía de tipo membrana&placa

En el sentido de esta invención una estructura de absorción de energía de tipo membrana es una estructura deformable soportada por unos primeros elementos de soporte en la dirección de la fuerza esperada de actuación sobre ella y unos segundos elementos de soporte en una dirección perpendicular dispuestos en sus esquinas.

En las estructuras de absorción energía de tipo membrana que se muestran en las Figuras 15a y Fig. 16 la estructura deformable 51 está soportada por unos primeros y segundos elementos de soporte 65, 67. La estructura deformable 53 está formado por una primera capa plana 21, una segunda capa plana 23 y una tercera capa plana 25 entre ellas.

Cuando se somete a una fuerza $F(t)$, debida a cualquiera de las causas mencionadas anteriormente, la estructura se flexiona y absorbe energía gracias a la deformación diferencial de sus capas (ver en las Figuras 15b, 15c el cambio de la celda 17 a la celda deformada 17').

5 En la estructura de absorción de energía de tipo membrana mostrada en la Figura 17, la estructura deformable 52, que también está soportada por unos primeros y segundos elementos de soporte 65, 67, está formada por dos segmentos de una primera capa plana 21 y un segmento central de una segunda capa plana 23 como la capa superior, una tercera capa 25 como la capa intermedia y dos segmentos de una segunda capa plana 23 y un segmento de una primera capa plana 21 como la capa inferior.

10 La estructura deformable 53 de la estructura de absorción de energía de tipo membrana mostrada en las Figuras 18a-18c es similar a la mostrada en las Figuras 15a-15b cambiando la tercera capa continua 25 para una capa discontinua formada por dos segmentos 25a, 25b.

En el sentido de esta invención una estructura de absorción de energía de tipo placa es una estructura deformable soportada por elementos de soporte en la dirección de la fuerza esperada de actuación sobre ella.

15 En la estructura de absorción de energía de tipo placa que se muestra en las Figuras 19a y 19b la estructura deformable 54 está soportado por elementos de soporte 69 dispuestos en sus esquinas. La estructura deformable 54 está formada por una primera capa plana 21, una segunda capa plana 23 y una tercera capa plana 25 entre ellas.

Cuando se somete a una fuerza $F(t)$, debida a cualquiera de las causas mencionadas anteriormente, la estructura se flexiona y absorbe energía debido la deformación diferencial de sus capas.

20 Estructuras de absorción de energía de tipo sándwich

En el sentido de esta invención, una estructura de absorción de energía de tipo sándwich comprende dos estructuras deformables 71, 75 y un núcleo interno intermedio entre ellas, tal como como núcleo de panal de abeja o de espuma 73 o, alternativamente, un núcleo formado por una estructura de largueros intermedios 74 y elementos de soporte 79 (ver Figuras 20-20c).

25 Cualquiera de las estructuras deformables planas mencionadas puede ser usada como una estructura deformable 71, 75.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con varias realizaciones, debe entenderse a partir de lo dicho que pueden hacerse combinaciones de elementos, variaciones o mejoras que están dentro del alcance de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Estructura de absorción de energía para atenuar la energía recibida de una fuente de energía que comprende una estructura deformable formada por un conjunto de una o más primeras capas (21) de un material que tiene un coeficiente de Poisson positivo, una o más segundas capas (23) de un material que tiene un coeficiente de Poisson negativo y una o más terceras capas (25) de un material elastomérico colocadas entre una primera capa (21) y una segunda capa (23); estando dispuesto el conjunto con una o más terceras capas (25) unidas a las primeras y segundas capas (21, 23) para absorber al menos parte de dicha energía a través de las fuerzas de cortadura o de la combinación de fuerzas de tracción y compresión aplicadas a ellas por las primeras y segundas capas (21, 23) como consecuencia de su deformación diferencial al recibir dicha energía, caracterizado por que:
 - a) la estructura deformable está dispuesta en forma de barra entre un primer y un segundo elementos de transmisión de carga (41, 43) donde la estructura deformable (31) está formada por un conjunto de una primera capa plana (21), una tercera capa plana (25) y una segunda capa plana (23), o
 - b) la estructura deformable está dispuesta en forma de barra entre un primer y un segundo elementos de transmisión de carga (41, 43) donde la estructura deformable (31) está formada por un conjunto de una primera capa (21), una tercera capa (25) y una segunda capa (23) configurada con una sección cerrada y donde la estructura deformable (38) está formada por un conjunto de una primera capa (21) en forma tubular, una tercera capa (25) en forma tubular y una segunda capa (23) en forma tubular, o
 - c) la estructura deformable (51, 53) es un conjunto de una primera capa plana (21) como la capa superior, una segunda capa plana (23) como la capa inferior y una tercera capa plana (25) como la capa intermedia soportado por primeros y segundos elementos de soporte (65, 67) para actuar como una membrana que recibe la energía transmitida por una fuente de energía en su capa superior donde la tercera capa plana es una capa discontinua formada por dos segmentos (25a, 25b), o
 - d) la estructura deformable (54) es un conjunto de una primera capa plana (21) como la capa superior, una segunda capa plana (23) como la capa inferior y una tercera capa plana (25) como la capa intermedia soportada por elementos de soporte (69) para actuar como una placa que recibe la energía transmitida por una fuente de energía en su capa superior, donde la tercera capa plana es una capa discontinua formada por dos segmentos (25a, 25b).
2. Estructura de absorción de energía, según la reivindicación 1, en la que dicha fuente de energía es una o un conjunto de las siguientes: un impacto mecánico, un impacto acústico, una vibración mecánica, una vibración acústica.
3. Estructura de absorción de energía según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que:
 - las primeras capas (21) están formadas por una pluralidad de elementos interconectados (11) que definen entre ellos unas primeras celdas huecas (13);

- las segundas capas (23) están formadas por una pluralidad de elementos interconectados (12) que definen entre ellas unas segundas celdas huecas (14).

4. Estructura de absorción de energía según la reivindicación 3, en la que las primeras celdas huecas (13) tienen la forma de prismas hexagonales regulares y las segundas celdas huecas (14) tienen la forma de prismas
- 5 hexagonales reentrantes.

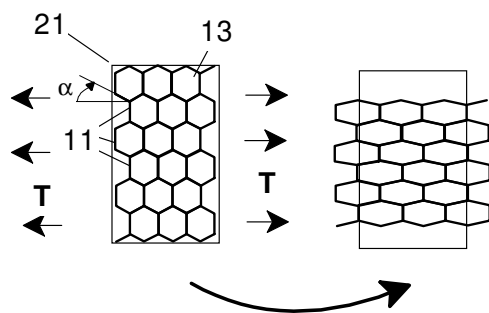


FIG. 1a

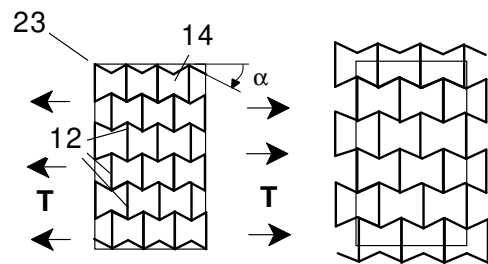


FIG. 1b

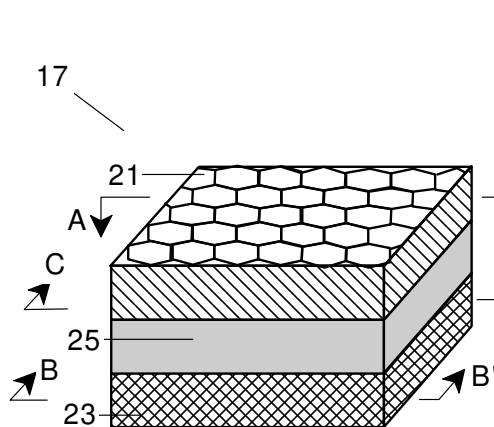


FIG. 2a

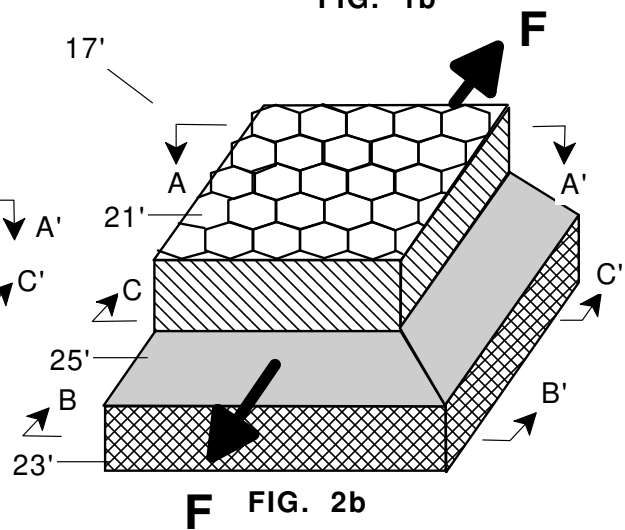


FIG. 2b

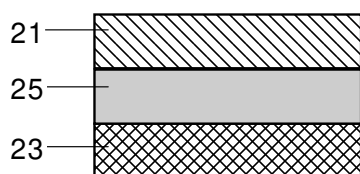


FIG. 3a

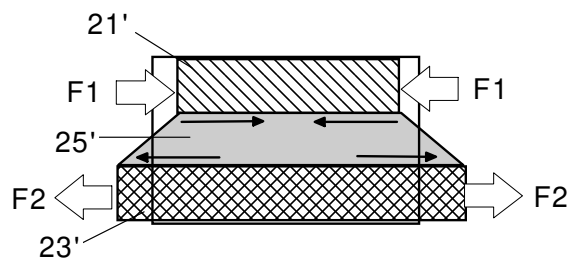


FIG. 3b

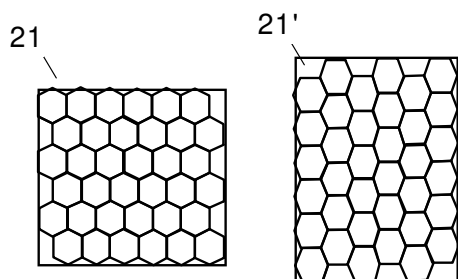


FIG. 4a

FIG. 4b

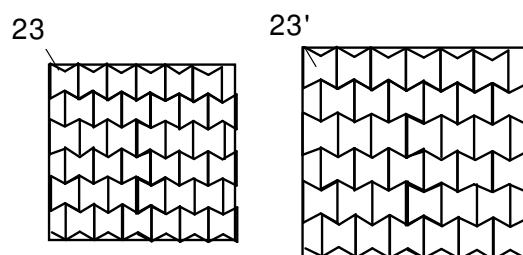


FIG. 5a

FIG. 5b

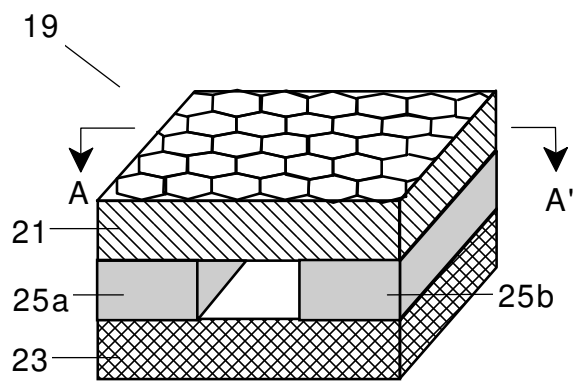


FIG. 6a

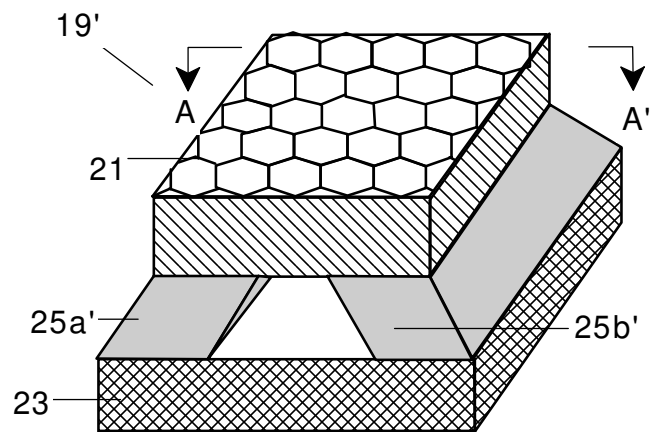


FIG. 6b

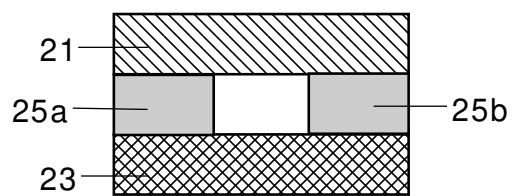


FIG. 7a

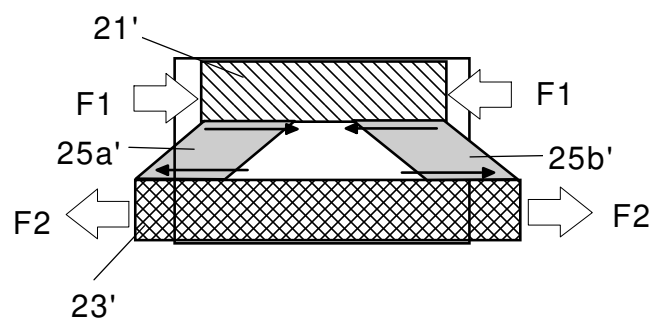


FIG. 7b

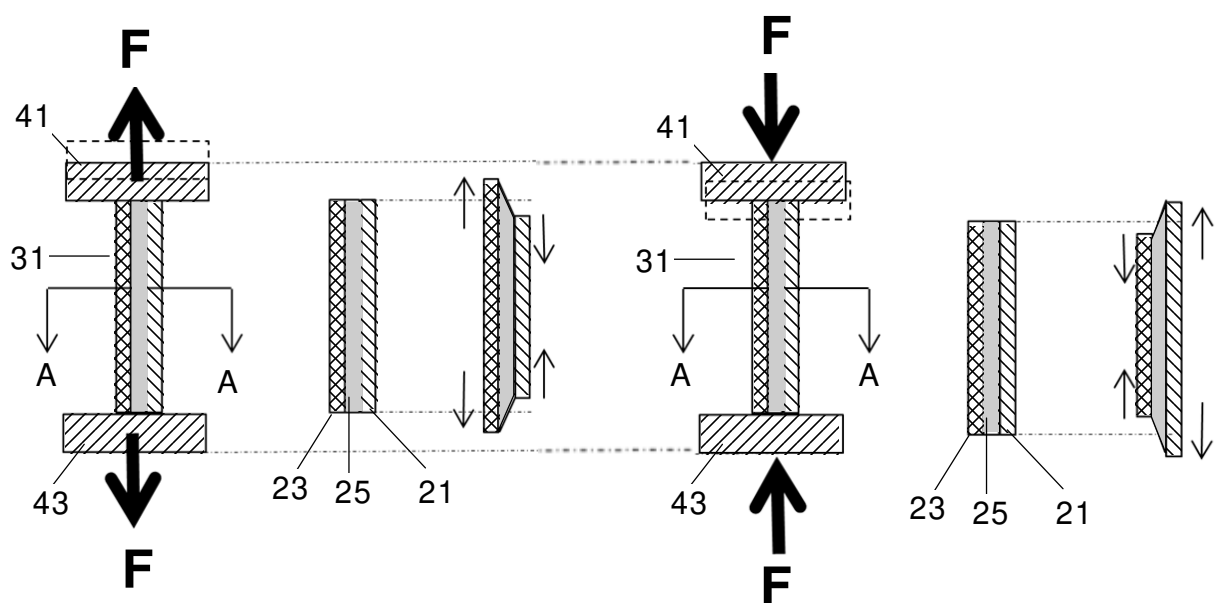


FIG. 8a

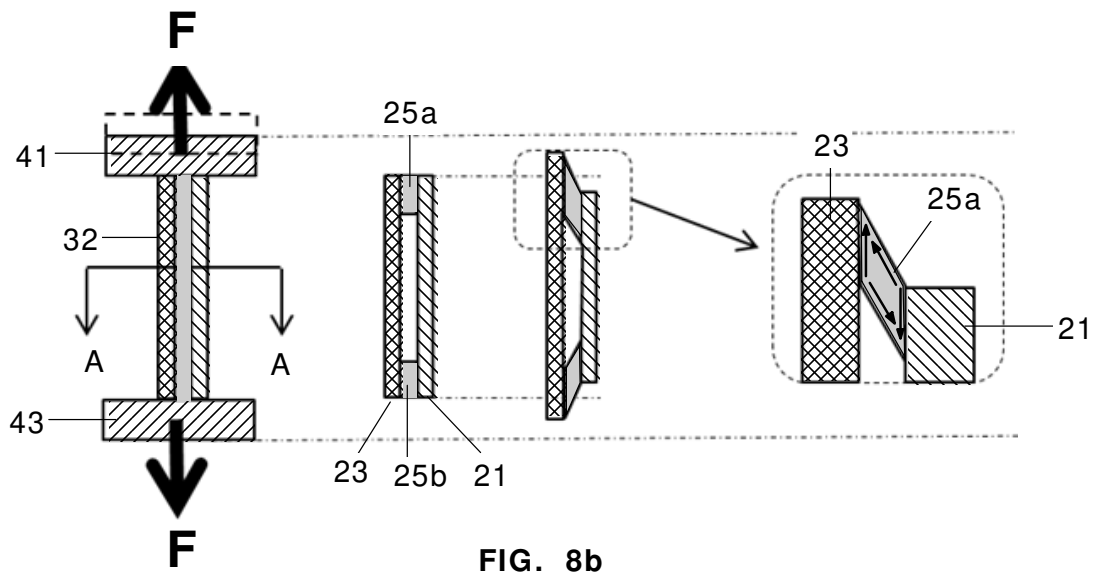


FIG. 8b

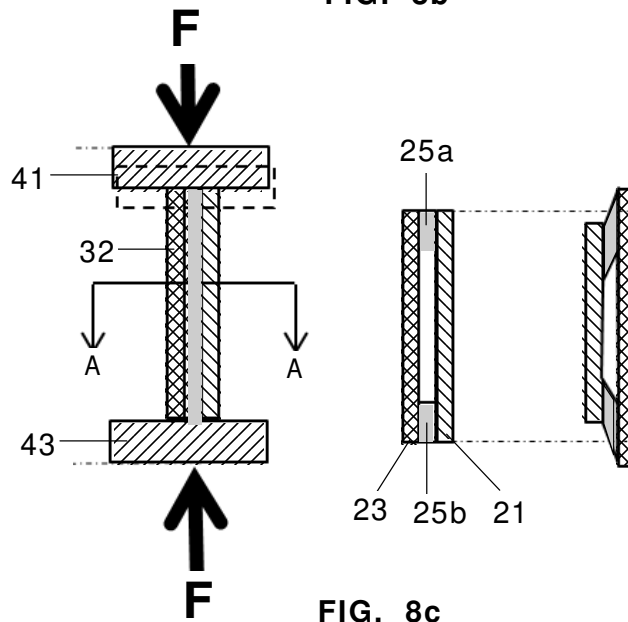


FIG. 8c

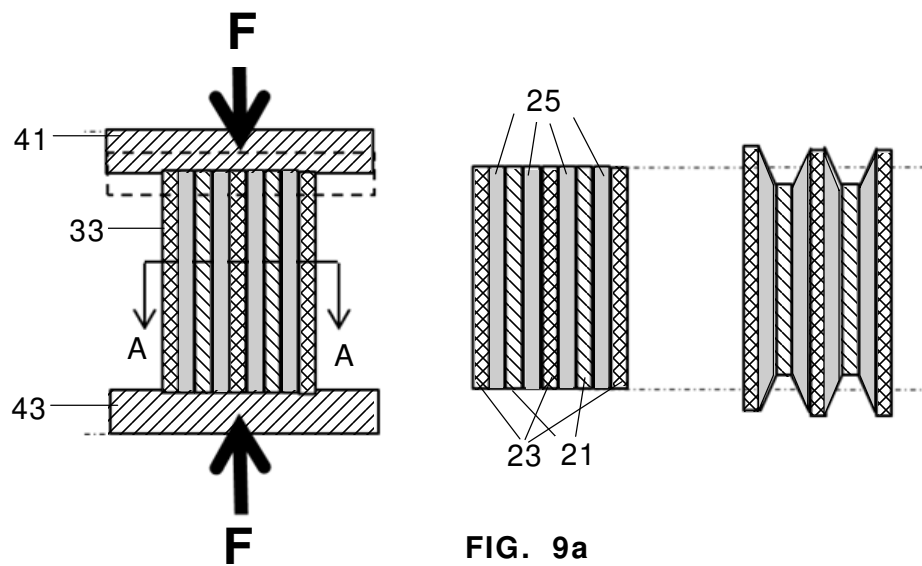


FIG. 9a

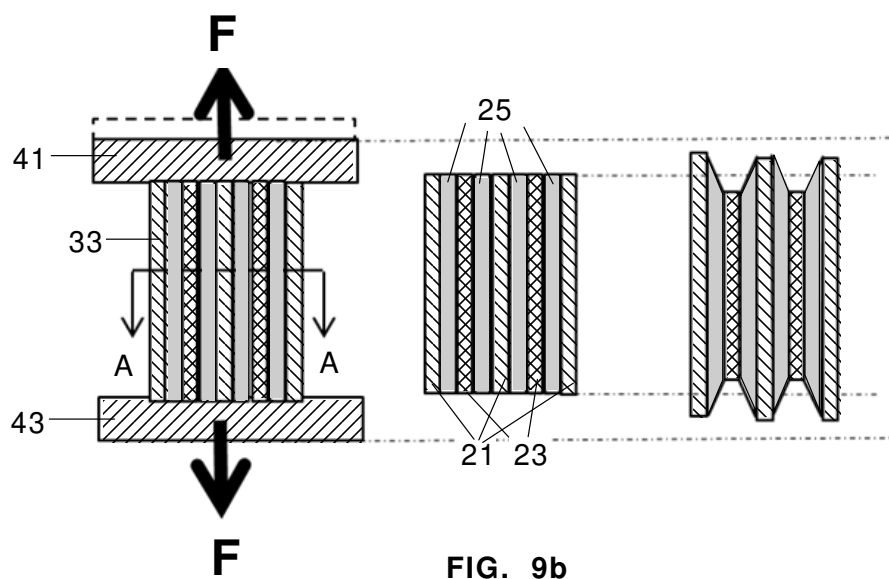


FIG. 9b

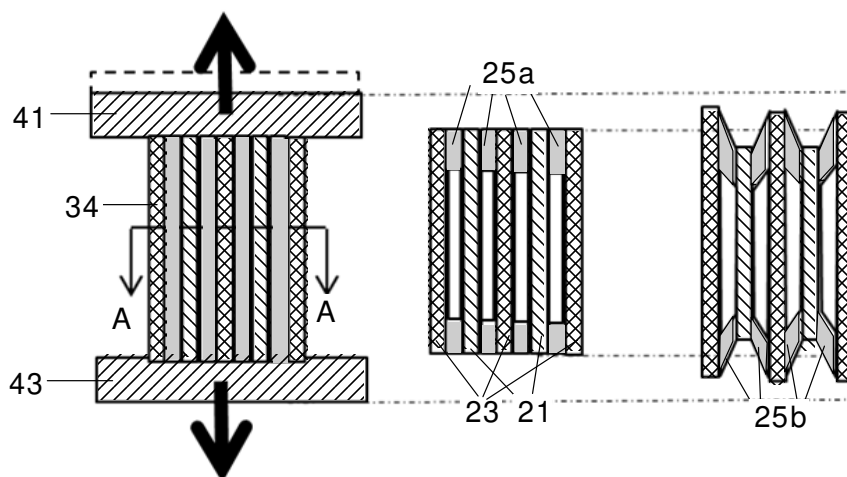


FIG. 9c

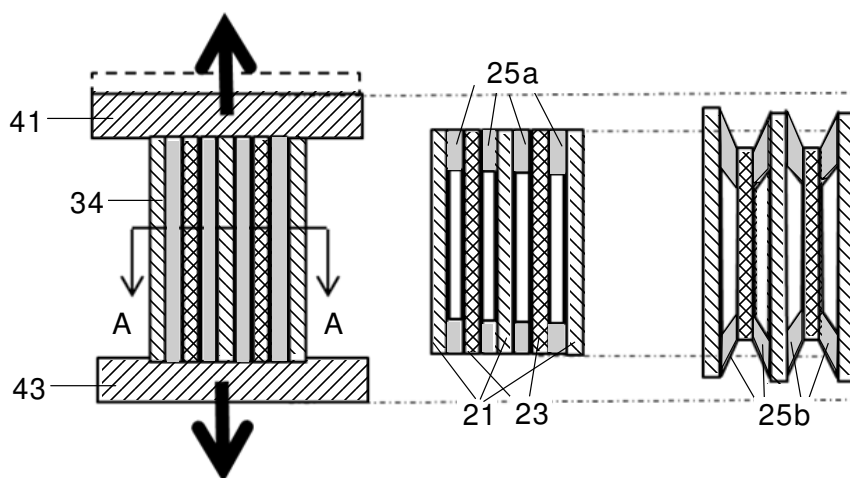
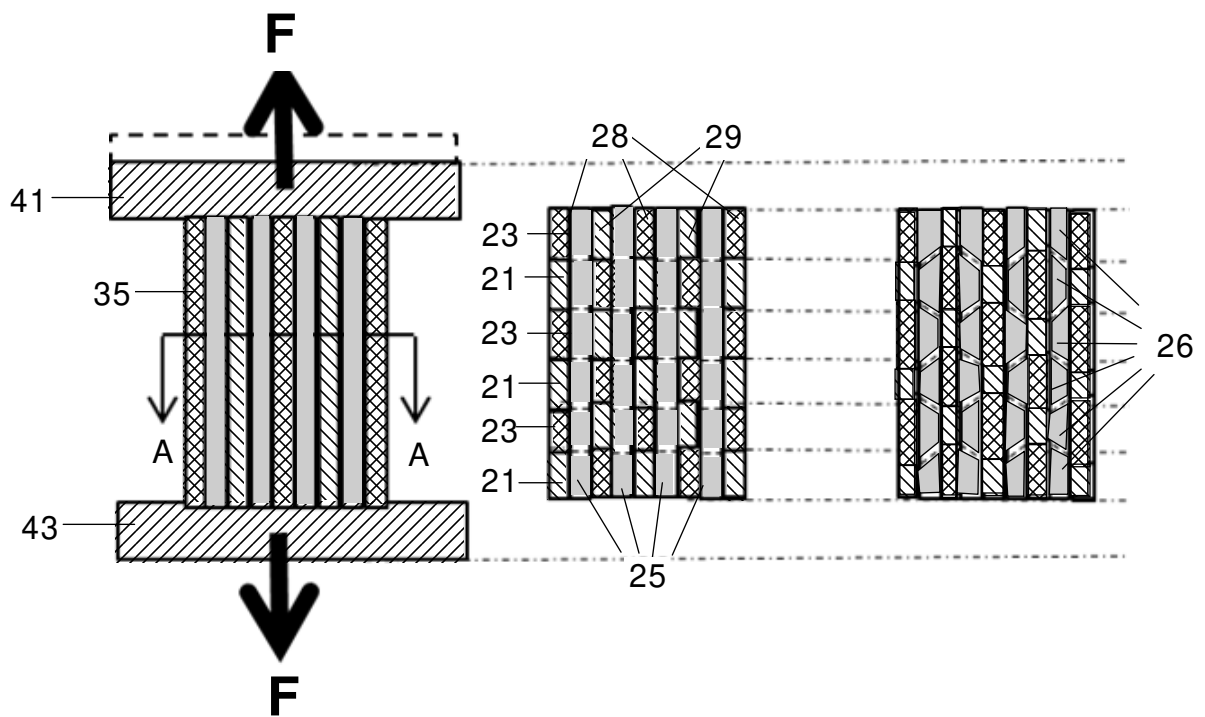
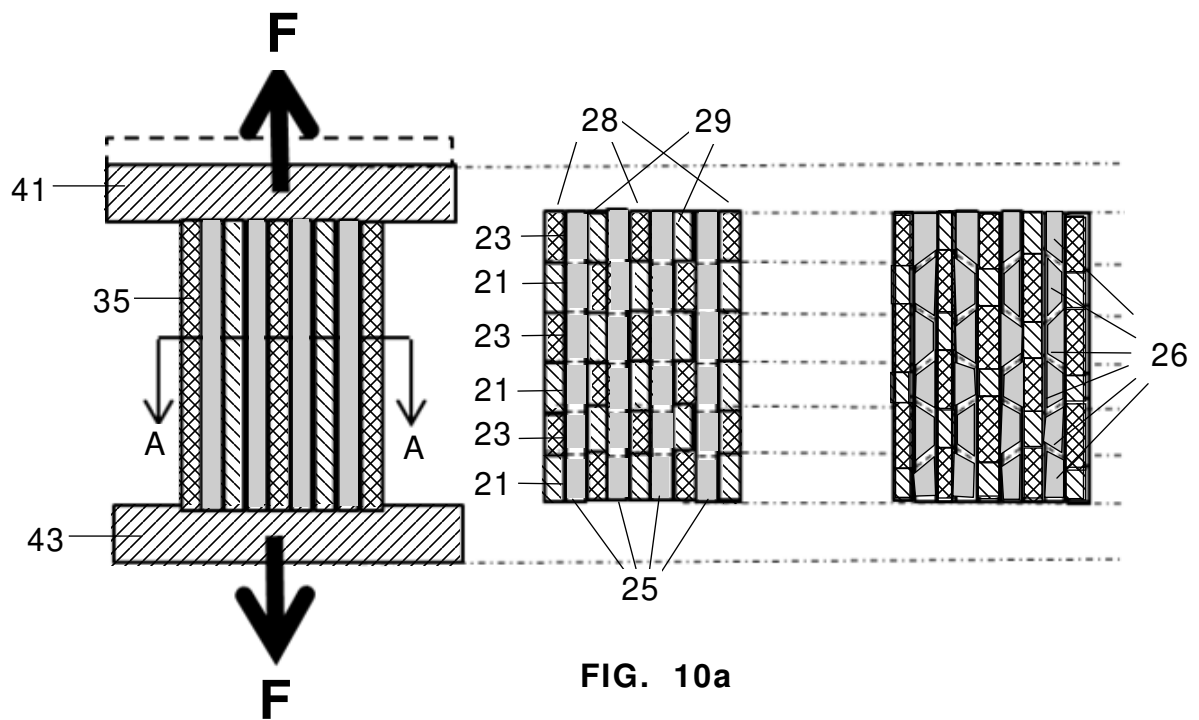


FIG. 9d



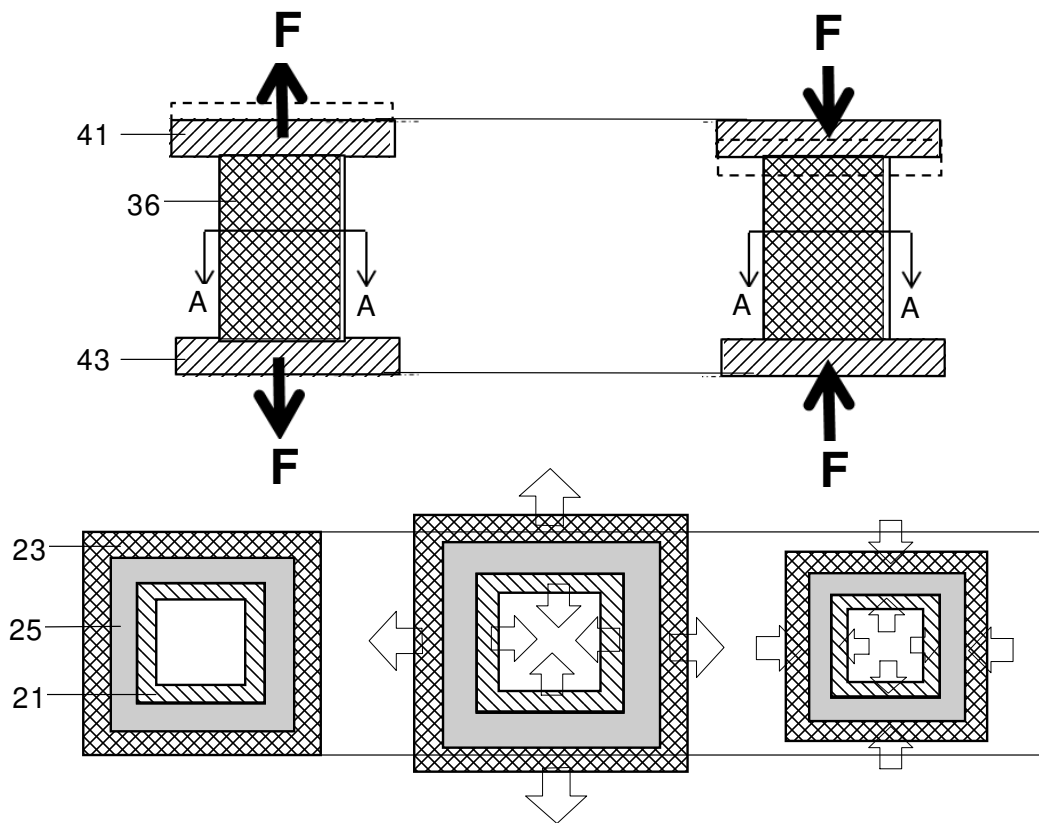


FIG. 11a

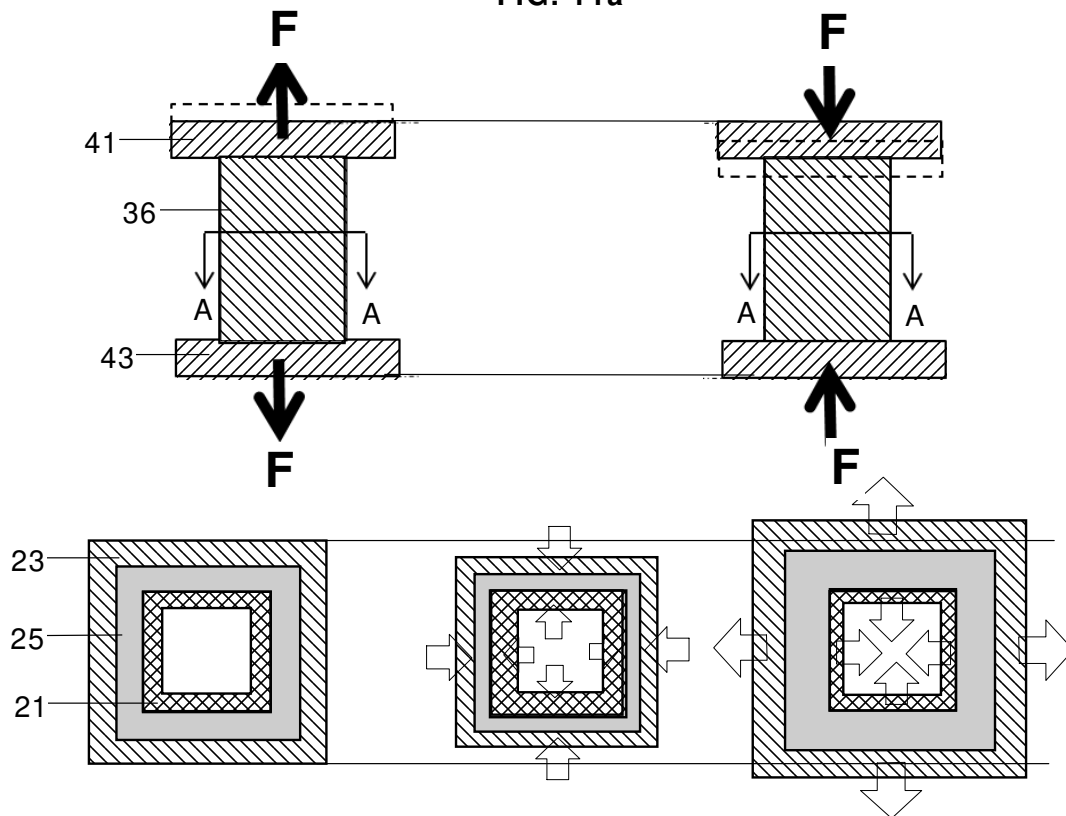


FIG. 11b

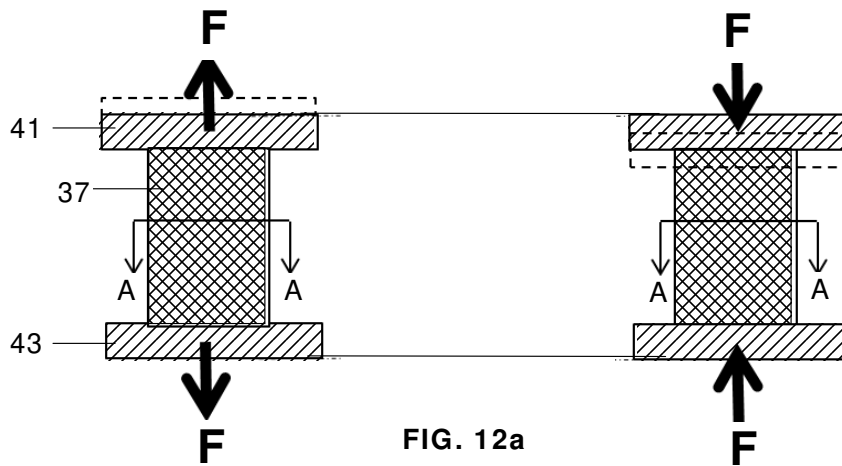


FIG. 12a

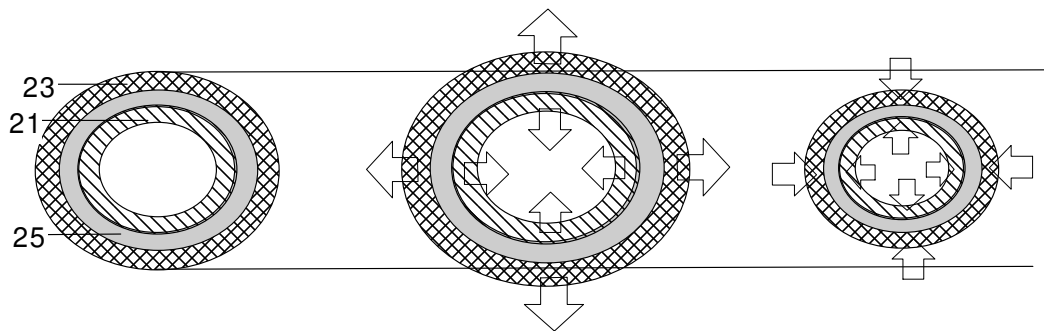


FIG. 12b

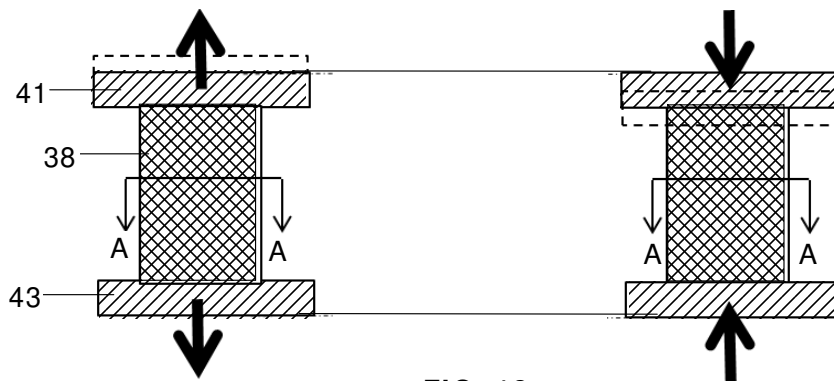


FIG. 13a

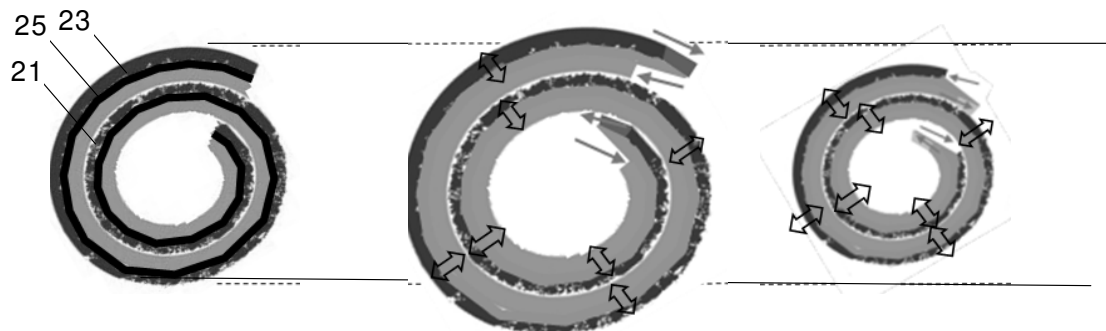
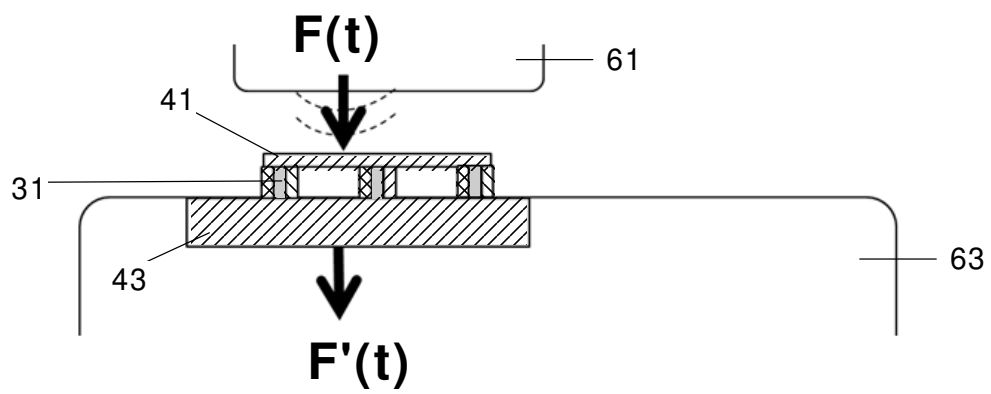
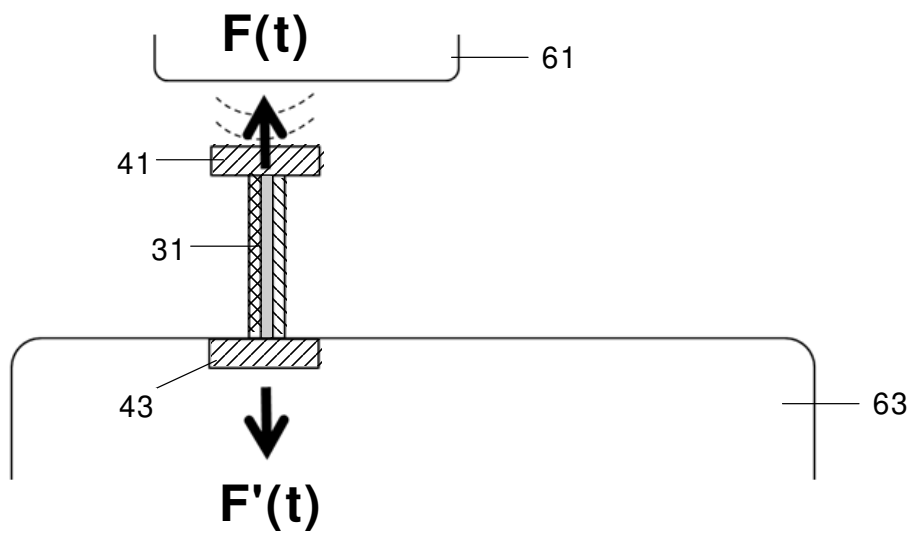
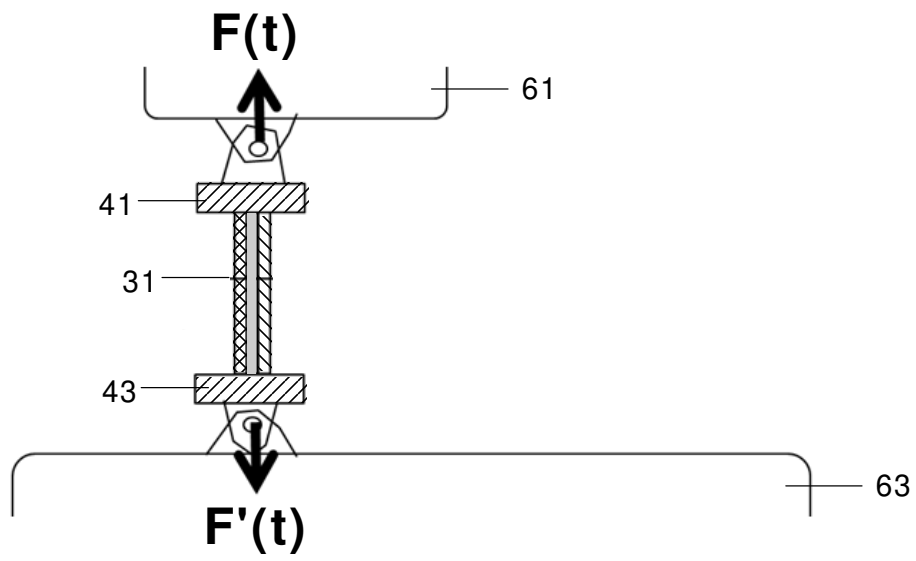
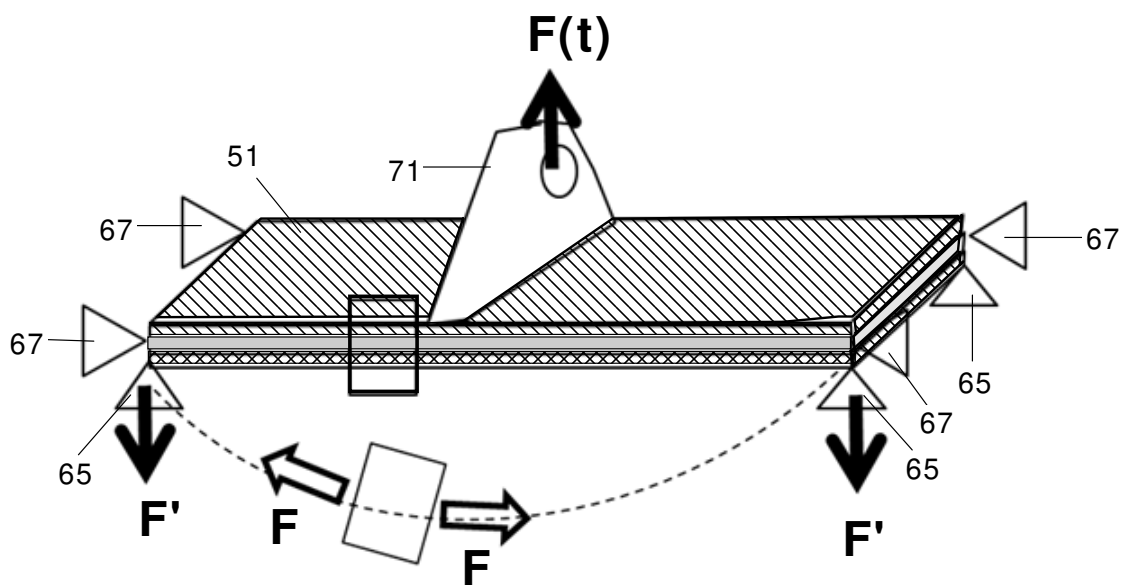
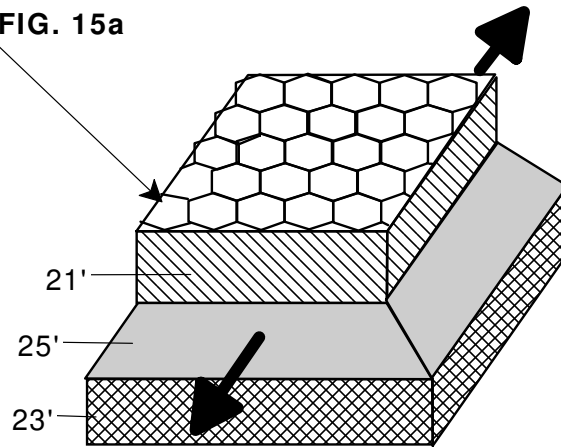
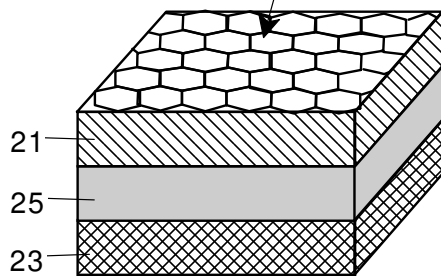
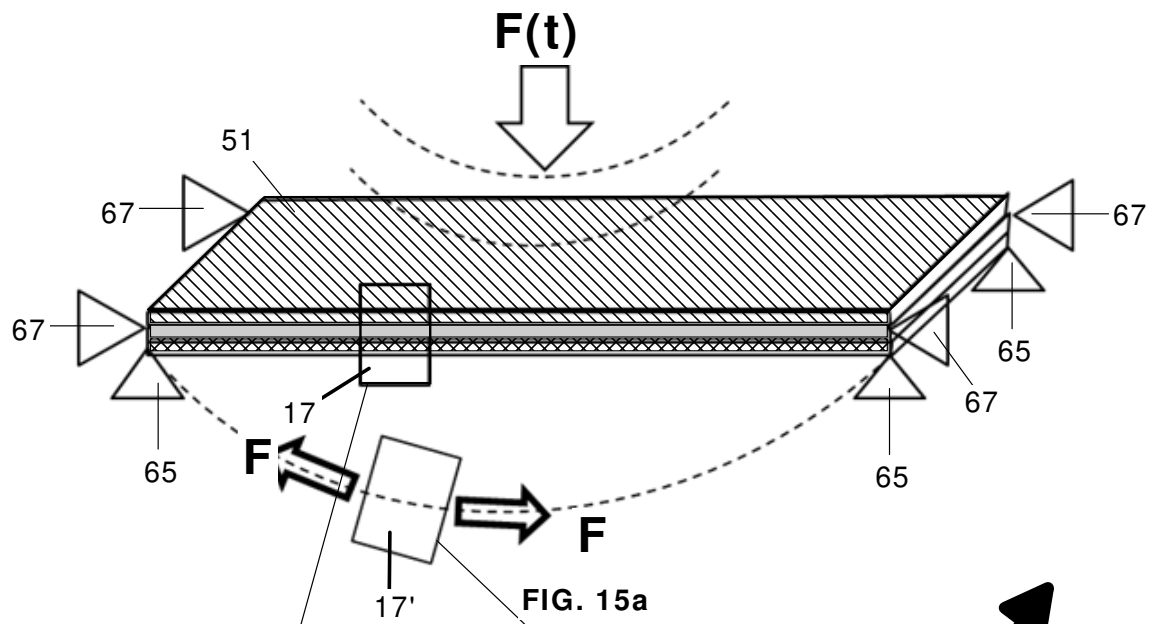


FIG. 13b





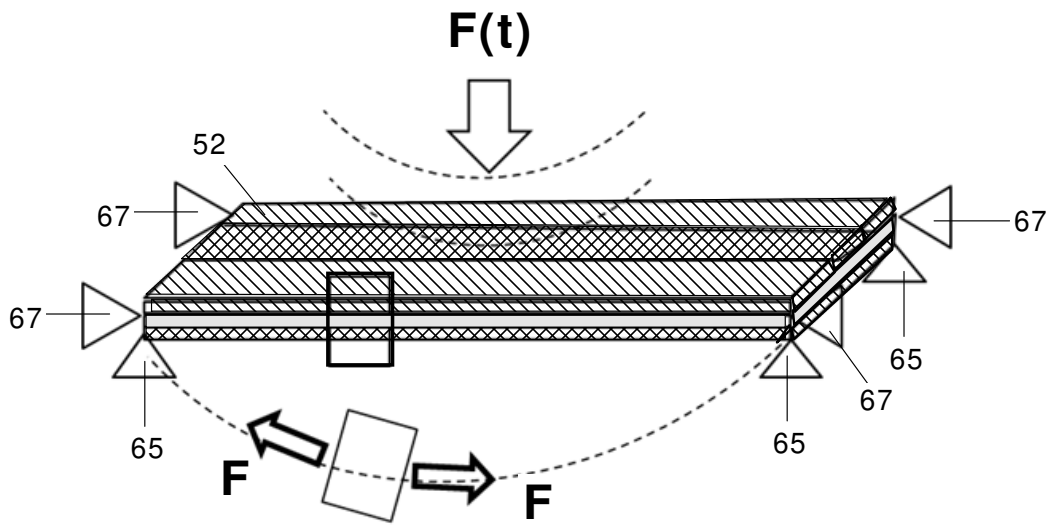


FIG. 17

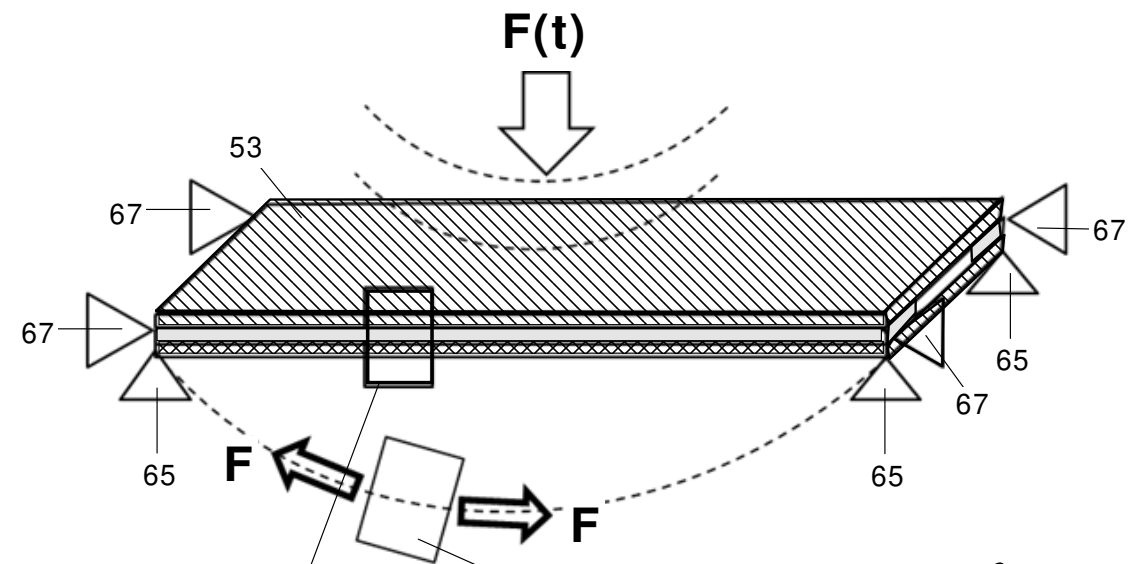


FIG. 18a

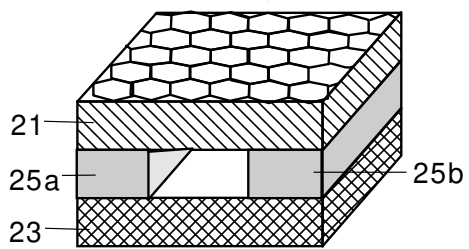


FIG. 18b

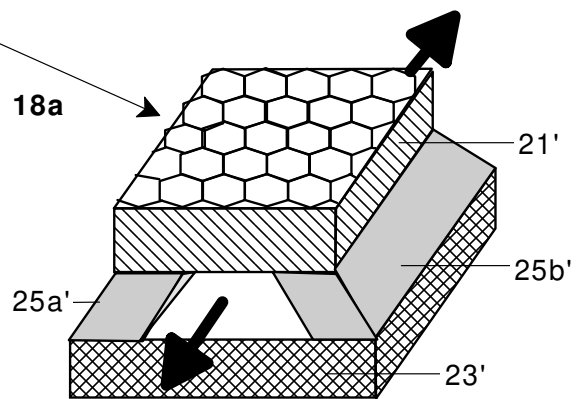
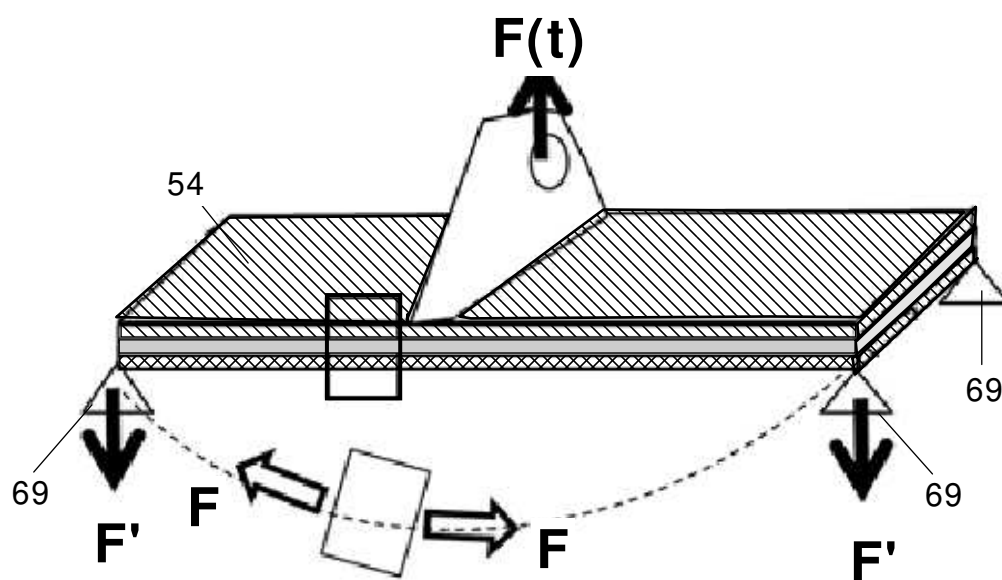
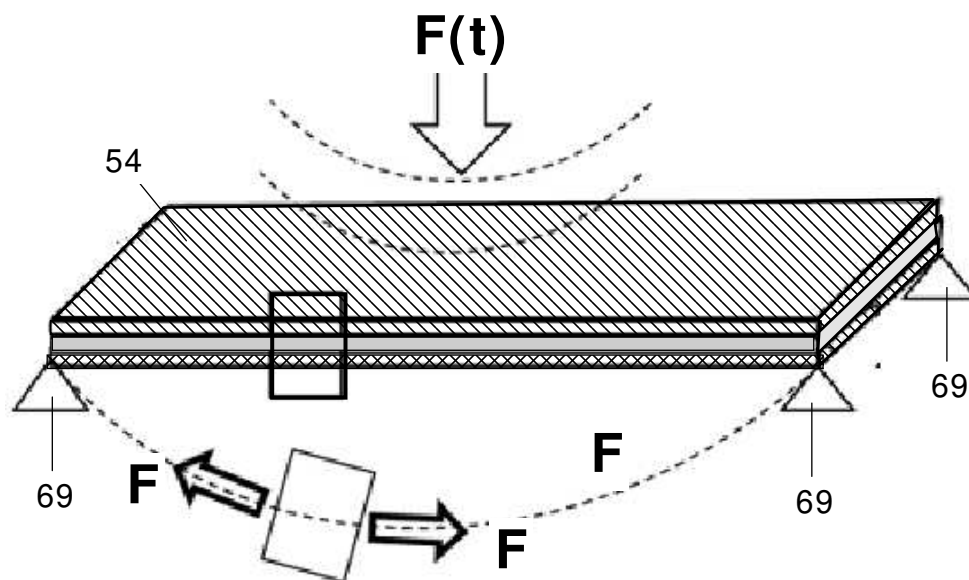


FIG. 18c



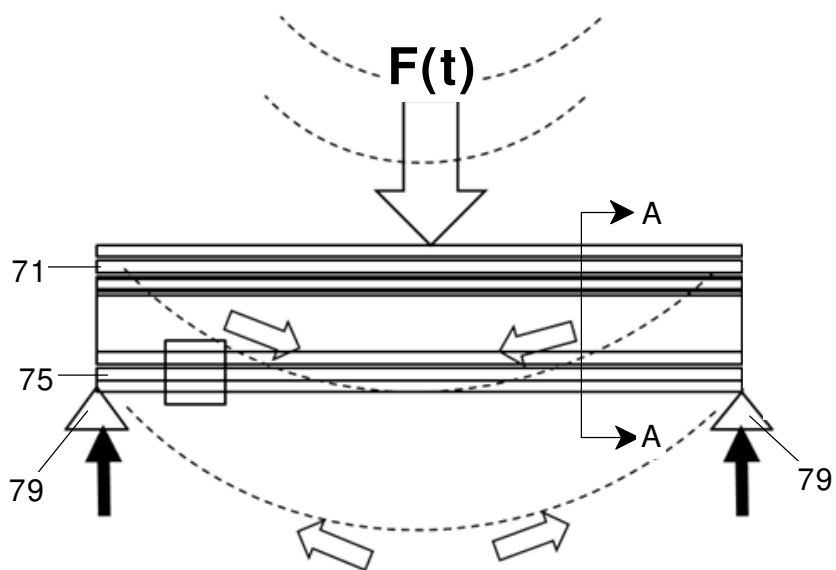


FIG. 20

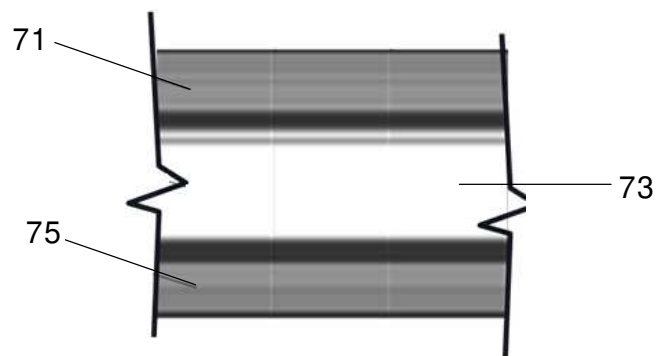


FIG. 20b

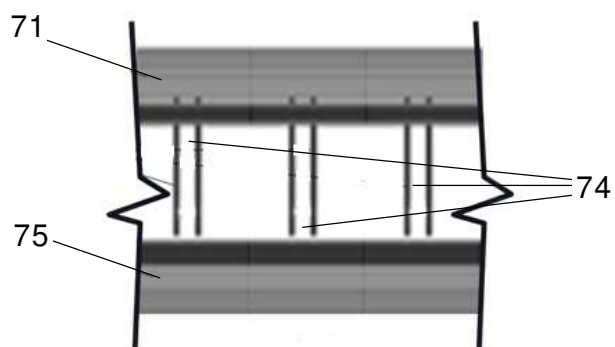


FIG. 20c