(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 586 112**

(51) Int. CI.:

B64G 1/22 (2006.01)
B64G 1/66 (2006.01)
B64G 1/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2014 E 14160636 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2783989**

(54) Título: **Mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo y satélite que consta al menos de un mástil de este tipo**

(30) Prioridad:

29.03.2013 FR 1300731

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2016

(73) Titular/es:

THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR

(72) Inventor/es:

GUINOT, FRANÇOIS;
FALZON, FRÉDÉRIC y
DUCARNE, JULIEN

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo y satélite que consta al menos de un mástil de este tipo

La presente invención se refiere a un mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo y a un satélite que consta al menos de un mástil de este tipo. Se aplica en particular, en el campo de los equipos espaciales que deben desplegarse en órbita y, de manera más particular, en los equipos espaciales para satélites, como unos sensores o unas antenas o unos instrumentos con una larga distancia focal como los telescopios, por ejemplo.

Un mástil desplegable destinado a unir dos equipos espaciales alejados varios metros está por lo general compuesto por una multitud de segmentos de mástil apilados unos sobre otros, articulados entre sí y cuyo despliegue está motorizado. Cada segmento de mástil está por lo general compuesto por varias vigas rígidas articuladas mediante unas bisagras y bloqueadas mediante unos pestillos. Este tipo de mástil presenta el inconveniente de precisar la utilización de un motor para el despliegue y presenta un problema de gran masa y de fiabilidad de las articulaciones. Además, al ser rígidas las vigas, el mástil ocupa, en la posición de almacenamiento, un gran volumen bajo el fuselaje de una lanzadera. Al ser limitado el espacio asignado a las estructuras desplegables, bajo el fuselaje de una lanzadera, es importante reducir el volumen del mástil cuando este está en la posición de almacenamiento, de modo que se optimice la superficie en la posición desplegada. De este modo, el mástil debe presentar una relación longitud desplegada / volumen apilado lo más grande posible garantizando al mismo tiempo una pequeña masa, una estabilidad y una rigidez del mástil en la posición desplegada lo suficientemente grandes como para ser compatibles con las aplicaciones espaciales.

El documento US 2008/0283670 A1 da a conocer las características del preámbulo de la reivindicación 1.

El objetivo de la invención es realizar un mástil desplegable que no conste de los inconvenientes de los mástiles desplegables existentes, que presente la ventaja de ser poco voluminoso, ligero, simple de realizar, presentando una optimización del volumen del mástil cuando este está almacenado bajo el fuselaje de una lanzadera, permitiendo un despliegue seguro en órbita en una gran longitud y el control del despliegue sin utilizar ningún motor y permitiendo una rigidez y una estabilidad del mástil cuando este está desplegado.

Para ello, la invención se refiere a un mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo que consta al menos de un bloque estructural elemental que tiene un eje X de despliegue longitudinal, constando el bloque estructural elemental de dos plataformas respectivamente inferior y superior paralelas a un plano YZ ortogonal al eje X, y de N pisos apilados unos sobre otros en paralelo al eje X de despliegue longitudinal, donde N es superior a 1. Cada piso consta al menos de tres cintas de resorte longitudinales flexibles, estando los N pisos fijados entre sí de dos en dos por medio de unas plataformas de unión paralelas al plano YZ, estando dos pisos, inferior y superior, contiguos desplazados angularmente uno respecto al otro mediante una rotación alrededor del eje X de despliegue, estando las cintas de resorte del piso inferior intercaladas entre las cintas de resorte del piso superior.

De manera ventajosa, todas las cintas de resorte son idénticas y con las mismas longitudes.

De manera ventajosa, dos pisos contiguos, respectivamente inferior y superior, están fijados entre sí por una plataforma de unión común a los dos pisos contiguos.

De manera ventajosa, cada plataforma superior, inferior y de unión consta de unas patillas de fijación repartidas a intervalos regulares, siendo cada patilla de fijación específica para la fijación de un extremo de una cinta de resorte.

De manera ventajosa, los dos pisos contiguos inferior y superior constan de una zona de recubrimiento longitudinal.

De manera ventajosa, las patillas de fijación solidarias con cada plataforma de unión están inclinadas con respecto al plano YZ de la plataforma de unión, estando la inclinación de las patillas de fijación de las cintas de resorte del piso inferior orientada hacia la parte superior del mástil y estando la inclinación de las patillas de fijación de las cintas de resorte del piso superior orientada hacia la parte inferior del mástil.

De manera ventajosa, en la posición de almacenamiento, todas las cintas de resorte se doblan en dos, en el sentido de su longitud y todas las plataformas, inferior, de unión y superior, de un mismo bloque estructural se apilan unas sobre otras.

De manera ventajosa, el mástil desplegable consta de varios bloques estructurales idénticos apilados unos sobre otros.

La invención también se refiere a un satélite que consta al menos de un mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo.

Se mostrarán claramente otras particularidades y ventajas de la invención en la siguiente descripción, dada a título de ejemplo meramente ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- figura 1: un esquema de un primer ejemplo de mástil en la posición desplegada, constando el mástil de un bloque estructural elemental de un solo piso, según la invención;

- figura 2a: un esquema, en perspectiva, de un ejemplo de cinta de resorte en la posición desplegada, según la invención;
- figura 2b: un esquema, en sección transversal, de la sección de la cinta de resorte, según la invención;
- figura 3: un esquema en perspectiva, de un ejemplo de placa inferior o superior del mástil, según la invención;
- figura 4: un esquema de un segundo ejemplo de mástil en la posición desplegada, constando el mástil de un bloque estructural elemental con varios pisos, según la invención;
- figura 5a: un esquema en perspectiva de un ejemplo de plataforma de unión entre dos pisos contiguos de un mismo bloque estructural elemental, según la invención;
- figura 5b: un esquema en perspectiva de un ejemplo de fijación de las cintas de resorte de dos pisos contiguos sobre una plataforma de unión, según la invención;
- figura 6a: un esquema en perspectiva, que ilustra un bloque estructural elemental del mástil en la posición de almacenamiento, habiéndose omitido las cintas de resorte, según la invención;
- figura 6b: un esquema en perspectiva, que ilustra un bloque estructural elemental del mástil en la posición de almacenamiento, estando las cintas de resorte plegadas hacia el exterior del mástil, según la invención;
- figura 6c: un esquema en perspectiva, que ilustra un bloque estructural elemental del mástil en la posición de almacenamiento, estando las cintas de resorte plegadas hacia el interior del mástil, según la invención;
- figura 7: un esquema en perspectiva, que ilustra un mástil en la posición de almacenamiento, constando el mástil de tres bloques estructurales elementales apilados y fijados unos sobre otros, estando las cintas de resorte plegadas hacia el exterior del mástil, según la invención.

La figura 1 ilustra un ejemplo de mástil desplegable conforme con la invención, en la posición desplegada, constando el mástil de un bloque estructural elemental con un solo piso. El bloque 10 estructural elemental está constituido por al menos tres cintas 11 de resorte (en inglés: *tape-spring*) que se extienden a lo largo de un eje X de despliegue longitudinal, por una plataforma 12 superior y una plataforma 13 inferior. Las dos plataformas, inferior y superior, son paralelas a un plano YZ ortogonal al eje X. Las cintas de resorte son todas idénticas, todas tienen la misma longitud y la misma forma. Cada cinta de resorte consta de un extremo inferior fijado de forma rígida sobre la plataforma 13 inferior y un extremo superior fijado de forma rígida sobre la plataforma 12 superior.

Las cintas de resorte son habituales en el sector espacial siendo unas cintas o unas láminas flexibles que tienen una primera cara 101 convexa y una segunda cara 102 cóncava, y que tienen una sección en forma de arco de círculo con un radio R de curvatura, como se representa por ejemplo en las figuras 2a y 2b. Las cintas de resorte tienen una tendencia natural a desplegarse longitudinalmente, en paralelo al eje X de despliegue, de manera autónoma, esencialmente gracias a su propia energía elástica, sin utilizar un motor.

Las plataformas, 12 superior y 13 inferior, del bloque 10 estructural elemental pueden ser rígidas o elásticas, y tienen una forma de preferencia simétrica alrededor del eje X. Cada plataforma 12 superior y 13 inferior puede tener, por ejemplo, la forma de un disco o de un anillo, como se representa por ejemplo en la figura 3, y tener un contorno periférico poligonal o circular. Cada plataforma superior e inferior consta de unas patillas 14 de fijación que están de preferencia repartidas a intervalos regulares en su periferia, siendo cada patilla de fijación específica para la fijación de un extremo de una cinta de resorte. En el caso de que el bloque 10 estructural elemental conste de tres cintas de resorte, cada plataforma superior e inferior consta de tres patillas de fijación como se representa en la figura 3. De preferencia, las patillas 14 de fijación están repartidas a intervalos regulares alrededor de cada plataforma 12 superior o 13 inferior y están situadas en el plano YZ de la plataforma correspondiente. En las figuras 1 y 3, las patillas 14 de fijación están orientadas de modo que se extiendan hacia el exterior del bloque 10 estructural elemental y, por lo tanto, hacia el exterior del mástil, pero también se pueden orientar en el sentido opuesto de modo que se extiendan hacia el interior del bloque 10 estructural elemental. Igualmente, en la figura 1, las cintas de resorte están orientadas de forma que presenten su cara cóncava orientada hacia el exterior del mástil, pero también se pueden orientar en el sentido contrario de modo que presenten su cara cóncava orientada hacia el interior del mástil.

Un bloque 10 estructural elemental que consta de un solo piso es la configuración mínima del mástil según la invención, pero presenta un interés limitado cuando se desean unas grandes longitudes de mástil ya que la rigidez del mástil disminuye cuando aumenta la longitud de cada cinta 11 de resorte. Se puede aumentar la longitud del mástil apilando varios bloques estructurales elementales unos sobre otros, pero cuando cada bloque estructural solo consta de un piso y el número de bloques es grande, entonces la compacidad del mástil en la posición plegada no está optimizada.

La figura 4 ilustra un ejemplo de un mástil en la posición desplegada, constando el mástil de un bloque 10 estructural elemental constituido por una plataforma inferior, por una plataforma superior y por N pisos P1,…, Pi, Pi+1,…, PN, donde N es un número entero superior a uno e i está comprendido entre 1 y N-1 inclusive, apilados unos sobre otros en paralelo al eje X de despliegue longitudinal y fijados de forma rígida entre sí de dos en dos. Las dos plataformas 13 inferior y 12 superior son paralelas a un plano YZ ortogonal al eje X. Cada piso consta al menos de tres cintas 11 de resorte que se extienden, en la posición desplegada, en paralelo al eje X de despliegue longitudinal, constando las tres cintas 11 de resorte de dos extremos opuestos respectivamente fijados sobre unas plataformas 15 de unión o sobre la plataforma 12 superior o sobre la plataforma 13 inferior. Se pueden fijar dos pisos Pi y Pi+1 contiguos entre sí por medio de una plataforma 15 de unión común a los dos pisos contiguos, pudiendo ser la plataforma 15 de unión rígida o elástica. Como se representa, por ejemplo, en las figuras 5a y 5b, cada plataforma 15 de unión tiene una forma de preferencia simétrica alrededor del eje X tal como, por ejemplo, la forma de un disco o de un anillo, y

puede tener un contorno periférico poligonal o circular. Cada plataforma de unión consta de unas patillas 16a, 16b de fijación, siendo cada patilla 16a, 16b de fijación respectivamente específica para la fijación de un extremo de una cinta 11 de resorte de un piso Pi inferior, respectivamente de un piso Pi+1 superior contiguo al piso Pi inferior. Para garantizar la fijación de los extremos de las cintas 11 de resorte de los dos pisos Pi, Pi+1 contiguos, el número de patillas 16a, 16b de fijación de cada plataforma 15 de unión es dos veces mayor que el número de cintas 11 de resorte de un piso Pi del bloque 10 estructural elemental. De este modo, en el caso de que cada piso Pi del bloque estructural elemental conste de tres cintas de resorte, como se representa en la figura 4, cada plataforma 15 de unión consta de seis patillas de fijación, sobre las cuales se fijan respectivamente seis cintas 11 de resorte de dos pisos Pi inferior y Pi+1 superior contiguos. Las patillas 16a, 16b de fijación solidarios con cada plataforma 15 de unión están inclinadas con respecto al plano YZ de la plataforma 15 de unión, estando la inclinación orientada en sentidos opuestos para las cintas de resorte del piso Pi+1 superior con respecto al piso Pi inferior. Las patillas 16a de fijación de las cintas de resorte del piso Pi inferior pueden estar inclinadas hacia la parte superior del mástil mientras que las patillas 16b de fijación de las cintas de resorte del piso Pi+1 superior pueden estar inclinadas hacia la parte inferior del mástil, de modo que creen una zona 17 de recubrimiento longitudinal entre dos pisos Pi y Pi+1 contiguos, lo que presenta la ventaja de aumentar la rigidez del mástil y de mejorar la compacidad del bloque 10 estructural elemental cuando este se pliega en la posición de almacenamiento. Dos plataformas 15 de unión consecutivas, que pertenecen por lo tanto a un mismo piso Pi, constan de este modo de unas patillas 16a, 16b de fijación orientadas en sentidos opuestos con respecto al plano YZ de las dos plataformas de unión. En las figuras 4, 5a, 5b, las patillas 16a, 16b de fijación solidarias con cada plataforma 15 de unión están montadas en la periferia externa de cada plataforma de unión y se extienden hacia el exterior del mástil, pero como alternativa, también se pueden montar las patillas 16a, 16b de fijación en sentido inverso de modo que se extiendan hacia el interior del mástil.

Los extremos de las cintas 11 de resorte de cada piso Pi se pueden fijar mediante empotramiento por medio de unas bridas montadas sobre las patillas 16a, 16 de fijación de las plataformas 15 de unión o sobre las patillas 14 de fijación de las plataformas, 12 superior o 13 inferior, o se pueden fijar mediante remachado o mediante encolado. En el caso de que el mástil conste de varios bloques 10 estructurales elementales, las plataformas, 13 inferior y 12 superior, situadas en la base y en la parte superior de cada bloque 10 estructural elemental garantizan la unión entre las cintas 11 de resorte de dos bloques estructurales elementales consecutivos.

De manera preferente, para el mástil esté equilibrado, las patillas 14, 15a, 15b de fijación y las cintas 11 de resorte que están fijadas a él pueden estar separadas a intervalos regulares alrededor del eje X de despliegue longitudinal y los ángulos que separan dos patillas de fijación de cada plataforma de unión pueden tener valores idénticos.

Dos pisos contiguos están desplazados angularmente uno con respecto al otro mediante una rotación alrededor del eje X de despliegue de modo que se intercalen las cintas de resorte de un piso Pi inferior entre las cintas de resorte de un piso Pi+1 contiguo superior, y de modo que se intercalen las patillas 16a de fijación de un piso Pi inferior entre las patillas 16b de fijación de un piso Pi+1 contiguo superior. De este modo, las cintas 11 de resorte de los dos pisos consecutivos, unidos a una misma plataforma 15 de unión también están desplazados angularmente unos con respecto a los otros.

Cuando un bloque 10 estructural elemental se pliega en la posición de almacenamiento, este se encuentra en un estado compacto y todas las plataformas, 12 superior, 13 inferior y 15 de unión, que separan los diferentes pisos del bloque estructural elemental se apilan unos sobre otras como se representa en la vista parcial de la figura 6a en la que las cintas de resorte no se han representado, en la figura 6b en la que las cintas de resorte se han representado plegadas hacia el exterior del mástil y en la vista parcial de la figura 6c en la que solo se han representado las cintas de resorte plegadas hacia el interior del mástil. En las figuras 6b y 6c, el bloque estructural elemental consta de seis pisos compuestos por tres cintas de resorte por piso, esto es un total de 18 cintas de resorte repartidas a intervalos regulares en la circunferencia de una corona anular constituida por el apilamiento de todas las plataformas, superior, inferior y de unión, del bloque estructural elemental en el estado apilado. En este estado compacto, las cintas 11 de resorte se pliegan en dos sobre sí mismas en el sentido de su longitud, pudiendo realizarse el plegado hacia el exterior del mástil cuando las patillas de fijación se extienden hacia el exterior del mástil como se representa en la figura 6b, o hacia el interior del mástil como se representa de manera esquemática en la figura 6c, cuando las patillas 16a, 16b de fijación se extienden hacia el interior del mástil. Dos plataformas 15 de unión consecutivas, que por lo tanto pertenecen a un mismo piso Pi, constan de unas patillas 16a, 16b de fijación, montadas opuestas unas a otras, cuya distancia se determina de modo que se garantice un plegado elástico máximo de las cintas de resorte. Esta separación es idéntica para cada par de patillas de fijación colocadas opuestas.

Las cintas 11 de resorte se realizan de un material biocompatible con un entorno espacial y se pueden realizar de un material metálico o de un material compuesto como, por ejemplo, fibras de carbono sumergidas en una resina epoxi o en una resina de cianato. Se prefieren los materiales compuestos ya que tienen un coeficiente de dilatación mucho más bajo en temperatura que los materiales metálicos. Las plataformas, superior e inferior, y las plataformas de unión son, de preferencia, de carbono.

El mástil no consta de ninguna articulación, de ninguna bisagra, de ningún pivote ni de ningún motor. En la posición de almacenamiento, todas las cintas 11 de resorte de todos los pisos Pi estructurales elementales almacenan energía elástica causada por las tensiones que las mantienen en la posición doblada en dos. El mantenimiento de

las cintas 11 de resorte en la posición doblada se garantiza mediante un sistema de apilado. El despliegue del mástil se realiza de manera pasiva mediante la relajación de las tensiones sobre las cintas de resorte al desplegarse y la liberación de la energía elástica almacenada por las cintas de resorte. Para que el despliegue no sea excesivamente violento, se puede utilizar además un medio de frenado que permita controlar el despliegue del mástil. Por ejemplo, la velocidad del despliegue de las cintas de resorte se puede controlar mediante un desenrollado progresivo de un cable gestionado por un motor.

La longitud del mástil se puede aumentar o reducir de forma simple aumentando el número de bloques estructurales elementales sucesivos apilados unos sobre otros a lo largo del eje X de despliegue longitudinal como se representa, por ejemplo, en la figura 7 en la que el mástil consta de tres bloques 10a, 10b, 10c estructurales apilados unos sobre otros, estando los tres bloques estructurales en su estado apilado, por lo tanto compacto. En el ejemplo de realización de la figura 7, cada bloque 10a, 10b, 10c estructural en posición apilada corresponde a una corona anular constituida por seis pisos compuestos por tres cintas de resorte por piso, esto es un total de 18 cintas de resorte repartidas a intervalos regulares en la circunferencia de la corona anular. Las tres coronas anulares apiladas corresponden a los tres bloques estructurales elementales.

Para las aplicaciones espaciales, el mástil se puede utilizar, por ejemplo, para alejar un aparato o una antena del cuerpo de un satélite. En este caso, la plataforma 13 inferior del piso inferior del mástil se fija sobre el cuerpo del satélite y el aparato que hay que alejar se fija en la plataforma 12 superior del piso superior del mástil.

Aunque se ha descrito la invención en relación a unas formas particulares de realización, es evidente que no está en modo alguna limitada a estas y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos así como sus combinaciones si estas entran dentro del marco de la invención. En particular, todas las figuras muestran una configuración de cintas de resorte que presentan su cara 102 cóncava orientada hacia el exterior del mástil, pero como alternativa, también se pueden girar 180º todas las cintas 11 de resorte y montarlas de modo que presenten su cara 101 convexa orientada hacia el exterior del mástil.

REIVINDICACIONES

1. Mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo que consta al menos de un bloque (10, 10a, 10b, 10c) estructural elemental que tiene un eje X de despliegue longitudinal, constando el bloque estructural elemental de dos plataformas, respectivamente (13) inferior y (12) superior, paralelas a un plano YZ ortogonal al eje X, y de N pisos (P1,…, Pi, Pi+1,…, PN) apilados unos sobre otros en paralelo al eje X de despliegue longitudinal, donde N es superior a 1 y donde i está comprendido entre 1 y N-1, y cada piso (Pi) consta al menos de tres cintas (11) de resorte longitudinales flexibles, fijándose los N pisos entre sí de dos en dos por medio de unas plataformas (15) de unión paralelas al plano YZ, **caracterizado porque** dos pisos (Pi, Pi+1), inferior y superior, contiguos están desplazados angularmente entre sí mediante una rotación alrededor del eje X de despliegue, intercalándose las cintas de resorte del piso (Pi) inferior entre las cintas de resorte del piso (Pi+1) superior.

2. Mástil desplegable según la reivindicación 1, **caracterizado porque** todas las cintas (11) de resorte son idénticas y de la misma longitud.

3. Mástil desplegable según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dos pisos (Pi, Pi+1) contiguos, respectivamente inferior y superior, están fijados entre sí por una plataforma (15) de unión común a los dos pisos (Pi, Pi+1) contiguos.

4. Mástil desplegable según la reivindicación 3, **caracterizado porque** cada plataforma (12) superior, (13) inferior y (15) de unión, consta de unas patillas (14, 16a, 16b) de fijación repartidas a intervalos regulares, siendo cada patilla de fijación específica para la fijación de un extremo de una cinta de resorte.

5. Mástil desplegable según la reivindicación 4, **caracterizado porque** los dos pisos, (Pi) inferior y (Pi+1) superior, contiguos constan de una zona (17) de recubrimiento longitudinal.

6. Mástil desplegable según la reivindicación 5, **caracterizado porque** las patillas (16a, 16b) de fijación solidarias con cada plataforma (15) de unión están inclinadas con respecto al plano YZ de la plataforma de unión, estando la inclinación de las patillas (16a) de fijación de las cintas de resorte del piso (Pi) inferior orientada hacia la parte superior del mástil y estando la inclinación de las patillas (16b) de fijación de las cintas de resorte del piso (Pi+1) superior orientada hacia la parte inferior del mástil.

7. Mástil desplegable según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque**, en la posición de almacenamiento, todas las cintas (11) de resorte se doblan en dos, en el sentido de su longitud y **porque** todas las plataformas, inferior, de unión y superior, de un mismo bloque (10, 10a, 10b, 10c) estructural se apilan unas sobre otras.

8. Mástil desplegable según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** consta de varios bloques (10a, 10b, 10c) estructurales idénticos apilados unos sobre otros.

9. Satélite **caracterizado porque** consta al menos de un mástil desplegable con despliegue espontáneo autónomo, según una de las reivindicaciones anteriores.

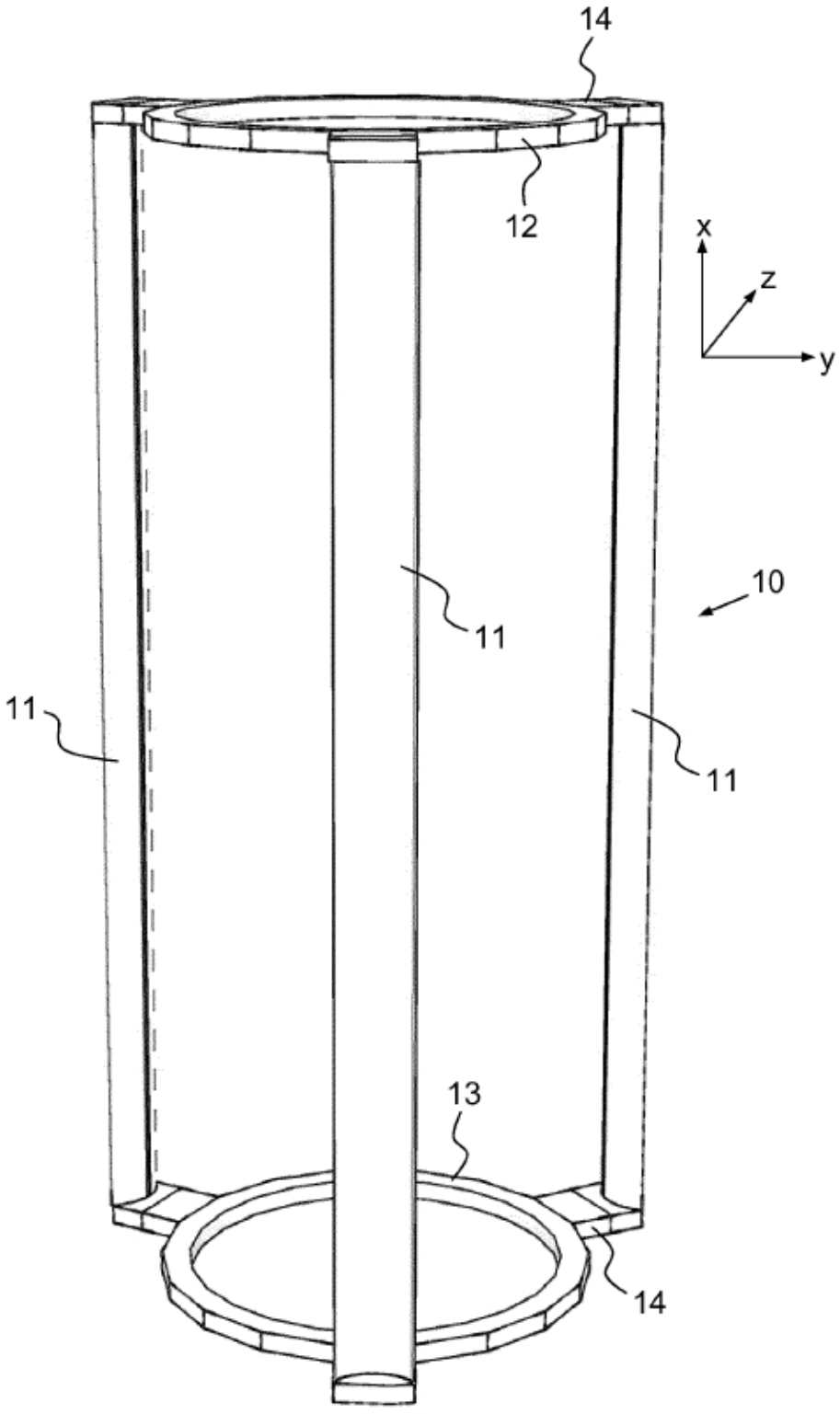

FIG.1

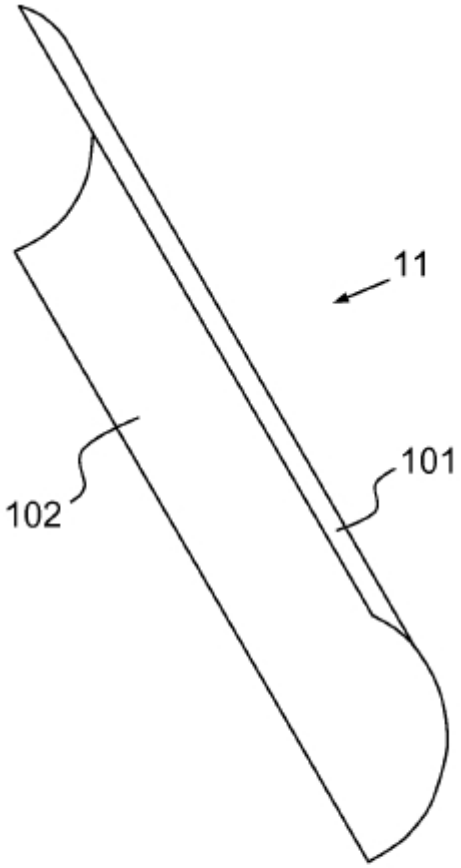

FIG.2a

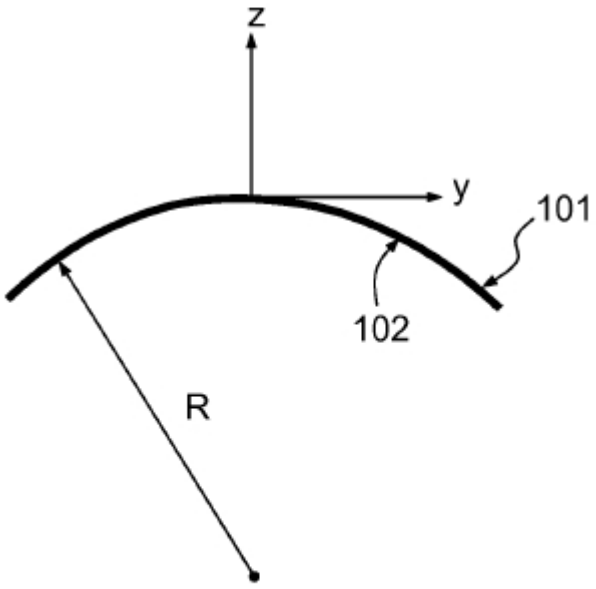

FIG.2b

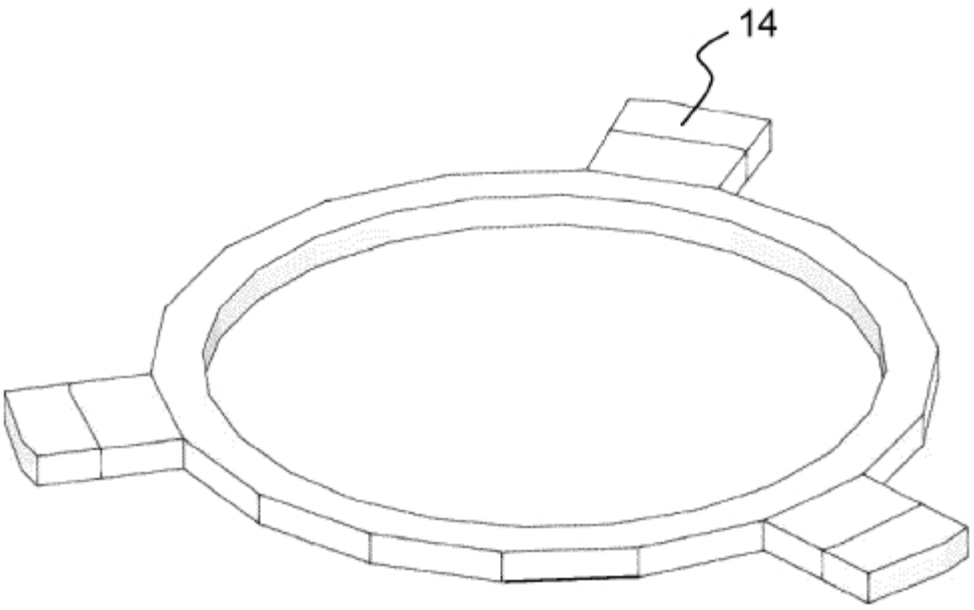

FIG.3

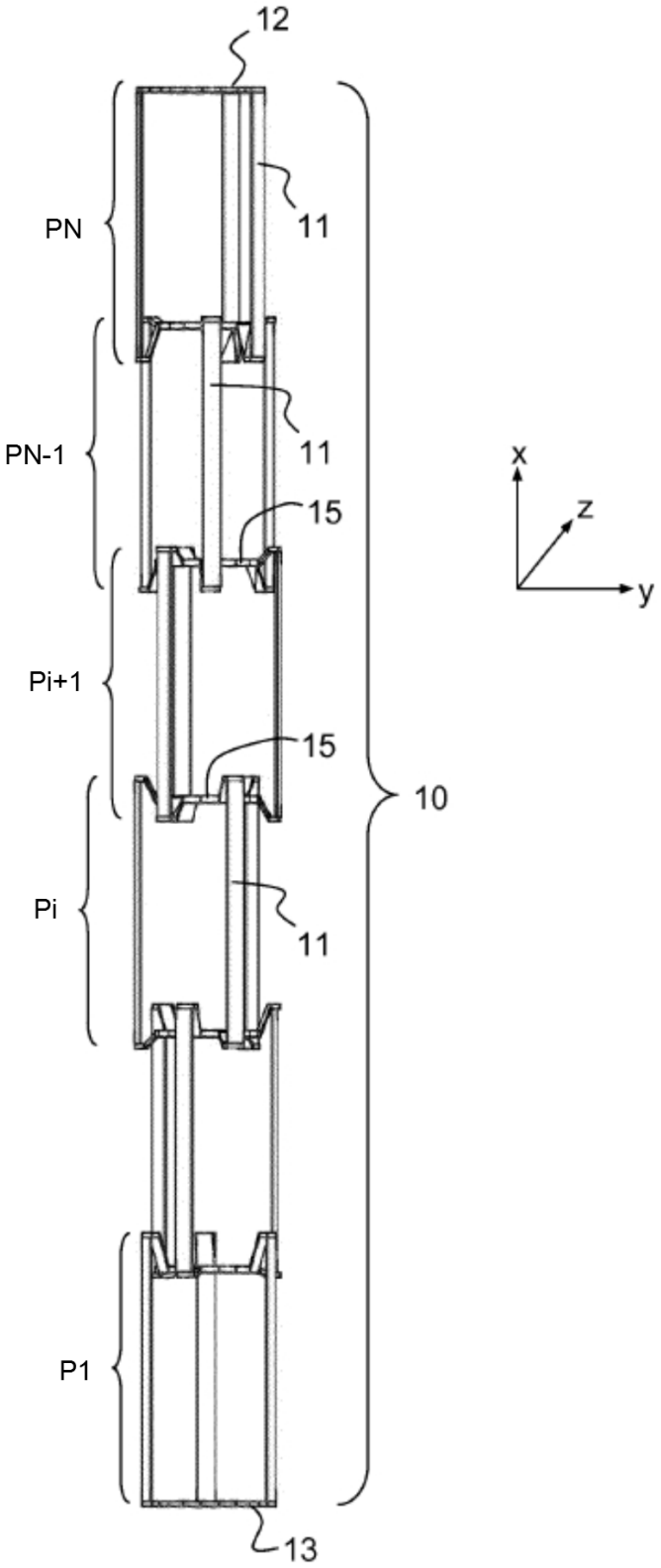

FIG.4

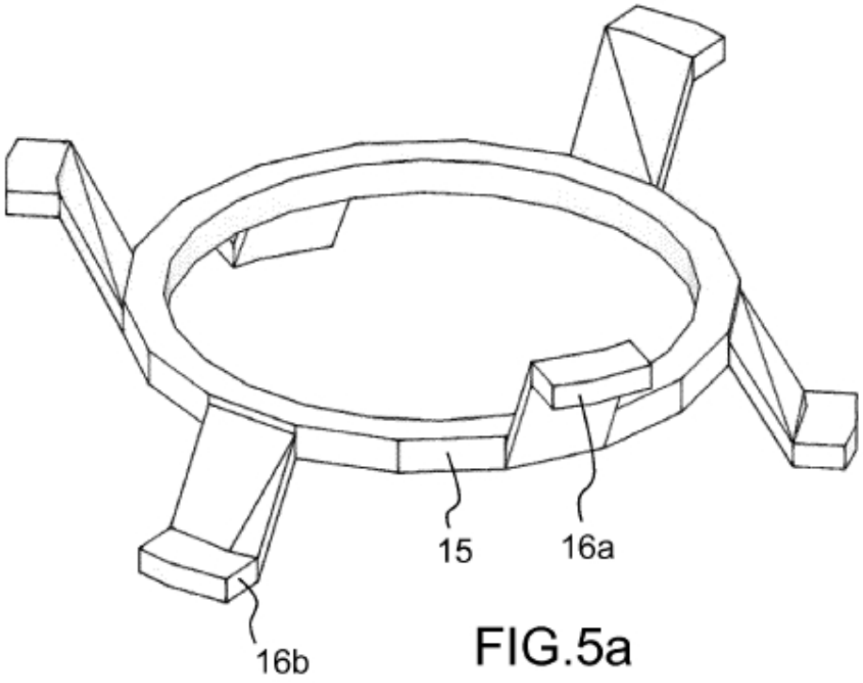

FIG.5a

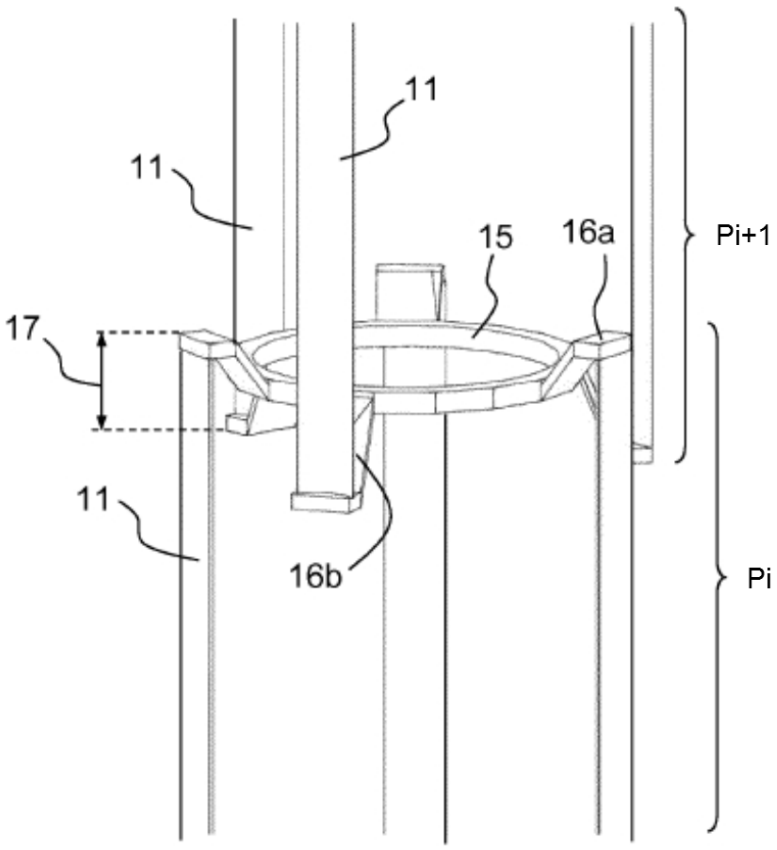

FIG.5b

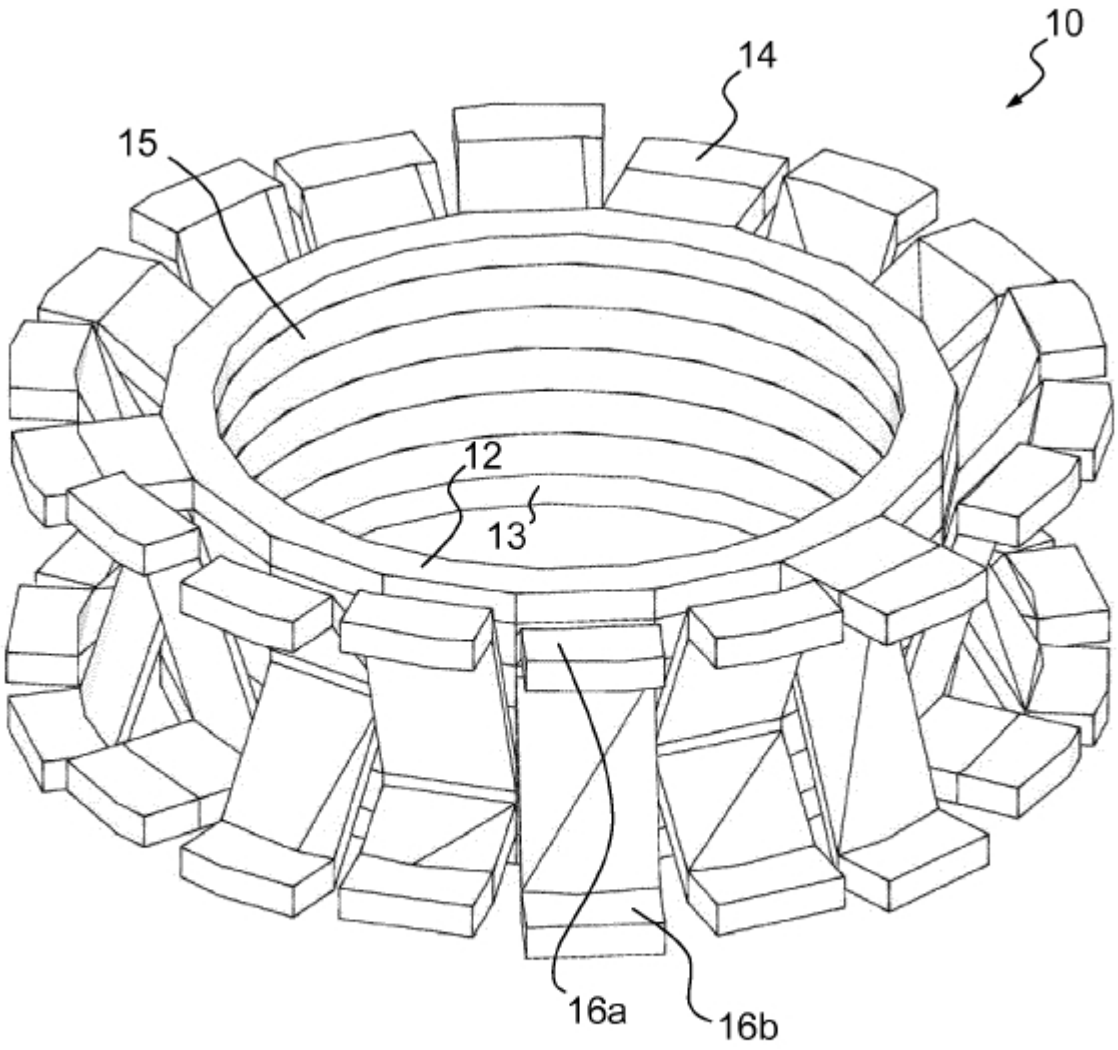

FIG.6a

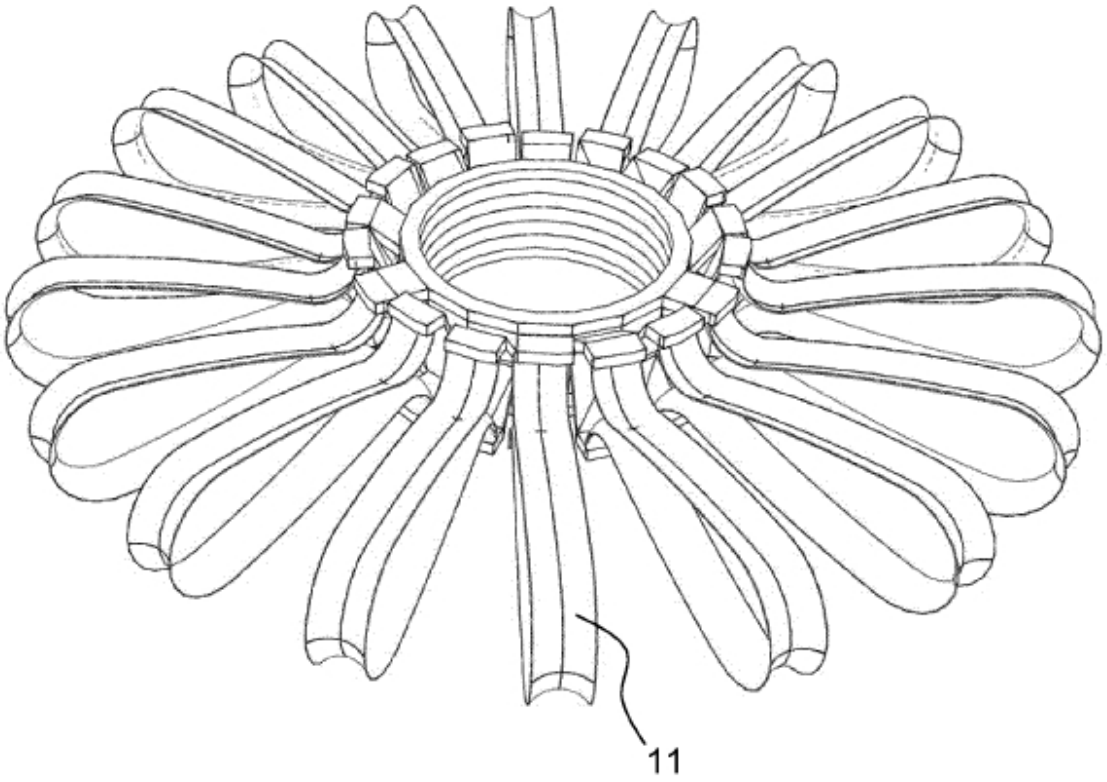

FIG.6b

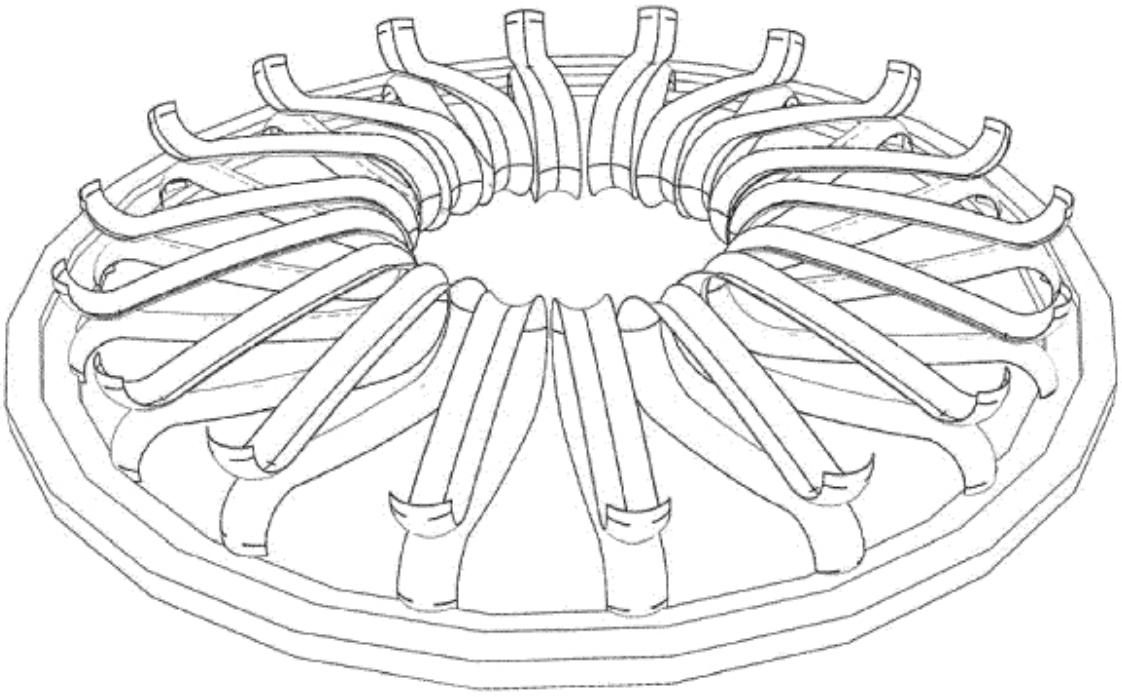

FIG.6c

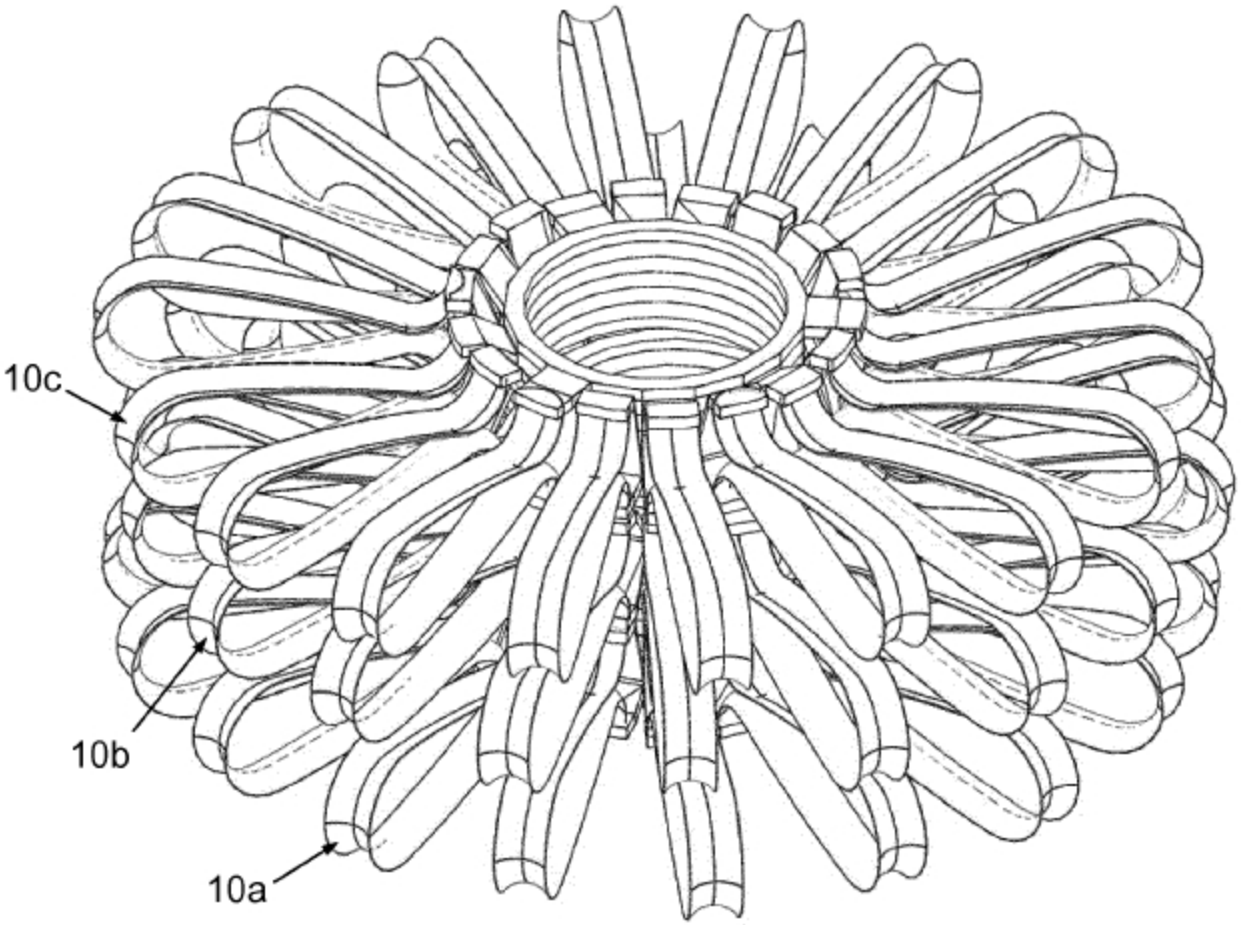

FIG.7