

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 764**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 15/16 (2006.01)

B64G 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2013 PCT/IB2013/059894**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14068538**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2013 E 13818412 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2915213**

54 Título: **Gran reflector desplegable para una antena de satélite**

30 Prioridad:

05.11.2012 EP 12425177
13.03.2013 EP 13159073

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.02.2017

73 Titular/es:

THALES ALENIA SPACE ITALIA S.P.A. CON UNICO SOCIO (100.0%)
Via Saccomuro, 24
Roma, IT

72 Inventor/es:

MESCHINI, ALBERTO;
RIGATO, RICCARDO y
SCAROZZA, DAVIDE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 599 764 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

Gran reflector desplegable para una antena de satélite

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un gran reflector desplegable para una antena de satélite.

5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

Como se sabe, los sistemas de comunicaciones por satélite usan satélites colocados en órbita geoestacionaria y equipados con un dispositivo capaz de recibir, amplificar y transmitir señales de radio por medio de una o más antenas parabólicas.

10 Un tipo desarrollado relativamente reciente de antena de satélite se compone de grandes antenas desplegables, en concreto, antenas parabólicas que tienen un reflector que está equipado con una estructura de soporte articulada capaz de asumir una configuración almacenada compacta durante el lanzamiento del satélite y de abrirse automáticamente en el espacio cuando el satélite haya alcanzado la posición orbital establecida, para asumir una configuración desplegada rígida. Un reflector desplegable se conoce a partir, por ejemplo, del documento EP 0 959 524 A1.

15 Un reflector de este tipo tiene normalmente un diámetro de entre 5 y 16 metros y tiene una parte reflectante que, obviamente, no es rígida, sino que se compone de algún tipo de tejido ligero y conductor de electricidad de modo que puede plegarse junto con la estructura de soporte cuando esta última esté en la configuración almacenada mencionada anteriormente, y que se vuelve tensa en el espacio cuando la estructura de soporte asume la configuración desplegada en órbita.

20 Un gran reflector desplegable comprende además una pluralidad de otros componentes, incluyendo al menos un elemento mecánico que conecta la estructura de soporte al satélite, medios para sostener la estructura de soporte en la configuración almacenada durante el lanzamiento, mecanismos de despliegue de la estructura de soporte y una pluralidad de dispositivos de hardware para controlar el ajuste del reflector.

25 En general, la construcción de un reflector del tipo descrito anteriormente es extremadamente complejo, especialmente cuando se tienen en cuenta los requisitos estrictos que el reflector debe respetar respecto al peso y al volumen, que, en la configuración almacenada, debe permanecer dentro de ciertos límites de carga útil del lanzador de satélites y, respecto a, más en general, las propiedades mecánicas en términos de resistencia y fiabilidad que el reflector, y la estructura de soporte en particular, deben tener con el fin de garantizar que los movimientos en la fase de apertura en órbita se hagan correctamente y que la configuración desplegada final del reflector corresponda con
30 precisión con la configuración de diseño prevista.

Se han propuesto hasta ahora diversas soluciones para grandes reflectores desplegables. Sin embargo, por las razones descritas anteriormente, la mayoría de estas no han mostrado resultados satisfactorios en la práctica.

SUMARIO DE LA INVENCION

35 El objeto de la presente invención es proporcionar un tipo mejorado de gran reflector desplegable para una antena de satélite.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un gran reflector desplegable para una antena de satélite como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 La invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran un modo de realización no limitativo de la misma, en los que:

- la figura 1 muestra una vista en perspectiva, con partes extraídas para mayor claridad, de un modo de realización preferido del reflector de acuerdo con la presente invención instalado en un satélite;
- la figura 1a es una vista lateral, con partes extraídas para mayor claridad, de la figura 1;
- la figura 1b muestra esquemáticamente una vista frontal de un detalle de la figura 1 en dos configuraciones
45 funcionales diferentes;
- la figura 2 muestra una vista en perspectiva, con partes extraídas para mayor claridad, de un detalle del reflector en la figura 1;
- la figura 3 muestra una vista frontal del detalle de la figura 2 de acuerdo con tres modos de realización diferentes;

- la figura 4 muestra, a una escala ampliada, un detalle de la figura 2;
 - la figura 5 es una vista en perspectiva de un detalle de la figura 4.
 - las figuras 6a, 6b y 6c muestran el tetraedro de la figura 4 dispuesto en configuraciones funcionales diferentes respectivas;
- 5
- la figura 7 muestra, a una escala ampliada y con partes extraídas para mayor claridad, un detalle de la figura 6b;
 - las figuras 8a y 8b muestran vistas en perspectiva de un detalle de la figura 2 en configuraciones funcionales respectivas;
 - la figura 9 muestra, a una escala ampliada, un detalle de la figura 8b;
 - la figura 10 muestra, a una escala ampliada, un detalle adicional de la figura 8b;
- 10
- las figuras 11a y 11b muestran, a una escala ampliada, un detalle de la figura 8 en configuraciones de funcionamiento respectivas;
 - la figura 12 es una vista en planta de la figura 2;
 - la figura 13 muestra una vista en perspectiva, a una escala ampliada, de un detalle del reflector de la figura 1;
 - la figura 14 muestra, en alzado lateral y con partes extraídas para mayor claridad, el reflector en la figura 1;
- 15
- la figura 15 muestra, a una escala ampliada, un detalle de la figura 1;
 - la figura 16a muestra el reflector en la figura 1 en una configuración almacenada;
 - la figura 16b muestra un detalle de la figura 16a en una configuración operativa diferente;
 - la figura 16c muestra, en alzado lateral y a una escala ampliada, un detalle de la figura 16a;
 - la figura 17 muestra una vista en perspectiva, a una escala ampliada, de un detalle de la figura 16.
- 20
- las figuras 18a y 18b muestran, en planta y con partes extraídas para mayor claridad, variantes respectivas del reflector de la figura 1;
 - la figura 19 muestra esquemáticamente las relaciones de tamaño entre los modos de realización de la figura 3.

MODO DE REALIZACIÓN PREFERIDO DE LA INVENCION

25 Con referencia a la figura 1, el número de referencia 1 indica, en conjunto, un reflector de una antena instalada en un satélite 2 (de tipo conocido) para telecomunicaciones, navegación, ciencia de radio y/u observación de la tierra. Los satélites de este tipo se colocan normalmente en órbita geoestacionaria y comprenden un módulo central 3, que funciona como un vehículo de transporte para la antena y comprende, de manera conocida, una pluralidad de componentes, que incluyen, por ejemplo, dispositivos de propulsión y de accionamiento, dispositivos de control térmico, dispositivos de ajuste y de control de órbita, dispositivos de procesamiento de datos y dispositivos de suministro de energía capaces de transformar la radiación solar en energía eléctrica por medio de un sistema de paneles solares 4.

35 El reflector 1 es del tipo desplegable, o más bien es capaz de asumir una configuración almacenada compacta durante la fase de lanzamiento del satélite 2 y para abrirse de forma autónoma en el espacio cuando el satélite 2 haya alcanzado una órbita predeterminada para asumir una configuración desplegada con suficiente rigidez para que pueda orientarse con precisión en el sentido de puntería necesario.

Esquemáticamente, el reflector 1 puede subdividirse en tres componentes principales (descritos más adelante): un conjunto de reflector 5, que comprende un espejo parabólico reflectante 5a para la recepción y transmisión de señales electromagnéticas, una estructura de soporte 6 para el conjunto de reflector 5 y un dispositivo de conexión 7 para conectar el reflector 1 al módulo central 3.

40 Como puede verse mejor en la figura 2, la estructura de soporte 6 es una estructura reticulada articulada compuesta de "n" bloques de construcción, donde "n" es un número entero mayor que o igual a tres, preferentemente 6, 7 u 8, cada uno de los cuales es un elemento articulado que puede moverse entre una configuración cerrada o almacenada y una configuración abierta o desplegada. En la configuración desplegada de la estructura de soporte 6, los elementos articulados mencionados toman la forma de tetraedros 8, es decir, pirámides que tienen un triángulo equilátero o isósceles como base 9 y conectados entre sí para formar una estructura anular a la que está conectado el conjunto reflector 5.

La disposición geométrica de los tetraedros 8 es claramente visible en la figura 3, que muestra, a modo de ejemplo,

la extensión plana de la estructura de soporte 6 en tres configuraciones diferentes: hexagonal, es decir, compuesta de seis tetraedros 8, heptagonal, es decir, compuesta de siete tetraedros 8 y octogonal, es decir, compuesta de ocho tetraedros 8. Independientemente del número de tetraedros que formen la estructura de soporte 6, es posible observar que las bases triangulares 9 están conectadas entre sí para dar a la estructura de soporte 6 una forma de estrella y delimitar, entre ellas, un polígono inscrito en una elipse 10, las dimensiones de las cuales constituyen uno de los parámetros de diseño para la geometría de la estructura de soporte 6 y que corresponde al plano de apertura del espejo parabólico 5a. Los tetraedros 8 se disponen alrededor de la elipse 10 de una manera simétrica con respecto a un plano óptico Xo-Zo, que es un plano que pasa por el eje principal de la elipse 10 y perpendicular al plano en el que se sitúa la elipse 10; en otras palabras, cada tetraedro 8 es igual, o más bien tiene las mismas dimensiones y la misma relación base/altura, como el tetraedro 8 que es simétrico a la misma con respecto al plano óptico Xo-Zo.

Como se muestra en las figuras 2 y 3, cada base triangular 9 comprende un lado interno 9a que está enfrente de un centro O de la elipse 10 y un vértice externo 11 opuesto al lado interno 9a. Las bases 9 están conectadas entre sí en los extremos axiales de los lados internos 9a respectivos y, en la configuración desplegada, no todos se sitúan en el mismo plano, sino que se hacen rotar de tal manera que los vértices externos 11 respectivos se sitúan en una superficie cónica elíptica imaginaria C tangente al espejo parabólico 5a (figura 1a). En el caso en el que la base 9 es un triángulo equilátero, el lado 9a es obviamente uno cualquiera de los tres lados de la base 9, mientras que, en el caso en el que la base 9 es un triángulo isósceles, el lado 9a es el lado con una longitud diferente de los otros dos.

Como se muestra en la figura 4, que muestra con detalle la estructura de cada tetraedro 8 dispuesto en la configuración abierta o desplegada, cada base 9 se compone de tres barras 12, cada una de las cuales comprende, a su vez, dos elementos 13 que se sitúan en un mismo plano y están conectados entre sí por una bisagra de resorte plano de par constante 14, que, junto con el par de elementos 13 respectivos, forma un compás de un grado de libertad, y está configurada para funcionar, como se verá más adelante, durante el despliegue del reflector 1 para hacer rotar los dos elementos 13 en torno a un eje de bisagra 15 perpendicular al plano en el que se sitúan los elementos 13 y, de esta forma, causar el despliegue controlado del tetraedro 8 respectivo.

La figura 5 muestra un ejemplo de una bisagra de resorte plano 14 dispuesta en una configuración desenrollada, correspondiente a la configuración abierta del tetraedro 8. Cada bisagra 14 comprende dos soportes 16, que están articulados entre sí alrededor del eje 15 y están cada uno rígidamente conectados a un extremo axial respectivo de un elemento 13 respectivo. La bisagra 14 comprende además un resorte plano de par constante 17 (de tipo conocido) que comprende, a su vez, una banda de acero 18, de la cual se fija un primer extremo a una bobina 19 montada rígidamente en uno de los dos soportes 16 en una posición coaxial con el eje 15, y un segundo extremo fijado a un carrete bobinador 20 integrado en el otro soporte 16 y coaxial con un eje paralelo al eje 15. Finalmente, la bisagra 14 está equipada con un dispositivo de bloqueo 20a angular con la función de impedir que los dos soportes 16 giren entre sí alrededor del eje 15 después de que el tetraedro 8 haya alcanzado la configuración abierta. En particular, el dispositivo de bloqueo angular comprende un pasador 20b, que tiene su eje paralelo al eje 15 e instalado, con la interposición de un resorte, en una porción periférica de una placa integrada en uno de los dos soportes 16 y coaxial con el eje 15, de modo que se proyecta desde la placa hacia el otro soporte 16. Cuando los dos soportes 16 rotan entre sí, el pasador 20b se hace rotar alrededor del eje 15 hasta que está alineado con un orificio hecho en una porción del otro soporte 16 y se acopla con cierre en el mismo.

Haciendo referencia a la figura 4, cada tetraedro 8 comprende además tres nervaduras 21, cada una de las cuales define, con una barra 12 respectiva, una cara triangular del tetraedro 8 y, junto con las otras dos nervaduras 21, forma un vértice 22 opuesto a la base 9. Las nervaduras 21 están conectadas entre sí en el vértice 22 por una bisagra de buje central 23, que permite que oscile cada nervadura 21, en uso, alrededor de un eje 24 respectivo perpendicular a un plano respectivo que pasa a través de la nervadura 21 y perpendicular a la base 9.

En el otro extremo del conectado a la bisagra de buje central 23, cada nervadura 21 converge, junto con un par respectivo de barras 12, hacia una esquina respectiva de la base 9; en particular, dos de las nervaduras 21 se extienden desde el vértice 22 hacia los extremos axiales respectivos de la barra 12 que definen el lado interno 9a y están conectados entre sí por una junta triple 25 respectiva (la estructura de la que se tratará con detalle más adelante), que permite que cada nervadura 21 rote alrededor de un eje 26 respectivo paralelo al eje 24 respectivo durante el despliegue del tetraedro 8. La otra nervadura 21 se extiende desde el vértice 22 hasta el vértice externo 11 y está conectado al par correspondiente de barras 12 por una junta 25a capaz de permitir que las dos barras 12 y la nervadura 21 roten alrededor de los ejes respectivos, cada uno de los cuales es paralelo al eje correspondiente de rotación de la barra o nervadura respectiva en la bisagra de buje central 23.

Como se muestra en la figura 6, cada tetraedro 8 está estructurado para asumir la configuración abierta o desplegada en la figura 4 al final de una fase de apertura realizada a partir de una configuración almacenada (figura 6a), en la que los elementos 13 de las barras 12 y de las nervaduras 21 son paralelos entre sí y se reúnen para formar un haz cilíndrico compacto. Las barras 12 y las nervaduras 21 se sostienen en su configuración almacenada por medio de restricciones externas, lo que se discutirá más adelante. En el momento en que ya no existan estas limitaciones externas, cada tetraedro 8 es libre para desplegarse bajo el empuje de los resortes planos 17 respectivos, que hacen que los elementos 13 de cada barra 12 roten alrededor de los ejes 15 respectivos para abrirse como un compás hasta que están alineados axialmente entre sí. Durante la expansión del tetraedro 8

(figuras 6b y 6c), el cono de apertura del ángulo en el vértice 22 se ensancha progresivamente y las nervaduras 21 se expanden, rotando alrededor de los ejes 24 y 26 respectivos. La velocidad de este movimiento de apertura similar a un paraguas del tetraedro 8 se controla por un amortiguador 27 montado en el buje central de bisagra 23.

5 Como se muestra en la figura 4, y con mayor detalle proporcionado en la figura 7, el amortiguador 27 es preferentemente un amortiguador hidráulico lineal que comprende un cilindro 28, que se extiende a través de la bisagra de buje central 23 y a lo largo de un eje de referencia 29 del tetraedro 8, y una varilla 30, montada de forma deslizante en el interior del cilindro 28 y que sobresale del extremo inferior del cilindro 28 y que está enfrente de la base 9. El amortiguador 27 está conectado a las tres nervaduras 21 por tres palancas dispuestas radialmente 31, cada una de las cuales está articulada en un extremo a una nervadura 21 respectiva y, en el extremo opuesto, al extremo inferior de la varilla 30 para ser capaz de asumir, en uso, cualquier inclinación y ayudar al movimiento de apertura de las nervaduras 21, manteniendo, al mismo tiempo, las restricciones cinemáticas correctas entre los componentes del tetraedro 8.

10 Con referencia a la figura 2, los vértices 22 de los tetraedros 8 están conectados entre sí por la corona articulada de enlaces 32 capaz de seguir la apertura de los tetraedros 8 y, cuando su abertura se complete, guiar la rotación de los tetraedros 8 alrededor de los lados internos 9a de las bases 9 respectivas para traer la estructura de soporte 6 a la configuración desplegada final.

15 En particular, con referencia a las figuras 8a, 8b y 10, cada enlace de coronación 32 comprende dos porciones 33 de igual longitud que se sitúan en un mismo plano y están conectadas entre sí de manera articulada por una bisagra de amortiguador de par constante 34, un ejemplo de la cual se muestra en la figura 10. En particular, la bisagra 34 es una bisagra de resorte plano que comprende dos soportes 35 conectados rígidamente a los extremos axiales respectivos de las porciones 33 y articulados entre sí para hacer rotar alrededor de un eje 36 perpendicular al plano en el que se sitúan las porciones 33. La bisagra 34 comprende además dos resortes planos de par constante 37 (de tipo conocido y similar a los de la bisagra 14), un amortiguador de rotación 38 soportado en uno de los soportes 35 en una posición coaxial con el eje 36 y un dispositivo de bloqueo 20a que es funcionalmente el mismo que el de la bisagra 14.

20 Como se muestra en las figuras 8a y 8b y en la figura 9, en el extremo opuesto al que está conectado a la bisagra 34, cada porción 33 está conectada al vértice 22 de un tetraedro 8 respectivo por un pivote 39 que comprende (figura 9) un brazo 40, que está montado de forma rotatoria con respecto a la bisagra de buje central 23 alrededor de un eje 39a paralelo al lado interno 9a del tetraedro respectivo y tiene dos porciones de extremo 41, cada una de las cuales está conectada al extremo axial de un enlace de coronación 32 por medio de una bisagra de un grado de libertad para permitir que el enlace de coronación 32 oscile alrededor de un eje 42 paralelo al eje 36.

25 Como se muestra en la figura 8a, la longitud de cada enlace de coronación 32 es mayor que la distancia entre los vértices 22 de dos tetraedros adyacentes 8. Esta característica geométrica garantiza que, una vez que los tetraedros 8 hayan completado su despliegue bajo el empuje de los resortes planos 17 colocados entre el par de elementos 13 de las barras 12 y los ejes de referencia 29 de los tetraedros 8 sean paralelos todavía entre sí, las porciones 33 de cada enlace de coronación 32 no sean todavía coaxiales entre sí. En este punto, el empuje adicional proporcionado por los resortes planos 37 para completar la apertura de compás de las porciones 33 hasta que están completamente alineadas implica la rotación rígida de todos los tetraedros 8, con respecto a los enlaces de coronación 32, alrededor de los lados internos 9a respectivos y de los ejes 9a de los pivotes 39 respectivos.

30 Con respecto a esto, y con referencia a la figura 1b, es importante tener en cuenta que la rotación mencionada anteriormente de los tetraedros 8 es de tal manera que los vértices 22 de los tetraedros 8 se mueven hacia el exterior por una misma distancia. En otras palabras, si los vértices 22 están conectados juntos por una línea, el polígono así obtenido tiene, en la configuración rotada final de los tetraedros 8, una desviación con respecto a las condiciones iniciales.

35 Esta rotación se hace gracias a las juntas triples 25, cada una de las cuales conecta dos tetraedros 8 adyacentes juntos y por el pivote 39, que permite la rotación de los tetraedros 8 con respecto a los enlaces de coronación 32. Como se muestra en las figuras 11a y 11b, para cada junta triple 25, y para cada uno de los dos tetraedros 8 conectados a la misma, un par de barras 12 y una nervadura 21 convergen en y están articuladas a la junta 25 para rotar entre sí y con respecto a la junta triple 25, desde la posición cerrada del tetraedro 8 respectivo, en la que las barras 12 y la nervadura 21 son paralelas entre sí, hasta la posición abierta del tetraedro 8 respectivo, en la que las barras 12 y las nervaduras 21 forman esquinas correspondientes del tetraedro 8 respectivo.

40 En particular, la junta triple 25 comprende un cuerpo central que tiene la forma de una horquilla 43 y dos placas laterales 44, que se disponen simétricamente en lados opuestos de la horquilla 43, situándose en el mismo plano que la horquilla 43 cuando los tetraedros 8 están en la configuración almacenada, y teniendo cada uno tres apéndices, a los que están articuladas las barras 12 y la nervadura 21. En particular, los tres apéndices comprenden dos apéndices de extremo, cada uno de los cuales define una bisagra 45 respectiva capaz de permitir la rotación de una barra 12 alrededor de un eje 46 respectivo perpendicular a la barra 12, y un apéndice intermedio que define una bisagra 47 capaz de permitir la rotación de la nervadura 21 alrededor del eje 26 respectivo mencionado anteriormente. Los ejes 46 y el eje 26 son coplanarios y definen, cuando el tetraedro 8 está completamente

desplegado, el plano en el que se sitúa la base 9 relativa. Cada una de las placas 44 de una junta triple 25 está, a su vez, articulada a un brazo respectivo de la horquilla 43 para oscilar alrededor de un eje 48 respectivo, que es coplanaria y se inclina con respecto al otro eje 48 de la misma junta triple 25 y es coplanaria con los ejes 48 de las otras juntas triples 25. La oscilación alrededor del eje 48 permite que la placa 44 relativa se mueva desde una posición inicial (figura 11a), que se mantiene por la placa 44 hasta que el tetraedro 8 está completamente desplegado, a partir de la configuración almacenada en la que la placa 44 es coplanaria con la horquilla 43 y de una posición final (figura 11b), que se asume cuando el tetraedro 8 rota alrededor de su lado interno 9a bajo el efecto de la apertura de los enlaces de coronación 32 y en la que la placa 44 se hace rotar cierto ángulo con respecto a la horquilla 43 y cada eje 48 es coaxial con el lado interno 9a del tetraedro 8 respectivo que está conectado al mismo.

En otros términos, las juntas triples 25 están configuradas de tal manera que, en uso, cuando los tetraedros 8 se pliegan hacia arriba, el plano definido por los ejes 46 de las barras 12 y el eje 26 de la nervadura 21 en cada placa 44 son coplanarias con el plano definido por los ejes 48 de la misma junta triple 25 y de todas las otras juntas triples 25 (véase la figura 16c); que, cuando los tetraedros 8 han alcanzado la posición totalmente abierta, el plano definido por los ejes 46 y por el eje 26 de cada placa 44 es aún coplanaria con el plano definido por los ejes 48 de la misma junta 25 y de todas las otras juntas triples 25 de tal manera que la estructura de soporte 6 adopta una configuración intermedia transitoria (no mostrada) entre las configuraciones almacenada y desplegada y en la que los ejes de referencia 29 de los tetraedros 8 son paralelos entre sí; y, finalmente, que, cuando los enlaces de coronación 32 se extienden completamente e imparten un movimiento de rotación a los tetraedros 8 alrededor de los lados internos 9a respectivos, las placas 44 rotan alrededor de los ejes 48 respectivos (figura 11b) y las bases 9 se vuelven inclinadas entre sí de tal manera que los vértices externos 11 de las bases 9 se colocan en la superficie cónica elíptica imaginaria C tangente al reflector parabólico 5.

Por último, como se muestra en las figuras 11a y 11b, la junta triple 25 comprende un dispositivo de bloqueo angular 48a para cada placa 44 con el propósito de impedir que la placa 44 respectiva oscile alrededor del eje 48 después de que haya alcanzado la posición final mencionada anteriormente. El dispositivo de bloqueo angular 48a es conceptualmente similar a los dispositivos de bloqueo 20a y comprende, en particular, un pasador 48b, que tiene su eje paralelo al eje 48 y se instala, con la interposición de un resorte, en un apéndice de la horquilla 43, de modo que sobresale hacia una placa 48c soportada por la placa 44 y provista de un orificio pasante. Cuando la placa 44 rota con respecto a la horquilla 43, el orificio hecho en la placa 48c se hace rotar alrededor del eje 48 hasta que se alinea con el pasador 20b y se acopla con cierre por este último.

La figura 12 muestra un sistema de tensado 49 para la estructura de soporte 6 que usa cables. En particular, el sistema de tensado 49 comprende dos conjuntos de cables, que comprenden un conjunto de cables frontales 50 (mostrados con líneas continuas en la figura 12), que están anclados a las horquillas 43 de las juntas triples 25 (figuras 11a y 11b), y un conjunto de cables de tensado traseros 51 (mostrados con líneas discontinuas en la figura 12), que están anclados a los vértices 22 de los tetraedros 8. En particular, como se muestra en la figura 13, los cables traseros 51 están anclados al vértice 22 por medio de un soporte instalado de forma rígida en la bisagra de buje central 23 y dispuesto en el extremo superior del cilindro 28 del amortiguador 27. En uso, los cables 50 y 51 se tensan por la estructura de soporte 6 en el momento en que esta última completa la fase de despliegue bajo el empuje de la apertura de compás de las barras 12 y de los enlaces de coronación 32. Respecto a lo que se ha mencionado anteriormente, es oportuno especificar que la estructura de soporte 6 está configurada de tal manera que, una vez que se alcanza la configuración completamente desplegada, su geometría se determina únicamente sin la necesidad de tensar los cables 50 y 51. Sin embargo, como los elementos que forman la estructura de soporte 6, en concreto, las barras 12, las nervaduras 21 y los enlaces de coronación 32, son, preferentemente, los elementos tubulares que tienen cierta flexibilidad, el uso del sistema de cables de tensado 49 permite lograr una mayor rigidez debido a los principios bien conocidos de estructuras de tensegridad, de acuerdo con los cuales la interacción entre los componentes compresivos (en este caso, los elementos tubulares de la estructura de soporte 6) y los componentes de tensado (en este caso, los cables 50 y 51), da a la estructura una fuerza y una resistencia mayores que la suma de sus componentes.

La figura 14 muestra el conjunto de reflector 5 con detalle y en alzado lateral, estando hecho este de un material flexible de modo que puede plegarse dentro de la estructura de soporte 6, cuando este último está en la configuración almacenada, y se extiende en órbita como consecuencia del despliegue de la estructura de soporte 6. En particular, el conjunto de reflector 5 comprende el espejo parabólico 5a, que se extiende enfrente de las bases 9 y está anclado a la estructura de soporte 6 en los vértices externos 11 de las bases 9, está hecho de un material de tejido conductor de electricidad y constituye la parte "activa" o reflectante del conjunto de reflector 5, y una malla/red de contraste 52, que es opuesta a y simétrica con respecto al espejo parabólico 5a y está anclada a la estructura de soporte 6 en los vértices 22 (figura 14). La malla/red 52 tiene la función de proporcionar la forma parabólica del espejo parabólico 5a y, para este propósito, está conectada al espejo parabólico 5a por una pluralidad de cables tensados 53 que tienen progresivamente longitudes crecientes desde el centro hasta el exterior del conjunto de reflector 5.

En uso, el espejo parabólico 5a y la malla/red 52 se extienden a continuación y, como resultado, el despliegue de la estructura de soporte 6. Sin embargo, su tensado no tiene lugar de forma pasiva como consecuencia directa de que la estructura de soporte 6 alcance la configuración desplegada, sino que se lleva a cabo de forma activa solamente después de que la estructura de soporte 6 haya asumido su condición estable rígida, en la que los cables 50 y 51 se tensan por medio de un dispositivo de tensado 54 (figura 15), que actúa sobre el espejo parabólico 5a y comprende

- una pluralidad de accionadores 55 insertados en el interior de una nervadura 21 respectiva cerca de los vértices externos 11 respectivos y capaces de aplicar una fuerza de tensado dirigida hacia fuera a la periferia del espejo parabólico 5a capaz de tensar el espejo parabólico 5a. El uso del dispositivo de tensado 54 permite desacoplar el sistema mecánico constituido por el conjunto de reflector 5 del sistema mecánico constituido por la estructura de soporte 6, es decir, para hacer la forma de conjunto de reflector 5 independiente de alcanzar la estructura final de la estructura de soporte 6. Cuanto mayor sea la relación entre la rigidez de la estructura de soporte 6 con respecto a la rigidez de la malla/red 52, mayor será el desacoplamiento de los dos sistemas. El número de accionadores 55 puede variar desde un mínimo de tres accionadores, separados de manera uniforme a lo largo de la periferia de la estructura de soporte 6, hasta un máximo igual al número de vértices externos 11.
- En la figura 16, la estructura de soporte 6 se muestra en la configuración almacenada usada durante el lanzamiento del satélite 2 y hasta que se alcanza la órbita deseada. Para este propósito, el reflector 1 comprende un dispositivo de retención 56 con la función de mantener la estructura de soporte 6 en la configuración almacenada y, una vez en órbita, dejando la estructura de soporte 6 libre para desplegarse bajo el empuje de los resortes planos 17 y 37 colocados respectivamente en las barras 12 y sobre los enlaces de coronación 32. Como se muestra en la figura 17, el dispositivo de retención 56 comprende un lazo 57 que pasa a través de los ojales 58, cada uno de los cuales está integrado en una nervadura 21 de un tetraedro 8 respectivo y se extiende desde la nervadura 21 hacia el centro del cilindro formado por el conjunto de tetraedros 8 plegados. El dispositivo de retención 56 está provisto además, a lo largo del lazo 57, de un dispositivo separador 59, por ejemplo, un cuchillo, que puede hacerse funcionar desde el exterior por control remoto para cortar el lazo 57 en el momento oportuno, y un carrete 60 equipado con medios elásticos de retorno para el lazo 57 cuando se haya cortado. La posición del lazo 57 con respecto a la altura de los tetraedros 8 es de manera que reduce al mínimo la tensión en el interior de las bisagras 14 y 34 debido al empuje de los resortes planos 17 y 37 respectivos.
- Como se muestra en las figuras 16a y 16b, el reflector 1 se une al satélite 2 por el dispositivo de conexión 7 mencionado anteriormente, que comprende una placa 61 que está conectada, en un lado, al satélite 2 por medio de dispositivos de accionamiento conocidos que no se muestran y, en el otro lado, a una junta 25a en un vértice externo 11, y un brazo de despliegue 62 que está articulado en un lado a la placa 61 y en el otro a un soporte 63 conectado a uno de los vértices 22 y que sobresale transversalmente hacia el exterior del cilindro formado por el conjunto de tetraedros plegados 8. En particular, el brazo desplegable 62 comprende dos enlaces 64, cada uno de los cuales comprende, a su vez, dos porciones dispuestas en ángulo recto, de las cuales una primera porción está articulada directamente a la placa 61 y se extiende transversalmente hacia el cilindro formado por los tetraedros plegados 8 y una segunda porción que es sustancialmente paralela a las barras 12 y a las nervaduras 21 de los tetraedros plegados 8, extendiéndose desde la primera porción hacia el soporte 63 y está articulada a la misma primera porción por una bisagra de resorte plano 65 respectiva, similar a las bisagras 14, para rotar alrededor de un eje respectivo perpendicular a la placa 61.
- El funcionamiento del reflector 1 se deriva claramente de lo descrito anteriormente y no requiere mayor explicación.
- En cambio, con respecto a la descripción anterior, es oportuno hacer algunas observaciones relativas a las características y ventajas del reflector 1 de la presente invención.
- En primer lugar, el reflector 1 es un reflector modular y escalable en el sentido de que sus dimensiones pueden variarse de acuerdo con las necesidades sin realizar cambios sustanciales en la estructura de base.
- Con respecto a la modularidad, esta propiedad es aplicable a un reflector 1 del tipo descrito anteriormente en el caso en el que sea hexagonal, es decir, compuesto de seis tetraedros 8. En este caso, el reflector 1 puede considerarse un módulo de 'm' que, cuando se combina con otros módulos idénticos 'm', forma un reflector 1 compuesto de n módulos 'm' capaces de proporcionar un conjunto de reflector 5 con un diámetro mucho más grande que un único módulo.
- Las figuras 18a y 18b muestran dos ejemplos de reflectores modulares 1 que pueden lograrse uniendo cuatro y siete módulos 'm', respectivamente. Como la sección transversal de un módulo dispuesto en la configuración almacenada tiene un tamaño relativamente pequeño, este enfoque modular permite producir antenas con una apertura muy grande, incluso mayor que 18 metros, mientras que mantiene aún la sección transversal del cilindro definido por el reflector plegado 1 dentro de valores relativamente pequeños, generalmente del orden de 1,5 metros.
- Con respecto a la escalabilidad, esta propiedad se deriva del hecho de que el reflector 1 está estructurado de tal manera que su tamaño puede variarse modificando la longitud de los elementos lineales que forman la estructura de soporte 6, tales como las barras 12, las nervaduras 21 y los enlaces de coronación 32, sin tener que hacer cambios en términos de número, disposición y funcionalidad de los componentes usados para el despliegue del reflector 1. Por ejemplo, puede escalarse un reflector 1 que tenga un diámetro de apertura para el espejo parabólico 5a de aproximadamente 5 metros, de la manera descrita anteriormente, hasta un diámetro de aproximadamente 16 metros.

Desde el punto de vista teórico, no existe ningún límite para la escalabilidad de la estructura de soporte 6, y por lo tanto, del reflector 1, en términos de aumento de tamaño. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, se impone

5 un límite por los requisitos de carga útil para el reflector 1 en un lanzador típico para el satélite 2. De hecho, si, por un lado, el aumento de la longitud de los elementos de la estructura de soporte 6 no aumenta sustancialmente la sección transversal del cilindro definido por la estructura de soporte 6 dispuesta en la configuración plegada, por el otro, la longitud de este cilindro aumenta proporcionalmente con la longitud de los componentes lineales de la estructura de soporte 6. Por lo tanto, la longitud máxima de estos componentes está limitada por el volumen permitido para estibar el reflector 1 en el lanzador del satélite 2.

10 Además de la escalabilidad y de la modularidad, el reflector 1 tiene una característica adicional de flexibilidad, que deriva de la posibilidad de cambiar el número de tetraedros 8 de los que se compone para obtener dimensiones totales diferentes mientras que mantiene aún el mismo diámetro de apertura para el espejo parabólico 5a. En particular, como se muestra en la figura 19, puede afirmarse que un aumento del número de tetraedros 8 da como resultado un aumento del diámetro de la sección transversal del cilindro definido por la estructura de soporte 6 en la configuración almacenada y, al mismo tiempo, una disminución de la longitud de este cilindro y el diámetro máximo de la estructura de soporte 6 dispuesta en la configuración desplegada.

15 Una ventaja adicional del reflector 1 se sitúa en el hecho de que es posible predecir y controlar toda la secuencia de despliegue del reflector 1 desde su configuración almacenada hasta su configuración desplegada definitiva de una manera muy precisa. Este resultado se logra gracias a la posibilidad de predecir con precisión la cinemática de la estructura en virtud de una distribución precisa de los grados de libertad del sistema, que no hace uso de elementos flexibles, juntas esféricas y elementos que no sean lineales ni tengan un coeficiente de fricción interno alto, sino casi exclusivamente de bisagras y juntas que permiten los elementos conectados a ellos solamente un grado de libertad.
20 Por ejemplo, cada tetraedro 8 constituye un sistema de un grado de libertad, el despliegue del cual tiene lugar de una manera controlada gracias a la presencia de las bisagras 14 colocadas entre los elementos 13 de las barras 12 y de una manera sincronizada gracias a la presencia del amortiguador 27.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un gran reflector desplegable para una antena de satélite; comprendiendo el reflector (1) una estructura de soporte (6) provista de medios de conexión (7) para montar la estructura de soporte (6) en un satélite (2) y un conjunto reflector (5) soportado por la estructura de soporte (6) y que comprende un espejo parabólico reflectante (5a); siendo la estructura de soporte (6) una estructura reticulada articulada que comprende bloques de construcción (8) y que es capaz de asumir una configuración almacenada no operativa compacta y una configuración desplegada de funcionamiento; **caracterizándose** el reflector (1) **por que** dichos bloques de construcción (8) son elementos en forma de tetraedro (8), conectados entre sí para formar una estructura a modo de anillo; los tetraedros (8) tienen bases triangulares (9) respectivas, que están conectadas entre sí en los extremos axiales de los primeros lados (9a) respectivos y que tienen vértices externos (11) respectivos, que son opuestos a dichos primeros lados (9a) respectivos y, cuando el reflector (1) se dispone en la configuración desplegada, se sitúan en una superficie de cono elíptico imaginaria (C) tangente al espejo parabólico (5a).
- 2.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las bases (9) delimitan entre ellas un polígono inscrito en una elipse (10), que corresponde al plano de apertura del espejo parabólico (5a); disponiéndose los tetraedros (8) alrededor de la elipse (10) de una manera simétrica con respecto a un plano óptico (Xo-Zo) del espejo parabólico (5a).
- 3.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que cada tetraedro (8) es un elemento articulado que puede moverse entre una configuración cerrada y una configuración abierta y que tiene un vértice (22) opuesto a la base (9) respectiva y un eje (29) que pasa a través del vértice (22); comprendiendo la estructura de soporte (6) primeras juntas (25), que conectan las bases (9) entre sí para permitir que los tetraedros (8) respectivos roten alrededor de primeros lados (9a) respectivos; configurándose la estructura de soporte (6) para pasar de la configuración almacenada a una configuración intermedia entre las configuraciones almacenada y desplegada; en esta configuración intermedia, asumiendo los tetraedros (8) las configuraciones abiertas respectivas sin tener rotaciones realizadas alrededor de los primeros lados (9a) respectivos; configurándose además la estructura de soporte (6) para pasar de la configuración intermedia a la configuración desplegada tras la rotación rígida de los tetraedros (8) alrededor de los primeros lados (9a) respectivos.
- 4.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la estructura de soporte (6) comprende medios elásticos (14, 17) para mover cada tetraedro (8) desde la configuración cerrada hasta la configuración abierta.
- 5.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cada base (9) se compone de tres barras (12) conectadas entre sí de manera articulada y de las que una define dicho primer lado (9a); comprendiendo cada barra (12) dos elementos (13) articulados entre sí para definir un sistema de compás con un grado de libertad.
- 6.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dichos dos elementos (13) de cada barra (12) están conectados entre sí por una primera bisagra de resorte plano de par constante (14) que incluye dichos medios elásticos (17).
- 7.- Un reflector (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que cada tetraedro (8) comprende tres nervaduras (21) articuladas al vértice (22) del tetraedro (8) y que se extiende desde el vértice (22) hacia la base (9) para definir bordes respectivos del tetraedro (8); equipándose cada tetraedro (8) con un dispositivo amortiguador (27) respectivo dispuesto en el vértice (22) y conectado a las nervaduras (21) para controlar la velocidad de despliegue del tetraedro (8) desde la configuración cerrada hasta la configuración abierta.
- 8.- Un reflector (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que la estructura de soporte (6) comprende una corona de enlaces (32), cada uno de los cuales conecta entre sí los vértices (22) de dos tetraedros (8) adyacentes, comprende dos porciones (33) articuladas entre sí para definir un sistema de compás con un grado de libertad y es móvil entre una posición no operativa, en la que las porciones (33) son paralelas entre sí y el tetraedro (8) está en la configuración cerrada, y una posición operativa, en la que las porciones (33) están alineadas entre sí y el tetraedro (8) está en la configuración abierta.
- 9.- Un reflector (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las porciones (33) de cada enlace de coronación (32) están conectadas entre sí por una bisagra amortiguada de par constante (34) capaz de hacer que las dos porciones (33) roten alrededor de un eje (36) perpendicular a las porciones (33) para mover el enlace de coronación (32) respectivo desde la posición no operativa a la posición operativa.
- 10.- Un reflector de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que la longitud de cada enlace de coronación (32) es mayor que la distancia lineal entre los dos vértices (22) que conecta, siendo el movimiento de cada enlace de coronación (32) desde la posición no operativa hasta la posición operativa tal como para causar, cuando los tetraedros (8) se disponen en su configuración abierta, la rotación de los tetraedros (8) alrededor de dichos primeros lados (9a) de las bases (9) respectivas y hacer que la estructura de soporte (6) asuma la configuración desplegada.
- 11.- Un reflector de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores y que comprende un dispositivo de tensado (49) para el conjunto de reflector (5); siendo dicho dispositivo de tensado (49) operable para tensar el conjunto del reflector (5) solamente después de que la estructura de soporte (6) haya llegado a la configuración desplegada

operativa.

12.- Un reflector de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que comprende una pluralidad de dichas estructuras de soporte (6) conectadas entre sí para formar una estructura de soporte modular (6).

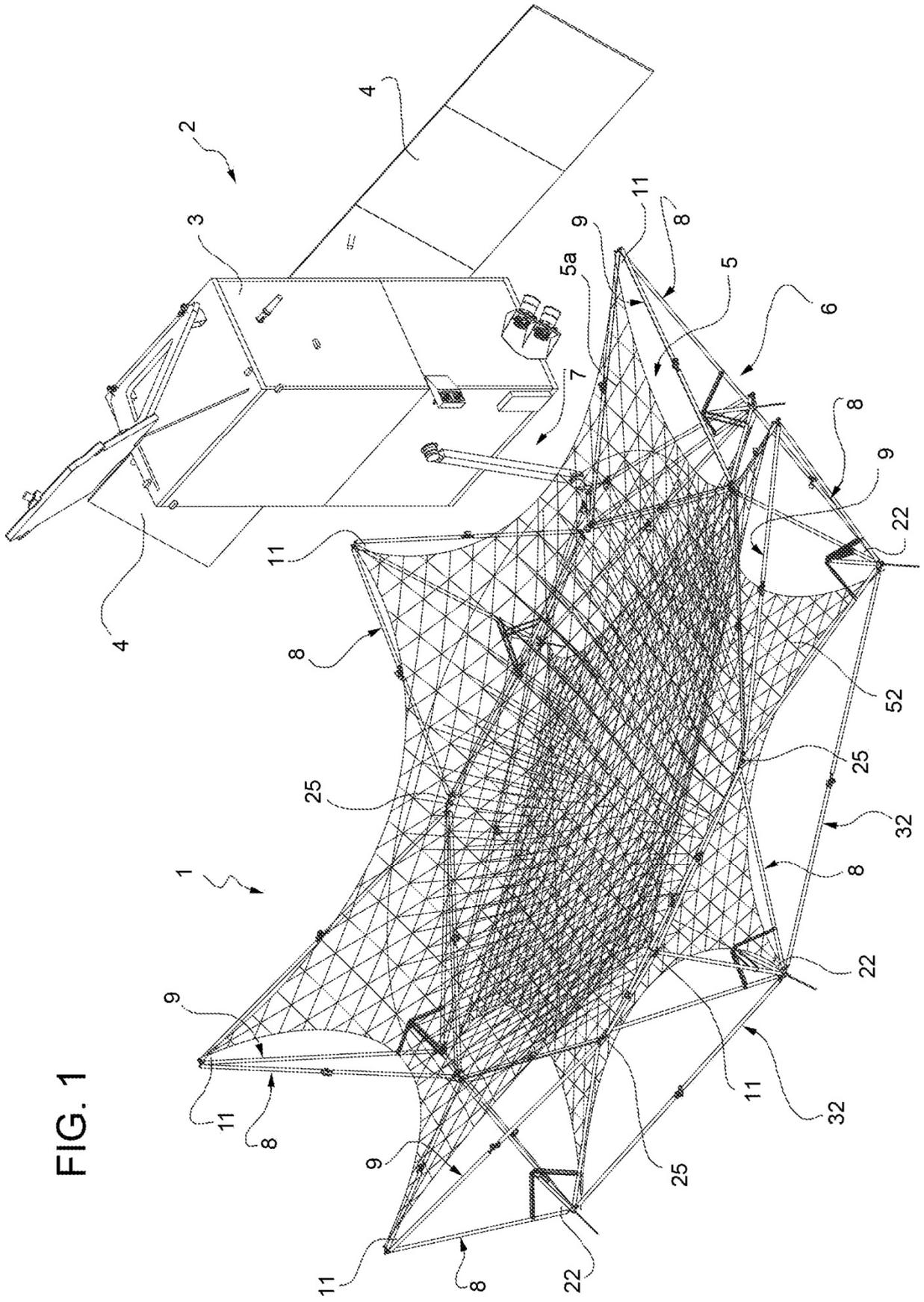


FIG. 1

FIG. 1b

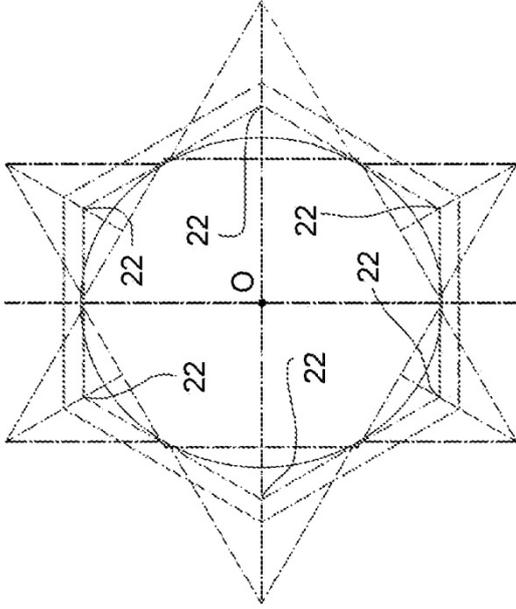


FIG. 1a

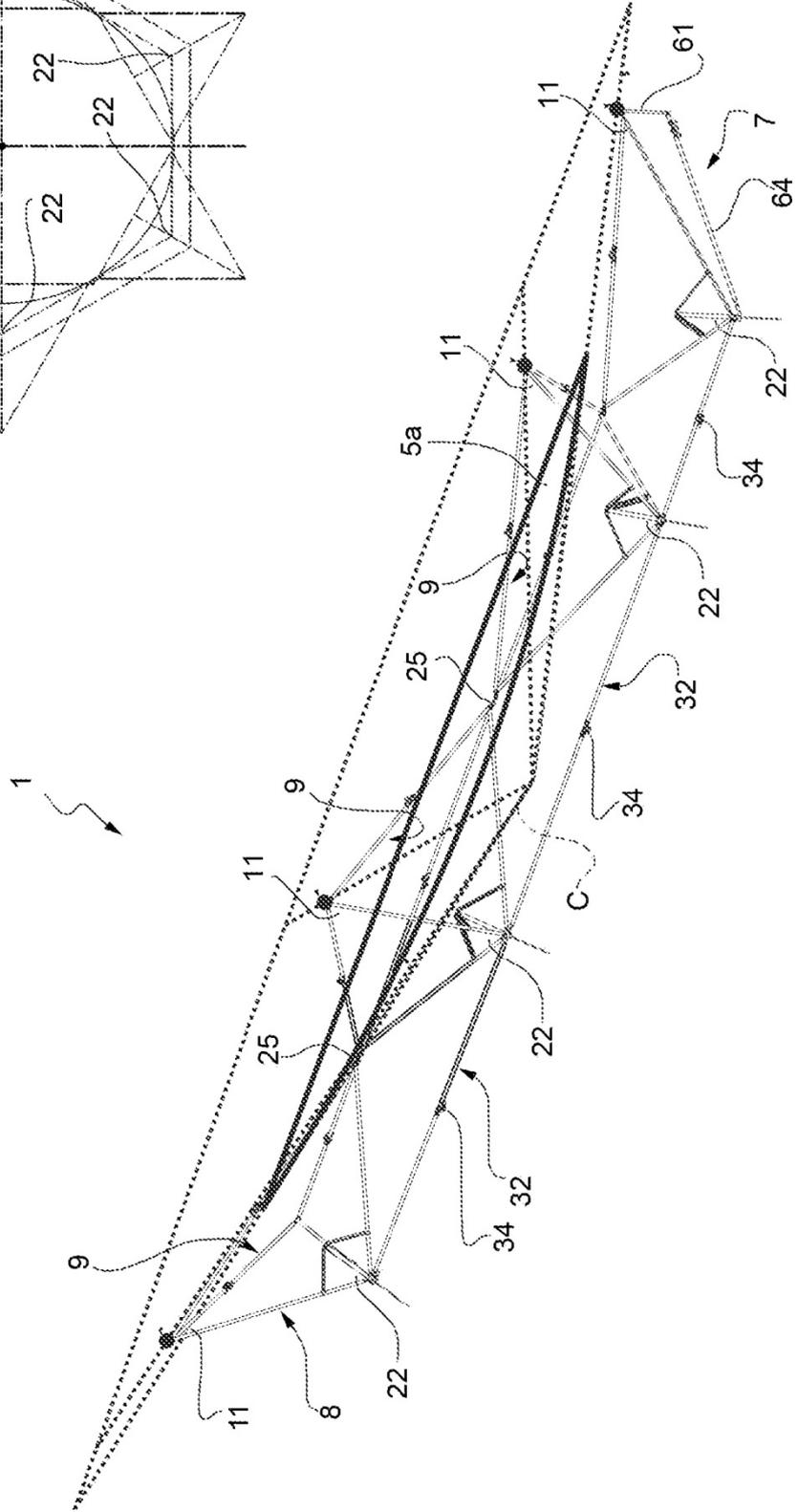


FIG. 2

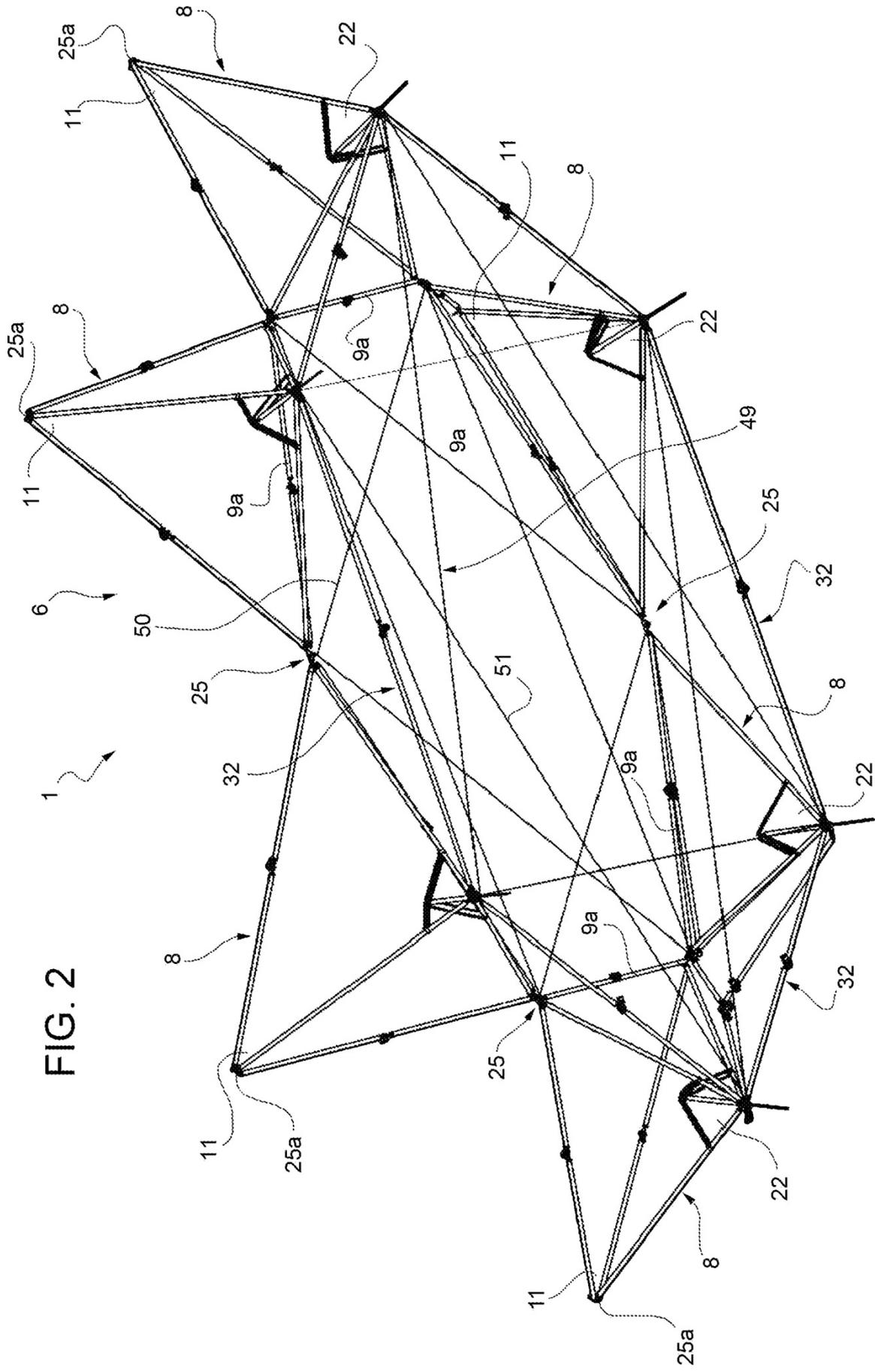
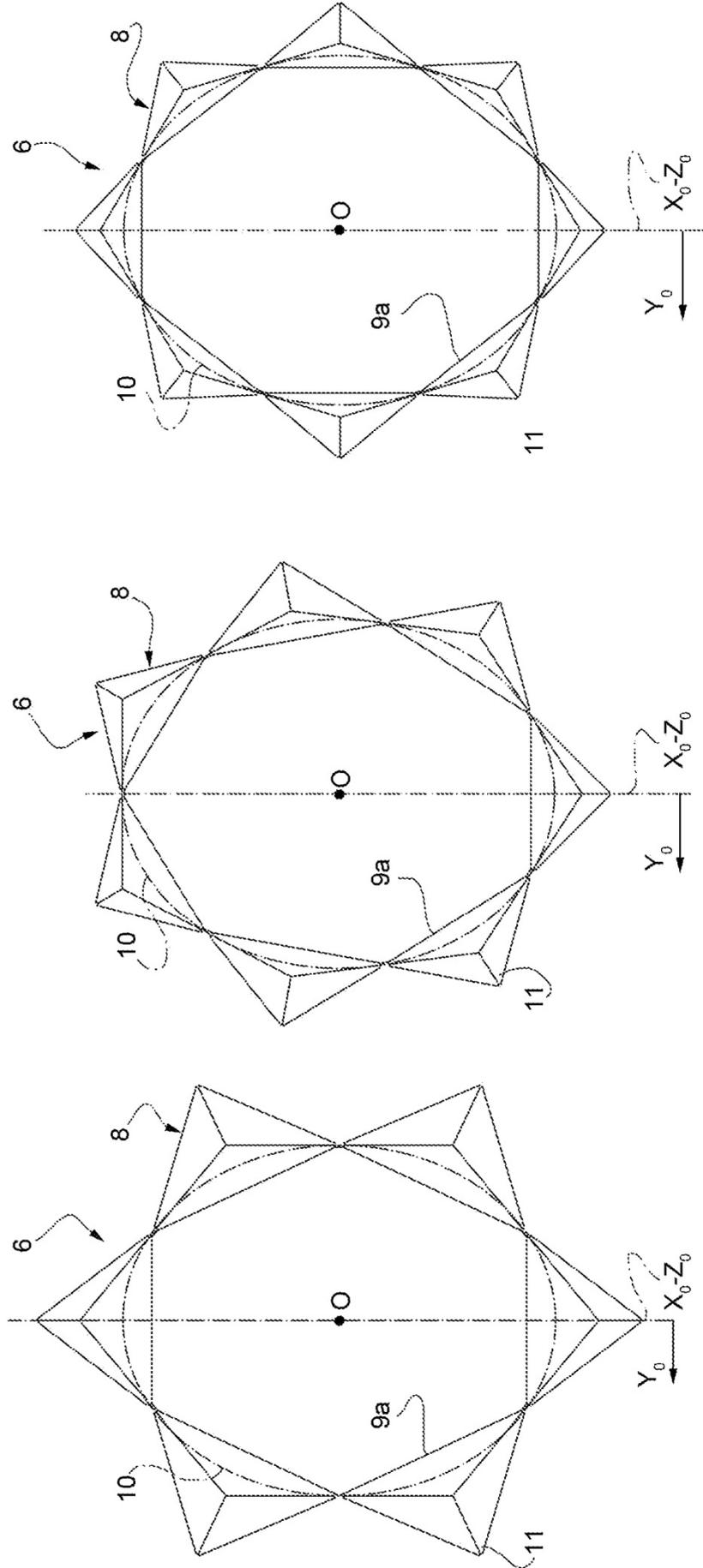


FIG. 3



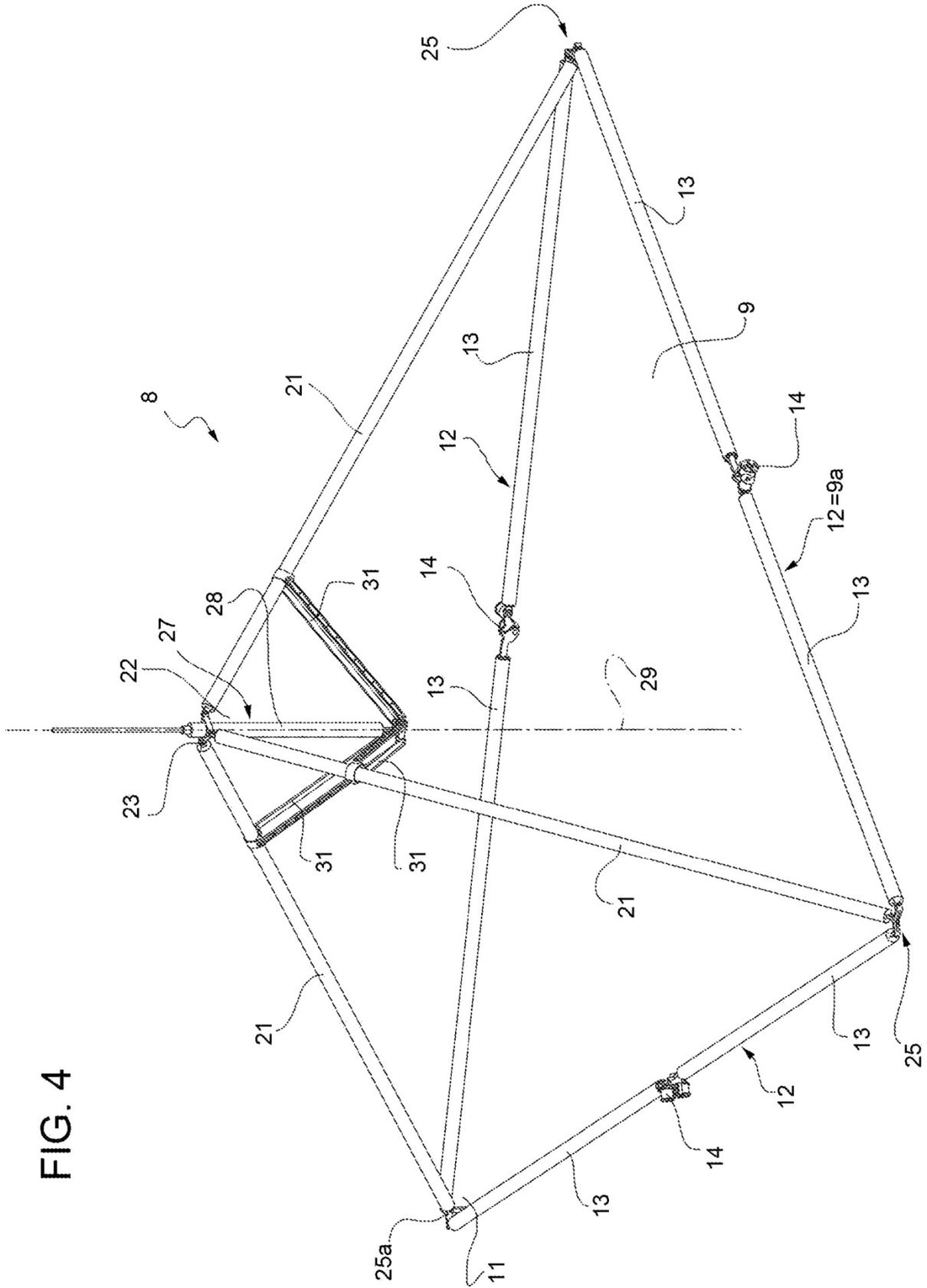


FIG. 4

FIG. 5

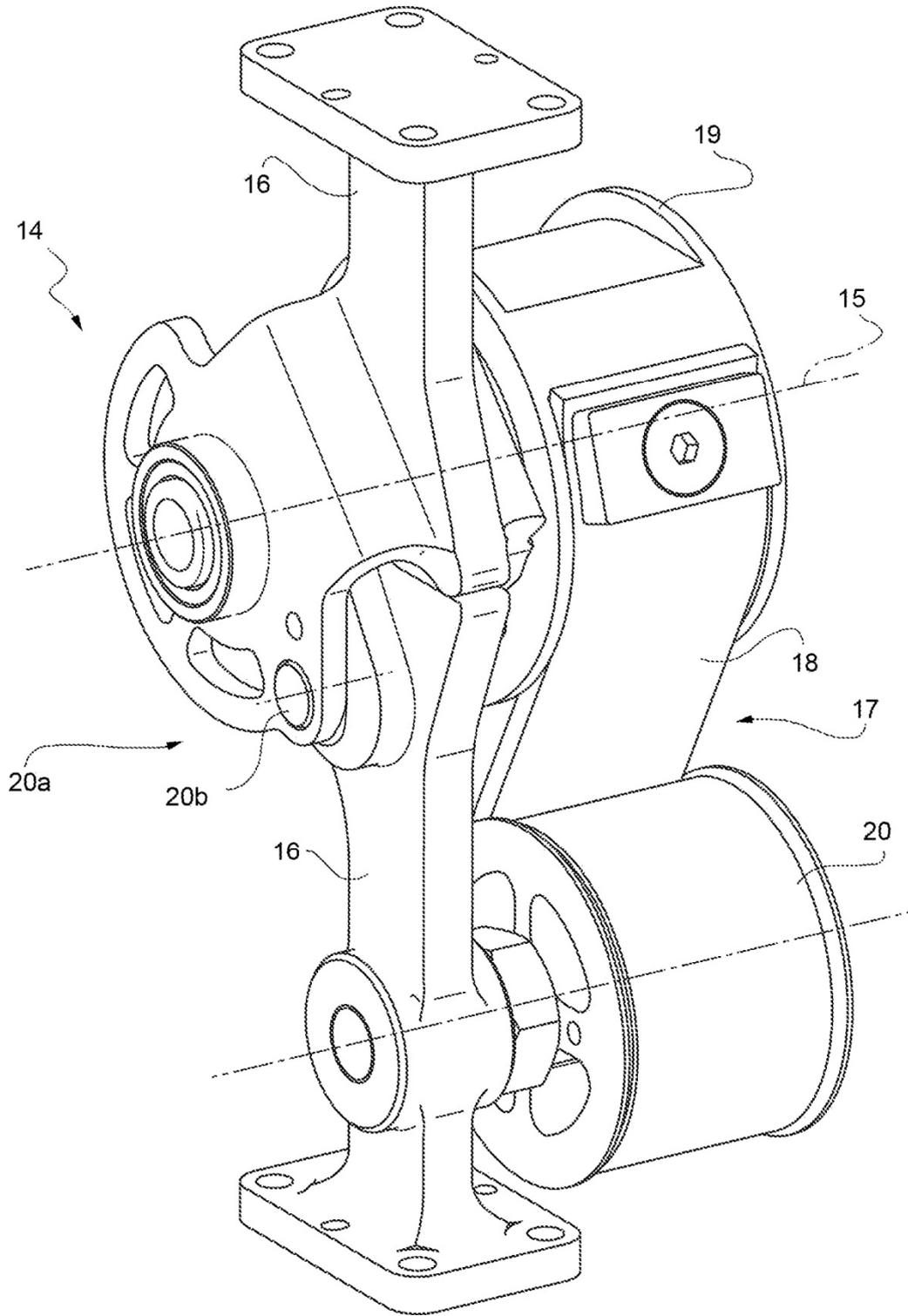


FIG. 6a

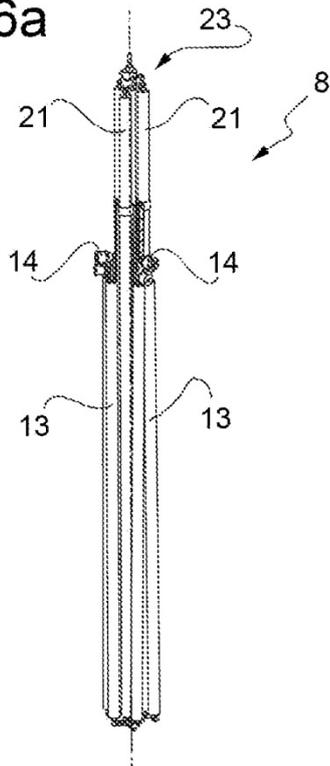


FIG. 6b

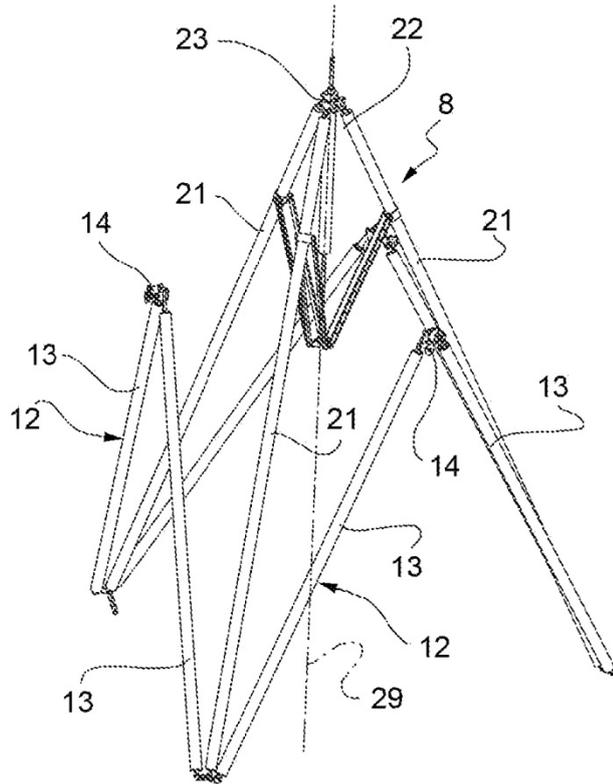
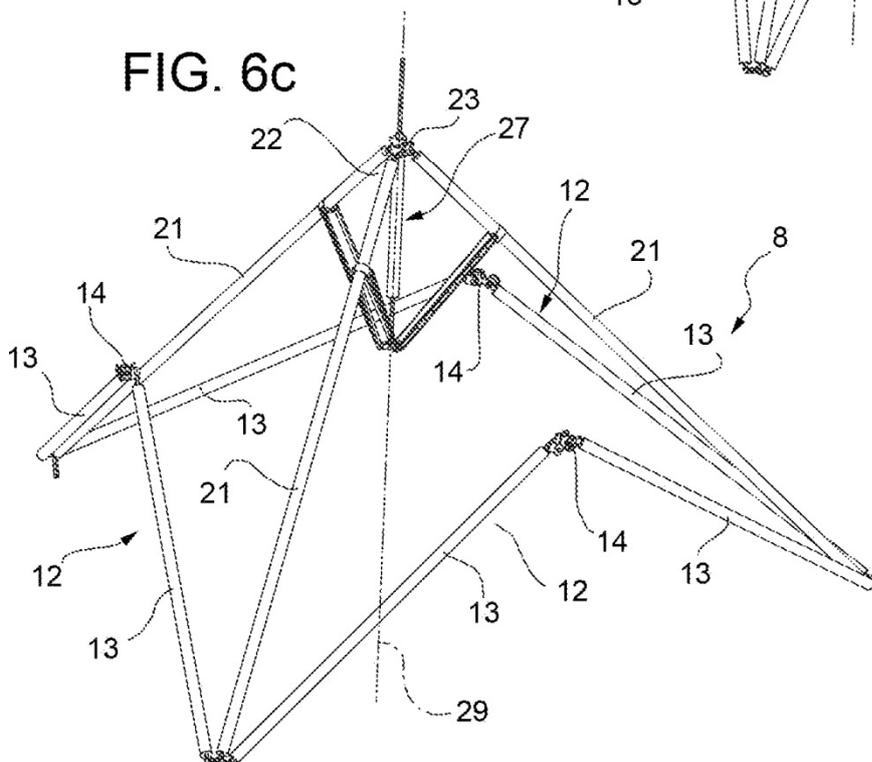


FIG. 6c



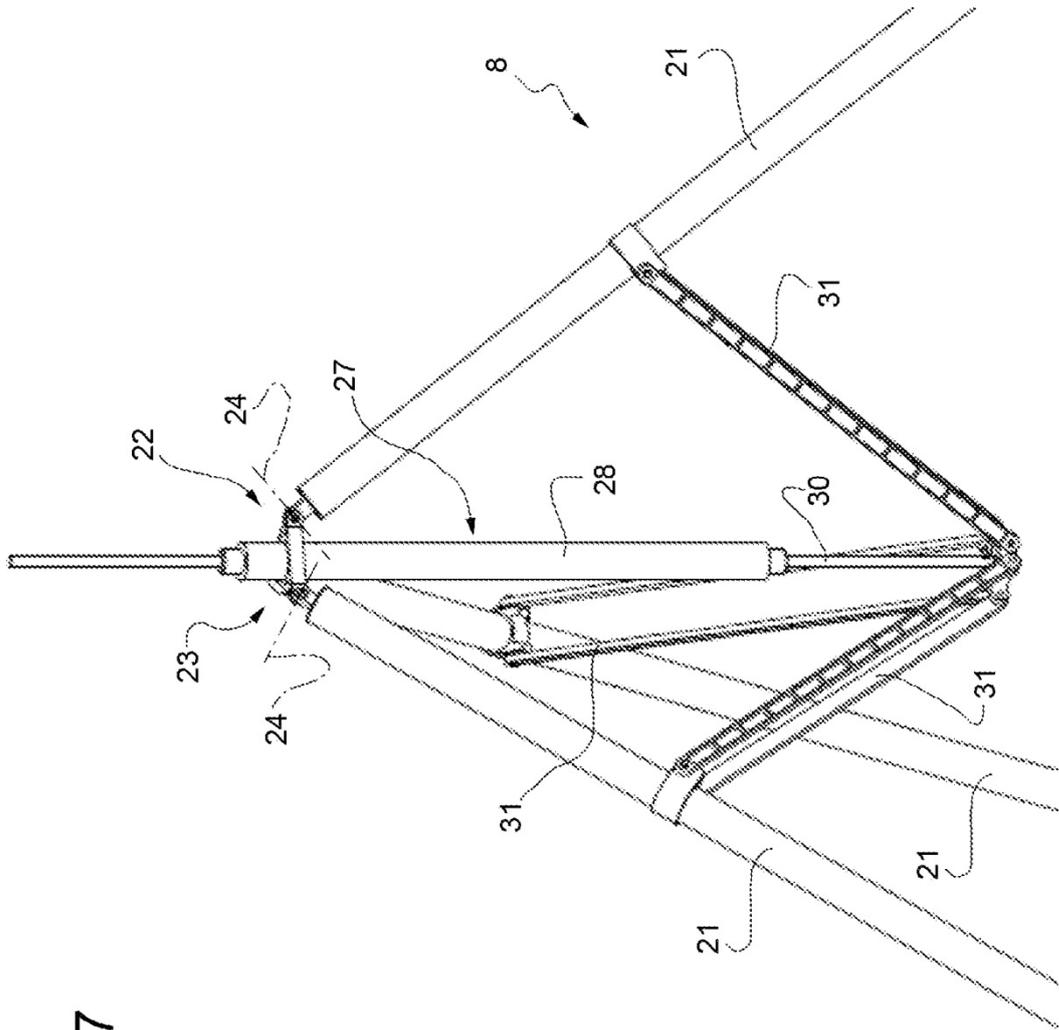


FIG. 7

FIG. 8a

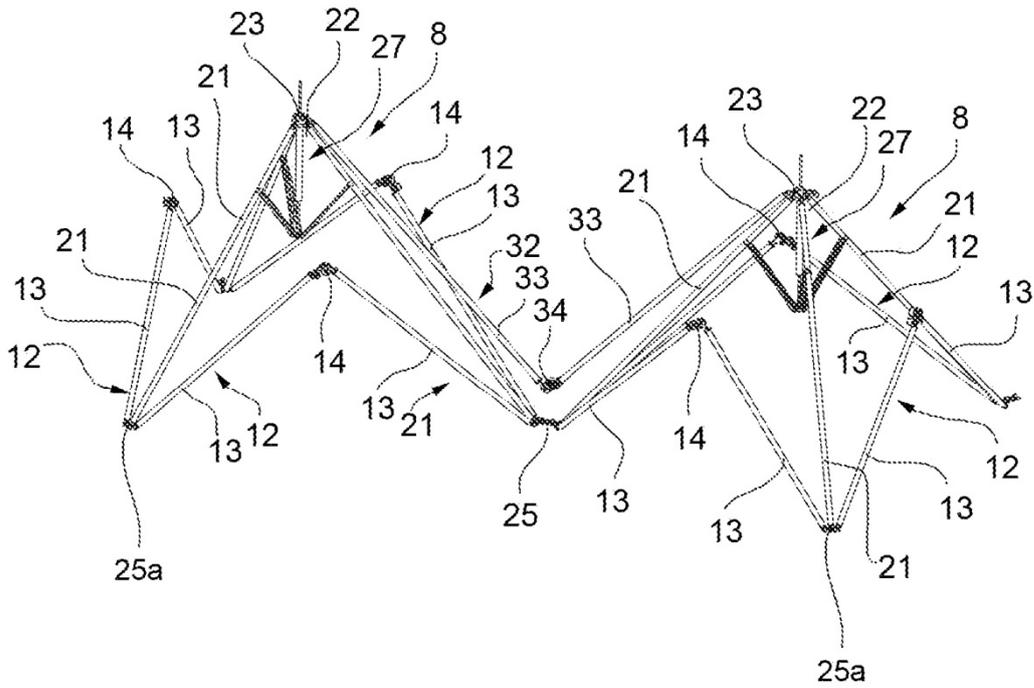
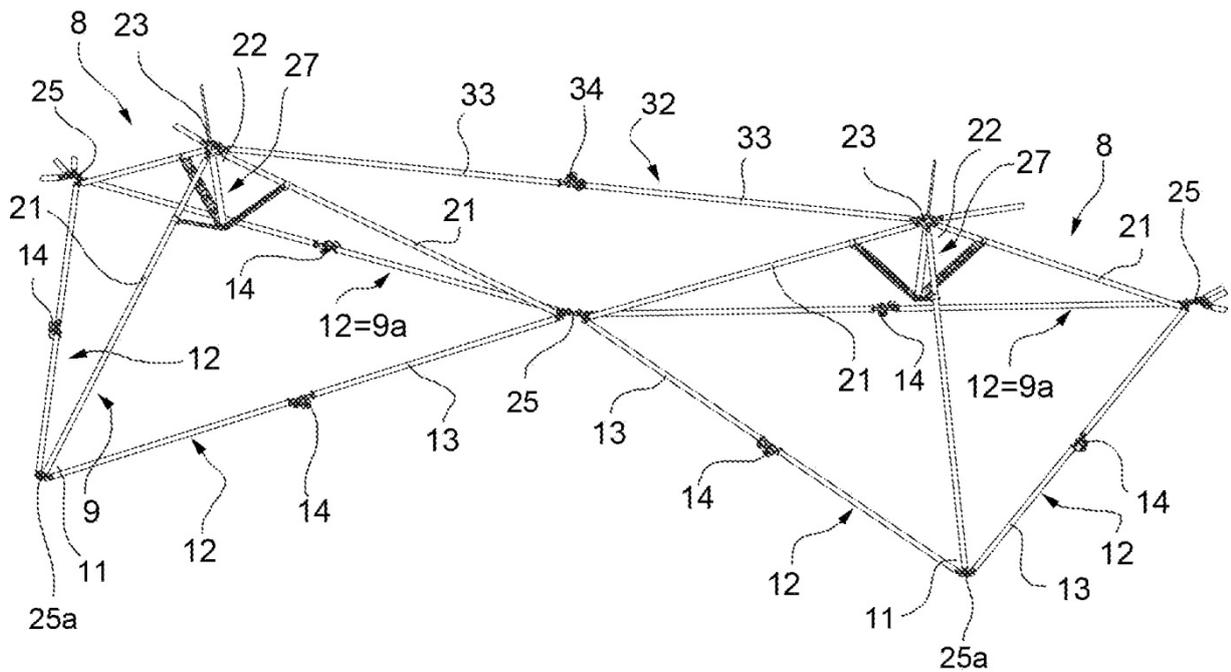


FIG. 8b



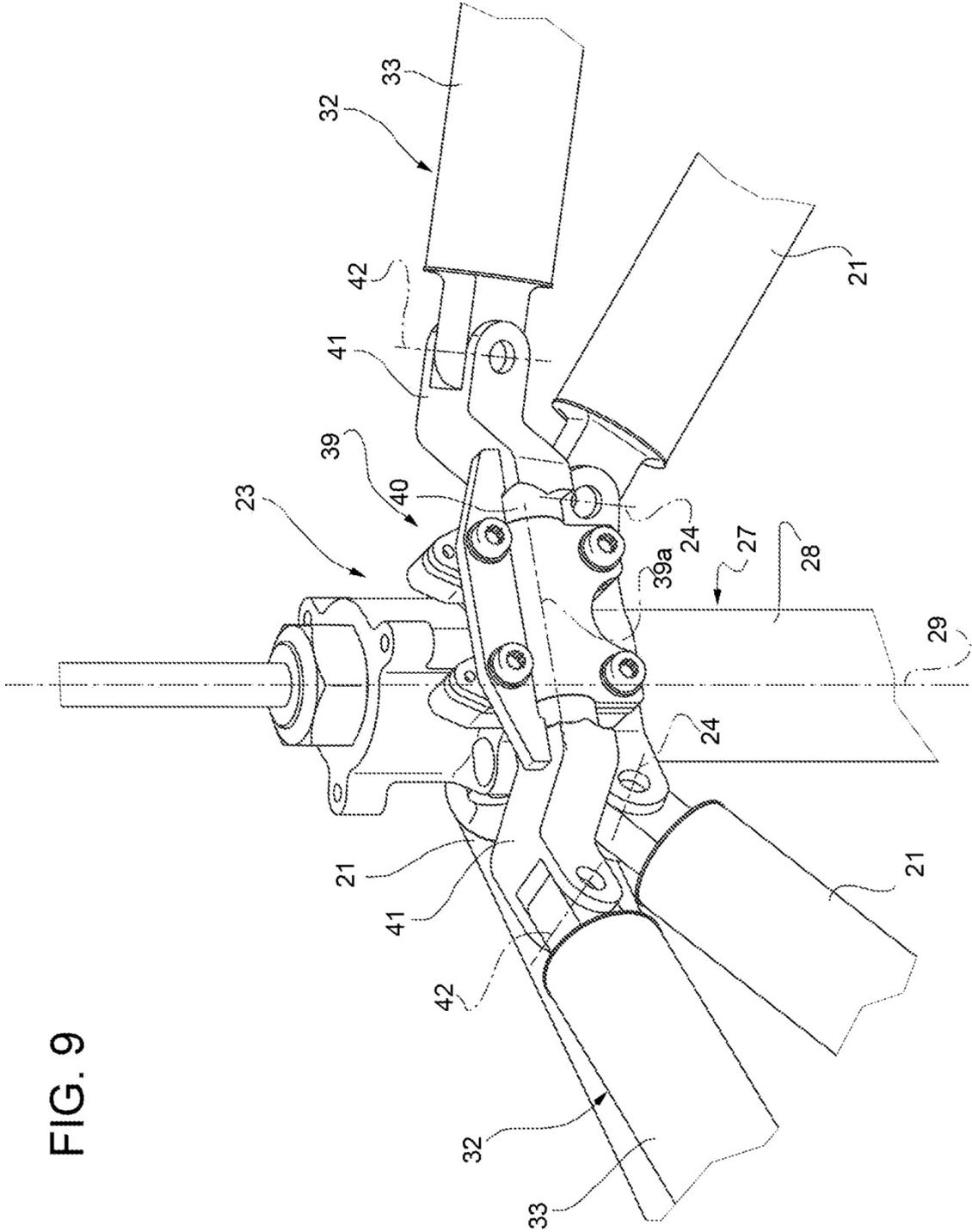


FIG. 9

FIG. 10

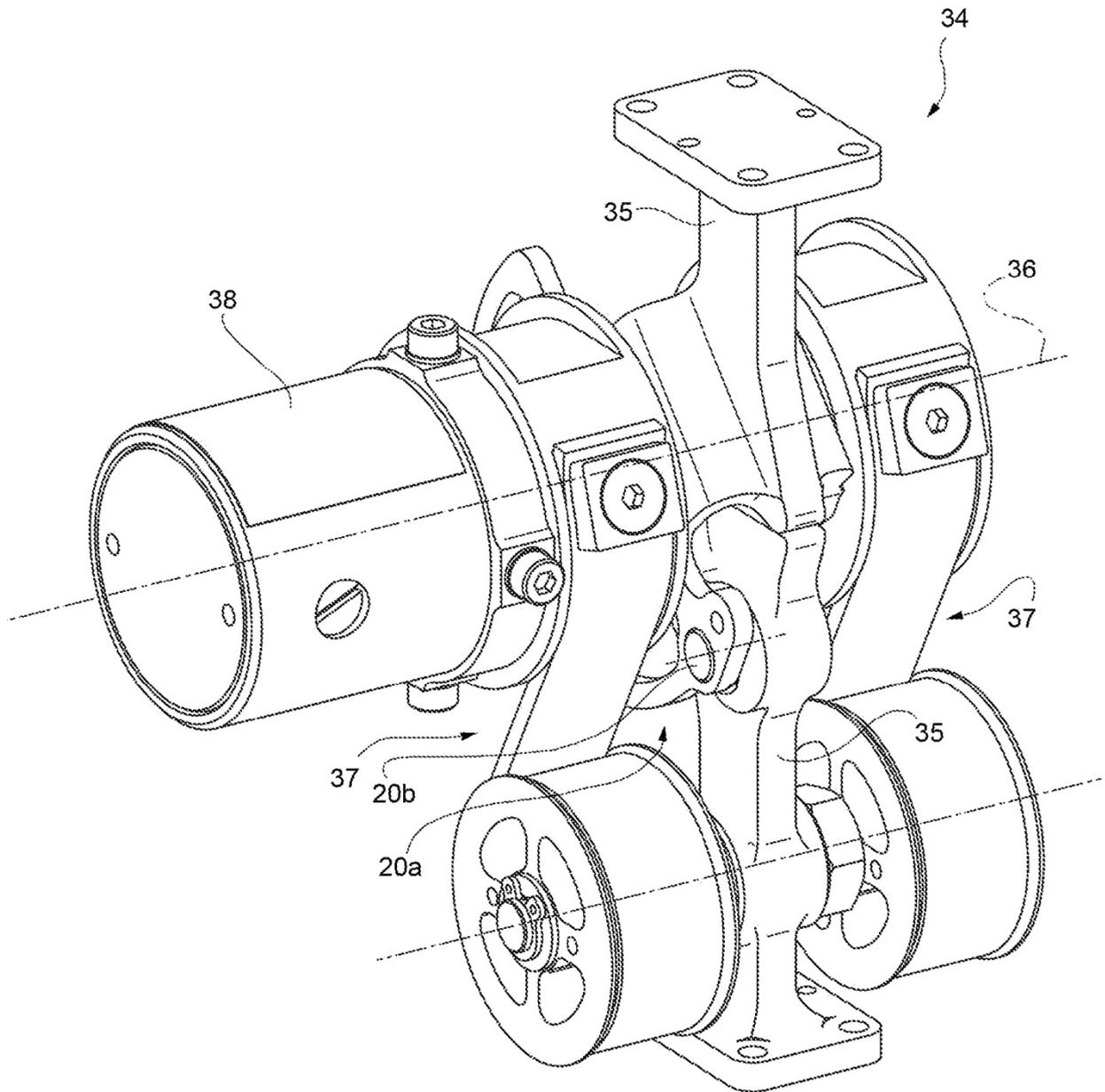


FIG. 11a

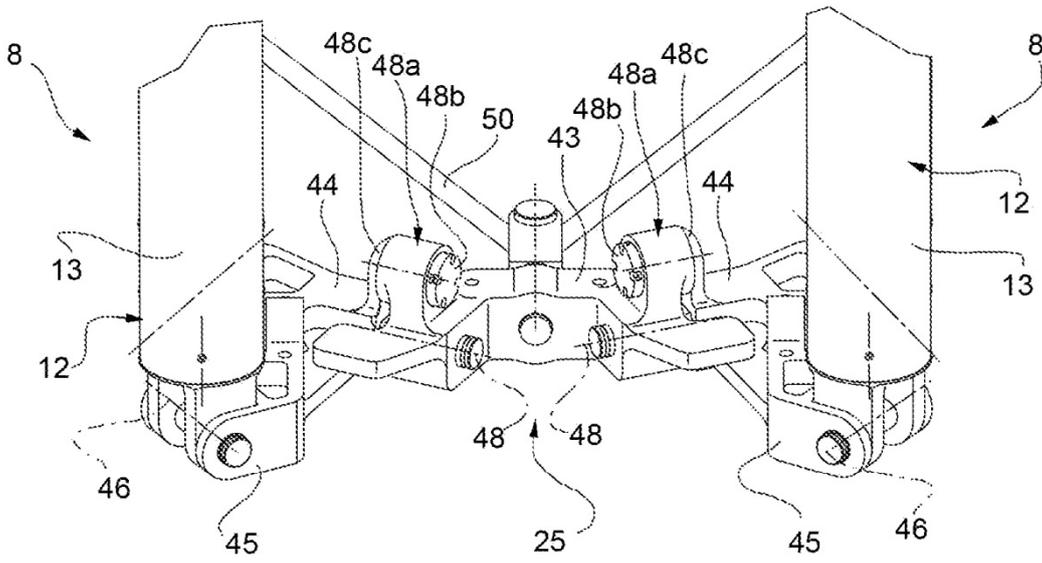


FIG. 11b

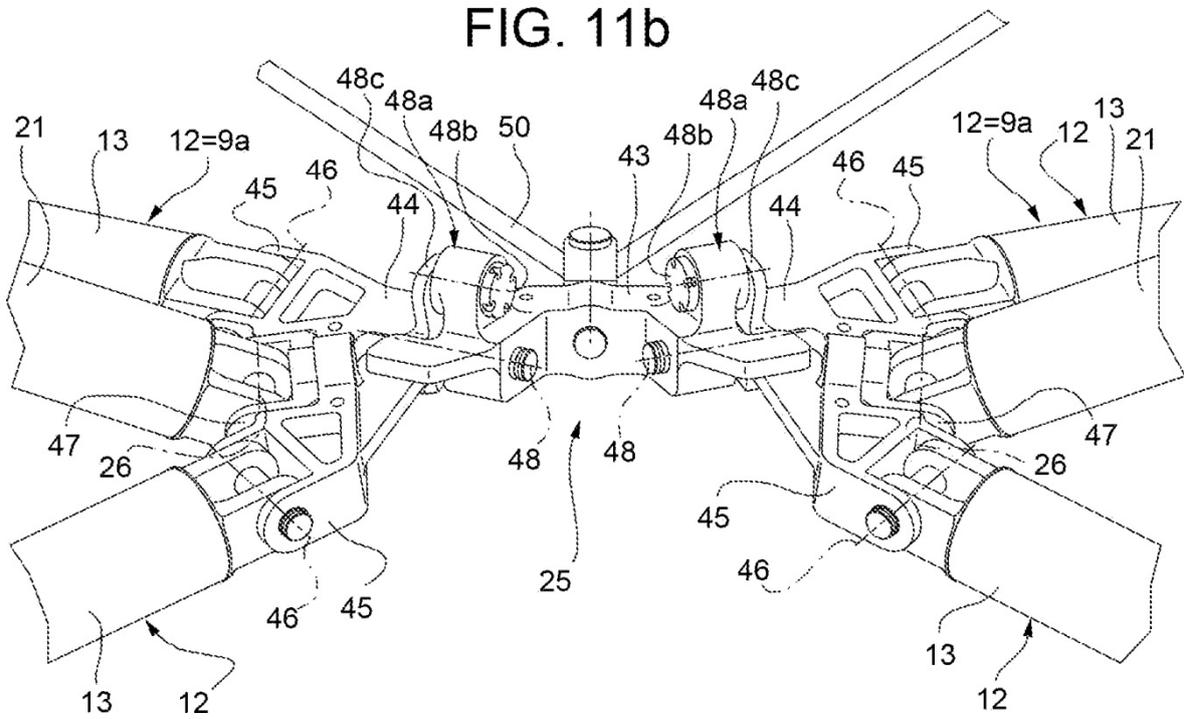


FIG. 12

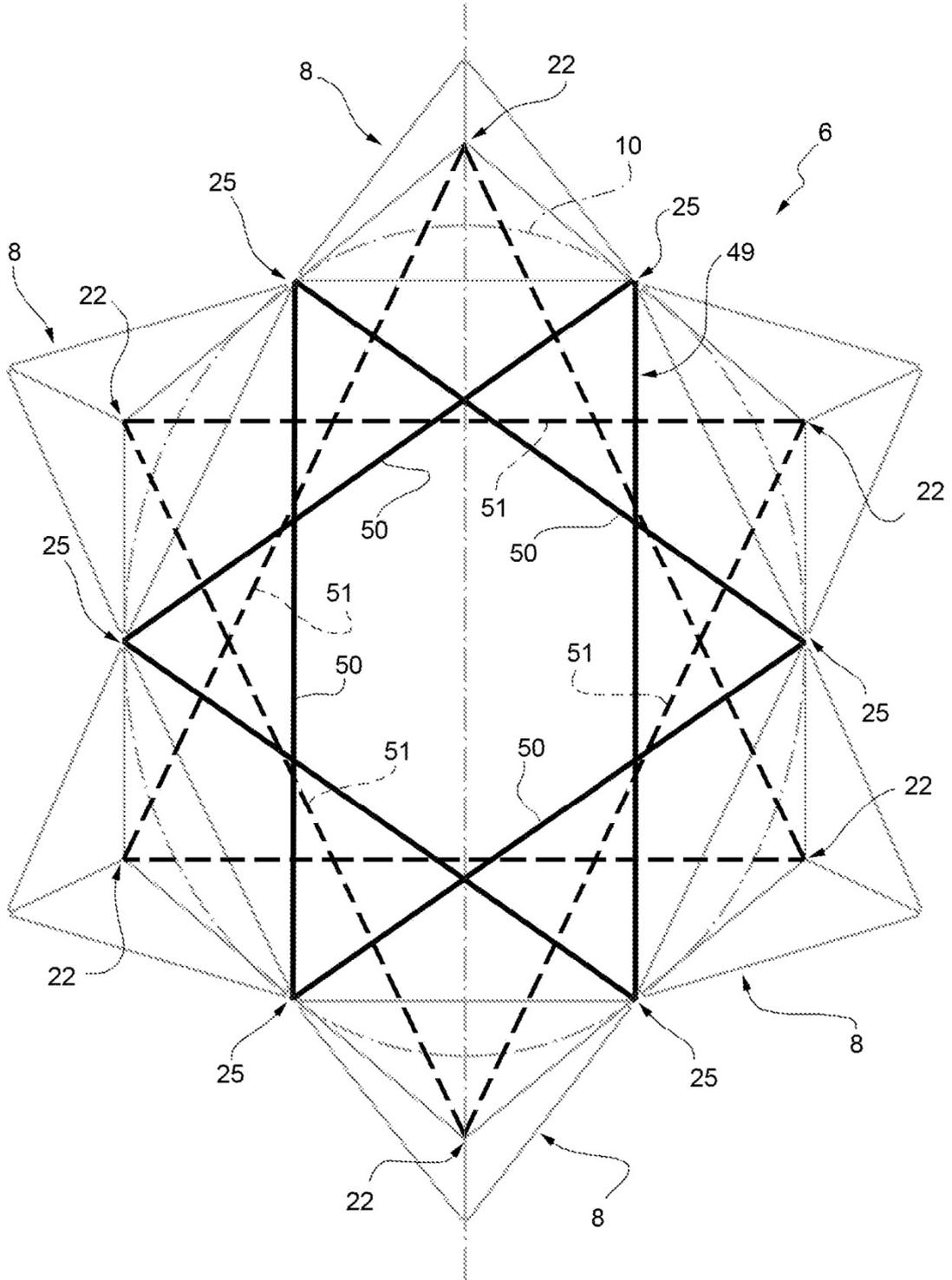


FIG. 13

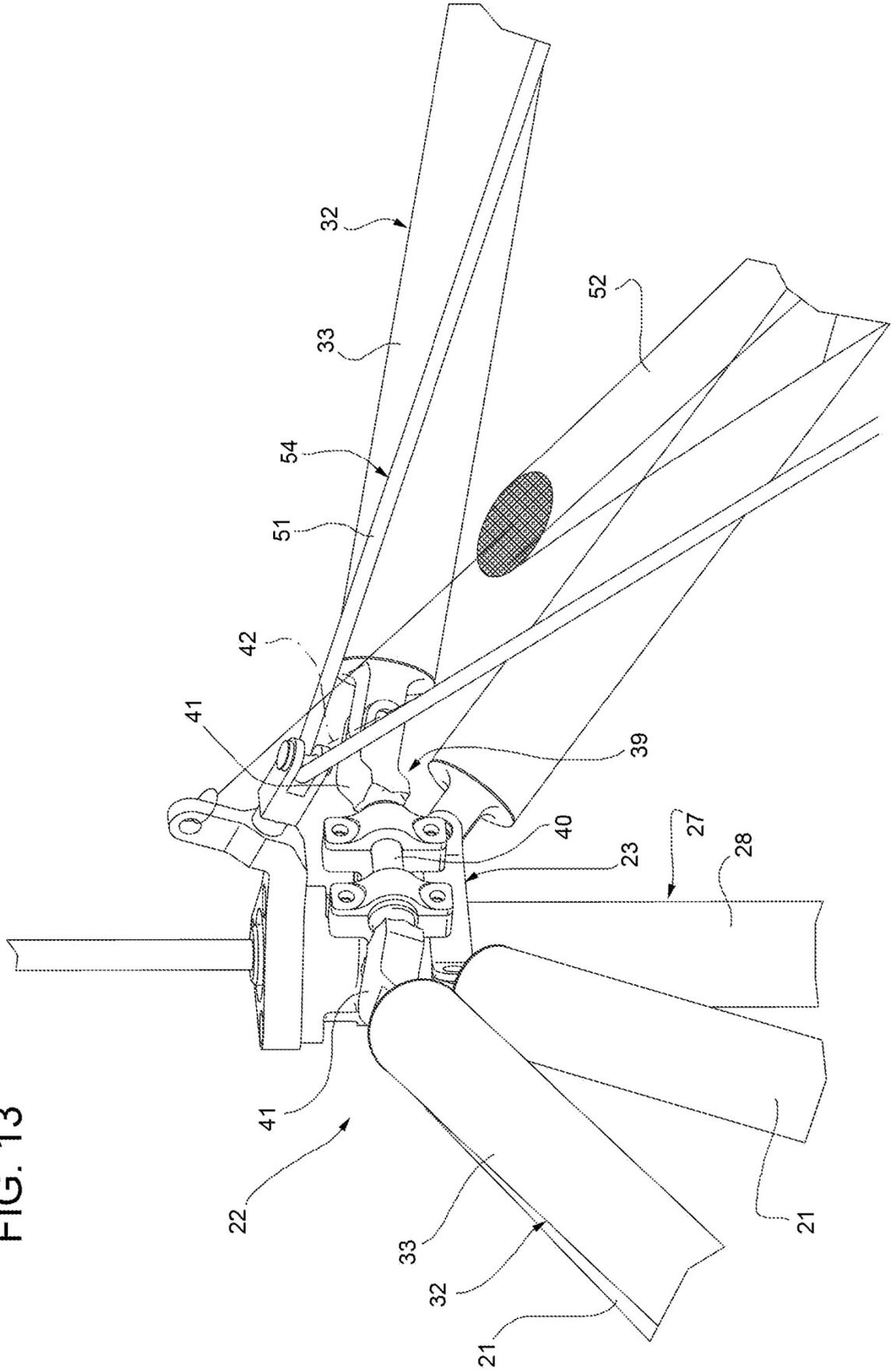


FIG. 14

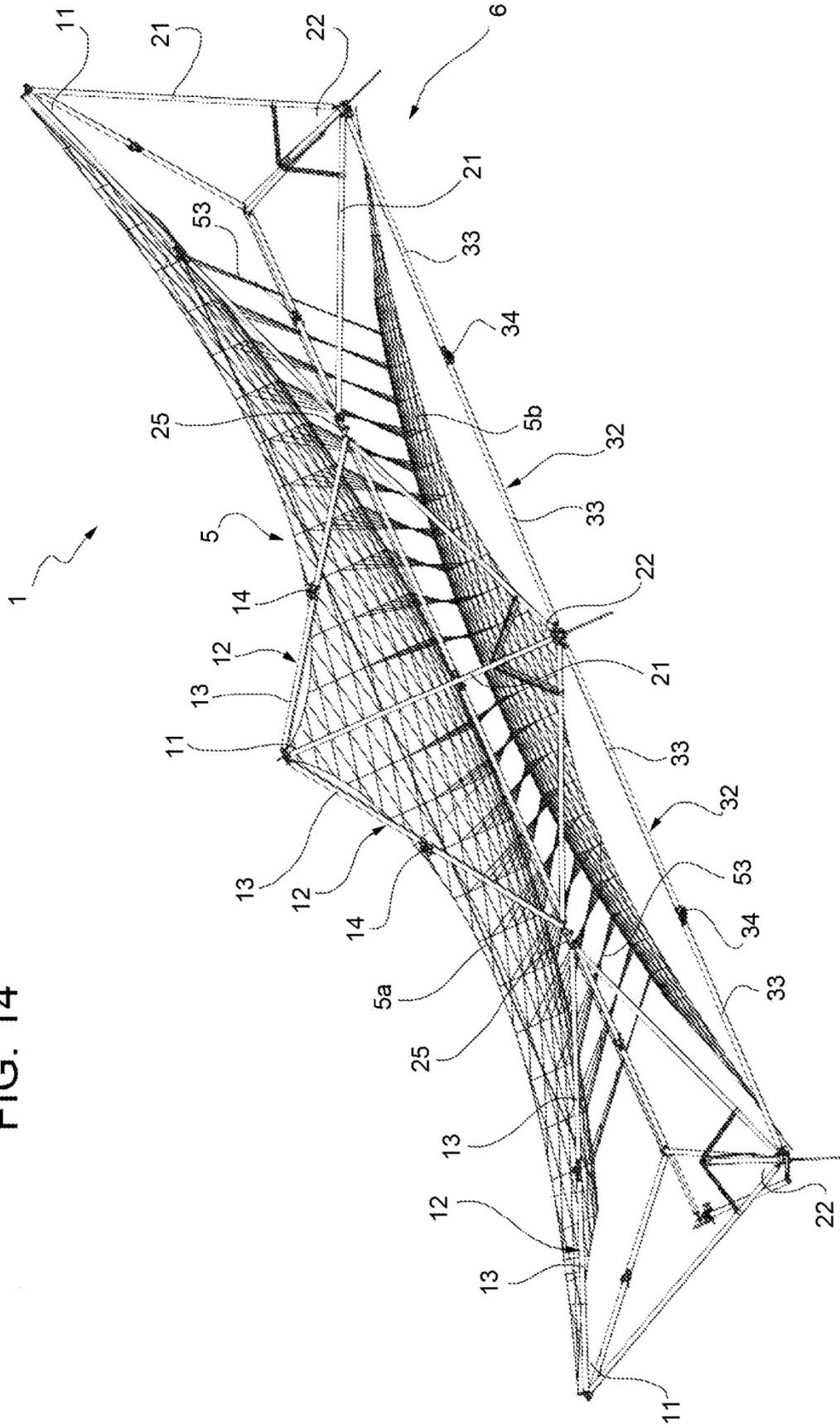


FIG. 15

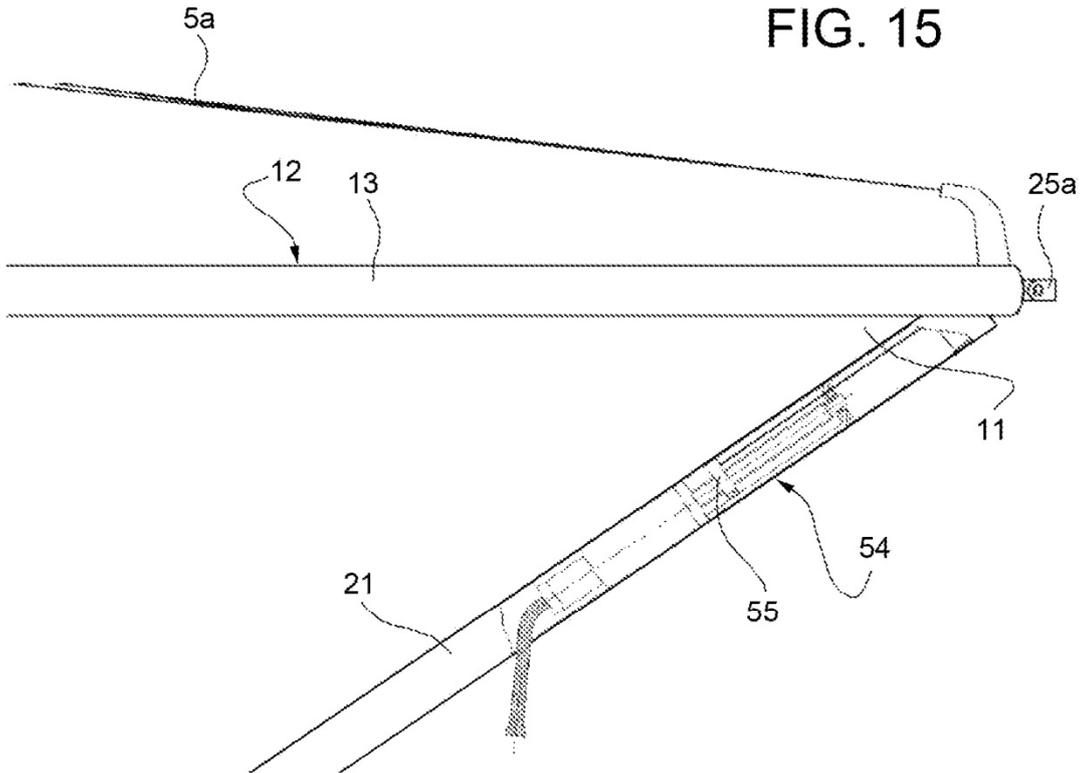


FIG. 16c

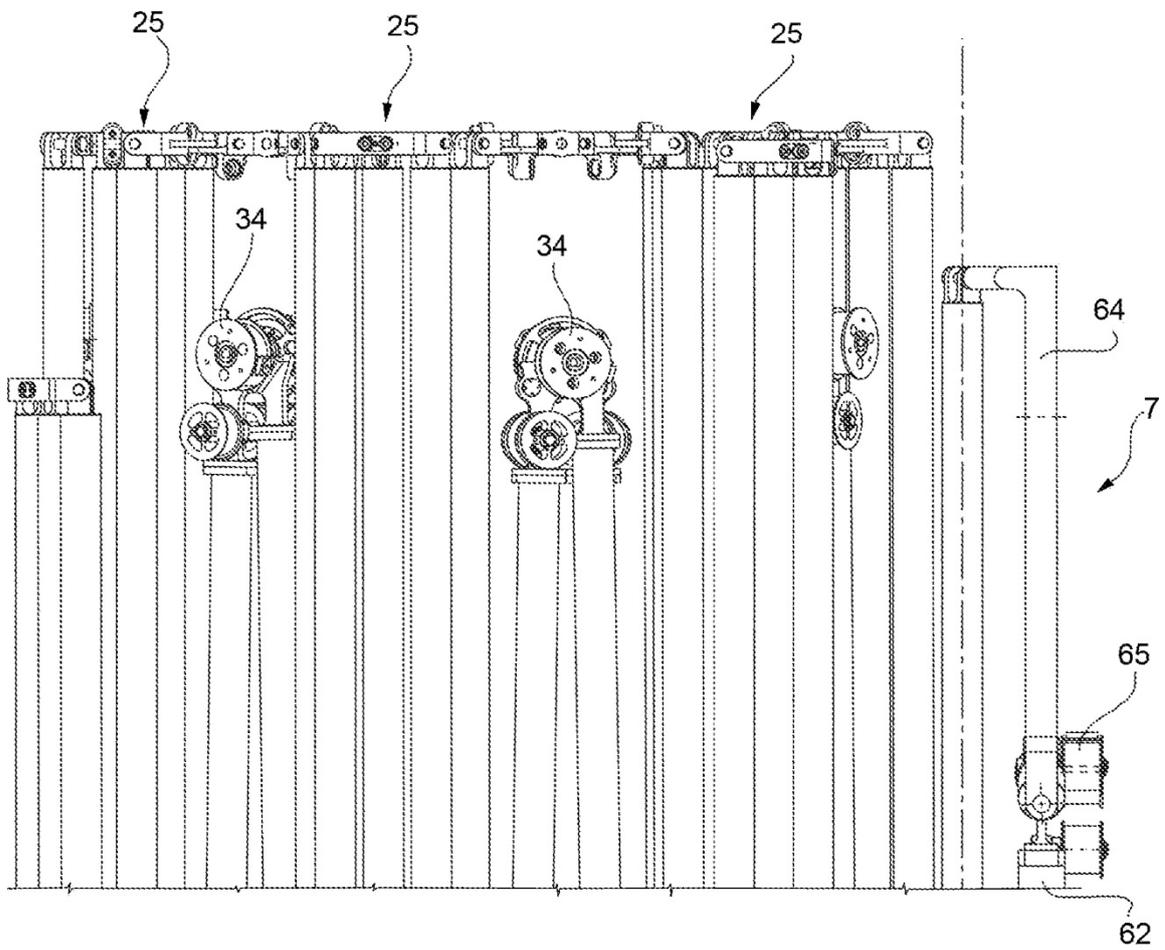


FIG. 16a

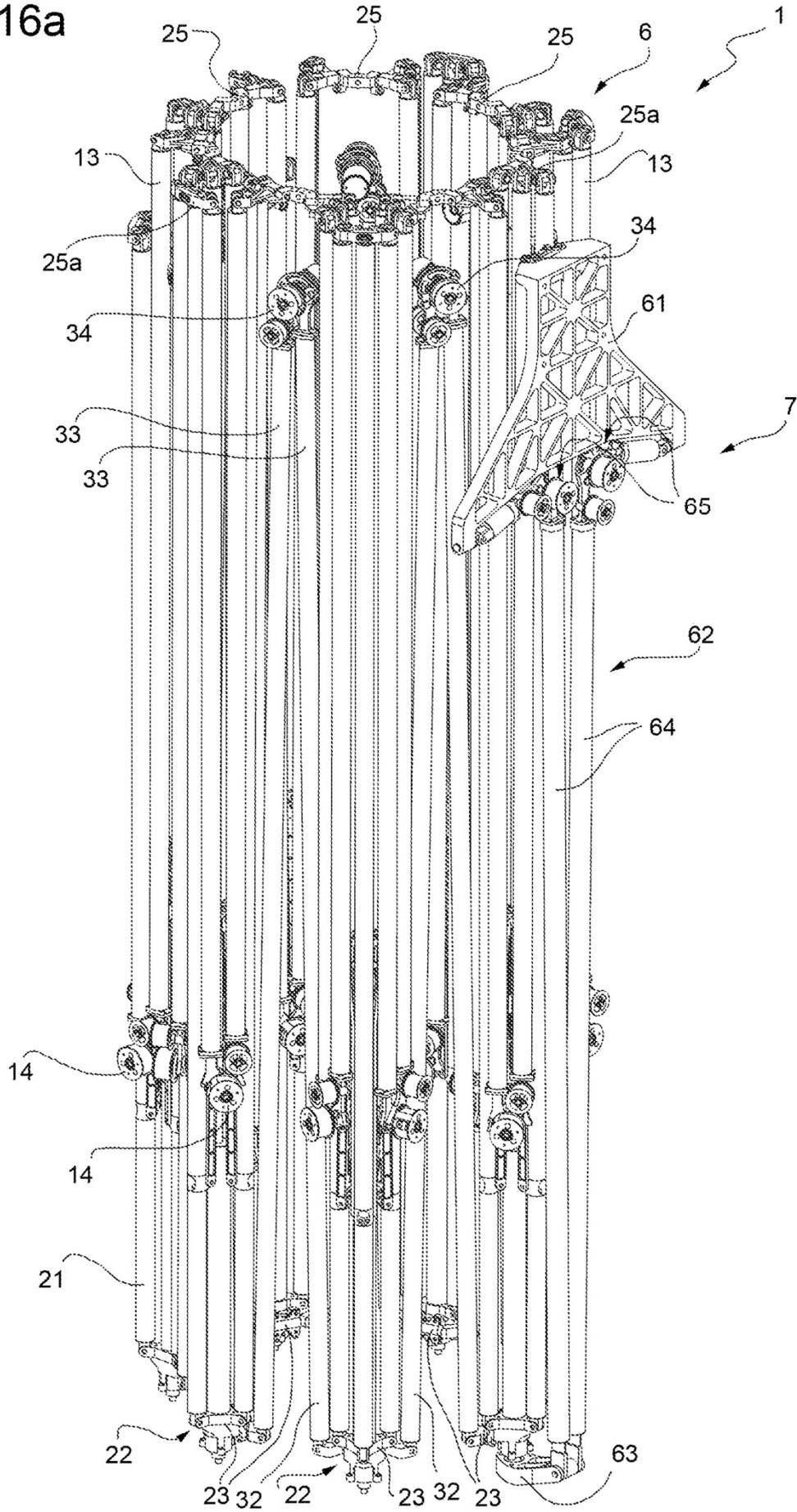
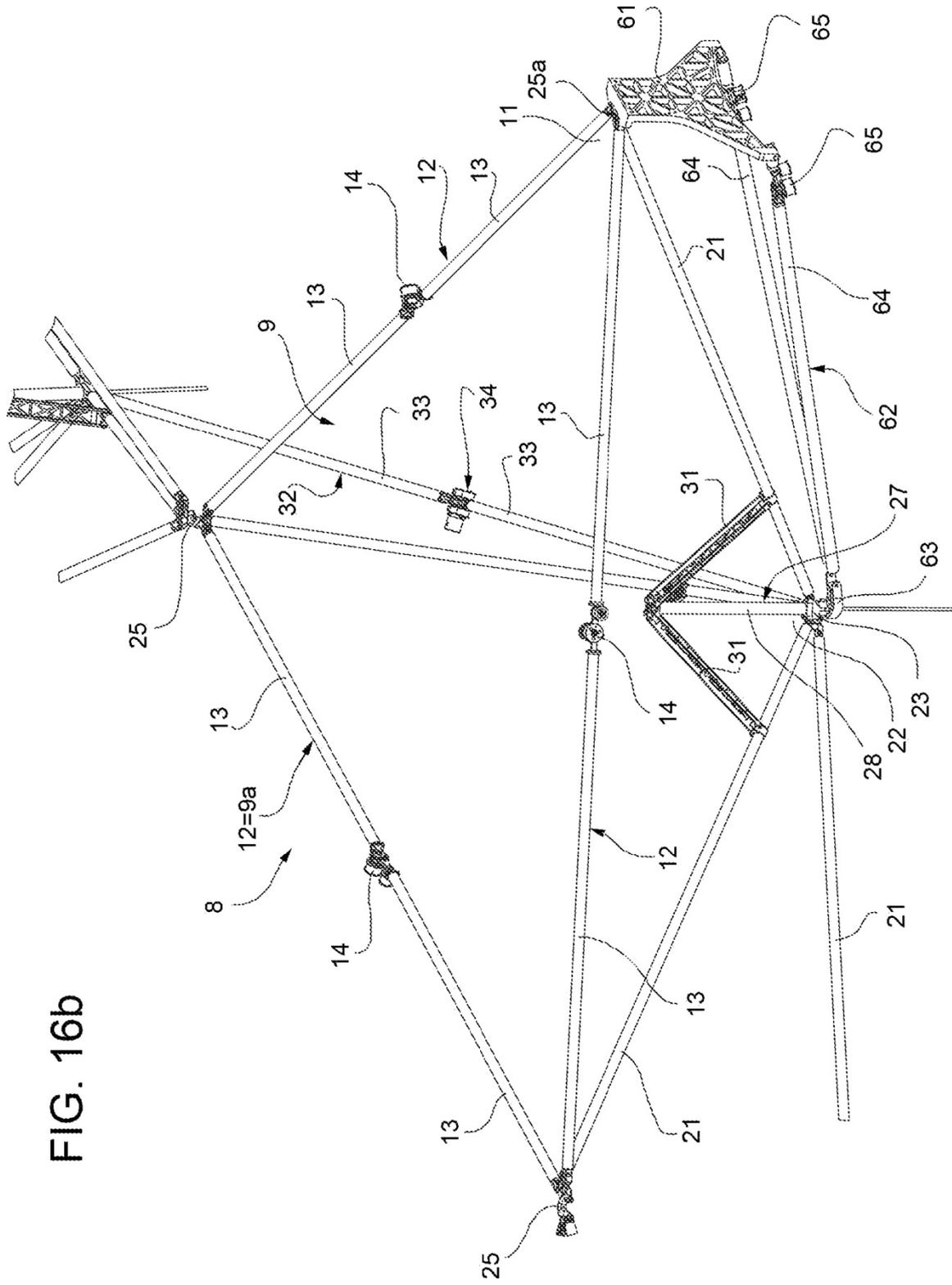


FIG. 16b



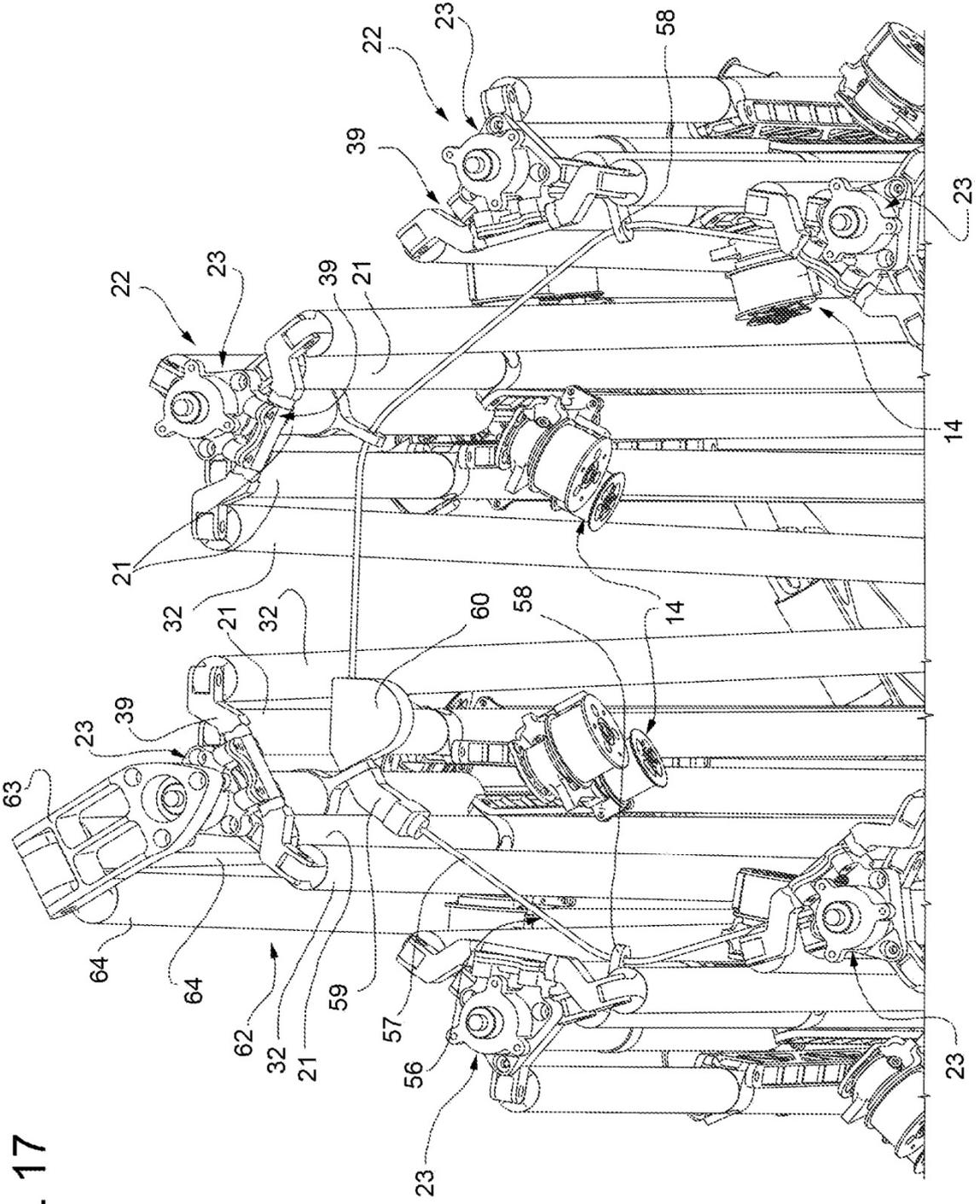


FIG. 17

FIG. 18b

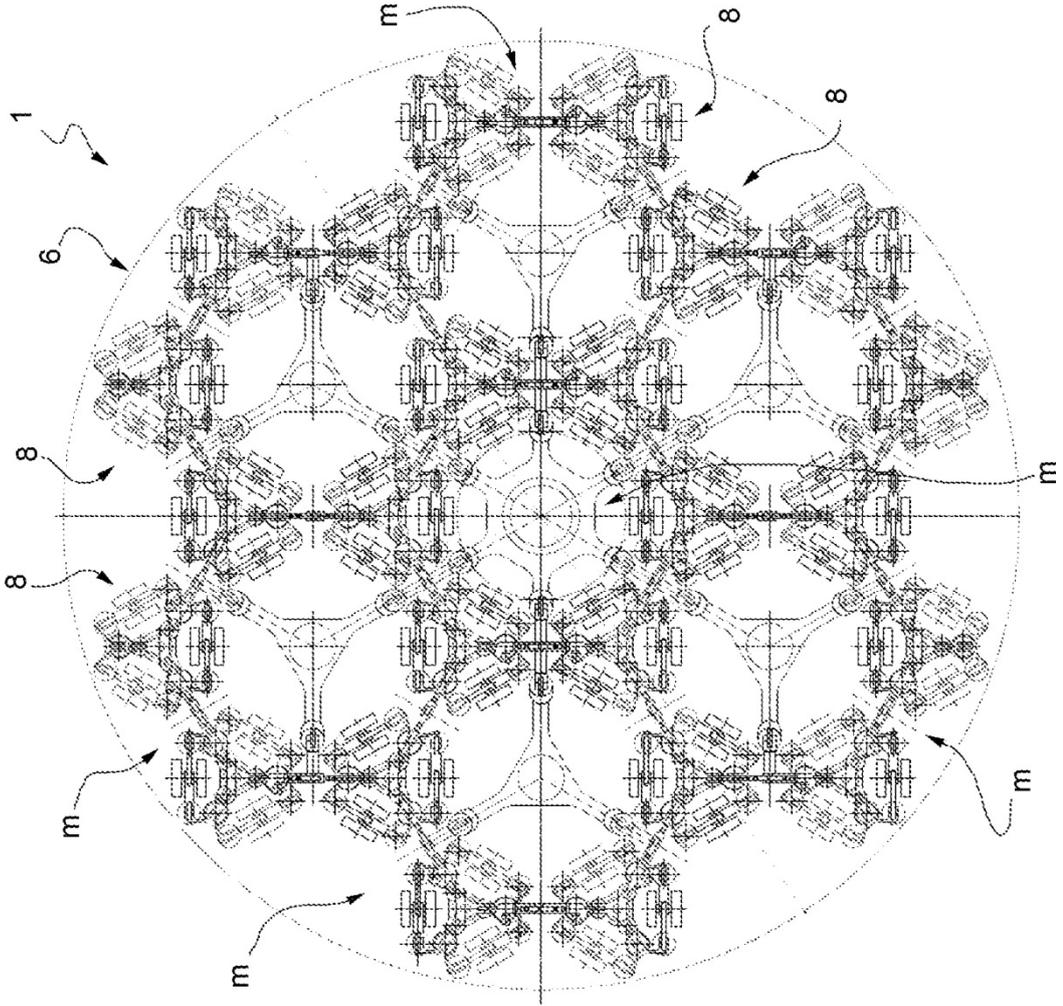


FIG. 18a

