

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 949 381**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2019 PCT/DK2019/050222**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2020 WO20011326**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2019 E 19739879 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2023 EP 3821123**

54 Título: **Mejoras relacionadas con palas de turbina eólica**

30 Prioridad:

09.07.2018 US 201862695397 P
20.07.2018 DK PA201870493

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.09.2023

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

COLLARD, TOBY;
BRILLIANT, NATHAN A;
SUTTON, CHRIS y
LYKKEGAARD, LASSE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 949 381 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

Mejoras relacionadas con palas de turbina eólica

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere en general a palas de turbina eólica que comprenden componentes de protección contra rayos.

10 **Antecedentes**

Las palas de turbina eólica a escala de servicios públicos modernas a menudo incluyen componentes de protección contra rayos que protegen la pala del daño en caso de impacto de rayos. Los componentes de protección contra rayos normalmente comprenden una pluralidad de receptores de rayos conductores dispuestos en la superficie de la pala y una punta de pala conductora. Estos pueden estar conectados eléctricamente a un cable conductor de bajada que normalmente discurre longitudinalmente dentro de la pala y se conecta a tierra.

El conductor de bajada se fija normalmente dentro de la pala después de que las carcacas de pala se hayan curado, pero antes de que las carcacas de pala se hayan ensamblado entre sí. El documento GB2519331A describe un sistema de protección contra rayos para una pala de turbina eólica que comprende componentes de protección contra rayos tales como receptores de rayos instalados en los lados de barlovento y sotavento de la carcasa de pala. Los receptores de rayos se añaden normalmente a la superficie exterior de la pala después de que la pala se haya ensamblado, y esto implica perforar a través de la carcasa, desde la superficie de la pala hasta el conductor de bajada interno. Sin embargo, esto puede ser un proceso que requiere mucho tiempo debido a la necesidad de conectar el conductor de bajada a los diversos receptores de rayos separados a lo largo de la longitud de la carcasa de pala. El proceso se hace más difícil por la geometría de estrechamiento de la punta de pala, donde el acceso está restringido. El documento EP2246558 describe una pala que tiene una pluralidad de segmentos de borde de ataque que tienen cada uno un elemento de tira conductora conectado a una línea de transmisión de puesta a tierra común para proporcionar protección contra rayos a la pala.

Existe una necesidad continua de mejorar la eficiencia de la producción de pala de turbina eólica para reducir el tiempo necesario para producir una pala.

La presente invención se ha desarrollado en este contexto.

35 **Sumario de la invención**

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una pala de turbina eólica que comprende un módulo de pala principal que define un cuerpo principal de la pala, y una pluralidad de módulos de borde separados unidos al módulo de pala principal. Los módulos de borde están dispuestos adyacentes entre sí en una dirección en el sentido de la envergadura de la pala. Cada módulo de borde define al menos parte de un borde de salida de la pala. Cada módulo de borde comprende un conductor de bajada para un sistema de protección contra rayos de pala incorporado dentro del módulo de borde. Los conductores de bajada de los módulos de borde primero y segundo adyacentes están conectados eléctricamente entre sí a través de un conjunto de conector eléctrico. La pala de turbina eólica comprende además un receptor de rayos unido al conjunto de conector eléctrico.

El módulo de borde puede ser un módulo prefabricado, es decir, puede fabricarse por separado del módulo de pala principal, y unirse al módulo de pala principal para formar la pala de turbina eólica. El módulo de borde puede unirse de manera adhesiva al módulo de pala principal y/o puede unirse mecánicamente, por ejemplo, usando tornillos o pernos, entre otros métodos de sujeción. El módulo de borde comprende una superficie de succión y una superficie de presión. Cuando el módulo de borde está unido al módulo de pala principal, la superficie de succión y la superficie de presión del módulo de borde están alineadas con las respectivas superficies de succión y presión del módulo de pala principal.

El conductor de bajada puede incorporarse durante la fabricación del módulo de borde, por ejemplo, puede colocarse en un molde junto con las otras partes que forman el módulo de borde, es decir, puede moldearse dentro del módulo de borde. Alternativamente, el conductor de bajada puede insertarse en el módulo de borde después de la fabricación del módulo de borde.

El conjunto de conector eléctrico puede comprender un primer conector eléctrico proporcionado en un extremo del primer módulo de borde, y un segundo conector eléctrico proporcionado en un extremo del segundo módulo de borde.

Puede unirse una pluralidad de receptores de rayos al conjunto de conector eléctrico. El receptor de rayos puede estar alojado al menos parcialmente dentro de una abertura en una superficie exterior del primer y/o segundo módulo de borde. La abertura puede proporcionar acceso al conjunto de conector sin requerir ninguna perforación a través de la superficie exterior del módulo de borde. La abertura puede definirse mediante porciones recortadas proporcionadas

en los módulos de borde adyacentes primero y/o segundo.

El receptor de rayos puede tener la forma de una cubierta conductora que cubre al menos parcialmente una interfaz entre los módulos de borde primero y segundo. La cubierta conductora puede estar dispuesta de manera externa sobre los módulos de borde.

El módulo de pala principal de la pala de turbina eólica puede comprender además una capa conductora en o cerca de su superficie exterior y el conductor de bajada de un módulo de borde puede conectarse eléctricamente a la capa conductora.

El conductor de bajada del módulo de borde o de cada módulo de borde puede conectarse eléctricamente a la capa conductora a través de un enlace eléctrico respectivo. El enlace eléctrico puede tomar cualquier forma adecuada, por ejemplo, un cable o una barra colectora. El o cada enlace eléctrico de la pala de turbina eólica puede extenderse en una dirección en el sentido de la cuerda generalmente a través de una interfaz entre el módulo de pala principal y un módulo de borde respectivo.

El o cada enlace eléctrico puede recibirse en un canal en el sentido de la cuerda respectivo definido en una superficie exterior de la pala. El o cada canal puede definirse en parte por un primer rebaje definido en el módulo de pala principal y en parte por un segundo rebaje definido en el módulo de borde. Los rebajes pueden estar alineados para definir el canal en el sentido de la cuerda respectivo. Un primer contacto eléctrico puede estar ubicado dentro del primer rebaje. Un segundo contacto eléctrico puede estar ubicado dentro del segundo rebaje. El primer contacto eléctrico puede conectarse eléctricamente a la capa conductora del módulo de pala principal. El segundo contacto eléctrico puede conectarse eléctricamente al conductor de bajada del módulo de borde.

La pala de turbina eólica puede comprender además una punta metálica. La punta metálica puede comprender un elemento de unión mecánica para conectar la punta metálica al módulo de pala principal y un terminal eléctrico para conectar la punta metálica al conductor de bajada de un módulo de borde.

El elemento de unión mecánica puede ser un elemento macho/hembra para acoplamiento con un correspondiente elemento de unión mecánica hembra/macho del módulo de pala principal. El terminal eléctrico puede ser un elemento macho/hembra para acoplamiento con un terminal eléctrico hembra/macho correspondiente del módulo de borde.

El elemento de unión mecánica es preferiblemente un elemento separado que es físicamente diferente al terminal eléctrico. El elemento de unión mecánica y el terminal eléctrico pueden estar separados en la dirección en el sentido de la cuerda de la pala de turbina eólica.

En una realización, la punta metálica puede comprender elementos hembra en forma de receptáculos primero y segundo. Cuando la punta metálica está conectada, el primer receptáculo puede recibir un implante de punta macho que sobresale del módulo de pala principal. El segundo receptáculo puede recibir un conector eléctrico macho unido a un extremo del conductor de bajada del módulo de borde. En otras realizaciones, el elemento de unión mecánica o el terminal eléctrico de la punta metálica puede comprender un elemento macho sobresaliente para su inserción en el interior de un receptáculo correspondiente del módulo de pala principal o módulo de borde.

El terminal eléctrico de la punta metálica es preferiblemente más pequeño que el elemento de unión mecánica de la punta metálica.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una turbina eólica que comprende una pluralidad de palas;

la figura 2 es una vista esquemática de parte de una pala de turbina eólica que comprende un módulo de pala principal y un módulo de borde;

la figura 3 es una vista en planta esquemática de un módulo de borde;

la figura 4 es una vista en planta esquemática que muestra dos módulos de borde conectados entre sí;

la figura 5 es una variante de la figura 4 que muestra porciones recortadas en los extremos de los módulos de borde;

la figura 6 muestra un receptor de rayos dispuesto en una porción recortada entre dos módulos de borde;

la figura 7 muestra una cubierta conductora dispuesta entre dos módulos de borde;

la figura 8 es una vista en planta esquemática que muestra barras colectoras conectadas entre módulos de borde y una capa metálica del módulo de pala principal;

la figura 9 es una vista lateral esquemática de una barra colectora;

la figura 10 es una sección transversal esquemática a través de parte del módulo de pala principal que muestra una conexión eléctrica entre una barra colectora y una capa metálica; y

la figura 11 muestra esquemáticamente una punta metálica de la pala con conexiones mecánicas y eléctricas separadas con respecto al módulo de pala principal y un módulo de borde de salida.

Descripción detallada

La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de una turbina eólica 10 a escala de servicios públicos moderna que comprende palas 12 de turbina eólica según una realización de la presente invención. La turbina eólica 10 comprende una torre 14 que soporta una góndola 16. Un rotor 18 está montado en la góndola 16. El rotor 18 comprende una pluralidad de palas 12 de turbina eólica que se extienden radialmente, que están unidas en sus respectivos extremos de raíz 20 a un buje central 22. En este ejemplo, el rotor 18 comprende tres palas 12, pero en otras realizaciones, el rotor 18 puede tener cualquier número de palas 12. En este ejemplo, cada una de las palas 12 tiene una punta metálica sólida 24, que actúa como un receptor de rayos.

La figura 2 muestra esquemáticamente parte de una pala 12 de turbina eólica según un ejemplo de la presente invención. La pala 12 comprende un módulo de pala principal 26 que define un cuerpo principal de la pala 12. En este ejemplo, el módulo de pala principal 26 define un borde delantero 28 de la pala 12. La pala 12 incluye además un módulo de borde separado 30 unido al módulo de pala principal 26. El módulo de borde 30 en este ejemplo define parte de un borde de salida 32 de la pala 12. Puede disponerse extremo con extremo una pluralidad de módulos de borde 30 similares a lo largo de al menos parte de la longitud del módulo de pala principal 26 para definir el borde de salida 32 de la pala 12.

El módulo de pala principal 26 está formado preferiblemente a partir de materiales compuestos, por ejemplo, plástico reforzado con fibra, tal como, plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP). El módulo de pala principal 26 puede formarse usando cualquier técnica adecuada conocida para formar carcasas de pala de turbina eólica, por ejemplo, moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM). El módulo de borde 30 también puede formarse a partir de materiales compuestos, por ejemplo, GFRP, y puede ser una parte moldeada. Este también puede formarse por VARTM, moldeo por inyección u otra técnica adecuada. Alternativamente, el módulo de borde 30 podría estar hecho a partir de un material elastómero, tal como plástico o caucho.

El módulo de borde 30 es un módulo prefabricado, es decir, se fabrica por separado del módulo de pala principal 26, y se une al módulo de pala principal 26 para formar la pala 12 de turbina eólica. En este ejemplo, el módulo de borde 30 está unido de manera adhesiva al módulo de pala principal 26. En otros ejemplos, el módulo de borde 30 puede unirse mecánicamente al módulo de pala principal 26, por ejemplo, usando tornillos, pernos, etc. o bien en lugar de unión adhesiva, o bien además de la unión adhesiva. Como se muestra en la figura 2, elementos de acoplamiento correspondientes 34a, 34b pueden proporcionarse en las superficies de acoplamiento 36a, 36b del módulo de pala principal 26 y el módulo de borde 30 para facilitar la ubicación y conexión entre los módulos 26, 30.

Un conductor de bajada 38 para un sistema de protección contra rayos de pala está incorporado dentro del módulo de borde 30. Se proporciona opcionalmente aislamiento 40 alrededor del conductor de bajada 38. El conductor de bajada 38 puede incorporarse durante la fabricación del módulo de borde 30, por ejemplo, puede colocarse en un molde junto con las otras partes que forman el módulo de borde 30, es decir, puede moldearse dentro del módulo de borde 30. Alternativamente, el conductor de bajada 38 puede insertarse en el módulo de borde 30 después de la fabricación del módulo de borde 30.

Con referencia ahora a la figura 3, esta es una vista en planta esquemática del módulo de borde 30, con componentes internos del módulo de borde 30 tales como el conductor de bajada 38 mostrado por líneas discontinuas. El conductor de bajada 38 en este ejemplo es un cable de metal que se extiende longitudinalmente, en una dirección en el sentido de la envergadura (S), a través del módulo de borde 30. Se proporcionan conectores eléctricos primero y segundo 42a, 42b respectivamente en cada extremo 44a, 44b del módulo de borde. El conductor de bajada 38 se conecta entre estos conectores 42a, 42b.

Con referencia a la figura 4, esta muestra esquemáticamente los módulos de borde primero y segundo 30a, 30b dispuestos extremo con extremo. Los módulos de borde 30a, 30b tienen cada uno un cable conductor de bajada 38a, 38b que se extiende a su través, y conectores eléctricos 42a, 42b proporcionados en cada extremo 44a, 44b. Los conectores eléctricos 42a, 42b de módulos de borde adyacentes 30a, 30b están configurados para conectarse entre sí para formar un conjunto de conector eléctrico 52 que establece una conexión eléctrica entre los conductores de bajada 38a, 38b de los módulos de borde adyacentes 30a, 30b. La provisión de conectores eléctricos 42a, 42b en uno o ambos extremos 44a, 44b de un módulo de borde 30 proporciona una solución de “enchufar y usar”, lo que facilita la conexión rápida entre los conductores de bajada 38a, 38b de los módulos de borde adyacentes 30a, 30b cuando se instalan los módulos de borde 30a, 30b en el módulo de pala principal 26.

Con referencia a la figura 5, esta muestra esquemáticamente los módulos de borde primero y segundo 30a, 30b dispuestos extremo con extremo según una variante del ejemplo anterior. En esta variante, los módulos de borde 30a, 30b incluyen porciones recortadas 46a, 46b en sus extremos 44a, 44b. Los conectores eléctricos 42a, 42b están dispuestos al menos parcialmente en estos recortes 46a, 46b. Cuando los módulos de borde adyacentes 30a, 30b están ajustados extremo con extremo, los recortes respectivos 46a, 46b definen una abertura 48 en una superficie exterior 50 de los módulos de borde 30a, 30b. Los recortes 46a, 46b proporcionan un fácil acceso al conjunto de conector eléctrico 52 dentro de los módulos de borde 30a, 30b, de modo que puede accederse al conjunto de conector 52 sin el requisito de perforar en los módulos de borde 30a, 30b.

Con referencia ahora a la figura 6, esta muestra un receptor de rayos 54 unido al conjunto de conector eléctrico 52 entre módulos de borde adyacentes 30a, 30b. Parte del receptor de rayos 54 puede atornillarse en un receptáculo proporcionado en el conjunto de conector eléctrico 52 o puede conectarse de otro modo al conjunto eléctrico 52. El receptor de rayos 54 está ubicado al menos parcialmente en la abertura 48 en la superficie exterior 50 de los módulos de borde 30a, 30b definida por los recortes 46a, 46b (mostrados en la figura 5). El receptor de rayos 54 protege contra un impacto de rayo directo a los conjuntos de conector 52 entre los módulos de borde adyacentes 30a, 30b. En particular, el receptor de rayos 54 proporciona un punto de unión seguro para que los rayos impacten sin penetrar en la superficie 50 del/de los módulo(s) de borde de salida 30a y/o 30b y sin causar daños. La corriente de rayo se conduce de manera segura a tierra a través del cable conductor de bajada 38a, 38b. La provisión de receptores de rayos 54 puede evitar la necesidad de proporcionar aislamiento alrededor del conductor de bajada 38.

Con referencia ahora a la figura 7, esta muestra una variante del ejemplo mostrado en la figura 6, en el que se proporciona una cubierta conductora 56 entre los módulos de borde adyacentes 30a, 30b. La cubierta conductora 56 funciona como un receptor de rayos y se une a los conjuntos de conector eléctrico 52 a través de un perno metálico 58 que se extiende a través de la abertura 48 (mostrada en la figura 5) que se proporciona en la superficie 50 de los módulos de borde 30a, 30b. La cubierta conductora 56 cubre la interfaz entre los módulos de borde primero y segundo 30a, 30b. La cubierta conductora 56 es ventajosamente más grande que el receptor 54 mostrado en la figura 6, y se ajusta al perfil aerodinámico del/de los módulo(s) de borde 30a y/o 30b. La cubierta conductora 56 puede formarse por estampación, o formarse de otro modo, a partir de lámina metálica.

Con referencia ahora a la figura 8, esta muestra esquemáticamente conexiones eléctricas 62 entre los módulos de borde 30a, 30b y una capa 60 del módulo de pala principal 26. La capa 60 es una parte del sistema de protección contra rayos y tiene la forma de una lámina o malla metálica. Pueden encontrarse más detalles de la capa 60 en la solicitud PCT en trámite del solicitante WO2015/055214A1. En este ejemplo, la capa 60 del módulo de pala principal 26 es una capa conductora, que puede integrarse dentro de la estructura de carcasa del módulo de pala principal 26 cerca de su superficie exterior. La capa conductora 60 puede tener la forma de una malla metálica. La capa 60 sirve para disipar la corriente de un impacto de rayo sobre el módulo de pala principal 26 sobre un área grande. Para conducir la corriente a tierra, la capa 60 está conectada eléctricamente al conductor de bajada 38 dentro del módulo de borde 30 a través de uno o más enlaces eléctricos 62. En este ejemplo, se muestran dos enlaces eléctricos 62, uno para cada uno de los módulos de borde 30a, 30b. En otras realizaciones, el número de enlaces eléctricos 62 puede ser diferente al número de módulos de borde 30. En esta realización, los enlaces eléctricos 62 están en forma de barras colectoras. Los enlaces eléctricos 62 se extienden en una dirección en el sentido de la cuerda (C) a través de una interfaz 64a, 64b entre el módulo de pala principal 26 y un módulo de borde respectivo 30a, 30b. Cada uno de los enlaces eléctricos 62 puede estar ubicado en un respectivo canal en el sentido de la cuerda 66 definido por los rebajes primero y segundo 68, 70 alineados entre sí definidos en las superficies exteriores del módulo de pala principal 26 y el módulo de borde 30. Se usan pernos 72 para conectar las barras colectoras 62 a los conjuntos de conector eléctrico 52 descritos anteriormente o a otros conectores proporcionados en el conductor de bajada 38 y al módulo de pala principal 26. Los pernos 72 solo pueden proporcionar una conexión mecánica, proporcionándose la conexión eléctrica por contactos eléctricos como se describe a continuación.

Con referencia ahora a la figura 9, esta muestra una vista lateral de una de las barras colectoras 62 mostradas en la figura 8. La barra colectora 62 comprende contactos eléctricos primero y segundo 74a, 74b en cada extremo 76a, 76b en una parte inferior 78 de la barra colectora 62. En este ejemplo, estos contactos eléctricos 74a, 74b están en forma de discos metálicos fundidos. El primer disco 74a proporciona un contacto eléctrico a la capa 60 y el segundo disco 74b proporciona un contacto eléctrico al conductor de bajada 38 del módulo de borde de salida 30, como se describirá con más detalle a continuación.

Con referencia a la figura 10, esta es una vista en sección transversal esquemática a través de parte del módulo de pala principal 26 que muestra una barra colectora 62 dispuesta en el primer rebaje 68 definido en el módulo de pala principal 26. La figura 10 también muestra esquemáticamente la capa 60 dentro del rebaje 68. Un disco metálico 80 está ubicado en el rebaje 68 y está integrado con la capa 60. El disco metálico 80 forma un contacto eléctrico. Un disco de contacto eléctrico 74a en la parte inferior 78 de la barra colectora 62 se asienta en la parte superior del disco metálico 80 para formar una conexión eléctrica entre la capa 60 y la barra colectora 62. La barra colectora 62 se fija en su posición a través de un perno 72 que se perfora en un bloque no conductor 82 proporcionado en una superficie interior 84 de la carcasa laminada 86 del módulo de pala principal 26.

Con referencia a la figura 11, esta muestra esquemáticamente el extremo de punta 88 de la pala 12 de turbina eólica

que incluye la punta metálica 24, mencionada anteriormente con referencia a la figura 1. La punta metálica 24 comprende un elemento de unión mecánica 90 para conectar la punta metálica 24 al módulo de pala principal 26. En este ejemplo, el elemento de unión mecánica 90 es un elemento hembra, y comprende específicamente un rebaje rectangular en la punta metálica 24. El módulo de pala principal 26 incluye un elemento de unión mecánica macho 92 correspondiente que se acopla con el elemento de unión mecánica hembra 90 de la punta metálica 24 para conectar la punta metálica 24 al módulo de pala principal 26. El elemento de unión macho 92 en este ejemplo es un implante de punta que sobresale en una dirección en el sentido de la envergadura (S) desde un extremo de punta 94 del módulo de pala principal 26. El implante de punta 92 en este ejemplo es un bloque preferiblemente rectangular de material no conductor, por ejemplo, poliuretano o fibra de vidrio. El implante de punta sobresaliente 92 se recibe en el rebaje rectangular 90 de la punta metálica 24. Cuñas (no mostradas) pueden insertarse entre el implante de punta 92 y el rebaje 90 si es necesario para ajustar la posición de la punta 24 con respecto al módulo de pala principal 26. La punta metálica 24 se emperna entonces al implante de punta 92 con pernos 96 que se extienden a través de orificios (no mostrados) proporcionados a través de la superficie de la punta metálica 24. Por lo tanto, se logra una fuerte conexión mecánica entre la punta metálica 24 y el módulo de pala principal 26.

La punta metálica 24 incluye además un terminal eléctrico separado 98 para conectar la punta metálica 24 al conductor de bajada 38 de un módulo de borde 30. En este ejemplo, el terminal eléctrico 98 es un elemento hembra, y comprende específicamente un receptáculo rebajado en la punta metálica 24. Se proporciona un taco macho 100 en el extremo del cable conductor de bajada 38. El taco 100 se recibe en el receptáculo 98 para establecer una conexión eléctrica entre la punta metálica y el conductor de bajada 38 del módulo de borde 30. Pueden usarse tornillos (no mostrados) para fijar el taco 100 dentro del receptáculo 98. El terminal eléctrico 98 de la punta metálica 24 es más pequeño que el elemento de unión mecánica 90 de la punta metálica 24.

Como se muestra en la figura 11, la unión mecánica entre la punta metálica 24 y el resto de la pala 12 está separada de la conexión eléctrica entre la punta metálica 24 y el conductor de bajada 38. Por lo tanto, las conexiones mecánicas y eléctricas están desacopladas. En soluciones conocidas anteriores, la punta metálica 24 se ha conectado a la pala 12 a través de una única conexión que proporciona una conexión tanto mecánica como eléctrica. Esto implicó el uso de un implante de una punta metálica sólida 92. La presente solución evita la necesidad de un implante de punta 92 costoso y pesado de este tipo y permite el uso de un implante de punta 92 menos costoso y más ligero para proporcionar la conexión mecánica. Por lo tanto, la conexión eléctrica puede hacerse significativamente más pequeña y a menor coste que la conexión eléctrica anterior, ya que no se requiere realizar una función de unión mecánica entre la punta metálica 24 y el resto de la pala 12. Como la unión mecánica no tiene que transportar corriente de rayo, también hay más libertad en el diseño geométrico del implante de punta, ya que no habrá riesgo de formación de arco eléctrico entre la punta metálica 24 y el implante de punta 92.

La presente invención presenta ventajas significativas con respecto a la técnica anterior. En particular, ubicar el conductor de bajada 38 dentro de un módulo de borde prefabricado 30 facilita en gran medida el proceso de fabricación de pala y reduce el tiempo necesario para fabricar una pala 12. Los módulos de borde 30 pueden prefabricarse fuera de línea y simplemente unirse al módulo de pala principal 26. Los conductores de bajada 38 de los módulos de borde adyacentes 30 pueden conectarse entre sí de forma rápida y eficiente. Los receptores de rayos 54 pueden incluirse y unirse fácilmente al conductor de bajada 38 en las ubicaciones apropiadas. Ya no existe la necesidad del proceso que requiere mucho tiempo de colocar el cable conductor 38 dentro de la pala 12 y luego perforar orificios a través de la carcasa de pala 86 para montar los receptores de rayos 54.

Pueden hacerse muchas modificaciones a los ejemplos descritos anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, mientras que la punta metálica 24 en el ejemplo anterior comprende elementos hembra 90, 98, en otros ejemplos, uno o ambos del elemento de unión mecánica 90 y el terminal eléctrico 98 pueden ser un elemento macho y el módulo de pala principal 26 y/o el módulo de borde 30 pueden estar dotados de un elemento hembra correspondiente.

REIVINDICACIONES

1. Pala de turbina eólica (12) que comprende un módulo de pala principal (26) que define un cuerpo principal de la pala, y una pluralidad de módulos de borde separados (30) unidos al módulo de pala principal, estando dispuestos los módulos de borde adyacentes entre sí en una dirección en el sentido de la envergadura de la pala, y definiendo cada módulo de borde al menos parte de un borde de salida (32) de la pala,
5
en la que cada módulo de borde comprende un conductor de bajada (38) para un sistema de protección contra rayos de pala incorporado dentro del módulo de borde, y en la que los conductores de bajada (38) de módulos de borde adyacentes primero y segundo (30) están conectados eléctricamente entre sí a través de un conjunto de conector eléctrico (52),
10
comprendiendo además la pala de turbina eólica un receptor de rayos (54) unido al conjunto de conector eléctrico.
15
2. Pala de turbina eólica de la reivindicación 1, en la que el conjunto de conector eléctrico (52) comprende un primer conector eléctrico (42a) proporcionado en un extremo (44a) del primer módulo de borde, y un segundo conector eléctrico (42b) proporcionado en un extremo (44b) del segundo módulo de borde.
20
3. Pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el receptor de rayos (54) está alojado al menos parcialmente dentro de una abertura (48) en una superficie exterior (50) del primer y/o segundo módulo de borde (30).
25
4. Pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el receptor de rayos tiene la forma de una cubierta conductora (56) que cubre al menos parcialmente una interfaz entre los módulos de borde primero y segundo (30), estando dispuesta la cubierta conductora de manera externa en los módulos de borde.
30
5. Pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que el módulo de pala principal (26) comprende una capa conductora (60) en o cerca de su superficie exterior y en la que el conductor de bajada (38) del módulo de borde (30) está conectado eléctricamente a la capa conductora.
35
6. Pala de turbina eólica de la reivindicación 5, en la que el conductor de bajada (38) del o de cada módulo de borde (30) está conectado eléctricamente a la capa conductora (60) a través de un enlace eléctrico respectivo (62), tal como una barra colectora.
40
7. Pala de turbina eólica de la reivindicación 6, en la que el o cada enlace eléctrico (62) se extiende en una dirección en el sentido de la cuerda generalmente a través de una interfaz (64) entre el módulo de pala principal (26) y un módulo de borde respectivo (30).
45
8. Pala de turbina eólica de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en la que el o cada enlace eléctrico (62) se recibe en un respectivo canal en el sentido de la cuerda (66) definido en una superficie exterior de la pala, estando definido el o cada canal en parte por un primer rebaje definido en el módulo de pala principal (26) y en parte por un segundo rebaje definido en el módulo de borde (30), estando los rebajes alineados para definir el respectivo canal en el sentido de la cuerda,
50
y en la que un primer contacto eléctrico está ubicado dentro del primer rebaje y un segundo contacto eléctrico está ubicado dentro del segundo rebaje, estando el primer contacto eléctrico conectado eléctricamente a la capa conductora (60) del módulo de pala principal y estando el segundo contacto eléctrico conectado eléctricamente al conductor de bajada (38) del módulo de borde.
55
9. Pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una punta metálica (24), en la que la punta metálica comprende: un elemento de unión mecánica (90) para conectar la punta metálica al módulo de pala principal (26), y un terminal eléctrico (98) para conectar la punta metálica al conductor de bajada (38) de un módulo de borde.
60
10. Pala de turbina eólica de la reivindicación 9, en la que el elemento de unión mecánica (90) es un elemento macho/hembra para acoplamiento con un elemento de unión mecánica hembra/macho correspondiente del módulo de pala principal (26), y/o en la que el terminal eléctrico (98) es un elemento macho/hembra para acoplamiento con un terminal eléctrico hembra/macho correspondiente del módulo de borde (30).
65
11. Pala de turbina eólica de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en la que el terminal eléctrico (98) de la punta metálica (24) es más pequeño que el elemento de unión mecánica (90) de la punta metálica.

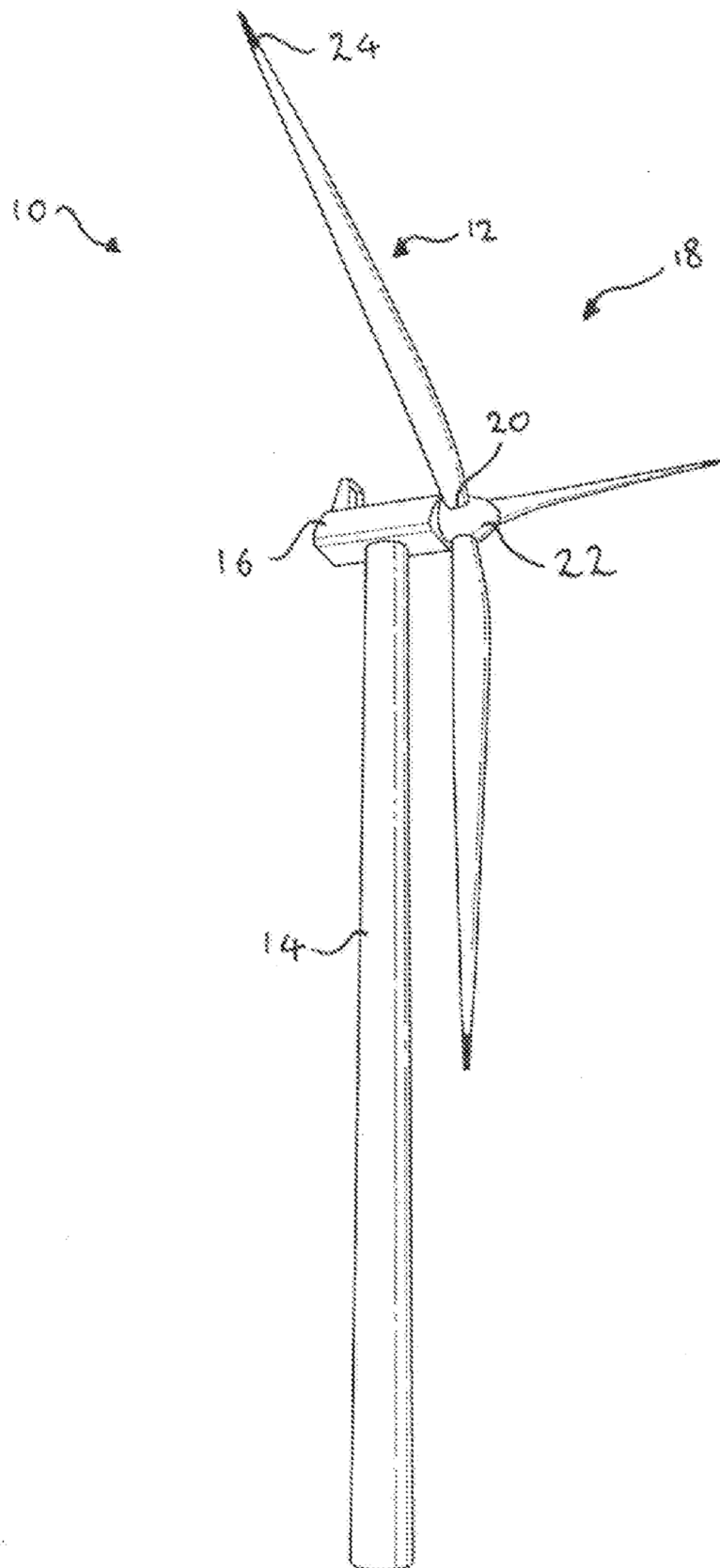


FIG. 1

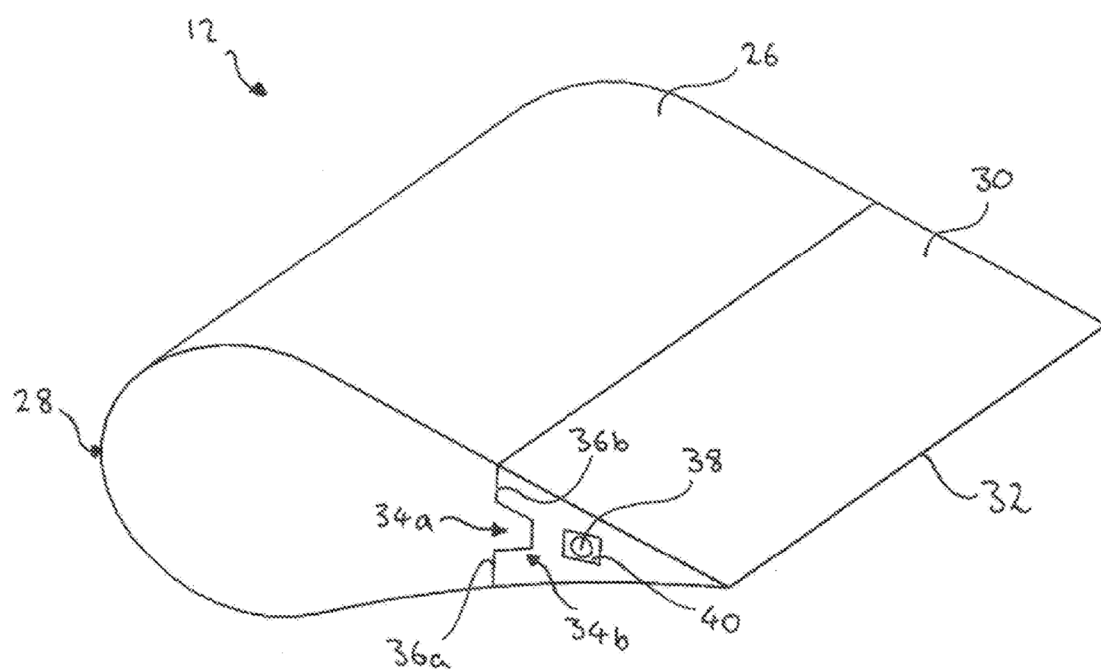
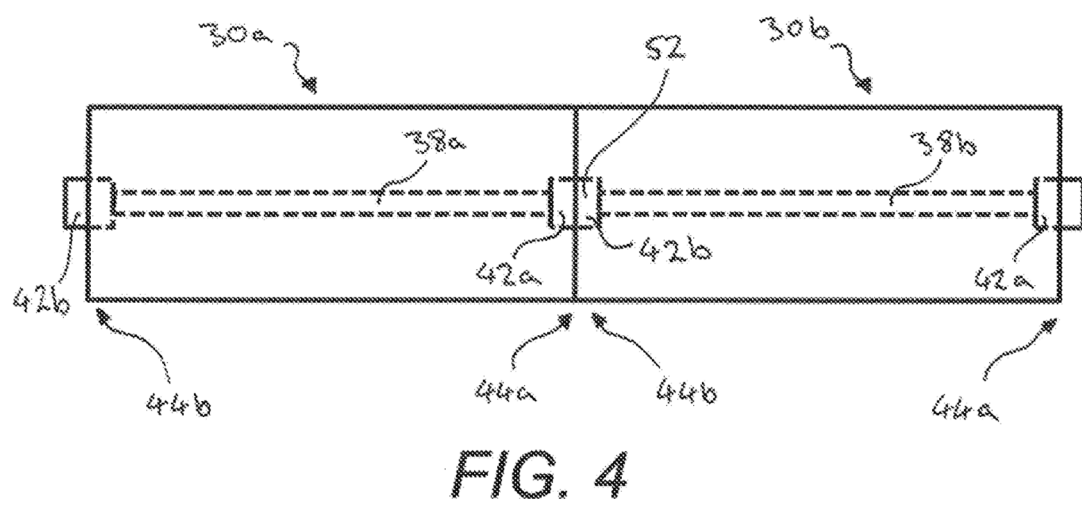
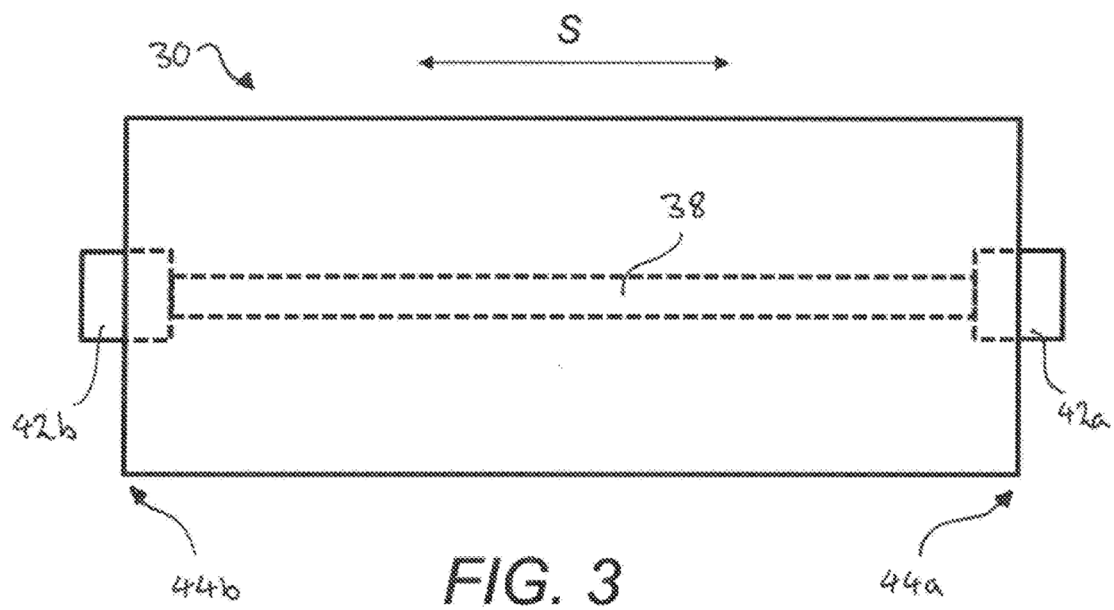


FIG. 2



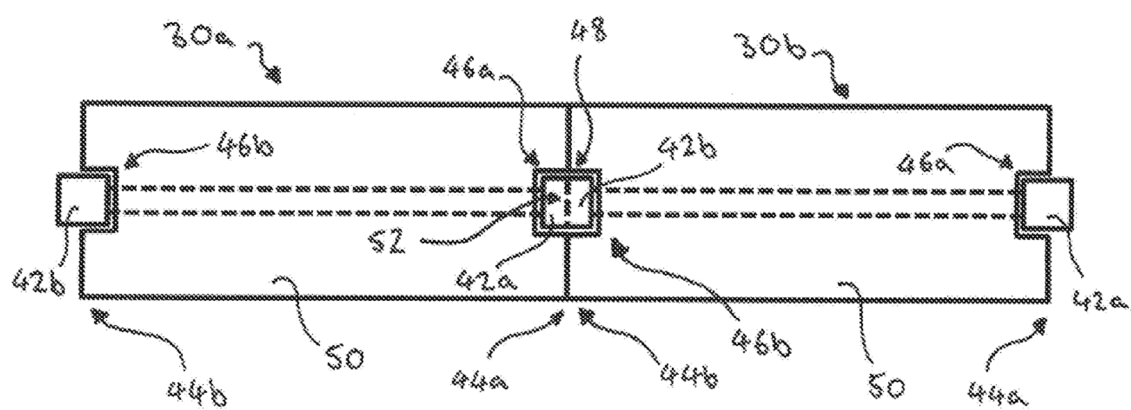


FIG. 5

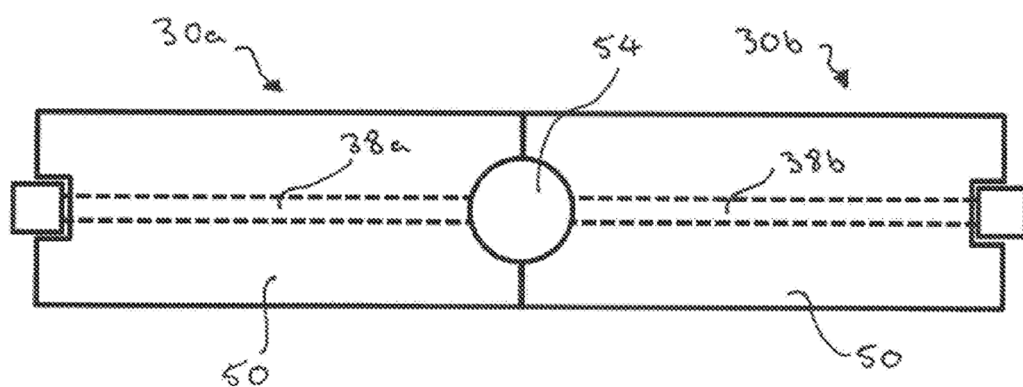


FIG. 6

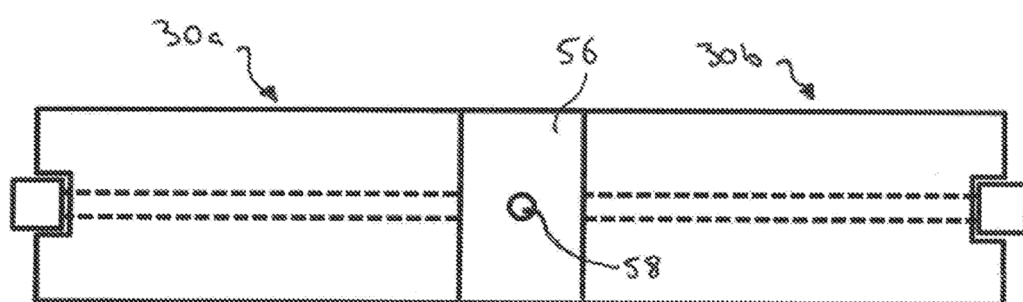
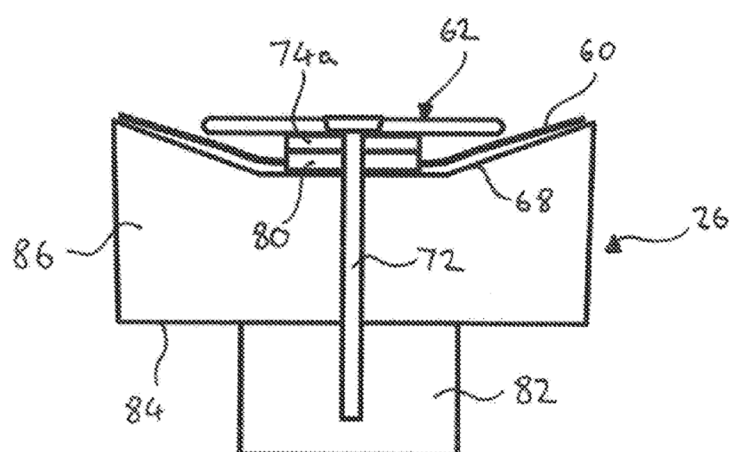
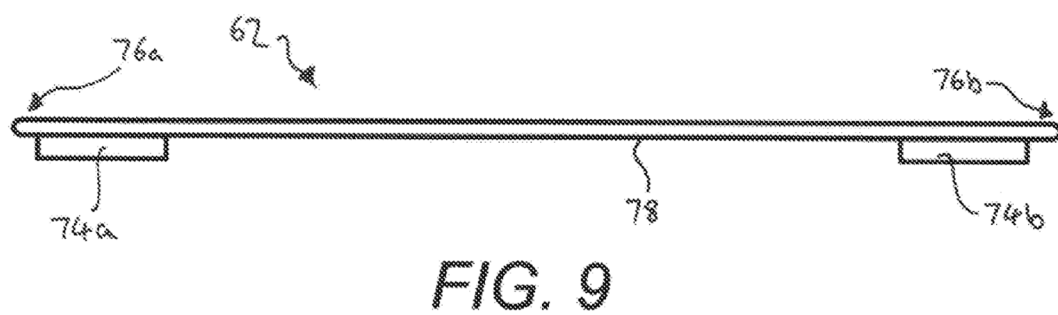
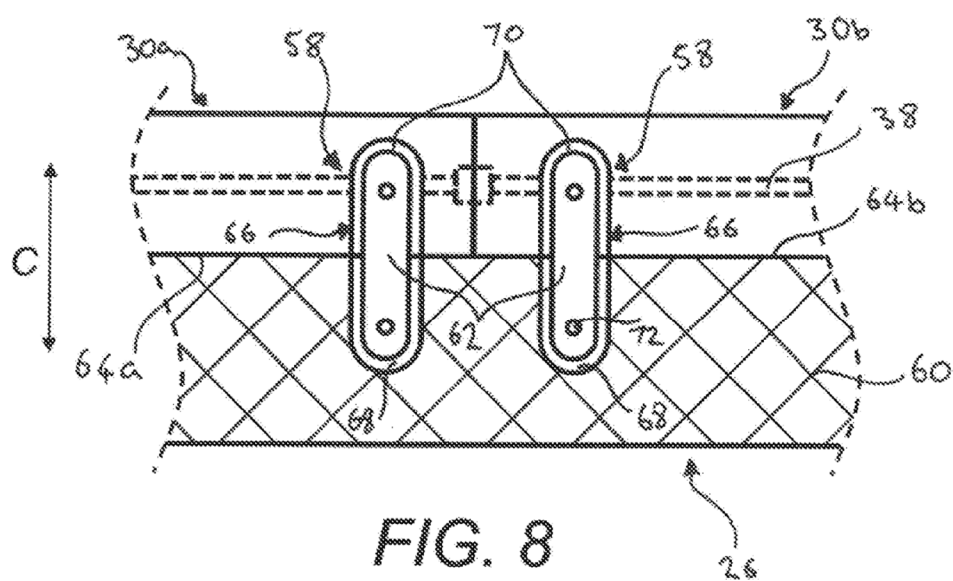


FIG. 7



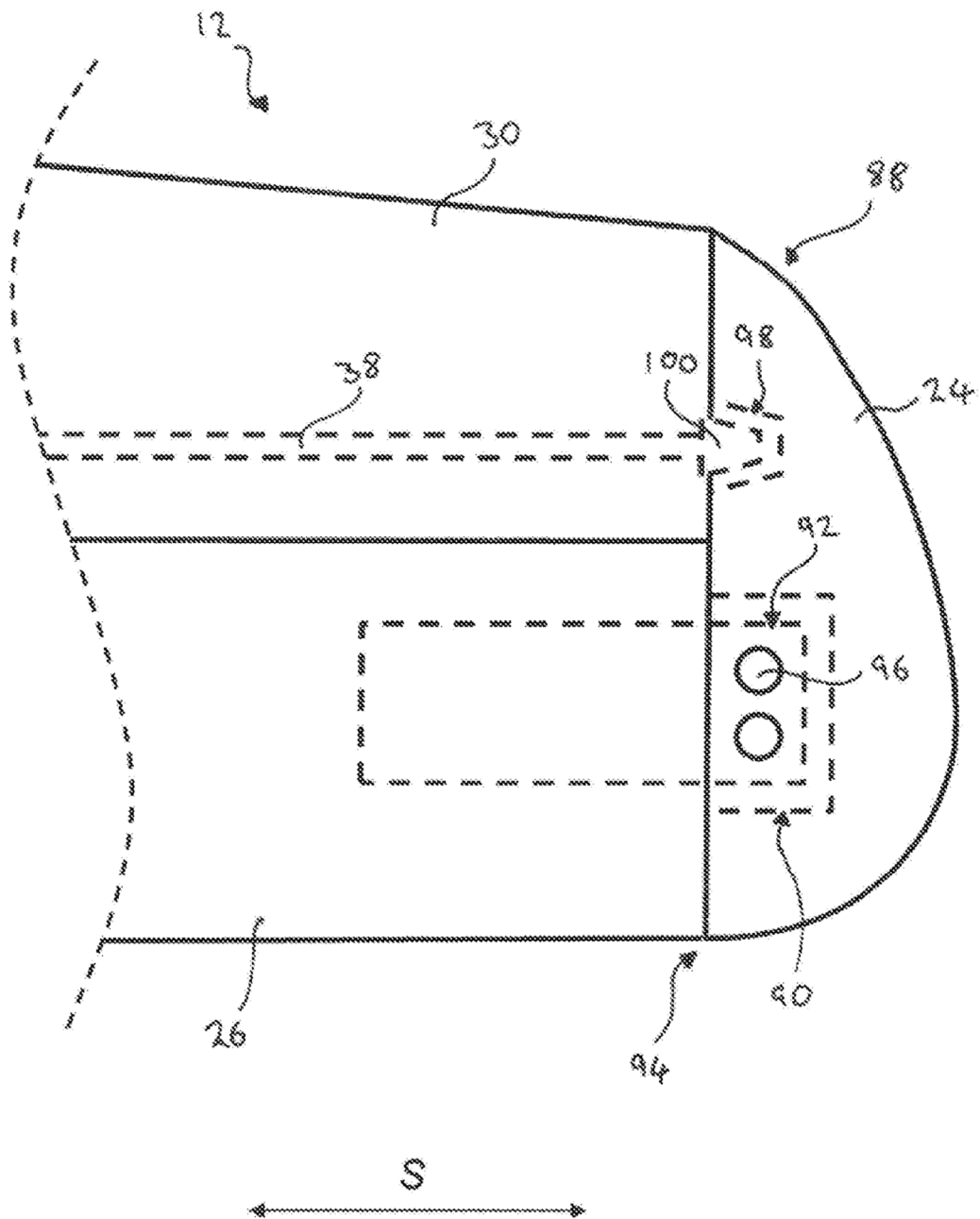


FIG. 11