

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 811**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/30**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2019** **PCT/EP2019/081919**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2020** **WO20104522**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2019** **E 19808566 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 3884156**

54 Título: **Pala de turbina eólica con sistema de protección contra rayos**

30 Prioridad:

**20.11.2018 DK PA201870767**

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

**24.10.2024**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (100.0%)**  
**Jupitervej 6**  
**6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**HANSEN, LARS BO**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

ES 2 983 811 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

Pala de turbina eólica con sistema de protección contra rayos

5 **Campo técnico**

[0001] La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que es un cuerpo de concha fabricado de un material compuesto ("composite panel") y que tiene un extremo de raíz y un extremo de punta, una superficie exterior, un lado de presión y un lado de succión, un borde de salida y un borde de ataque y, adicionalmente, un sistema de protección contra rayos, comprendiendo el sistema de protección contra rayos:

- al menos un receptor de rayos que tiene una superficie exterior dispuesta libremente accesible dentro, sobre o en la superficie exterior de la pala en el extremo de punta de la pala
- un conductor de rayos ("lightning conductor") fabricado de material eléctricamente conductor que se extiende dentro del cuerpo de concha a lo largo de sustancialmente toda la dirección longitudinal de la pala, y en el que
- el receptor de rayos y el conductor de rayos (2, 102, 202) están conectados eléctricamente por medio de un área de conexión.

20 **Técnica anterior**

[0002] Es conocido proporcionar a las palas de turbinas eólicas sistemas de protección contra rayos para protegerlas de las caídas de rayos. En un sistema de protección contra rayos conocido, la punta de la pala está provista de un denominado receptor de rayos, fabricado de un material eléctricamente conductor. Este receptor de rayos puede "captar" una caída de rayo y conducir la corriente a través de un conductor de rayos, extendiéndose dicho conductor de rayos en la dirección longitudinal de la pala y estando puesto a tierra por medio del buje de rotor de la turbina eólica. A menudo se ha demostrado que este sistema proporciona una protección satisfactoria contra las caídas de rayos. Los documentos US 2011/020134 A1, JP 2018 040280 A y JP 2016 136009 A divulgan ejemplos de la técnica anterior donde los receptores de rayos comprenden carbono.

**Divulgación de la invención**

[0003] El objetivo de la invención es proporcionar un sistema de protección contra rayos nuevo y mejorado para turbinas eólicas.

[0004] De acuerdo con la invención, este objetivo se obtiene por al menos una parte de la superficie exterior, opcionalmente toda la superficie exterior del receptor que es libremente accesible y está formada de carbono tal como grafito.

[0005] Toda la superficie exterior libremente accesible del receptor se puede fabricar de grafito.

[0006] Durante las pruebas se han obtenido resultados sorprendentemente buenos en relación con la protección de las palas contra las caídas de rayos y, por tanto, para evitar daños en las palas usando receptores de rayos con una superficie exterior libremente accesible formada de carbono. Además, un receptor de grafito tiene la ventaja sobre un receptor metálico de que no se forman halos luminosos cuando un rayo cae sobre el receptor, ya que los halos luminosos en un receptor generan ruido durante la rotación de la pala.

[0007] Preferentemente, el receptor comprende un área de sección transversal de grafito de al menos 490 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 25 mm, o un área de sección transversal de grafito de al menos 707 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 30 mm, o un área de sección transversal de grafito de al menos 962 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 35 mm, o un área de sección transversal de grafito de al menos 12567 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 40 mm, o una sección transversal de grafito de al menos 1963 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 50 mm, o un área de sección transversal de grafito de al menos 2827 mm<sup>2</sup>, correspondiente a un cilindro macizo de grafito que tiene un diámetro de al menos 60 mm.

[0008] El receptor de rayos puede estar dispuesto en el borde de salida y/o en el borde de ataque y/o en el lado de presión y/o en el lado de succión y/o en ambos lados de la pala y/o en el vértice de la punta.

[0009] De acuerdo con un modo de realización, una capa de grafito está dispuesta sobre un núcleo de un material eléctricamente conductor, tal como un núcleo de metal tal como cobre o aluminio.

[0010] De acuerdo con un modo de realización actualmente preferente, todo el receptor está formado de grafito.

[0011] Además, de acuerdo con la invención, el receptor se extiende transversalmente a la pala desde el lado de succión hasta el lado de presión a través o hacia las respectivas aberturas en los respectivos lados, y las caras de extremo opuestas del receptor están esencialmente a ras con la superficie exterior de los respectivos lados o se extienden más allá de la superficie exterior de la pala.

[0012] De este modo se obtiene de forma ventajosa que la pala esté óptimamente protegida contra caídas de rayos dañinos.

[0013] De acuerdo con un modo de realización, el receptor tiene una superficie exterior cilíndrica que comprende una primera sección superior y una segunda sección inferior que tiene una superficie exterior cilíndrica circular, teniendo la primera sección superior y la segunda inferior el mismo diámetro exterior.

[0014] De acuerdo con otro modo de realización, el receptor tiene una superficie exterior cilíndrica que comprende una primera sección superior y una segunda sección inferior que tiene una superficie exterior cilíndrica circular, teniendo la segunda superficie inferior un diámetro más pequeño que el primer diámetro superior, proporcionándose un hombro entre la primera sección superior y la segunda inferior.

[0015] De acuerdo con un modo de realización adicional, la segunda sección inferior está provista de una rosca exterior.

[0016] Adicionalmente, de acuerdo con un modo de realización, el área de conexión entre el conductor y el receptor comprende un elemento, tal como un elemento anular de un material conductor eléctrico, tal como cobre, que tiene una superficie cilíndrica interior configurada para acoplarse por la superficie exterior del receptor, tal como la segunda superficie inferior del mismo.

[0017] Además, de acuerdo con un modo de realización, el conductor está provisto de hilos y/o alambres conductores que se extienden hacia afuera desde la superficie exterior del receptor y que están anclados en una cavidad del receptor por medio de un material conductor o cemento, tal como un cemento denominado cemento en polvo de Cu, y los hilos y/o alambres que se extienden hacia afuera están conectados al conductor en el área de conexión.

[0018] Adicionalmente, de acuerdo con un modo de realización, el área de conexión entre el conductor y el receptor está aislada por un material aislante, tal como un material plástico aislante como PUR o epoxi.

[0019] De acuerdo con otro modo de realización, un mamparo ("bulkhead") está conectado de manera sellada al cuerpo de concha en el área de punta del mismo y el receptor está dispuesto entre el mamparo y el vértice de la punta, estando rellena opcionalmente la cavidad entre el mamparo y el vértice de la punta con un material plástico, tal como epoxi o una espuma de material plástico, tal como una espuma epoxi.

[0020] De acuerdo con un modo de realización adicional, el receptor está en el área de conexión entre el receptor y el conductor provisto de un medio de conexión configurado para conectarse de forma liberable a un medio de conexión correspondiente proporcionado en, sobre o dentro del conductor para proporcionar una conexión liberable entre el receptor y el conductor permitiendo el reemplazo del receptor.

[0021] La conexión liberable anterior entre el receptor y el conductor es, de acuerdo con otro modo de realización, una conexión roscada que comprende una rosca interior y una exterior, siendo el medio de conexión del receptor la rosca exterior y siendo el medio de conexión del conductor la rosca interior o viceversa.

[0022] De acuerdo con un modo de realización donde el receptor de rayos se proyecta hacia afuera desde la superficie exterior de la pala, la superficie exterior del receptor que mira hacia la dirección de rotación de la pala está formada por un material protector resistente al desgaste en la superficie, tal como alúmina, para proteger la parte de grafito del receptor de someterse a un desgaste excesivo durante el funcionamiento de la pala.

[0023] Además, de acuerdo con un modo de realización, al menos un orificio de drenaje está dispuesto en o cerca de la punta de la pala y, opcionalmente, un desviador que se extiende sustancialmente entre la localización del orificio de drenaje y la localización del receptor de rayos está posicionado en la superficie de la pala.

[0024] En las reivindicaciones dependientes se definen modos de realización de ejemplo de la pala de turbina eólica de acuerdo con la presente invención.

#### **Breve descripción de los dibujos**

[0025] La invención se expone con mayor detalle a continuación por medio de modos de realización que se muestran en los dibujos, en los que

La fig. 1a es una vista esquemática de una pala, vista hacia el borde de salida de la pala,

La fig. 1b es una vista superior de la misma pala,

La fig. 1c muestra un detalle ampliado de la pala mostrada en la fig. 1b,

La fig. 2a es una vista en sección esquemática a lo largo de la línea IIb-IIb en la fig. 2b de una parte de una pala de acuerdo con otro modo de realización de la invención,

La fig. 2b es una vista parcialmente en sección de la misma pala a lo largo de la línea IIa-IIa en la fig. 2a,

La fig. 3 es una vista superior esquemática parcialmente en sección de una parte de una pala de acuerdo con otro ejemplo, y

La fig. 4a es una vista en sección diagramáticamente longitudinal a través de la punta de una pala de acuerdo con un primer modo de realización de la invención.

La fig. 4b es una vista parcialmente en sección diagramáticamente longitudinal a través de la punta de una pala, esencialmente perpendicular a la vista en la fig. 4a

La fig. 5a es una vista en sección diagramáticamente longitudinal a través de la punta de una pala de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

La fig. 5b es una vista parcialmente en sección diagramática longitudinal a través de la punta de una pala, esencialmente perpendicular a la vista en la fig. 5a

La fig. 6 es una vista en sección diagramáticamente longitudinal a través de la punta de una pala de acuerdo con otro ejemplo.

La fig. 7a es una vista en sección diagramáticamente longitudinal a lo largo de la línea A-A en la fig. 7b a través de la punta de una pala de acuerdo con un tercer modo de realización.

La fig. 7b es una vista en sección diagramáticamente longitudinal a lo largo de la línea B-B en la fig. 7a,

La fig. 8 es una vista diagramáticamente en sección a través de la punta de una pala de acuerdo con otro ejemplo.

#### Descripción detallada

**[0026]** Preferentemente, la invención se refiere a turbinas eólicas del tipo conocido en la industria como turbinas eólicas de acuerdo con el concepto danés. Típicamente, una turbina eólica de este tipo consiste en una torre, una góndola con engranaje y generador y un rotor que consiste en un buje y tres palas, donde el eje de rotor es sustancialmente horizontal. Cada pala comprende un borde de ataque y un borde de salida, y un lado de presión y un lado de succión.

**[0027]** Los sistemas de protección contra rayos existentes para palas en una turbina eólica de acuerdo con el concepto danés usan a menudo una construcción donde un denominado receptor de rayos fabricado de material eléctricamente conductor se proporciona en la punta de la pala. Este es también el caso de la pala de acuerdo con la presente invención con sistema de protección contra rayos. El receptor de rayos puede "captar" una caída de rayo y conducir la corriente a través de un conductor de rayos, extendiéndose dicho conductor de rayos en la dirección longitudinal de la pala y estando puesto a tierra por medio del buje.

**[0028]** La fig. 1 muestra un primer ejemplo donde un receptor de rayos 3 está posicionado en el extremo de punta de la pala 1, siendo dicho receptor de rayos preferentemente, pero no necesariamente, predominantemente ovalado o formado como una denominada varilla de Franklin. El receptor de rayos 3 está conectado a un conductor de rayos 2 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 1 desde el receptor de rayos 3 en la punta de la pala 1 hasta el área de raíz de la pala 1 en el buje de rotor. Preferentemente, la porción de conductor de rayos está conectada eléctricamente al buje, y la corriente de rayo del rayo que cae en el receptor de rayos 3 se puede, por tanto, conducir a tierra por medio del conductor de rayos 2 y el buje, estando dicho buje puesto a tierra por medio de un segundo conductor de rayos (no mostrado) conectado a una pica de tierra ("earth rod") por medio de, por ejemplo, la torre y la góndola. Además, se puede proporcionar uno o más descargadores de chispas entre el conductor de rayos 2 y el buje o entre el conductor de rayos 2 y la torre. Los conductor de rayos y la pica de tierra pueden ser conductores de cobre o se pueden fabricar de cualquier otro material eléctricamente conductor.

**[0029]** El conductor de rayos 2 está aislado sustancialmente en toda su dirección longitudinal desde el área de raíz de la pala 1 hasta el área de conexión entre el conductor de rayos 2 y el receptor de rayos 3. La pala 1 está

compuesta de un cuerpo de concha preferentemente fabricado de polímero reforzado con fibra, de modo que la pala 1 comprende una concha laminada 6 y una cavidad 9 en el interior de la pala 1, respectivamente. El conductor de rayos 2 y el receptor de rayos 3 están conectados, por ejemplo, por medio de una conexión roscada donde el receptor de rayos 3 está provisto preferentemente de una rosca interior. Sin embargo, también es concebible proporcionar un modo de realización donde el receptor 3 esté provisto de una pieza de conexión que tiene una rosca exterior, estando roscada dicha pieza de conexión conjuntamente con una rosca interior del conductor de rayos 2.

**[0030]** Una primera parte 3a del receptor de rayos se extiende hacia afuera desde la superficie exterior de la pala y es libremente accesible. En el presente ejemplo, todo el receptor 3 está fabricado de grafito, con lo que toda la superficie exterior libremente accesible del receptor 3 está formada de grafito. Sin embargo, una segunda parte 3b del receptor 3 que no sea libremente accesible se podría fabricar de un material eléctricamente conductor tal como un metal eléctricamente conductor y estar conectada a la primera parte 3a del receptor 3 fabricada de grafito. Adicionalmente, la parte metálica 3b del conductor se podría extender hacia la parte de grafito 3a del conductor como un núcleo que soporta la parte de grafito 3a del conductor 3. Otras porciones no accesibles libremente de la parte de carbono 3a del receptor 3 podrían ser metales formados electrolítica o químicamente. Como se muestra en la fig. 1c, la primera parte exterior libremente accesible 3a del receptor 3 está conectada a la segunda parte 3b por medio de una conexión liberable, tal como una conexión roscada.

**[0031]** Por tanto, es fácil cambiar la porción del receptor 3 que sobresale desde la superficie de la pala 1, si dicha porción está desgastada o dañada después de una caída de rayo.

**[0032]** Cabe destacar que en lugar de en el borde de salida 11, el receptor 3 o un receptor de un diseño diferente que comprenda una superficie exterior fabricada de grafito se podría proporcionar en el borde de ataque 12, el lado de presión 14, el lado de succión 13 o en ambos lados o en el vértice de la punta de la pala.

**[0033]** El conductor de rayos 2 mostrado en el presente documento incluye un primer aislamiento en forma de lecho o aislamiento de cubierta. Adicionalmente, el área de conexión entre el receptor 3 y el conductor de rayos 2 está aislada eléctricamente por medio de otro aislamiento 5 en forma de un manguito retráctil ("shrink sleeve"). El manguito retráctil 5 se extiende una corta distancia hacia el aislamiento de lecho del conductor de rayos 2 y una corta distancia hacia el receptor 3. Por tanto, el conductor de rayos 2 está completamente aislado hasta el receptor 3.

**[0034]** Además, la pala 1 está provista de un orificio de drenaje 4 que también pasa a través del laminado 6 y que está posicionado en el borde de salida de la pala 1. El orificio de drenaje 4 está conectado a la cavidad 9, comunicándose, por tanto, esta última con el entorno. De esta manera se evita la acumulación de agua en el interior de la pala 1, puesto que el agua se vacía de la pala 1 por medio del orificio de drenaje 4 por fuerzas centrífugas durante la rotación del rotor. Simultáneamente, la pala 1 puede estar provista de un filtro 7 para recoger el polvo y otras suciedades que puedan estar presentes en el interior de la pala 1, de modo que no se arrojen hacia el orificio de drenaje 4 y lo bloqueen. Preferentemente, el filtro 7 está posicionado a lo largo de toda la sección transversal de la cavidad 9. Posicionando el receptor 3 y el orificio de drenaje 4 en el borde de salida de la pala 1, se reduce el ruido que surge de la rotación del rotor.

**[0035]** Adicionalmente, la superficie de la pala 1 está provista de un desviador ("diverter") 8 que se extiende desde un área contigua al receptor 3 en el borde de salida de la pala 1 hasta un área en el borde de ataque de la pala 1. Este desviador garantiza que el rayo que cae sobre el borde de ataque de la pala 1, mientras la pala 1 está en una posición sustancialmente horizontal, donde el receptor 3 mira hacia abajo, se conduzca al receptor 3 y por medio de este último al receptor de rayos 2. El desviador 8 puede ser una banda continua de material eléctricamente conductor, pero también puede estar segmentado, donde se forman colectores de aire ionizado entre los segmentos individuales tras una caída de rayo, conduciéndose, de este modo, la corriente de rayo a lo largo del desviador 8 en su dirección longitudinal.

**[0036]** La fig. 2 muestra un segundo ejemplo de una pala 101. La pala 101 de acuerdo con este modo de realización tiene una punta 105 formada como un cuerpo macizo de, por ejemplo, poliuretano, PVC o polímero reforzado con fibra. El resto de la pala 101 está fabricado de un cuerpo de concha que tiene una concha laminada 106. Como en el modo de realización mostrado en la fig. 1, el sistema de protección contra rayos de la pala incluye un conductor de rayos 102 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 101 desde el extremo de raíz en el buje de rotor y hasta el extremo de punta. El conductor de rayos 102 se guía fuera de la cavidad de la pala 101 y hacia un orificio creado en la punta 105 y que coincide con el conductor de rayos 102. El conductor de rayos se puede pegar a este orificio. El conductor de rayos está conectado a un receptor de rayos 103 sustancialmente ovalado ("egg-shaped"). El receptor de rayos 103 está posicionado en la superficie de la punta 105 de modo que una pequeña porción del mismo sobresale desde la superficie. Al menos la superficie exterior que sobresale hacia afuera del receptor que es libremente accesible está formada de grafito. La posición y la forma del receptor 103 están adaptadas para coincidir con las propiedades aerodinámicas deseadas de la punta 105 de la pala 101, mientras que tiene simultáneamente una gran superficie exterior de grafito. En el ejemplo, la punta 105 es una punta maciza de grafito. Sin embargo, como se describe anteriormente, también podría comprender

dos partes, una primera parte fácilmente accesible que comprende una superficie exterior fabricada de grafito y una segunda parte no accesible que comprende metal.

**[0037]** Como en el ejemplo mostrado en la fig. 1, el conductor de rayos 102 y el receptor 103 están conectados preferentemente por medio de una conexión roscada, donde el área de conexión entre el conductor de rayos 102 y el receptor 103 puede estar eléctricamente aislada por medio de un aislamiento adicional en forma de, por ejemplo, un manguito retráctil o una capa de silicona. Sin embargo, la punta 105 puede ser suficiente para proporcionar el aislamiento eléctrico deseado. El conductor de rayos 102 comprende típicamente un núcleo interior o conductor interior y una cubierta aislante exterior y opcionalmente una capa semiconductor intermedia.

**[0038]** La punta 105 está provista de una cavidad 109 que está conectada a dos orificios de drenaje 104 de modo que la cavidad se puede comunicar con el entorno por medio de los orificios. Cuando el rotor gira, el agua que se ha acumulado posiblemente en el interior de la pala 101, por tanto, se guía a la cavidad 109 de la punta 105 y desde allí a través de los orificios de drenaje 104 debido a las fuerzas centrífugas. Preferentemente, la punta 105 está provista adicionalmente de un desviador que se extiende entre un área contigua a los orificios de drenaje 104 y un área contigua al receptor 103 en la superficie de la punta 105. Cualquier rayo que caiga sobre los orificios de drenaje 104 se conduce, por tanto, por medio del desviador al receptor 103 y por medio de este último al conductor de rayos 102 y finalmente a tierra por medio del buje, la torre o similares. La punta 105 está sujeta al resto de la pala 101 por medio de una junta adhesiva 108. La fig. 3 muestra un tercer ejemplo de una pala 201. La pala 201 de acuerdo con este ejemplo tiene una punta 205 formada como un cuerpo sustancialmente macizo de, por ejemplo, poliuretano, PVC o polímero reforzado con fibra como en el ejemplo mostrado en la fig. 2. El resto de la pala 201 está fabricado de un cuerpo de concha que tiene una concha laminada 206. Como en los modos de realización mostrados en la fig. 1 y la fig. 2, el sistema de protección contra rayos de la pala 201 incluye un conductor de rayos 202 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 201 desde el extremo de raíz en el buje de rotor y hasta el extremo de punta. El conductor de rayos 202 se guía fuera de la cavidad de la pala 201 y hacia un orificio creado en la punta 205 y que se adapta a la forma del conductor de rayos 202.

**[0039]** El conductor de rayos 202 está conectado a un receptor de rayos 203 que tiene una forma redondeada y está posicionado en el vértice de la punta 205. El receptor de rayos 203 es un cuerpo macizo fabricado de grafito y está configurado para proporcionar una transición sustancialmente suave entre la punta 205 y el receptor 203 y de modo que tenga las propiedades aerodinámicas deseadas de la punta 201. En otras palabras, el receptor 203 de acuerdo con este ejemplo es parte de la punta de la pala 201.

**[0040]** Como en los ejemplos mostrados en la fig. 1 y la fig. 2, el conductor de rayos 202 y el receptor 203 están conectados por medio de una conexión roscada 211. Además, el conductor de rayos está anclado a la punta 205 por medio de dos varillas ("rods") de plástico 210 con rosca exterior y dos orificios roscados en el receptor 203. El área de conexión entre el conductor de rayos 202 y el receptor 203 está aislada eléctricamente por medio de un aislamiento adicional en forma de, por ejemplo, un material retráctil o una capa de silicona. Sin embargo, la punta maciza 205 puede ser suficiente para proporcionar el aislamiento eléctrico deseado.

**[0041]** El receptor 203 puede estar provisto en su borde de ataque, es decir, la porción del receptor que mira en la dirección de rotación de la pala durante el funcionamiento de la misma, de una capa de material resistente al desgaste no mostrada para evitar un desgaste excesivo del receptor.

**[0042]** La fig. 4 muestra un primer modo de realización de una pala 301 de acuerdo con la invención. La pala 301 comprende una concha laminada 306 y, como se describe en relación con de la fig. 1 a la fig. 3, un sistema de protección contra rayos que incluye un conductor de rayos 302 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 301 desde la raíz y hasta la punta 305 de la pala. El conductor de rayos 302 se extiende a través del mamparo 318 conectado de manera sellada a la concha de la pala y está conectado en la punta 305 a un receptor 303, que es un cuerpo macizo de grafito, por medio de un dispositivo de conexión 317. El receptor 303 se extiende transversalmente a la pala desde el lado de succión 313 hasta el lado de presión 314 y las porciones de extremo opuestas del mismo se extienden hacia afuera desde la superficie exterior del lado de succión y el lado de presión de la pala, respectivamente. Las porciones de extremo opuestas 315, 316 que se extienden hacia afuera pueden tener caras de extremo redondeadas como se muestra por líneas de puntos. El receptor 302 es un cuerpo cilíndrico que tiene una primera sección cilíndrica o superior 331 y una segunda sección cilíndrica o inferior 332. En el modo de realización mostrado, la segunda o sección inferior tiene un diámetro más pequeño que la segunda o sección superior, con lo que está formado un hombro 333 entre la sección superior e inferior. La superficie exterior de la segunda o sección inferior 332 está formada por una rosca exterior 334. Sin embargo, cabe destacar que la segunda o sección inferior podría tener el mismo diámetro exterior que el primer o diámetro superior y estar formada por una rosca exterior. El dispositivo de conexión 317 comprende un elemento anular 344 de un material conductor, tal como cobre o una aleación de cobre, y que está provisto de una rosca interior 336 correspondiente a la rosca exterior 334 del receptor 303. La rosca exterior del receptor se acopla a la rosca interior del elemento anular, proporcionando de este modo una conexión liberable entre el conductor y el receptor y permitiendo el reemplazo de un receptor dañado. Un primer extremo 337 de un conector de cable 335 está provisto de una rosca exterior que está en acoplamiento con una rosca interior 339 en un orificio 340 en la

5 cara periférica del elemento anular 335. Un segundo extremo opuesto 338 del conector de cable 335 está conectado con el extremo exterior del núcleo 341 del conductor 302. Las superficies exteriores del área de conexión entre el conductor y el receptor están cubiertas por un aislamiento plástico 345 de, por ejemplo, un aislamiento de PUR. De forma alternativa, o además del PUR aislante que cubre el área de conexión entre el conductor y el receptor, la cavidad entre el mamparo 318 y el vértice de la punta se podría rellenar con un material plástico 3019, tal como epoxi o una espuma plástica tal como una espuma epoxi, para aislar el área de conexión entre el conductor y el receptor. El material plástico también puede evitar que entre agua en la cavidad. El dispositivo de conexión y el receptor están pegados a la superficie interior de la concha laminada 306 por una junta adhesiva 308. Las porciones del receptor 303 que no son libremente accesibles se pueden fabricar de metal, mientras que la superficie exterior del receptor que es libremente accesible está formada por grafito.

10 **[0043]** La fig. 5 divulga un segundo modo de realización de una pala 401 de acuerdo con la invención. La pala 401 comprende una concha laminada 406 formada por dos medias conchas conectadas mutuamente y, como se describe en relación con los modos de realización descritos previamente, un sistema de protección contra rayos que incluye un conductor de rayos 402 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 401 desde la raíz y hasta la punta 405 de la pala. El conductor de rayos se extiende a través del mamparo 418, preferentemente fabricado de un material plástico tal como un material de espuma, en la punta 405 y está en el lado distal del mamparo conectado a un receptor 403, que es un cuerpo macizo de grafito. El receptor 403 es un cuerpo cilíndrico y está provisto de hilos y/o alambres conductores 442 que se extienden hacia afuera desde la superficie cilíndrica exterior del receptor 403 y que están anclados en una cavidad 443 del receptor por medio de un material conductor o cemento 420, tal como como el denominado cemento en polvo de Cu. Los hilos y/o alambres 442 que se extienden hacia afuera están conectados al conductor en el área de conexión, estando conectados los hilos o alambres que se extienden hacia afuera a un primer extremo de un conector de cable 435 y estando conectado el segundo extremo opuesto del conector de cable 435 al extremo libre exterior del núcleo conductor 441. El receptor se extiende transversalmente a la pala desde el lado de succión 413 hasta el lado de presión 414 y las porciones de extremo opuestas 415, 416 del mismo se extienden hacia afuera desde la superficie exterior del lado de succión y el lado de presión de la pala, respectivamente.

20 **[0044]** Una cavidad formada entre el mamparo y el vértice de la pala se rellena con un material plástico 419, tal como epoxi, o una espuma plástica, tal como una espuma epoxi, para aislar el conductor y los hilos y alambres del mismo y mantener las diferentes partes en su lugar. La espuma también puede evitar que entre agua en la cavidad.

25 **[0045]** Las porciones del receptor 403 que no son libremente accesibles se pueden fabricar de metal, mientras que la superficie exterior del receptor que es libremente accesible está formada por grafito.

30 **[0046]** La fig. 6 divulga otro ejemplo de una pala. La pala 501 comprende una concha laminada 506 que tiene un lado de succión 513 y un lado de presión 514 y que está formada por dos medias conchas conectadas mutuamente y, como se describe en relación con los modos de realización descritos previamente, un sistema de protección contra rayos que incluye un conductor de rayos 502 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 501 desde la raíz y hasta la punta 505 de la pala. El conductor de rayos 502 se extiende a través de un mamparo 518, preferentemente fabricado de un material plástico tal como un material de espuma, en la punta 505 y está en el lado distal del mamparo conectado a una placa conductora 521, tal como una placa de metal. La concha laminada comprende en la punta hebras de carbono 523, preferentemente hebras de carbono biaxiales, y hebras de malla metálica 524, tales como hebras de malla de Cu. Las hebras de malla de Cu/de carbono biaxiales están conectadas a la placa 521 por medio de varillas conductoras eléctricas 522, tales como pernos metálicos con cabezas avellanadas, estando conectado un extremo de dichas varillas a la placa 521 y extendiéndose el extremo opuesto hasta la superficie exterior de la punta en el lado de presión y el lado de succión de la punta de la pala. De este modo, la porción distal de la punta de la pala forma un receptor 503.

35 **[0047]** Una cavidad formada entre el mamparo y el vértice de la pala se rellena con un material plástico 519, preferentemente una espuma plástica, tal como una espuma epoxi, para aislar la placa y las varillas y para mantener las diferentes partes en su lugar. La espuma también puede evitar que entre agua en la cavidad.

40 **[0048]** La fig. 7 divulga un tercer modo de realización de una pala de acuerdo con la invención. La pala 601 comprende una concha laminada 606 formada por dos medias conchas conectadas mutuamente. La concha laminada 606 tiene un lado de succión 613 y un lado de presión 614 y un borde de ataque 612 y un borde de salida 611.

45 **[0049]** Como se describe en relación con los modos de realización descritos previamente, un sistema de protección contra rayos incluye un conductor de rayos 602 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 601 desde la raíz y hasta la punta 605 de la pala 601. En el extremo de punta, el conductor de rayos se extiende a través de un mamparo 618, preferentemente fabricado de un material plástico tal como un material de espuma y está en el lado distal del mamparo conectado a un receptor 603, que es un cuerpo macizo de grafito discoidal. Los hilos y/o alambres 631 del conductor están conectados en el extremo del mismo al receptor 603 extendiéndose hacia afuera entre el área de conexión entre las dos partes de concha en los extremos de punta de la misma. La cara de extremo del receptor está en el ejemplo mostrado al ras con la superficie exterior contigua

del extremo de punta de la pala. Sin embargo, en principio la cara de extremo del receptor también se puede extender hacia afuera de la superficie exterior de la pala.

5 **[0050]** Una cavidad formada entre el mamparo y el vértice de la pala se rellena con un material plástico 619, preferentemente una espuma plástica tal como una espuma epoxi, para aislar la placa y las varillas y mantener las diferentes partes en su lugar. La espuma también puede evitar que entre agua en la cavidad.

10 **[0051]** La fig. 8 divulga un ejemplo final de una pala. La pala 701 comprende una concha laminada 706 que se puede formar por dos medias conchas conectadas mutuamente y, como se describe en relación con los modos de realización descritos previamente, un sistema de protección contra rayos que incluye un conductor de rayos 702 que se extiende sustancialmente en toda la dirección longitudinal de la pala 701 desde la raíz y hasta la punta 705 de la pala. En la punta de la pala, el conductor de rayos está conectado a un receptor 703. En el presente ejemplo, el receptor 703 es un conector en forma de varilla dispuesto distalmente del vértice de la pala, es decir, externamente al vértice, y se extiende longitudinalmente esencialmente paralelo a las líneas de cuerda de la punta de la pala. El receptor 703 está fabricado de grafito, con un núcleo metálico interior en forma de varilla 730. Desde el núcleo metálico se extiende una parte de conexión 726 a través de la concha de pala en el vértice de la misma para conectarse al conductor 702. Adicionalmente, el núcleo metálico está conectado a la concha de la pala por medio de dos pernos 727 de un material no conductor, tal como un polímero reforzado con fibra de vidrio no conductor. La conexión entre el conductor y la parte de conexión 726 del núcleo metálico está aislada por medio de un manguito retráctil o un material retráctil 5. Además, las áreas donde la parte de conexión 726 y los pernos 727 se extienden entre el núcleo del receptor y la pala están sellados por medio de un sellador 728.

25 **[0052]** Finalmente, los extremos libres opuestos del receptor son redondeados y un extremo libre delantero está provisto de una capa resistente al desgaste 729, tal como una capa de alúmina para proteger el extremo delantero del receptor contra el desgaste excesivo.

#### Lista de referencias

30 **[0053]**

|                                         |                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1, 101, 201, 301, 401, 501, 601, 701    | pala                                    |
| 2, 102, 202, 302, 402, 502, 602, 702    | conductor de rayos                      |
| 35 3, 103, 203, 303, 403, 503, 603, 703 | receptor de rayos                       |
| 3a                                      | primera parte de receptor accesible     |
| 40 3b                                   | segunda parte de receptor no accesible  |
| 4, 104, 204                             | orificio de drenaje                     |
| 5                                       | manguito retráctil o material retráctil |
| 45 105, 205, 305, 405, 505, 605, 705    | punta                                   |
| 6, 106, 206, 306, 406, 506, 606, 706    | concha laminada                         |
| 50 7                                    | filtro                                  |
| 8                                       | desviador                               |
| 108, 208, 308                           | junta adhesiva                          |
| 55 9, 109, 209                          | cavidad                                 |
| 10                                      | conexión roscada                        |
| 60 11, 611, 711                         | borde de salida                         |
| 12, 612, 712                            | borde de ataque                         |
| 13, 313, 413, 513, 613                  | lado de succión                         |
| 65 14, 314, 414, 514, 614               | lado de presión                         |

## ES 2 983 811 T3

|    |                              |                                                           |
|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|    | 210                          | varilla de plástico                                       |
|    | 211                          | conexión roscada                                          |
| 5  | 212                          | orificio roscado                                          |
|    | 315, 316; 415, 416, 515, 516 | porciones de extremo opuestas                             |
| 10 | 317                          | dispositivo de conexión                                   |
|    | 318, 418, 518, 618           | mamparo                                                   |
|    | 319, 419, 519, 619           | material plástico                                         |
| 15 | 331                          | primera o sección superior 332 segunda o sección inferior |
|    | 333                          | hombro                                                    |
| 20 | 334                          | rosca exterior                                            |
|    | 335,435                      | conector de cable                                         |
|    | 336                          | rosca interior                                            |
| 25 | 337                          | primer extremo del conector de cable 335                  |
|    | 338                          | segundo extremo del conector de cable 335                 |
| 30 | 339                          | rosca interior en orificio 340                            |
|    | 340                          | orificio                                                  |
|    | 341,441                      | núcleo del conductor                                      |
| 35 | 344                          | elemento anular                                           |
|    | 345                          | aislamiento de plástico                                   |
| 40 | 420                          | cemento conductor                                         |
|    | 442                          | hilos y/o alambres conductores                            |
|    | 443                          | cavidad del receptor 403                                  |
| 45 | 521                          | placa metálica                                            |
|    | 522                          | varillas                                                  |
| 50 | 523                          | capa de carbono                                           |
|    | 524                          | capa de malla metálica                                    |
|    | 631                          | hilos y alambres                                          |
| 55 | 726                          | parte de conexión                                         |
|    | 727                          | pernos                                                    |
| 60 | 728                          | sellador                                                  |
|    | 729                          | material resistente al desgaste.                          |
|    | 730                          | núcleo metálico en forma de varilla                       |

# REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pala de turbina eólica que es un cuerpo de concha fabricado de un material compuesto y que tiene un extremo de raíz y un extremo de punta, una superficie exterior, un lado de presión y un lado de succión, un borde de salida y un borde de ataque y, adicionalmente, un sistema de protección contra rayos, comprendiendo el sistema de protección contra rayos:
  - 10 - al menos un receptor de rayos provisto de una superficie exterior dispuesta libremente accesible dentro, sobre o en la superficie exterior de la pala en el extremo de punta de la pala y
  - un conductor de rayos fabricado de material eléctricamente conductor que se extiende dentro del cuerpo de concha a lo largo de sustancialmente toda la dirección longitudinal de la pala, y en el que
  - 15 - el receptor de rayos y el conductor de rayos están conectados eléctricamente por medio de un área de conexiónen la que al menos una parte de la superficie exterior, opcionalmente la totalidad de la superficie exterior del receptor que es libremente accesible, está formada de carbono, tal como grafito, y en la que el receptor se extiende transversalmente a la pala desde el lado de succión hasta el lado de presión a través de o hacia respectivas aberturas en los respectivos lados, y las caras de extremo opuestas del receptor están esencialmente al ras con la superficie exterior de los respectivos lados o se extienden más allá de la superficie exterior de la pala.
- 20 2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que una capa de grafito está dispuesta sobre un núcleo de un material eléctricamente conductor tal como un núcleo de metal tal como cobre o aluminio.
- 25 3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que todo el receptor está formado de grafito.
- 30 4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el receptor tiene una superficie exterior cilíndrica que comprende una primera sección superior y una segunda sección inferior que tienen una superficie exterior cilíndrica circular, teniendo la primera sección superior y la segunda inferior el mismo diámetro exterior.
- 35 5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el receptor tiene una superficie exterior cilíndrica que comprende una primera sección superior y una segunda sección inferior que tienen una superficie exterior cilíndrica circular, teniendo la segunda superficie inferior un diámetro más pequeño que el primer diámetro superior, estando proporcionado un hombro entre la primera sección superior y la segunda inferior.
- 40 6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en la que la segunda sección inferior está provista de una rosca exterior.
- 45 7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4, 5 o 6, en la que el área de conexión entre el conductor y el receptor comprende un elemento, tal como un elemento anular de un material conductor eléctrico, tal como cobre, que tiene una superficie cilíndrica interior configurada para acoplarse por la superficie exterior del receptor, tal como la segunda superficie inferior del mismo.
- 50 8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el conductor está provisto de hilos y/o alambres conductores que se extienden hacia afuera desde la superficie exterior del receptor y que están anclados en una cavidad del receptor por medio de un material conductor o cemento, tal como un denominado cemento en polvo de Cu, y los hilos y/o alambres que se extienden hacia afuera están conectados al conductor en el área de conexión.
- 55 9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el área de conexión entre el conductor y el receptor está aislada por un material aislante, tal como un material plástico aislante como PUR o epoxi.
- 60 10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que un mamparo está conectado de manera sellada al cuerpo de concha en el área de punta del mismo y el receptor está dispuesto entre el mamparo y el vértice de la punta, estando rellena opcionalmente la cavidad entre el mamparo y el vértice de la punta con un material plástico, tal como epoxi o una espuma de material plástico, tal como una espuma epoxi.
- 65

11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que en el área de conexión entre el receptor y el conductor, el receptor está provisto de un medio de conexión configurado para ser liberable conectado a un medio de conexión correspondiente proporcionado en, sobre o dentro del conductor para proporcionar una conexión liberable entre el receptor y el conductor que permita el reemplazo del receptor.  
5
12. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 11, en la que la conexión liberable entre el receptor y el conductor es una conexión roscada que comprende una rosca interior y una exterior, siendo el medio de conexión del receptor la rosca exterior y siendo el medio de conexión del conductor la rosca interior o viceversa.  
10
13. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el receptor de rayos sobresale hacia afuera desde la superficie exterior de la pala, la superficie exterior del receptor que mira hacia la dirección de rotación de la pala está formada por un material protector resistente al desgaste en la superficie tal como alúmina para proteger la parte de carbono del receptor de someterse a un desgaste excesivo durante el funcionamiento de la pala.  
15
14. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que al menos un orificio de drenaje está dispuesto en o cerca de la punta de la pala y, opcionalmente, que un desviador que se extiende sustancialmente entre la localización del orificio de drenaje y la localización del receptor de rayos está posicionado en la superficie de la pala.  
20

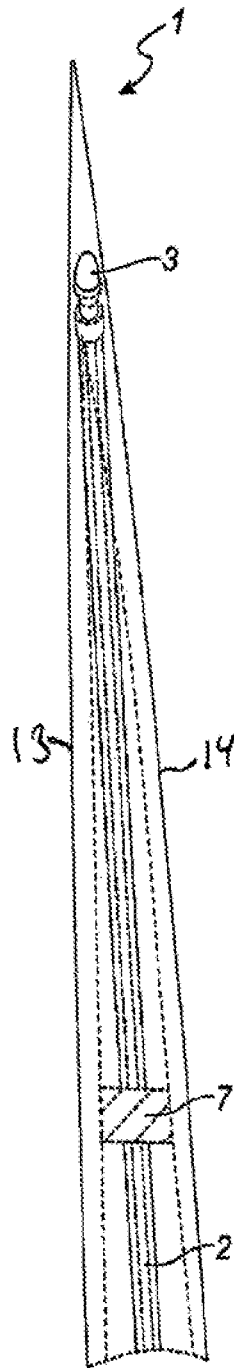


Fig. 1a

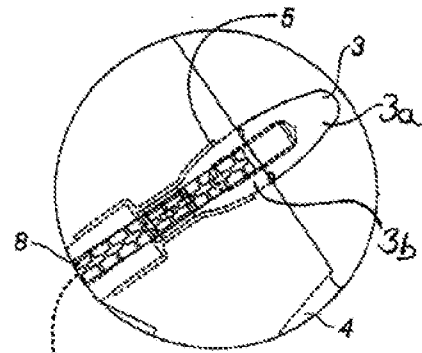


Fig. 1c

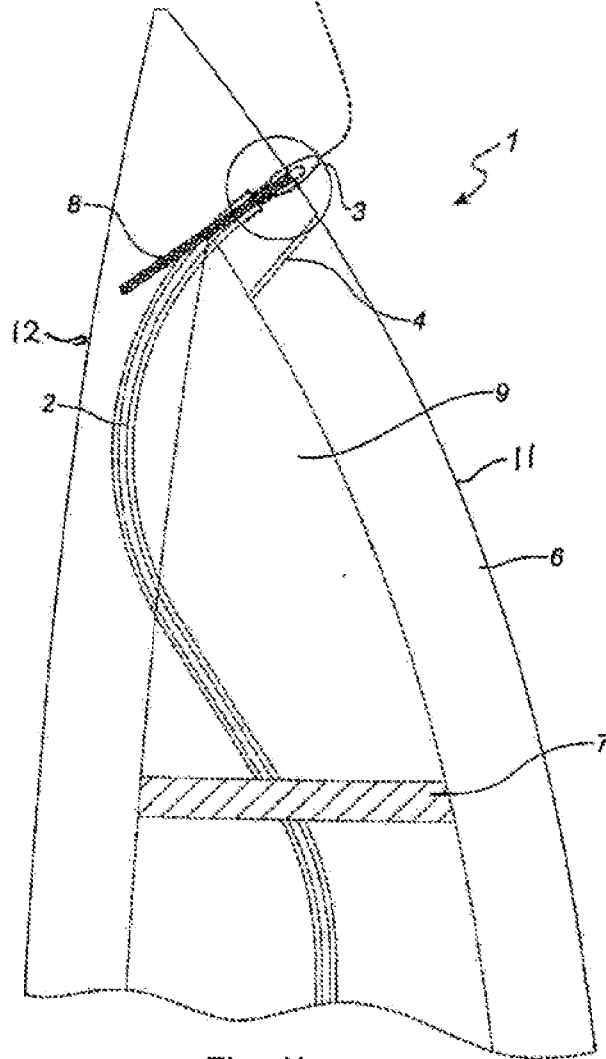
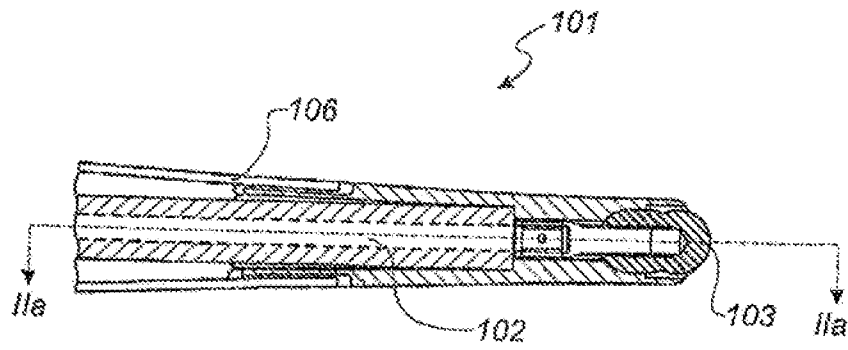
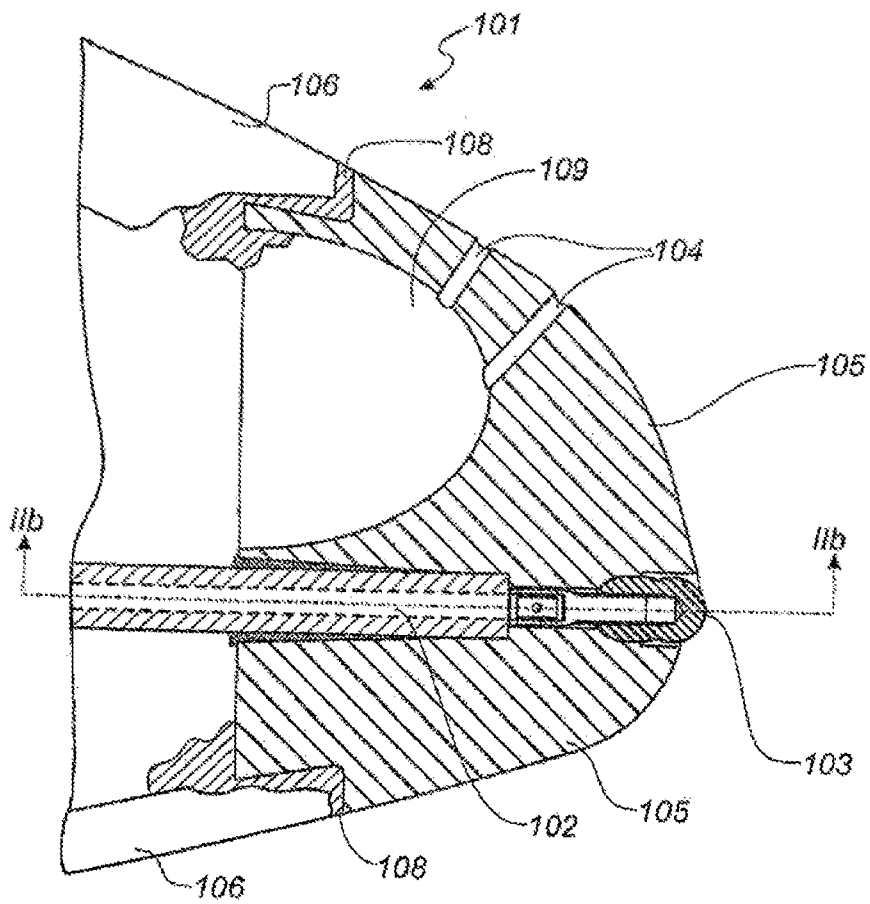


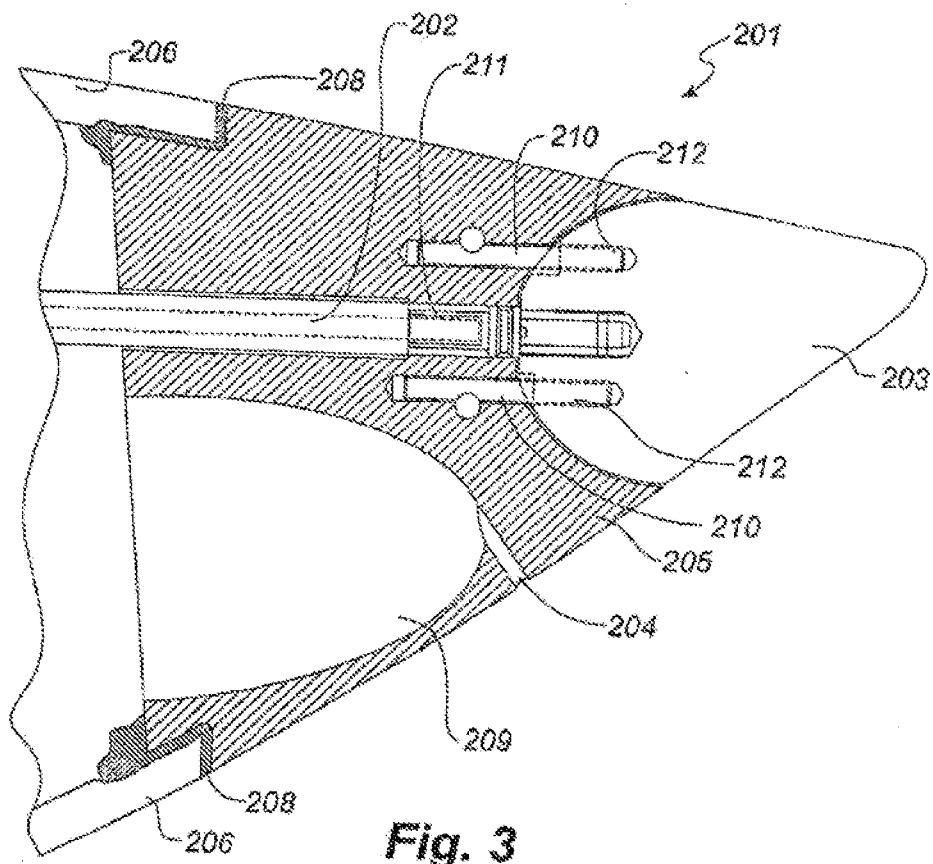
Fig. 1b



**Fig. 2a**



**Fig. 2b**



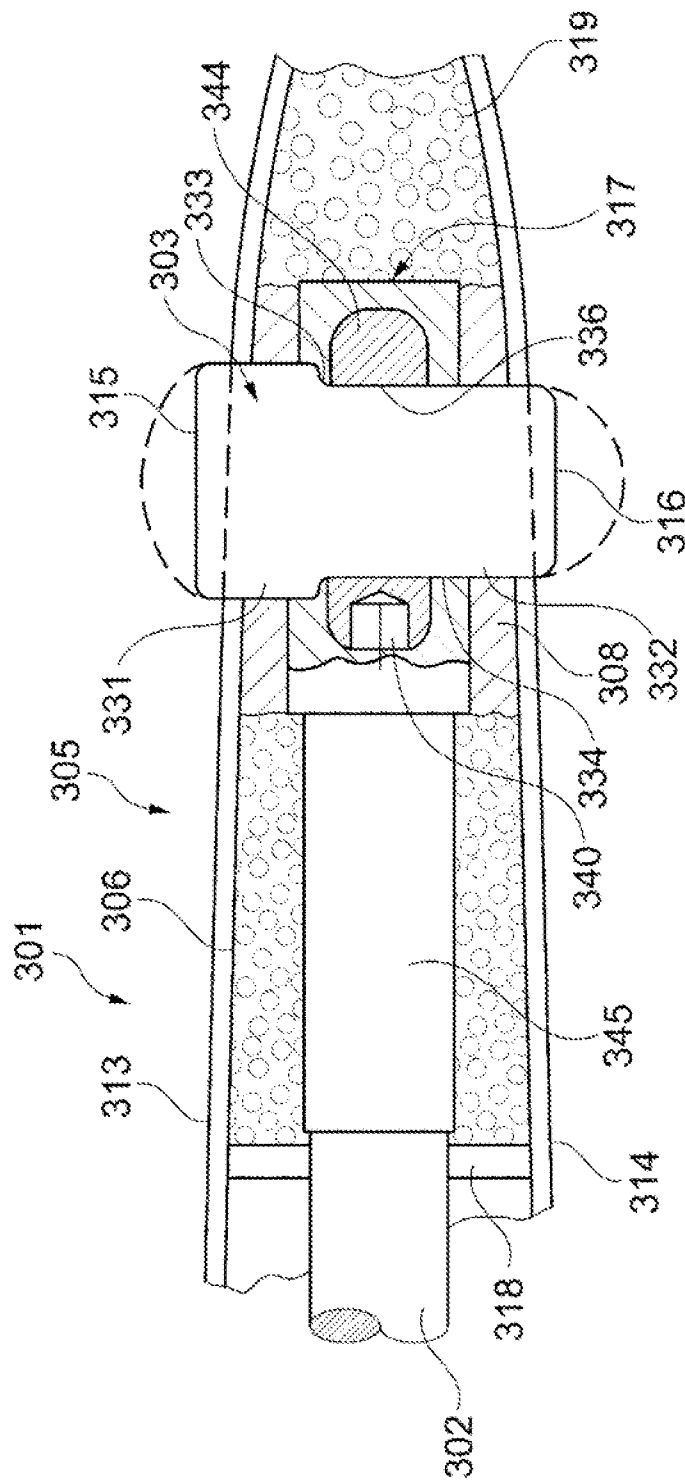


Fig. 4a

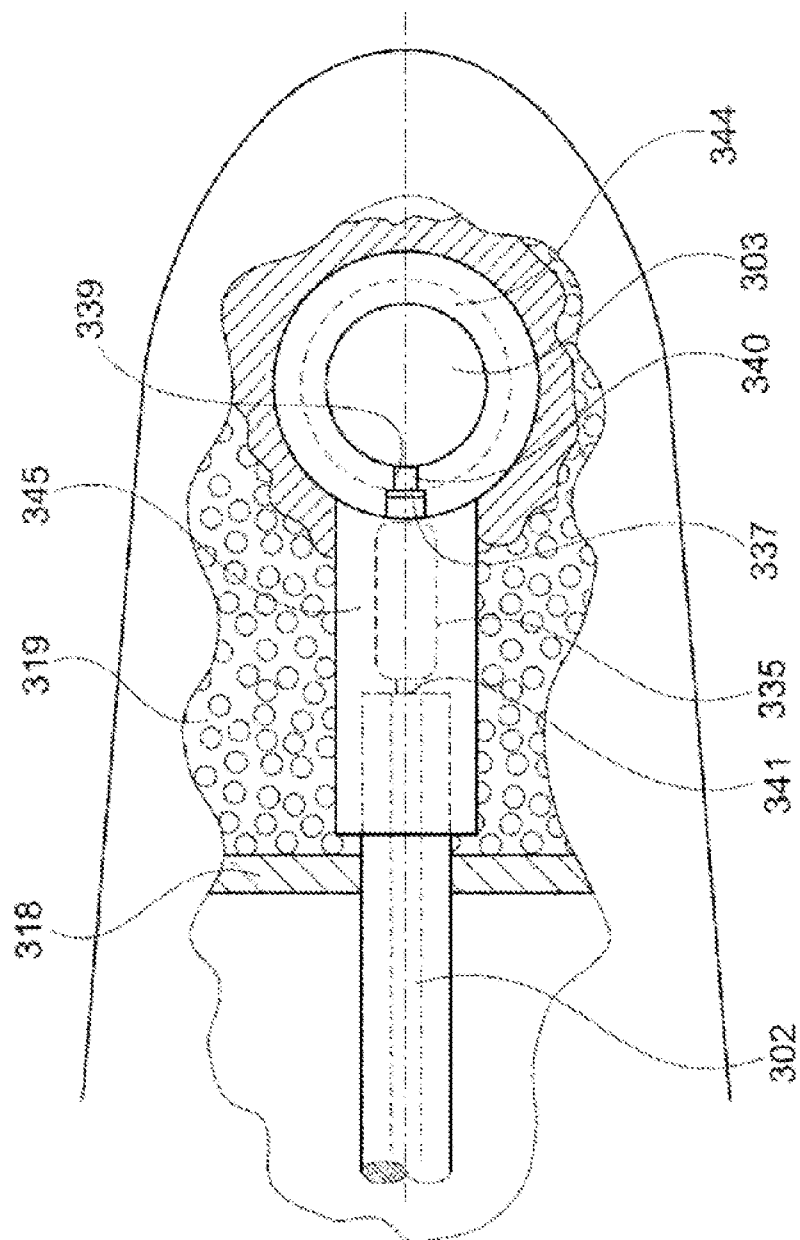


Fig. 4b

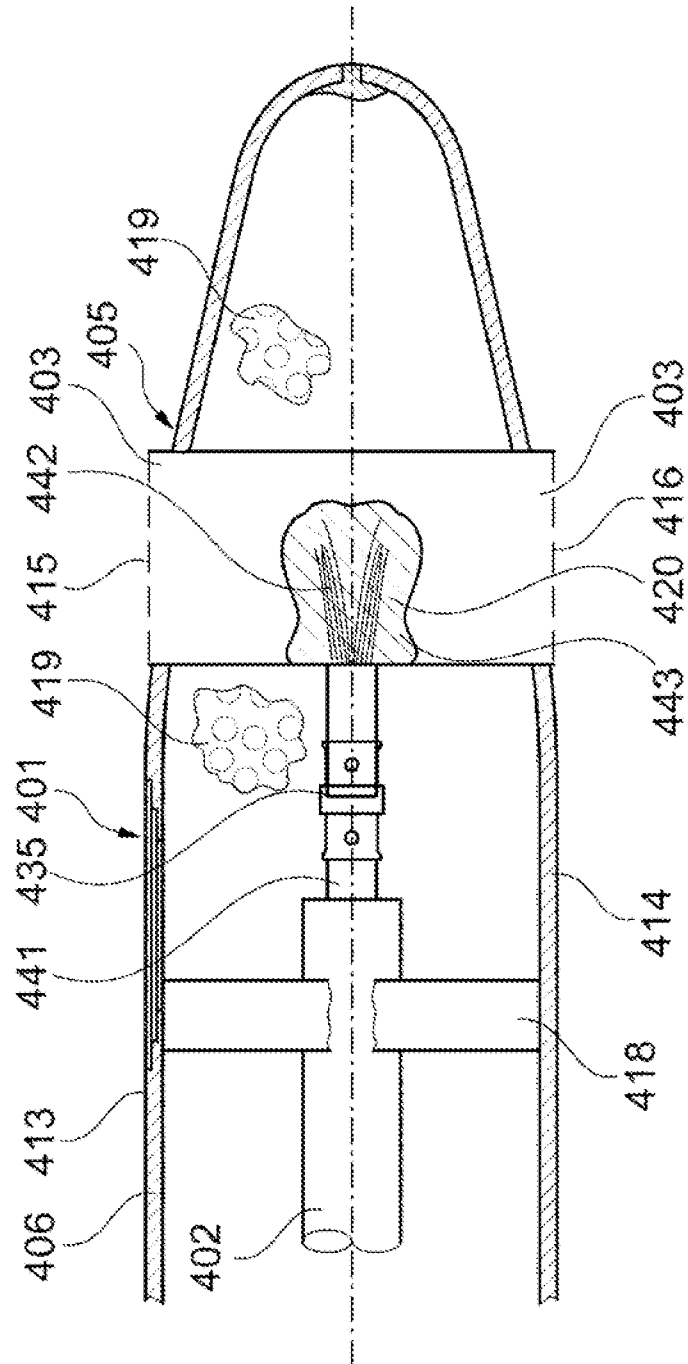


Fig. 5a

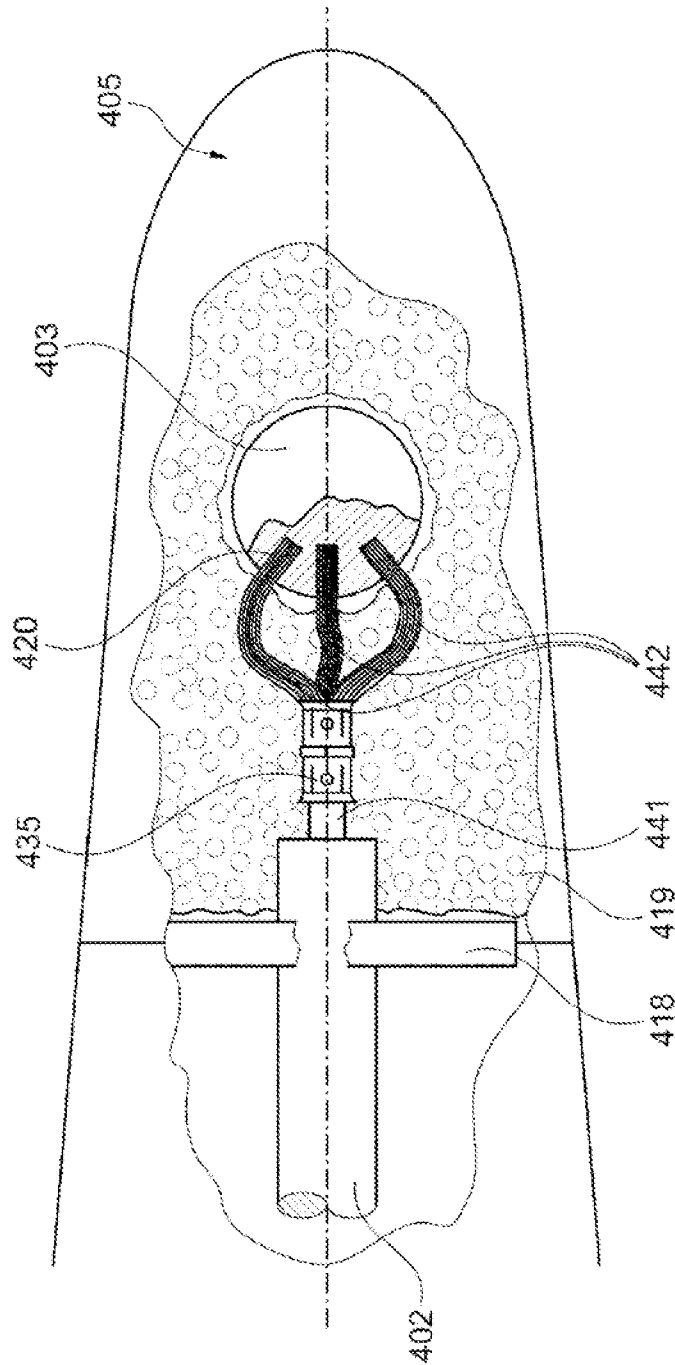


Fig. 5b

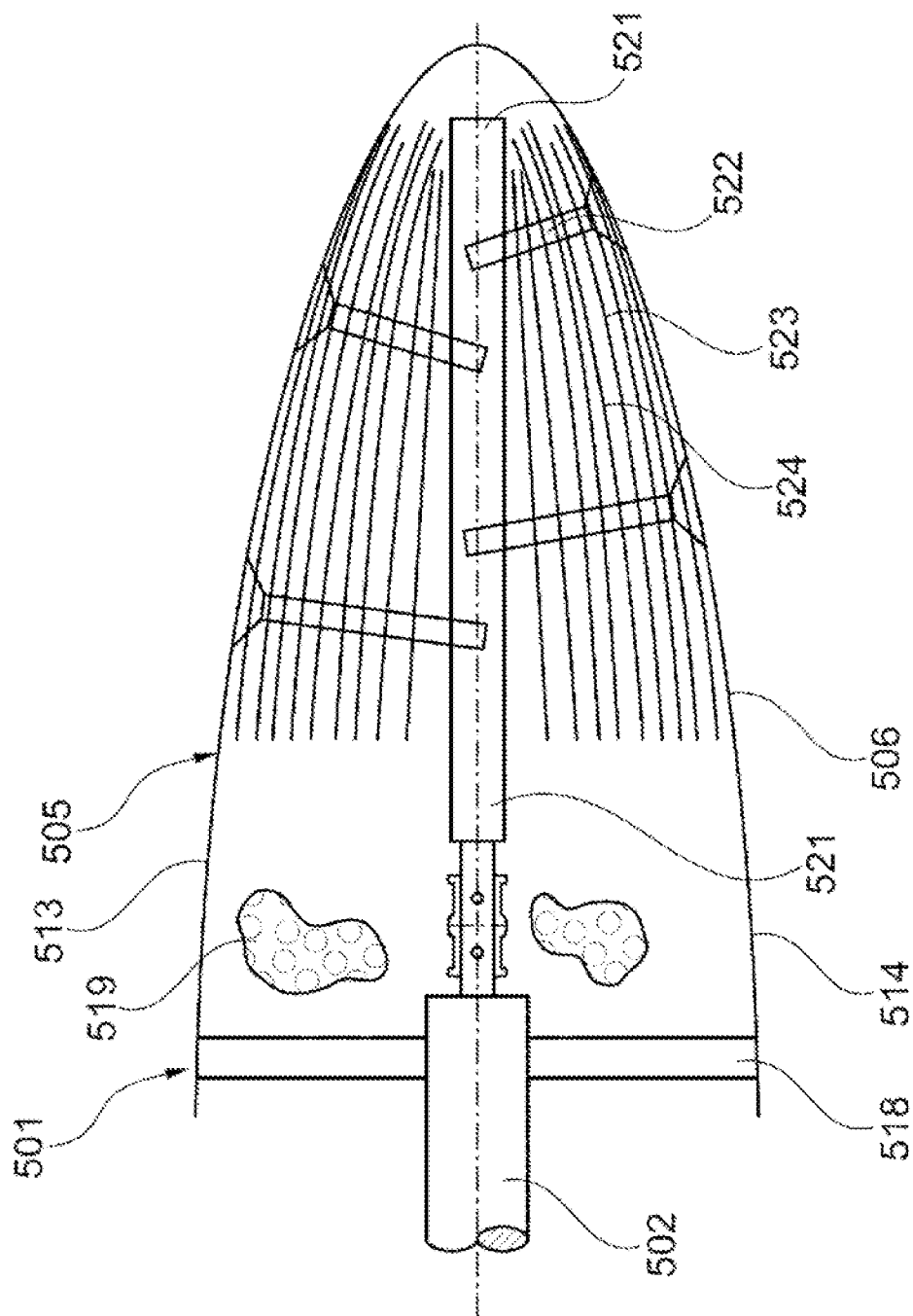


Fig. 6

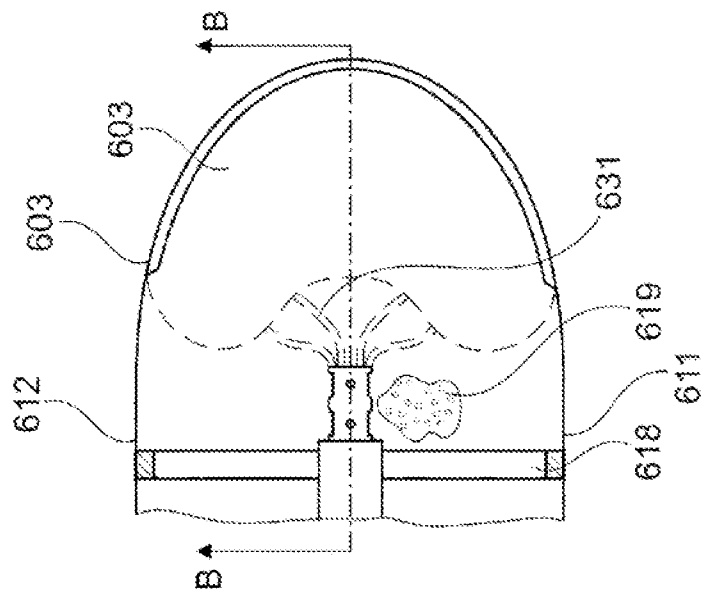


Fig. 7a

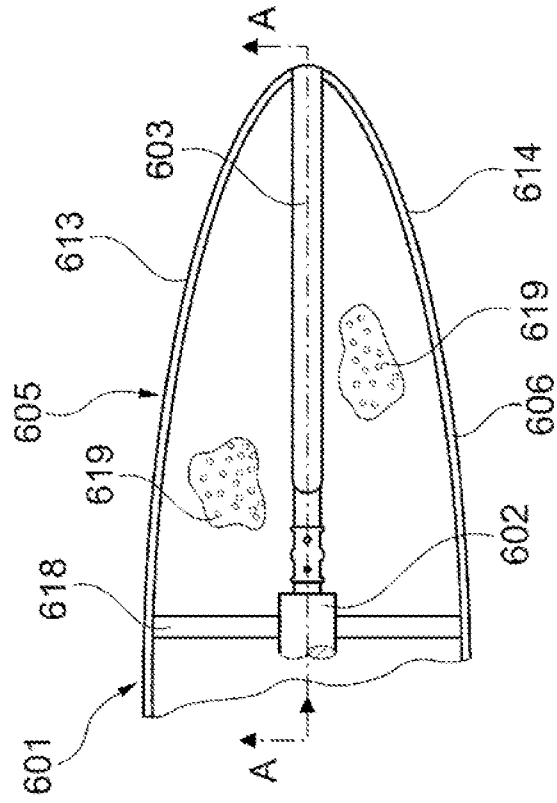


Fig. 7b

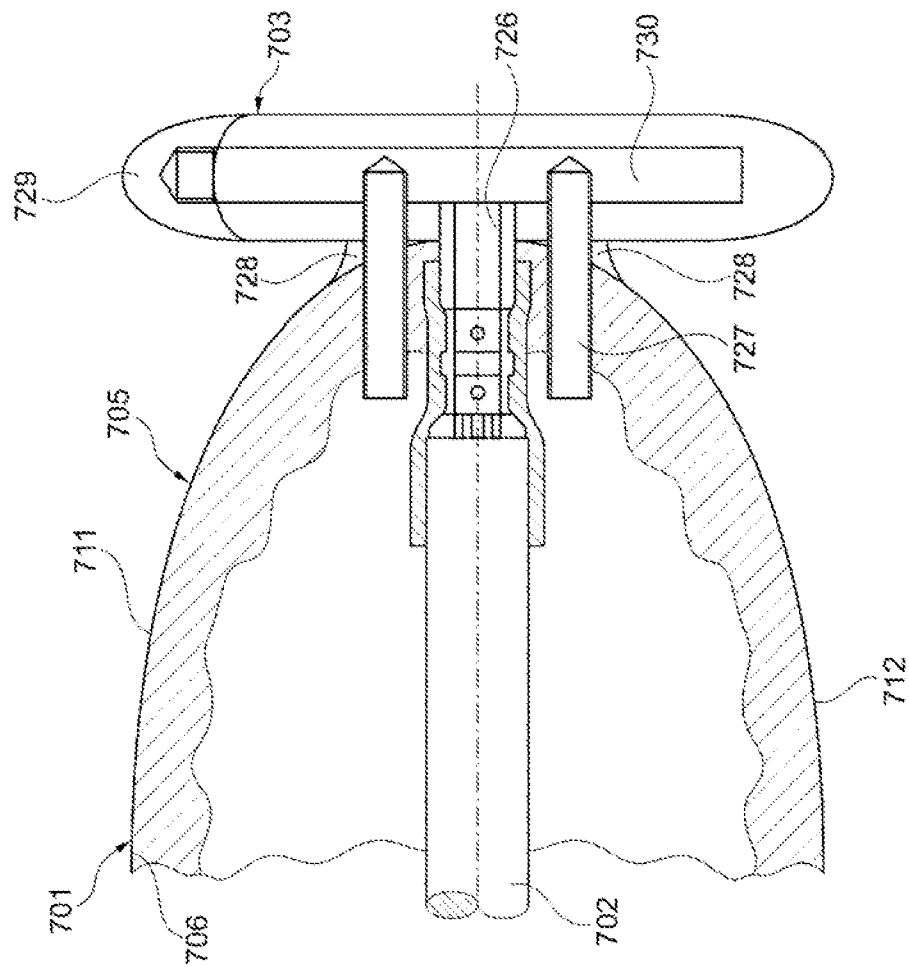


Fig. 8