

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 016 788**

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: **24.10.2019** **PCT/EP2019/079030**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2020** **WO20084053**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2019** **E 19791257 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2024** **EP 3870838**

54 Título: **Protección contra rayos de una pala de turbina eólica seccionada**

30 Prioridad:

25.10.2018 EP 18202668

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2025

73 Titular/es:

LM WIND POWER A/S (100.00%)

Jupitervej 6

6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

AUBRION, MATHILDE y

EIRIKSSON, BOAS

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 016 788 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

Protección contra rayos de una pala de turbina eólica seccionada

5 [0001] La presente divulgación se refiere a la protección contra rayos de una pala de turbina eólica, más específicamente, la divulgación se refiere a la protección contra rayos de una pala de turbina eólica que comprende una primera sección de pala y una segunda sección de pala y, opcionalmente, más secciones de pala.

Antecedentes

10 [0002] A medida que las turbinas eólicas y palas de turbina eólica se incrementan en tamaño, se incrementa el riesgo de que un rayo incida sobre la turbina eólica. Por lo tanto, es de creciente interés proporcionar a las turbinas eólicas y, en particular, a las palas de turbina eólica, medidas de protección contra rayos.

15 [0003] Es conocido proporcionar receptores de rayos a las palas para turbinas eólicas que están, en el interior de la pala, en conexión eléctrica con un conductor de bajada ("*down conductor*") metálico que puede conectar una corriente de rayo a tierra.

20 [0004] Las palas de turbinas eólicas de polímero reforzado con fibra y, en particular, las conchas aerodinámicas de las palas de turbina eólica se fabrican normalmente en moldes, donde el lado de presión y el lado de succión de la pala se fabrican por separado disponiendo esteras de fibra de vidrio y/u otro material de refuerzo de fibra, tal como fibra de carbono, en cada una de las dos partes de molde. Después se sitúan las dos mitades una encima de la otra y las dos mitades se pegan entre sí. Las partes de pala se pueden situar una encima de la otra girando y volviendo a situar el medio molde completo.

25 [0005] A medida que la demanda de palas para turbinas eólicas tiende hacia palas de longitudes crecientes, surge simultáneamente la necesidad de fabricar palas que tengan una rigidez incrementada y un peso comparativamente menor. Una forma de lograr estas propiedades es combinar diversos tipos de fibras en el laminado de las palas, por ejemplo, una opción es combinar fibras de vidrio y fibras de carbono, y asimismo se pueden combinar de forma ventajosa fibras de carbono o fibras de vidrio con fibras de acero. Por tanto, también son posibles combinaciones con otros tipos de fibras y también es una opción emplear exclusivamente fibras de carbono u otro tipo de fibra adecuado. La combinación de, por ejemplo, fibras de vidrio con fibras de carbono en un denominado laminado híbrido puede plantear un problema en cuanto a que algunos de los tipos de fibras son eléctricamente conductores, por ejemplo, las fibras de carbono y las fibras de acero. Un impacto de rayo directamente sobre el laminado puede provocar daño una pala que comprenda fibras eléctricamente conductoras, ya que conducirían la corriente y, de este modo, se calentarían mucho. Esto es en particular problemático en el caso de fibras que tienen una conductividad comparativamente escasa, tales como las fibras de carbono, y en el caso de laminados híbridos con fibras, por ejemplo, conformadas en estera, donde la estera individual puede tener, por ejemplo, una pequeña parte de fibras eléctricamente conductoras y una parte más grande, por ejemplo, de fibras de vidrio que no son eléctricamente conductoras.

40 [0006] Además, a medida que la demanda de palas para turbinas eólicas tiende hacia palas de longitudes crecientes, se está incrementando la atención hacia conceptos de fabricación de palas en secciones para su ensamblaje en el lugar de instalación. Los elementos proporcionados para permitir una conexión segura y fiable entre secciones individuales de la pala de turbina eólica plantean otra dificultad para proteger la pala de turbina eólica de los daños provocados por los impactos de rayos. Dicha pala de turbina eólica, que comprende una pluralidad de secciones, se puede conocer como pala dividida, o pala de dos partes, o pala segmentada o similar. Los documentos EP2789851 y EP2649690 son ejemplos de la técnica anterior de palas de turbina eólica que comprenden sistemas de protección contra rayos.

Breve explicación

50 [0007] Un objetivo de la presente divulgación es proporcionar formas de protección contra rayos de una pala de turbina eólica, tal como una pala dividida/segmentada, donde la pala de turbina eólica se fabrica fabricando dos (o más) secciones de pala y, a continuación, uniéndolas. En particular, un objetivo de la presente divulgación es proporcionar una viga de larguero ("*spar beam*"), por ejemplo, para conectar una primera sección de pala y una segunda sección de pala, adaptada para protección contra rayos, por ejemplo, para proteger la pala de turbina eólica contra impactos de rayos, por ejemplo, de una forma más ventajosa.

60 [0008] La presente divulgación proporciona formas de mejorar la protección contra rayos de una pala de turbina eólica, siendo, en particular, una pala dividida/segmentada. La invención proporciona de forma ventajosa formas de combinar diferentes conceptos de protección contra rayos, facilitando un riesgo disminuido de impactos de rayos dañinos y reduciendo los costes de material y los costes de producción.

65 [0009] De acuerdo con la invención, en la reivindicación 1 adjunta se divulga una viga de larguero, tal como una viga de larguero para conectar, tal como conectar estructuralmente, una primera sección de pala y una segunda

sección de pala de una pala de turbina eólica. La pala de turbina eólica se puede extender a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz a través de una primera región de perfil alar y una segunda región de perfil alar hasta una punta. La primera sección de pala se puede extender a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo y la segunda sección de pala se puede extender a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo hacia la punta. La primera sección de pala se puede extender desde la raíz. La segunda sección de pala se puede extender hasta la punta. La primera sección de pala puede comprender una región de raíz, que opcionalmente incluye la raíz. La primera sección de pala puede comprender la primera región de perfil alar. La primera sección de pala puede comprender una región de transición entre la región de raíz y la primera región de perfil alar. La segunda sección de pala puede comprender la segunda región de perfil alar. La segunda región de perfil alar puede comprender la punta. La primera sección de pala y la segunda sección de pala pueden comprender un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida.

[0010] La viga de larguero se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje de viga de larguero desde una primera posición de eje de viga, por ejemplo, un primer extremo de viga, hasta una segunda posición de eje de viga, por ejemplo, un segundo extremo de viga. El eje de viga de larguero puede ser sustancialmente paralelo al eje longitudinal de la pala de turbina eólica.

[0011] La viga de larguero se configura para situarse de modo que la primera posición de eje de viga se ubique en la primera región de perfil alar y la segunda posición de eje de viga se ubique en la segunda región de perfil alar. La viga de larguero se configura para situarse de modo que una tercera posición de eje de viga, entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga, se alinee con el segundo extremo de la segunda sección de pala y/o el primer extremo de la primera sección de pala.

[0012] La viga de larguero tiene un primer lado de viga configurado para orientarse hacia el lado de presión o el lado de succión de la pala de turbina eólica. La viga de larguero tiene un lado de viga de borde de salida configurado para orientarse hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica. La viga de larguero tiene un lado de viga de borde de ataque configurado para orientarse hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica.

[0013] La viga de larguero comprende un revestimiento ("*sheath*") de viga conductor. El revestimiento de viga conductor circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga alrededor del eje de viga de larguero. El revestimiento de viga conductor se puede extender longitudinalmente, por ejemplo, a lo largo del eje de viga de larguero, desde una cuarta posición de eje de viga hasta una quinta posición de eje de viga. El revestimiento de viga conductor puede ser un revestimiento de viga conductor para un sistema de protección contra rayos de una pala de turbina eólica.

[0014] La viga de larguero puede comprender un primer elemento reforzado con fibra, que puede incluir fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono. El primer elemento reforzado con fibra se puede extender paralelo al eje de viga de larguero. El primer elemento reforzado con fibra se puede situar entre el revestimiento de viga conductor y el eje de viga de larguero. Por ejemplo, de modo que la viga de larguero, por ejemplo, el elemento reforzado con fibra de la viga de larguero, esté protegida de una corriente eléctrica de un impacto de rayo por el revestimiento de viga conductor.

[0015] El primer elemento reforzado con fibra puede ser pultruido, por ejemplo, el primer elemento reforzado con fibra puede ser un primer elemento reforzado con fibra pultruido.

[0016] La viga de larguero y/o el primer elemento reforzado con fibra se pueden configurar para conectar estructuralmente la primera sección de pala y la segunda sección de pala de la pala de turbina eólica. Por ejemplo, para poder transmitir cargas entre la primera sección de pala y la segunda sección de pala.

[0017] El revestimiento de viga conductor se puede configurar para recibir y transmitir una corriente eléctrica proveniente de un impacto de rayo sobre la pala de turbina eólica y, de este modo, puede proteger la viga de larguero de un impacto de rayo sobre la pala de turbina eólica.

[0018] Una superficie exterior de la viga de larguero se puede configurar para fijarse a una superficie interior, opcionalmente una superficie de concha interior, de la primera y/o segunda sección de pala de la pala de turbina eólica.

[0019] La viga de larguero se puede proporcionar por separado o fabricar por separado a partir de secciones de pala y/o de la pala de turbina eólica.

[0020] La cuarta posición de eje de viga puede estar entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga. La quinta posición de eje de viga puede estar entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga. La cuarta posición de eje de viga puede ser la primera posición de eje de viga. La quinta posición de eje de viga puede ser la segunda posición de eje de viga.

[0021] También se divulga una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13 que se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz a través de una primera región de perfil alar y una segunda región de perfil alar hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una primera sección de pala que se extiende a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo y una segunda sección de pala que se extiende a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo hacia la punta. La primera sección de pala se puede extender desde la raíz. La segunda sección de pala se puede extender hasta la punta. La primera sección de pala puede comprender una región de raíz, que opcionalmente incluye la raíz. La primera sección de pala puede comprender la primera región de perfil alar. La primera sección de pala puede comprender una región de transición entre la región de raíz y la primera región de perfil alar. La segunda sección de pala puede comprender la segunda región de perfil alar. La segunda región de perfil alar puede comprender la punta. La primera sección de pala y la segunda sección de pala pueden comprender un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida. La pala de turbina eólica puede ser una pala dividida o pala de dos partes o pala segmentada. Cada sección de pala puede ser un segmento de pala.

[0022] La pala de turbina eólica comprende una viga de larguero, tal como la viga de larguero divulgada anteriormente, que conecta, tal como conectando estructuralmente, la primera sección de pala y la segunda sección de pala. La viga de larguero se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje de viga de larguero desde un primer extremo de la viga de larguero en una primera posición de eje de viga, por ejemplo, un primer extremo de viga, hasta un segundo extremo de la viga de larguero en una segunda posición de eje de viga, por ejemplo, un segundo extremo de viga. El eje de viga de larguero puede ser sustancialmente paralelo al eje longitudinal de la pala de turbina eólica.

[0023] La viga de larguero se sitúa de modo que la primera posición de eje de viga se ubica en la primera región de perfil alar y la segunda posición de eje de viga se ubica en la segunda región de perfil alar. La viga de larguero se sitúa de modo que una tercera posición de eje de viga, entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga, se alinee con el segundo extremo de la segunda sección de pala y/o el primer extremo de la primera sección de pala.

[0024] La viga de larguero tiene un primer lado de viga configurado para orientarse hacia el lado de presión o el lado de succión de la pala de turbina eólica. La viga de larguero tiene un lado de viga de borde de salida configurado para orientarse hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica. La viga de larguero tiene un lado de viga de borde de ataque configurado para orientarse hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica.

[0025] La viga de larguero comprende un revestimiento de viga conductor. El revestimiento de viga conductor circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga de la viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero. El revestimiento de viga conductor se puede extender longitudinalmente, por ejemplo, a lo largo del eje de viga de larguero, desde una cuarta posición de eje de viga hasta una quinta posición de eje de viga.

[0026] La viga de larguero puede comprender un primer elemento reforzado con fibra, que puede incluir fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono, y se puede extender paralelo al eje de viga de larguero. El primer elemento reforzado con fibra se puede situar entre el revestimiento de viga conductor y el eje de viga de larguero. La viga de larguero y/o el primer elemento reforzado con fibra pueden conectar estructuralmente las primera y segunda secciones de pala.

[0027] Cabe destacar que cualquier característica descrita con respecto a un aspecto de la divulgación es aplicable a cualquier otro aspecto de la divulgación. Por ejemplo, cualquier divulgación relacionada con la viga de larguero es aplicable a la viga de larguero de la pala de turbina eólica divulgada y viceversa.

[0028] La quinta posición de eje de viga puede ser la segunda posición de eje de viga. De forma alternativa, la quinta posición de eje de viga puede estar entre la cuarta posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga.

[0029] La cuarta posición de eje de viga puede estar entre la tercera posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga. La cuarta posición de eje de viga y la tercera posición de eje de viga pueden estar separadas por una primera distancia. La primera distancia puede ser superior a 10 mm, tal como superior a 20 mm, tal como 30 mm.

[0030] El revestimiento de viga conductor puede ser una malla o parcialmente una malla, por ejemplo, de material eléctricamente conductor. El revestimiento de viga conductor puede ser de un material eléctricamente conductor, tal como polímero reforzado con fibra de carbono o metales, tales como cobre, o una aleación de metales.

[0031] La distancia angular de revestimiento de viga puede ser superior a 90 grados, tal como superior a 180 grados, tal como superior a 270 grados, tal como 360 grados. Por ejemplo, el revestimiento de viga conductor puede circunscribir la viga de larguero.

[0032] Una ventaja de la presente divulgación es que se puede proporcionar protección contra rayos a una viga de larguero para conectar secciones de una pala de turbina eólica. En particular, la presente divulgación proporciona una protección contra rayos ventajosa a una viga de larguero que comprende elementos eléctricamente conductores, tales como fibra de carbono.

[0033] La viga de larguero puede comprender una pluralidad de elementos reforzados con fibra, por ejemplo, incluyendo el primer elemento reforzado con fibra y/o un segundo elemento reforzado con fibra. La pluralidad de elementos reforzados con fibra puede incluir fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono.

[0034] La pluralidad de elementos reforzados con fibra se puede extender paralela al eje de viga de larguero. La pluralidad de elementos reforzados con fibra se puede situar entre el revestimiento de viga conductor y el eje de viga de larguero. Por ejemplo, de modo que la viga de larguero, por ejemplo, los elementos reforzados con fibra de la viga de larguero, esté protegida de una corriente eléctrica de un impacto de rayo por el revestimiento de viga conductor.

[0035] La pluralidad de elementos reforzados con fibra se puede configurar para conectar estructuralmente la primera sección de pala y la segunda sección de pala de la pala de turbina eólica.

[0036] La pluralidad de elementos reforzados con fibra puede ser pultruida, por ejemplo, el primer elemento reforzado con fibra puede ser un primer elemento reforzado con fibra pultruido y el segundo elemento reforzado con fibra puede ser un segundo elemento reforzado con fibra pultruido.

[0037] La viga de larguero puede comprender fibras de carbono, tales como elementos de fibra de carbono, por ejemplo, con una proporción de volumen de fibra superior a un 40 %, tal como superior a un 50 %, tal como superior a un 60 %. Por ejemplo, la viga de larguero puede comprender elementos reforzados con fibra de carbono pultruidos. El/los elemento(s) reforzado(s) con fibra pultruido(s), tal(es) como el primer elemento reforzado con fibra pultruido y/o el segundo elemento reforzado con fibra pultruido, puede(n) ser elementos reforzados con fibra de carbono pultruidos. El primer elemento reforzado con fibra pultruido puede ser un primer elemento reforzado con fibra de carbono pultruido. El segundo elemento reforzado con fibra pultruido puede ser un segundo elemento reforzado con fibra de carbono pultruido.

[0038] La viga de larguero puede comprender fibras de carbono entre una decimocuarta posición de eje de viga y una decimoquinta posición de eje de viga. Por ejemplo, el/los elemento(s) reforzado(s) con fibra, tal(es) como el primer elemento reforzado con fibra y/o el segundo elemento reforzado con fibra, puede(n) comprender fibras de carbono entre la decimocuarta posición de eje de viga y la decimoquinta posición de eje de viga. De forma alternativa o adicionalmente, el/los elemento(s) reforzado(s) con fibra, tal(es) como el primer elemento reforzado con fibra y/o el segundo elemento reforzado con fibra, se puede(n) extender entre la decimocuarta posición de eje de viga y la decimoquinta posición de eje de viga.

[0039] La decimocuarta posición de eje de viga puede estar entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga, tal como entre la primera posición de eje de viga y la tercera posición de eje de viga. La decimocuarta posición de eje de viga puede ser la primera posición de eje de viga. La decimoquinta posición de eje de viga puede estar entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga, tal como entre la segunda posición de eje de viga y la tercera posición de eje de viga, tal como entre la quinta posición de eje de viga y la tercera posición de eje de viga, tal como entre la quinta posición de eje de viga y la cuarta posición de eje de viga. La decimoquinta posición de eje de viga puede estar entre la segunda posición de eje de viga y la decimocuarta posición de eje de viga, tal como entre la quinta posición de eje de viga y la decimocuarta posición de eje de viga. La decimoquinta posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga pueden estar separadas por una cuarta distancia. La cuarta distancia puede ser superior a 10 mm, tal como superior a 20 mm, tal como superior a 30 mm, tal como 50 mm.

[0040] La viga de larguero puede comprender fibras de vidrio entre la decimocuarta posición de eje de viga y la primera posición de eje de viga. La viga de larguero puede comprender fibras de vidrio entre la decimoquinta posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga. Por ejemplo, la viga de larguero puede comprender elementos reforzados con fibra pultruidos, tales como elementos reforzados con fibra de vidrio pultruidos, que se extienden desde la primera posición de eje de viga hasta la decimocuarta posición de eje de viga y/o desde la segunda posición de eje de viga hasta la decimoquinta posición de eje de viga. Por ejemplo, el/los elemento(s) reforzado(s) con fibra pultruido(s), tal(es) como el primer elemento reforzado con fibra pultruido y/o el segundo elemento reforzado con fibra pultruido, pueden comprender fibras de vidrio entre la primera posición de eje de viga y la decimocuarta posición de eje de viga y/o entre la segunda posición de eje de viga y la decimoquinta posición de eje de viga.

[0041] La sección transversal de la viga de larguero puede ser rectangular. De forma alternativa, la sección transversal de la viga de larguero puede ser circular, ovalada o tener una combinación de lados rectos y curvos.

[0042] La viga de larguero puede comprender una primera capa reforzada con fibra. La primera capa reforzada con fibra puede estar entre el primer elemento reforzado con fibra y el revestimiento de viga conductor. La primera capa reforzada con fibra puede estar entre el segundo elemento reforzado con fibra y el revestimiento de viga conductor. La primera capa reforzada con fibra puede estar entre la pluralidad de elementos reforzados con fibra y el revestimiento de viga conductor.

[0043] La viga de larguero puede comprender una segunda capa reforzada con fibra. El revestimiento de viga conductor se puede situar entre la segunda capa reforzada con fibra y el eje de viga de larguero. Por ejemplo, el revestimiento de viga conductor se puede situar entre la segunda capa reforzada con fibra y la primera capa reforzada con fibra.

[0044] La primera capa reforzada con fibra y/o la segunda capa reforzada con fibra pueden ser una capa reforzada con fibra biaxial y/o pueden comprender una o más láminas de fibra biaxial, tal como una pluralidad, tal como dos, láminas de fibra biaxial. La primera capa reforzada con fibra y/o la segunda capa reforzada con fibra pueden proporcionar estabilidad y resistencia para evitar o reducir la tensión en el revestimiento de viga conductor y/o para evitar o reducir la tensión que se va a transferir al revestimiento de viga conductora. De este modo, se puede reducir el riesgo de fallos, tales como grietas, en el revestimiento de viga conductor. La primera capa reforzada con fibra y/o la segunda capa reforzada con fibra pueden comprender fibras de vidrio, por ejemplo, la primera capa reforzada con fibra y/o la segunda capa reforzada con fibra pueden ser una capa reforzada con fibra de vidrio, por ejemplo, una capa reforzada con fibra de vidrio biaxial. La primera capa reforzada con fibra y/o la segunda capa reforzada con fibra pueden tener un propósito de aislamiento eléctrico, por ejemplo, la primera capa reforzada con fibra puede proporcionar una capa de aislamiento eléctrico entre los elementos reforzados con fibra y el revestimiento de viga conductor. La segunda capa reforzada con fibra puede proporcionar una interfaz potenciada para la fijación, por ejemplo, por encolado, a elementos circundantes, tales como partes de concha de la pala de turbina eólica.

[0045] El revestimiento de viga conductor puede comprender una superposición primaria, por ejemplo, en el que una primera parte de revestimiento de viga primaria y una segunda parte de revestimiento de viga primaria se superponen. Por ejemplo, el revestimiento de viga conductor se puede proporcionar como un único revestimiento que se envuelve alrededor de elementos internos de la viga de larguero para formar el revestimiento de viga conductor. La superposición primaria se puede ubicar en el primer lado de viga. De forma alternativa, la superposición primaria se puede ubicar en el segundo lado de viga.

[0046] De forma alternativa o adicionalmente, el revestimiento de viga conductor puede comprender una superposición secundaria, por ejemplo, en el que una primera parte de revestimiento de viga secundaria y una segunda parte de revestimiento de viga secundaria se superponen. La superposición secundaria se puede ubicar en el segundo lado de viga. De forma alternativa, la superposición secundaria se puede ubicar en el primer lado de viga. Por ejemplo, la superposición primaria se puede ubicar en el primer lado de viga y la superposición secundaria se puede ubicar en el segundo lado de viga.

[0047] El revestimiento de viga conductor se puede proporcionar como una parte de revestimiento de viga de borde de ataque y una parte de revestimiento de viga de borde de salida. La parte de revestimiento de viga de borde de ataque se puede ubicar en el lado de viga de borde de ataque. La parte de revestimiento de viga de borde de salida se puede ubicar en el lado de viga de borde de salida.

[0048] La superposición primaria y/o la superposición secundaria se pueden extender desde una octava posición de eje de viga, por ejemplo, la cuarta posición de eje de viga, hasta una novena posición de eje de viga, por ejemplo, la quinta posición de eje de viga. La superposición primaria se puede extender una distancia angular de superposición primaria alrededor del eje de viga, por ejemplo, desde una primera posición angular de superposición primaria hasta una segunda posición angular de superposición primaria. La superposición secundaria se puede extender una distancia angular de superposición secundaria alrededor del eje de viga, por ejemplo, desde una primera posición angular de superposición secundaria hasta una segunda posición angular de superposición secundaria.

[0049] La superposición primaria y/o la superposición secundaria pueden ser de al menos 50 mm en una dirección transversal perpendicular al eje de viga de larguero, tal como al menos 75 mm, tal como al menos 100 mm.

[0050] La viga de larguero puede comprender uno o más cables de viga conductores, tales como un primer cable de viga conductor, un segundo cable de viga conductor y/o un tercer o más cables de viga conductores. Por ejemplo, la viga de larguero puede comprender una pluralidad de cables de viga conductores, por ejemplo, incluyendo el primer cable de viga conductor, el segundo cable de viga conductor y/o el un tercer o más cables de viga conductores.

[0051] El primer cable de viga conductor puede circunscribir al menos una primera distancia angular de cable de viga de la viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero, por ejemplo, desde una primera posición angular de cable de viga primaria hasta una primera posición angular de cable de viga secundaria.

5 **[0052]** El segundo cable de viga conductor puede circunscribir al menos una segunda distancia angular de cable de viga de la viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero, por ejemplo, desde una segunda posición angular de cable de viga primaria hasta una segunda posición angular de cable de viga secundaria.

10 **[0053]** El un tercer o más cables de viga conductores se pueden extender en paralelo con el eje de viga B. Los cables de viga que se extienden longitudinalmente pueden ser más fáciles de enrollar alrededor de la viga de larguero dando lugar a una fabricación más fácil. El un tercer o más cables de viga conductores se pueden extender desde una duodécima posición de eje de viga hasta una decimotercera posición de eje de viga. El un tercer o más cables de viga conductores se pueden situar en uno o más del lado de viga de borde de salida, el lado de viga de borde de ataque, el primer lado de viga y/o el segundo lado de viga.

15 **[0054]** El uno o más cables de viga conductores, tales como el primer cable de viga conductor, el segundo cable de viga conductor y/o el un tercer o más cables de viga conductores, se pueden conectar al revestimiento de viga conductor. Por ejemplo, el uno o más cables de viga conductores pueden estar en contacto con el revestimiento de viga y/o el uno o más cables de viga conductores se pueden soldar al revestimiento de viga. El uno o más cables de viga conductores se pueden soldar al revestimiento de viga en una o más secciones a lo largo del uno o más cables de viga conductores respectivos y/o el uno o más cables de viga conductores pueden no soldarse al revestimiento de viga en una o más de otras secciones a lo largo del uno o más cables de viga conductores respectivos.

20 **[0055]** El uno o más cables de viga conductores, tales como el primer cable de viga conductor, el segundo cable de viga conductor y/o el un tercer o más cables de viga conductores, pueden ser cables trenzados.

25 **[0056]** El uno o más cables de viga conductores pueden proporcionar conexión eléctrica desde un lado del revestimiento de viga al otro lado del revestimiento de viga. Por ejemplo, el uno o más cables de viga conductores pueden proporcionar conexión eléctrica desde el lado de viga de borde de ataque hasta el lado de viga de borde de salida. El uno o más cables de viga conductores pueden proporcionar una vía menos resistiva desde un lado del revestimiento de viga hasta otro lado del revestimiento de viga, tal como para reducir la dependencia de la conductancia del revestimiento de viga conductor a la corriente continua provocada por un potencial impacto de rayo en el conductor de bajada. Por ejemplo, el uno o más cables de viga conductores pueden proporcionar una vía menos resistiva desde el lado de viga de borde de ataque hasta el lado de viga de borde de salida.

30 **[0057]** El revestimiento de viga conductor se puede situar entre el uno o más cables de viga conductores y el eje de viga de larguero. El revestimiento de viga conductor se puede situar entre el primer cable de viga conductor y el eje de viga de larguero. Por ejemplo, el uno o más cables de viga conductores se pueden proporcionar radialmente fuera del revestimiento de viga conductor. El uno o más cables de viga conductores se pueden situar entre la segunda capa reforzada con fibra y el revestimiento de viga conductor.

35 **[0058]** La primera distancia angular de cable de viga puede ser superior a 360 grados, por ejemplo, proporcionando una primera superposición de cable de viga. La segunda distancia angular de cable de viga puede ser superior a 360 grados, por ejemplo, proporcionando una segunda superposición de cable de viga. La primera superposición de cable de viga y/o la segunda superposición de cable de viga puede ser superior a 50 mm, tal como superior a 75 mm, tal como superior a 100 mm.

40 **[0059]** La primera superposición de cable de viga puede comprender que una primera parte de extremo primario del primer cable de viga conductor esté en contacto con una primera parte de extremo secundario opuesta a la primera parte de extremo primario del primer cable de viga conductor. De forma alternativa, la primera parte de extremo primario se puede disponer junto a la primera parte de extremo secundario, por ejemplo, en la dirección longitudinal de la viga de larguero.

45 **[0060]** La segunda superposición de cable de viga puede comprender que una segunda parte de extremo primario del segundo cable de viga conductor esté en contacto con una segunda parte de extremo secundario opuesta a la segunda parte de extremo primario del segundo cable de viga conductor. De forma alternativa, la segunda parte de extremo primario se puede disponer junto a la segunda parte de extremo secundario, por ejemplo, en la dirección longitudinal de la viga de larguero.

50 **[0061]** La(s) superposición/superposiciones de cable de viga, tal como la primera superposición de cable de viga y/o la segunda superposición de cable de viga, se puede(n) proporcionar en el lado de viga de borde de salida. Las posiciones angulares de cable de viga primarias, tales como la primera posición angular de cable de viga primaria y/o la segunda posición angular de cable de viga primaria, se pueden ubicar en el lado de viga de borde de salida. Las posiciones angulares de cable de viga secundarias, tales como la primera posición angular de cable

de viga secundaria y/o la segunda posición angular de cable de viga secundaria, se pueden ubicar en el lado de viga de borde de salida.

[0062] La pala de turbina eólica, tal como la primera sección de pala de la pala de turbina eólica, puede comprender un revestimiento(s) de concha conductor(es), por ejemplo, incluyendo un primer revestimiento de concha conductor y/o un segundo revestimiento de concha conductor. El/los revestimiento(s) de concha conductor(es) puede(n) complementar el revestimiento de viga de la viga de larguero y/o proporcionarse para reemplazar el revestimiento de viga en determinadas posiciones a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica.

[0063] Una primera parte de concha de la primera sección de pala puede comprender un primer revestimiento de concha conductor. El primer revestimiento de concha conductor puede circunscribir al menos una primera distancia angular de revestimiento alrededor del eje longitudinal desde una primera posición angular de revestimiento primaria hasta una primera posición angular de revestimiento secundaria. El primer revestimiento de concha conductor se puede extender longitudinalmente desde una primera posición de revestimiento hasta una segunda posición de revestimiento.

[0064] Una segunda parte de concha de la primera sección de pala puede comprender un segundo revestimiento conductor. El segundo revestimiento de concha conductor puede circunscribir al menos una segunda distancia angular de revestimiento alrededor del eje longitudinal desde una segunda posición angular de revestimiento primaria hasta una segunda posición angular de revestimiento secundaria. El segundo revestimiento de concha conductor se puede extender longitudinalmente desde una tercera posición de revestimiento, por ejemplo, la primera posición de revestimiento, hasta una cuarta posición de revestimiento, por ejemplo, la segunda posición de revestimiento.

[0065] La concha de la pala de turbina eólica puede comprender una o más tapas de larguero ("*spar caps*"), tal como una primera tapa de larguero y/o una segunda tapa de larguero. Por ejemplo, la primera parte de concha puede comprender una primera tapa de larguero. La primera tapa de larguero puede estar en el lado de presión. De forma alternativa, la primera tapa de larguero está en el lado de succión. La segunda parte de concha puede comprender una segunda tapa de larguero. La segunda tapa de larguero puede estar en el lado de succión. De forma alternativa, la segunda tapa de larguero puede estar en el lado de presión. Una tapa de larguero, tal como la primera tapa de larguero y/o la segunda tapa de larguero, puede ser un laminado principal reforzado con fibra. Una tapa de larguero, tal como la primera tapa de larguero y/o la segunda tapa de larguero, puede comprender fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono. Una tapa de larguero, tal como la primera tapa de larguero y/o la segunda tapa de larguero, se puede indicar como laminado principal y/o laminado de soporte de carga.

[0066] El primer revestimiento de concha conductor se puede situar de modo que la primera tapa de larguero se ubique entre la primera posición angular de revestimiento primario y la primera posición angular de revestimiento secundario. El segundo revestimiento de concha conductor se puede situar de modo que la segunda tapa de larguero se ubique entre la segunda posición angular de revestimiento primario y la segunda posición angular de revestimiento secundario.

[0067] El primer revestimiento de concha conductor y/o el segundo revestimiento de concha conductor puede ser una malla de material eléctricamente conductor. El primer revestimiento de concha conductor y/o el segundo revestimiento de concha conductor puede ser de un material eléctricamente conductor, tal como polímero reforzado con fibra de carbono o metales, tal como cobre, o una aleación de metales.

[0068] La pala de turbina eólica puede comprender uno o más conductores de bajada, por ejemplo, incluyendo un primer conductor de bajada y/o un segundo conductor de bajada. La primera sección de pala puede comprender un primer conductor de bajada. El primer conductor de bajada se puede configurar para conducir la corriente de rayo a tierra. La segunda sección de pala puede comprender un segundo conductor de bajada. El segundo conductor de bajada se puede configurar para conducir la corriente de rayo a tierra, por ejemplo, por medio del primer conductor de bajada. El segundo conductor de bajada se puede configurar para conectarse al primer conductor de bajada de la primera sección de pala. El segundo conductor de bajada se puede conectar al primer conductor de bajada de la primera sección de pala.

[0069] El primer conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al primer revestimiento conductor y/o al segundo revestimiento de concha conductor. El segundo conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al revestimiento de viga conductor. El segundo conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al revestimiento de viga conductor en una o más, tal como una pluralidad, de posiciones de eje de viga, por ejemplo, una primera posición de fijación, tal como una sexta posición de eje de viga y/o una segunda posición de fijación, tal como una séptima posición de eje de viga.

[0070] El revestimiento de viga conductor se puede configurar para su conexión con un conductor de bajada configurado para conducir la corriente de rayo a tierra. Por ejemplo, la viga de larguero puede comprender una o

más posiciones de fijación, tales como una primera posición de fijación y/o una segunda posición de fijación, por ejemplo, en las que el revestimiento de viga conductor se puede configurar para su conexión con un conductor de bajada configurado para conducir la corriente de rayo a tierra. La primera posición de fijación puede ser la sexta posición de eje de viga. La segunda posición de fijación puede ser la séptima posición de eje de viga. Las posiciones de fijación, tales como la primera posición de fijación y/o la segunda posición de fijación, se pueden ubicar en el lado de viga de borde de salida.

[0071] La(s) superposición/superposiciones de cable de viga, tal(es) como la primera superposición de cable de viga y/o la segunda superposición de cable de viga, se puede(n) proporcionar en la una o más posiciones de fijación. Por ejemplo, la primera superposición de cable de viga se puede proporcionar en la primera posición de fijación, y/o la segunda superposición de cable de viga se puede proporcionar en la segunda posición de fijación.

[0072] El/los cable(s) de viga conductor(es) se puede(n) dividir en un cable de viga conductor primario y un cable de viga conductor secundario. El primer cable de viga conductor puede comprender un primer cable de viga conductor primario y un primer cable de viga conductor secundario. El segundo cable de viga conductor puede comprender un segundo cable de viga conductor primario y un segundo cable de viga conductor secundario.

[0073] El primer cable de viga conductor primario puede circunscribir una primera distancia angular de cable de viga primario alrededor del eje de viga de larguero B, por ejemplo, desde la primera posición angular de cable de viga primaria hasta una primera posición angular de cable de viga terciaria. El segundo cable de viga conductor primario puede circunscribir una segunda distancia angular de cable de viga primario alrededor del eje de viga de larguero B, por ejemplo, desde la segunda posición angular de cable de viga primaria hasta una segunda posición angular de cable de viga terciaria.

[0074] El primer cable de viga conductor secundario puede circunscribir una primera distancia angular de cable de viga secundario alrededor del eje de viga de larguero B, por ejemplo, desde la primera posición angular de cable de viga secundaria hasta una primera posición angular de cable de viga cuaternaria. El segundo cable de viga conductor secundario puede circunscribir una segunda distancia angular de cable de viga secundario alrededor del eje de viga de larguero B, por ejemplo, desde la segunda posición angular de cable de viga secundaria hasta una segunda posición angular de cable de viga cuaternaria.

[0075] El primer cable de viga conductor primario se puede superponer al primer cable de viga conductor secundario, tal como para formar una primera superposición de cable de viga secundario, y/o tal como para formar el primer cable de viga conductor. El segundo cable de viga conductor primario se puede superponer al segundo cable de viga conductor secundario, tal como para formar una segunda superposición de cable de viga secundaria, y/o tal como para formar el primer cable de viga conductor. La(s) superposición/superposiciones de cable de viga secundaria(s) se puede(n) proporcionar en el primer lado de viga. De forma alternativa, la(s) superposición/superposiciones de cable de viga secundaria(s) se puede(n) proporcionar en el segundo lado de viga.

[0076] La viga de larguero puede comprender uno o más discos de fijación, tal como un primer disco de fijación y/o un segundo disco de fijación. La viga de larguero puede comprender un primer disco de fijación en la primera posición de fijación. La viga de larguero puede comprender un segundo disco de fijación en la segunda posición de fijación. El primer disco de fijación se puede soldar al revestimiento de viga conductor y/o al primer cable de viga, tal como la primera superposición de cable de viga. El segundo disco de fijación se puede soldar al revestimiento de viga conductor y/o al segundo cable de viga, tal como la segunda superposición de cable de viga.

[0077] El primer disco de fijación se puede proporcionar en, tal como para cubrir, la primera parte de extremo primario y/o la primera parte de extremo secundario del primer cable de viga conductor. El segundo disco de fijación se puede proporcionar en, tal como para cubrir, la segunda parte de extremo primario y/o la segunda parte de extremo secundario del segundo cable de viga conductor.

[0078] El primer disco de fijación se puede proporcionar en, tal como para cubrir, una tercera parte primaria de un tercer cable de viga conductor del un tercer o más cables de viga conductores. El segundo disco de fijación se puede proporcionar en, tal como para cubrir, una tercera parte secundaria del tercer cable de viga conductor del un tercer o más cables de viga conductores.

[0079] Los discos de fijación, tales como el primer disco de fijación y/o el segundo disco de fijación, pueden proporcionar puntos de fijación para un conductor de bajada, tal como para conectar eléctricamente el conductor de bajada con el revestimiento de viga conductor y/o el/los cable(s) de viga conductor(es), tal(es) como el primer cable de viga conductor y/o el segundo cable de viga conductor.

[0080] El segundo conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al revestimiento de viga conductor, por ejemplo, en una primera posición de fijación, tal como una sexta posición de eje de viga. La primera posición de fijación, tal como la sexta posición de eje de viga, puede estar entre la cuarta posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga. La primera posición de fijación, tal como la sexta posición de eje de viga, y la quinta

posición de eje de viga pueden estar separadas por una segunda distancia. La segunda distancia puede ser inferior a 150 mm, tal como inferior a 100 mm, tal como inferior a 50 mm. La primera posición de fijación, tal como la sexta posición de eje de viga, se puede elegir tal como para proporcionar la conexión eléctrica entre el segundo conductor de bajada y el revestimiento de viga conductor lo más cerca posible del extremo del revestimiento de viga conductor. Por ejemplo, la primera posición de fijación, tal como la sexta posición de eje de viga, puede ser la quinta posición de eje de viga. El segundo conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al revestimiento de viga conductor, por ejemplo, en una segunda posición de fijación, tal como una séptima posición de eje de viga. La segunda posición de fijación, tal como la séptima posición de eje de viga, puede estar entre la cuarta posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga. La segunda posición de fijación, tal como la séptima posición de eje de viga, y la cuarta posición de eje de viga pueden estar separadas por una tercera distancia. La tercera distancia puede ser inferior a 150 mm, tal como inferior a 100 mm, tal como inferior a 50 mm. La segunda posición de fijación, tal como la séptima posición de eje de viga, se puede elegir tal como para proporcionar la conexión eléctrica entre el segundo conductor de bajada y el revestimiento de viga conductor lo más cerca posible del extremo del revestimiento de viga conductor. Por ejemplo, la segunda posición de fijación, tal como la séptima posición de eje de viga, puede ser la cuarta posición de eje de viga.

[0081] La segunda sección de pala puede comprender uno o más receptores de rayos, por ejemplo, en o cerca de la superficie externa de la pala de turbina eólica. La segunda sección de pala puede comprender un primer receptor de rayos, por ejemplo, en o cerca de la superficie externa de la pala. El primer receptor de rayos se puede situar en o cerca de la punta. El segundo conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al primer receptor de rayos.

[0082] La primera sección de pala puede comprender uno o más receptores de rayos, por ejemplo, en o cerca de la superficie externa de la pala de turbina eólica. La primera sección de pala puede comprender un primer receptor de rayos, por ejemplo, en o cerca de la superficie externa de la pala. El segundo receptor de rayos se puede situar en o cerca del primer extremo. El primer conductor de bajada se puede conectar eléctricamente al segundo receptor de rayos.

[0083] También se divulga un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 para conectar estructuralmente una primera sección de pala con una segunda sección de pala de una pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:

- proporcionar una viga de larguero de acuerdo con la presente divulgación y la primera y segunda sección de pala de la pala de turbina eólica;
- situar la viga de larguero de modo que la primera posición de eje de viga se ubique en la primera región de perfil alar de la primera sección de pala y la segunda posición de eje de viga se ubique en la segunda región de perfil alar de la segunda sección de pala y la tercera posición de eje de viga se alinee con el segundo extremo de la segunda sección de pala, y de modo que el primer lado de viga esté orientado hacia el lado de presión o el lado de succión de la pala de turbina eólica, el lado de viga de borde de salida de la viga esté orientado hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica, y el lado de viga de borde de ataque esté orientado hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica; y
- conectar estructuralmente la primera sección de pala y la segunda sección de pala por medio de la viga de larguero.

[0084] Además, se divulga el uso de una viga de larguero de acuerdo con la reivindicación 15 para conectar estructuralmente una primera sección de pala y una segunda sección de pala para formar una pala de turbina eólica, en la que la pala de turbina eólica se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz a través de una primera región de perfil alar y una segunda región de perfil alar hasta una punta, en la que la primera sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo y la segunda sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo hacia la punta, comprendiendo la primera sección de pala la primera región de perfil alar, comprendiendo la segunda sección de pala la segunda región de perfil alar, comprendiendo la primera sección de pala y la segunda sección de pala un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida.

[0085] Cualquiera de las posiciones de eje de viga mencionadas, tales como la tercera posición de eje de viga, la cuarta posición de eje de viga, la quinta posición de eje de viga, la sexta posición de eje de viga, la séptima posición de eje de viga, la octava posición de eje de viga, la novena posición de eje de viga, la décima posición de eje de viga, la undécima posición de eje de viga, la duodécima posición de eje de viga, la decimotercera posición de eje de viga, la decimocuarta posición de eje de viga y/o la decimoquinta posición de eje de viga, puede estar entre el primer extremo de viga y el segundo extremo de viga, tal como entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga.

Breve descripción de las figuras

[0086] Los modos de realización de la divulgación se describirán con más detalle en lo que sigue con respecto a las figuras adjuntas. Las figuras muestran una forma de implementar la presente invención y no se han de

interpretar como limitantes de otros posibles modos de realización que entren dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjuntas.

La fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una turbina eólica ejemplar,

la fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica ejemplar,

la figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica ejemplar,

la fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica ejemplar,

la fig. 5a es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica ejemplar,

la figura 5b es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica ejemplar,

la fig. 6a es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica ejemplar,

la figura 6b es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica ejemplar,

las figuras 7a-7c son diagramas esquemáticos que ilustran una viga de larguero ejemplar,

la figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra un lado de un revestimiento de viga ejemplar, y

la figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra una viga de larguero ejemplar.

Descripción detallada

[0087] La fig. 1 ilustra una turbina eólica 2 a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo cada una una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8.

[0088] La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10 ejemplar. La pala de turbina eólica 10 tiene la conformación de una pala de turbina eólica convencional con un extremo de raíz 17 y un extremo de punta 15 y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o una de perfil alar 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que está orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 que está orientado hacia la dirección opuesta del borde de ataque 18.

[0089] La región de perfil alar 34 (también llamada región perfilada) tiene una conformación de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de raíz 30, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la conformación circular o elíptica de la región de raíz 30 al perfil de perfil alar de la región de perfil alar 34. La longitud de cuerda de la región de transición 32 se incrementa típicamente con el incremento de la distancia r desde el buje. La región de perfil alar 34 tiene un perfil de perfil alar con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia r desde el buje.

[0090] Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región de transición 32 y la región de perfil alar 34.

[0091] Cabe destacar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, puesto que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, flexionada previamente), proporcionando, por tanto, al plano de cuerda una trayectoria correspondientemente torsionada y/o curvada, siendo este el caso, lo más a menudo, para compensar que la velocidad local de la pala sea dependiente del radio desde el buje.

[0092] La pala de turbina eólica 10 comprende una concha de pala que puede comprender dos partes de concha de pala, una primera parte de concha de pala 24 y una segunda parte de concha de pala 26, típicamente hechas de polímero reforzado con fibra. La primera parte de concha de pala 24 es, típicamente, un lado de presión o parte

de concha de pala a barlovento. La segunda parte de concha de pala 26 es, típicamente, un lado de succión o parte de concha de pala a sotavento. La primera parte de concha de pala 24 y la segunda parte de concha de pala se pegan juntas a lo largo de las líneas de unión o juntas de pegamento 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10. Típicamente, los extremos de raíz de las partes de concha de pala 24, 26 tienen una conformación de sección transversal exterior semicircular o semiovalada.

[0093] La pala de turbina eólica 10 se extiende a lo largo de un eje longitudinal L. El extremo de raíz 17 se extiende en un plano de extremo de la raíz, sustancialmente perpendicular al eje longitudinal L.

[0094] La fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica 10 ejemplar, por ejemplo, una vista en sección transversal de la región de perfil alar de la pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 comprende un borde de ataque 18, un borde de salida 20, un lado de presión 24, un lado de succión 26, una primera tapa de larguero 74 y una segunda tapa de larguero 76.

[0095] La pala de turbina eólica 10 comprende una línea de cuerda 38 entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20.

[0096] La pala de turbina eólica 10 comprende almas a cortante 42, tales como un alma a cortante de borde de ataque y un alma a cortante de borde de salida. Las almas a cortante 42 podrían ser, de forma alternativa, una caja de larguero con lados de larguero, tales como un lado de larguero de borde de salida y un lado de larguero de borde de ataque.

[0097] La fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica 10 ejemplar, tal como la pala de turbina eólica 10 de las figuras previas. La pala de turbina eólica 10 comprende un borde de ataque 18, un borde de salida 20, un extremo de punta 15 y un extremo de raíz 17. La pala de turbina eólica 10 comprende almas a cortante 42, tales como un alma a cortante de borde de ataque y un alma a cortante de borde de salida.

[0098] La pala de turbina eólica 10 es una denominada pala dividida o pala de dos partes o pala segmentada. La pala de turbina eólica 10 comprende una primera sección de pala 44 y una segunda sección de pala 46. La primera sección de pala 44 se extiende a lo largo del eje longitudinal L desde una raíz, tal como el extremo de raíz 17, hasta un primer extremo 50. La segunda sección de pala 46 se extiende a lo largo del eje longitudinal L desde un segundo extremo 52 hasta una punta, tal como el extremo de punta 15. La primera sección de pala 44 comprende una región de raíz 30, una primera región de perfil alar 34a y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la primera región de perfil alar 34a. La segunda sección de pala 46 comprende una segunda región de perfil alar 34b con la punta, tal como el extremo de punta 15. La primera sección de pala 44 y la segunda sección de pala 46 se pueden conectar con una viga de larguero (véase las siguientes figuras).

[0099] La fig. 5a es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica 10 ejemplar, tal como la pala de turbina eólica 10 de las figuras previas. La pala de turbina eólica 10 comprende primera sección de pala 44, una segunda sección de pala 46 y una viga de larguero 60 para conectar la primera sección de pala 44 y la segunda sección de pala 46. La viga de larguero 60 puede comprender fibra de carbono, por ejemplo, la viga de larguero 60 puede comprender polímero reforzado con fibra de carbono pultruido.

[0100] La viga de larguero 60 se extiende a lo largo de un eje de viga de larguero B. El eje de viga de larguero B puede coincidir con y/o ser paralelo al eje longitudinal de la pala de turbina eólica 10. La viga de larguero 60 se extiende desde una primera posición de eje de viga pb1 en la primera región de perfil alar 34a hasta una segunda posición de eje de viga pb2 en la segunda región de perfil alar 34b.

[0101] Una tercera posición de eje de viga pb3 está entre la primera posición de eje de viga pb1 y la segunda posición de eje de viga pb2. La tercera posición de eje de viga pb3 está alineada con el segundo extremo 52 de la segunda sección de pala 46.

[0102] La viga de larguero 60 comprende un revestimiento de viga conductor 62. El revestimiento de viga conductor 62 circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga 68 (véase, por ejemplo, la figura 5b) alrededor del eje de viga de larguero B. El revestimiento de viga conductor se extiende longitudinalmente desde una cuarta posición de eje de viga pb4 hasta una quinta posición de eje de viga pb5. En el ejemplo ilustrado, la quinta posición de eje de viga pb5 es diferente de la segunda posición de eje de viga pb2, por ejemplo, la quinta posición de eje de viga pb5 se puede ubicar entre la cuarta posición de eje de viga pb4 y la segunda posición de eje de viga pb2. Sin embargo, de forma alternativa, la quinta posición de eje de viga pb5 puede ser la segunda posición de eje de viga pb2. Como se ilustra, la cuarta posición de eje de viga puede estar entre la quinta posición de eje de viga pb5 y la tercera posición de eje de viga pb3. Por ejemplo, la cuarta posición de eje de viga pb4 y la tercera posición de eje de viga pb3 pueden estar separadas por una primera distancia D1, por ejemplo, la primera distancia puede ser superior a 10 mm, tal como superior a 20 mm, tal como 30 mm. De forma alternativa, la cuarta posición de eje de viga pb4 se puede ubicar entre la tercera posición de eje de viga pb3 y la primera posición de eje de viga pb1. El revestimiento de viga conductor 62 puede ser una malla o parcialmente una malla. El

revestimiento de viga conductor 62 puede ser de un material eléctricamente conductor, tal como polímero reforzado con fibra de carbono o metales, tales como cobre, o aleación de metales.

[0103] También se ilustran una decimocuarta posición de eje de viga pb14 y una decimoquinta posición de eje de viga pb15. Estas posiciones pueden indicar una parte de la viga de larguero 60 que comprende fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono. Por ejemplo, la viga de larguero 60 puede comprender fibras de carbono entre la decimocuarta posición de eje de viga pb14 y una decimoquinta posición de eje de viga pb15. Por ejemplo, la viga de larguero puede comprender elementos reforzados con fibra pultruidos 110, 112 (véase, por ejemplo, la figura 7a-c) que comprenden fibras de carbono entre la decimocuarta posición de eje de viga pb14 y la decimoquinta posición de eje de viga pb15. De forma alternativa o adicionalmente, el elemento reforzado con fibra pultruido 110, 112, por ejemplo, siendo elementos reforzados con fibra de carbono pultruidos, se puede extender entre la decimocuarta posición de eje de viga pb14 y la decimoquinta posición de eje de viga pb15.

[0104] La decimoquinta posición de eje de viga pb15 está entre la quinta posición de eje de viga pb5 y la cuarta posición de eje de viga pb4. La decimoquinta posición de eje de viga pb15 y la quinta posición de eje de viga pb5 están separadas por una cuarta distancia D4. La cuarta distancia D4 puede ser superior a 10 mm, tal como superior a 20 mm, tal como superior a 30 mm, tal como 50 mm. Al terminar el contenido de fibras conductoras antes del extremo del revestimiento de viga conductor 62, se puede potenciar la protección contra rayos de la viga de larguero 60.

[0105] La fig. 5b es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica 10 ejemplar, por ejemplo, una vista en sección transversal de la región de perfil alar, tal como la segunda región de perfil alar, de la pala de turbina eólica 10, tal como la pala de turbina eólica 10 de la fig. 5a vista desde la línea A como se indica en la fig. 5a.

[0106] La pala de turbina eólica 10 comprende una viga de larguero 60. La viga de larguero 60 comprende un revestimiento de viga conductor 62 que circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga 68 alrededor del eje de viga de larguero B. La distancia angular de revestimiento de viga 68 es superior a 90 grados, tal como superior a 180 grados, tal como superior a 270 grados, tal como 360 grados. Por ejemplo, el revestimiento de viga 62 puede circunscribir todo el eje de viga de larguero B, por ejemplo, la distancia angular de revestimiento de viga 68 puede ser de 360 grados, tal como se ilustra. La sección transversal de la viga de larguero 60 es sustancialmente rectangular. Sin embargo, de forma alternativa la sección transversal de la viga de larguero 60 puede ser circular u ovalada.

[0107] La fig. 6a es un diagrama esquemático que ilustra una pala de turbina eólica 10 ejemplar, tal como la pala de turbina eólica 10 de las figuras previas. La pala de turbina eólica 10 comprende una primera sección de pala 44 y una segunda sección de pala 46, almas a cortante 42 y una viga de larguero 60 con una revestimiento de viga 62. La pala de turbina eólica comprende un primer revestimiento de concha conductor 64 y/o un segundo revestimiento de concha conductor 66 que se extiende longitudinalmente desde una primera posición de revestimiento ps1 hasta una segunda posición de revestimiento ps2. Aunque no se ilustra específicamente, la pala de turbina eólica 10 puede comprender una pluralidad de revestimientos de concha conductores a lo largo de la longitud de la pala de turbina eólica 10.

[0108] La primera sección de pala 44 comprende un primer conductor de bajada 80 configurado para conducir la corriente de rayo a tierra. El primer conductor de bajada 80 se conecta eléctricamente al primer revestimiento de concha conductor 64 y/o al segundo revestimiento de concha conductor 66. La segunda sección de pala 46 comprende un segundo conductor de bajada 82. El segundo conductor de bajada 82 está configurado para conectarse al primer conductor de bajada 80 de la primera sección de pala 44.

[0109] El segundo conductor de bajada 82 se conecta eléctricamente al revestimiento de viga conductor 62 en una sexta posición de eje de viga pb6. La sexta posición de eje de viga pb6 está entre la cuarta posición de eje de viga pb4 y la quinta posición de eje de viga pb5. La sexta posición de eje de viga pb6 y la quinta posición de eje de viga pb5 están separadas por una segunda distancia D2. La segunda distancia D2 puede ser inferior a 150 mm, tal como inferior a 100 mm, tal como inferior a 50 mm. En una pala de turbina eólica ejemplar alternativa, la sexta posición de eje de viga pb6 puede ser la quinta posición de eje de viga pb5. Por ejemplo, la segunda distancia D2 puede ser de 0 mm. El segundo conductor de bajada 82 se puede conectar eléctricamente al revestimiento de viga conductor en una pluralidad de posiciones de eje de viga, por ejemplo, incluyendo la sexta posición de eje de viga pb6 y una séptima posición de eje de viga pb7.

[0110] La pala de turbina eólica 10 comprende una pluralidad de receptores de rayos 86 en o cerca de la superficie externa de la pala de turbina eólica 10. La pluralidad de receptores de rayos 86 están conectados eléctricamente al primer conductor de bajada 80 y/o al segundo conductor de bajada 82. La segunda sección de pala 46 comprende un primer receptor de rayos 84. El primer receptor de rayos 84 se sitúa en o cerca del extremo de punta 15. El segundo conductor de bajada 82 se conecta eléctricamente al primer receptor de rayos 84.

[0111] La fig. 6b es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica 10 ejemplar, tal como la pala de turbina eólica 10 de la fig. 6a vista desde la línea B como se indica en la fig. 6a. La pala de turbina eólica 10 comprende un borde de ataque 18, un borde de salida 20, almas a cortante 42 y una viga de larguero 60. La pala de turbina eólica 10 comprende una primera parte de concha, por ejemplo, un lado de presión 24 y una segunda parte de concha, por ejemplo, el lado de succión 26.

[0112] La primera parte de concha 24 comprende un primer revestimiento de concha conductor 64 que circunscribe al menos una primera distancia angular de revestimiento 70 alrededor del eje longitudinal L desde una primera posición angular de revestimiento primaria pa11 hasta una primera posición angular de revestimiento secundaria pa12. El primer revestimiento de concha conductor 64 se puede extender longitudinalmente desde una primera posición de revestimiento ps1 (véase la fig. 6a) hasta una segunda posición de revestimiento ps2 (véase la fig. 6a). La primera parte de concha 24 comprende una primera tapa de larguero 74. El primer revestimiento de concha conductor 64 se sitúa de modo que la primera tapa de larguero 74 está ubicada entre la primera posición angular de revestimiento primaria pa11 y la primera posición angular de revestimiento secundaria pa12.

[0113] La segunda parte de concha 26 comprende un segundo revestimiento de concha conductor 66 que circunscribe al menos una segunda distancia angular de revestimiento 72 alrededor del eje longitudinal L desde una segunda posición angular de revestimiento primaria pa21 hasta una segunda posición angular de revestimiento secundaria pa22. El segundo revestimiento de concha conductor 66 se puede extender longitudinalmente desde una primera posición de revestimiento ps1 (véase la fig. 6a) hasta una segunda posición de revestimiento ps2 (véase la fig. 6a). La segunda parte de concha 26 comprende una segunda tapa de larguero 76. El segundo revestimiento de concha conductor 66 se sitúa de modo que la segunda tapa de larguero se ubique entre la segunda posición angular de revestimiento primaria pa21 y la segunda posición angular de revestimiento secundaria pa22.

[0114] El primer revestimiento de concha conductor 64 y/o el segundo revestimiento de concha conductor 66 pueden ser una malla o parcialmente una malla. El primer revestimiento de concha conductor 64 y/o el segundo revestimiento de concha conductor 66 pueden ser de un material eléctricamente conductor, tal como polímero reforzado con fibra de carbono o metales, tales como cobre, o una aleación de metales.

[0115] Con propósitos ilustrativos, las tapas de larguero 74, 76 y los revestimientos de concha conductores 64, 66 se muestran por separado de las conchas 24, 26 de la pala de turbina eólica 10. Sin embargo, las tapas de larguero 74, 76 y/o las revestimientos de concha conductores 64, 66 pueden ser partes integrantes de las partes de concha 24, 26.

[0116] Un primer conductor de bajada 80 discurre en dirección longitudinal de la pala 10 a lo largo del alma a cortante 42, por ejemplo, a lo largo del alma a cortante de borde de salida. El primer conductor de bajada 80 puede discurrir de forma alternativa a lo largo del alma a cortante de borde de ataque. El primer conductor de bajada 80 se conecta eléctricamente a una pluralidad de receptores de rayos 86. Los receptores de rayos 86 se pueden sujetar por un soporte de receptor 90. El soporte de receptor 90 puede ser de un material eléctricamente conductor, tal como polímero reforzado con fibra de carbono o metal. De forma alternativa, el soporte de receptor 90 puede ser de un material no eléctricamente conductor, en este caso, los receptores 86 se pueden conectar eléctricamente al primer conductor de bajada 80 con cables u otros medios conductores. Los receptores de rayos 86 se pueden ubicar en o cerca de la superficie externa de la pala de turbina eólica 10.

[0117] La fig. 7a es un diagrama esquemático que ilustra una viga de larguero 60 ejemplar, tal como la viga de larguero 60 ilustrada en las figuras previas. La viga de larguero 60 se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje de viga de larguero B y se configura para conectar una primera sección de pala y una segunda sección de pala de una pala de turbina eólica, por ejemplo, como se ilustra en relación con las figuras previas (véase, por ejemplo, la fig. 5a).

[0118] La fig. 7b es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de una viga de larguero 60 ejemplar, tal como la viga de larguero 60 de la fig. 7a. Con propósitos ilustrativos, se muestran por separado los diferentes elementos de la viga de larguero 60. Sin embargo, los diferentes elementos se pueden situar unos contra otros.

[0119] Las figs. 7a y 7b se describirán conjuntamente en lo que sigue.

[0120] La viga de larguero tiene un primer lado de viga 102, un segundo lado de viga 104, un lado de viga de borde de salida 106 y un lado de viga de borde de ataque 108. El primer lado de la viga 102 o el segundo lado de viga 104 se pueden configurar para orientarse hacia el lado de presión o hacia el lado de succión de la pala de turbina eólica. El lado de viga de borde de salida 104 se configura para orientarse hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica. El lado de viga de borde de ataque 108 se configura para orientarse hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica.

[0121] La viga de larguero 60 comprende una pluralidad de elementos reforzados con fibra, tales como elementos reforzados con fibra de carbono pultruidos. Por ejemplo, la viga de larguero 60 comprende un primer elemento reforzado con fibra 110 y un segundo elemento reforzado con fibra 112. Los elementos reforzados con fibra, tales como el primer elemento reforzado con fibra 110 y el segundo elemento reforzado con fibra 112, se extienden paralelos al eje de viga de larguero B.

[0122] La viga de larguero 60 tiene un núcleo de viga 114. El núcleo de viga 114 puede comprender uno o más elementos, tales como elementos de espuma para rellenar parte o la totalidad del interior de la viga de larguero 60. De forma alternativa, el núcleo de viga 114 puede ser hueco.

[0123] La viga de larguero 60 comprende un revestimiento de viga conductor 62 que circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga de la viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero B y que se extiende longitudinalmente desde una cuarta posición de eje de viga hasta una quinta posición de eje de viga (véanse, por ejemplo, las fig. 5a y 5b).

[0124] El primer elemento reforzado con fibra 110 y el segundo elemento reforzado con fibra 112 se sitúan entre el revestimiento de viga conductor 62 y el eje de viga de larguero B. De este modo, el revestimiento de viga conductor 62 puede proteger los elementos reforzados con fibra 110, 112, que posiblemente comprenden fibras eléctricamente conductoras, de someterse a impactos de rayos.

[0125] La viga de larguero comprende una primera capa reforzada con fibra 116 entre los elementos reforzados con fibra 110, 112 y el revestimiento de viga conductor 62. La primera capa reforzada con fibra 116 puede ser una capa reforzada con fibra biaxial y/o puede comprender una o más láminas de fibra biaxial, tal como una pluralidad, tal como dos, láminas de fibra biaxial. La primera capa reforzada con fibra 116 puede proporcionar estabilidad y resistencia para evitar o reducir la tensión interna que se va a transferir al revestimiento de viga conductor 62. Además, la primera capa reforzada con fibra 116 puede proporcionar una capa aislante eléctrica entre los elementos reforzados con fibra 110, 112 y el revestimiento de viga conductor 62.

[0126] La viga de larguero 60 comprende una segunda capa reforzada con fibra 118. El revestimiento de viga conductor 62 se sitúa entre la segunda capa reforzada con fibra 118 y el eje de viga de larguero B. El revestimiento de viga conductor 62 se sitúa entre la segunda capa reforzada con fibra 118 y la primera capa reforzada con fibra 116. La segunda capa reforzada con fibra 118 puede ser una capa reforzada con fibra biaxial y/o puede comprender una o más láminas de fibra biaxial, tal como una pluralidad, tal como dos, láminas de fibra biaxial. La segunda capa reforzada con fibra 118 puede proporcionar estabilidad y resistencia para evitar o reducir la tensión en el revestimiento de viga conductor 62.

[0127] El revestimiento de viga conductor 62 comprende una superposición primaria 130 en la que una primera parte de revestimiento de viga primaria 132 y una segunda parte de revestimiento de viga primaria 134 se superponen. Por ejemplo, el revestimiento de viga conductor 62 se puede proporcionar como un único revestimiento que se envuelve alrededor de los elementos internos de la viga de larguero 60 para formar el revestimiento de viga conductor 62. La superposición primaria 130 está ubicada en el primer lado de viga 102. Sin embargo, la superposición primaria 130 se puede ubicar en el segundo lado de viga 104. De forma alternativa o adicionalmente, el revestimiento de viga conductor 62 puede comprender una superposición secundaria 140, por ejemplo, ubicada en el segundo lado de viga 104.

[0128] La superposición primaria 130 se extiende desde una octava posición de eje de viga pb8 hasta una novena posición de eje de viga pb9. La superposición primaria 130 se puede extender a lo largo de toda la longitud del revestimiento de viga. La octava posición de eje de viga pb8 puede ser la cuarta posición de eje de viga pb4 (véase, por ejemplo, la fig. 5a). La novena posición de eje de viga pb9 puede ser la quinta posición de eje de viga pb5 (véase, por ejemplo, la fig. 5a). La superposición primaria puede ser de al menos 50 mm en dirección transversal, por ejemplo, a lo largo de la superficie del primer lado de viga 102 y/o perpendicular al eje de viga de larguero B.

[0129] La superposición primaria 130 se extiende una distancia angular de superposición primaria 136 alrededor del eje de viga B. La superposición primaria 130 se extiende desde una primera posición angular de superposición primaria 138 hasta una segunda posición angular de superposición primaria 139.

[0130] La viga de larguero comprende un primer cable de viga conductor 150 y un segundo cable de viga conductor 160. El primer cable de viga conductor 150 circunscribe una primera distancia angular de cable de viga 152 alrededor del eje de viga de larguero B desde una primera posición angular de cable de viga primaria 154 hasta una primera posición angular de cable de viga secundaria 156. El segundo cable de viga conductor 160 circunscribe una segunda distancia angular de cable de viga 162 alrededor del eje de viga de larguero B desde una segunda posición angular de cable de viga primaria 164 hasta una segunda posición angular de cable de viga secundaria 166. El primer cable de viga conductor 150 y el segundo cable de viga conductor 160 están conectados al revestimiento de viga conductor 62. Por ejemplo, los cables de viga conductores 150, 160 pueden estar en contacto con el revestimiento de viga 62 y/o los cables de viga conductores 150, 160 se pueden soldar al revestimiento de viga 62. Los cables de viga conductores 150, 160 se pueden soldar al revestimiento de viga 62.

en una o más secciones a lo largo de los cables de viga conductores 150, 160 y/o los cables de viga conductores 150, 160 pueden no soldarse al revestimiento de viga 62 en una o más de otras secciones a lo largo de los cables de viga conductores 150, 160. Los cables de viga conductores 150, 160 pueden ser cables trenzados. Los cables de viga conductores 150, 160 pueden proporcionar una conexión eléctrica desde un lado del revestimiento de viga 62 a otro lado del revestimiento de viga 62, por ejemplo, desde el lado de viga de borde de ataque 108 hasta el lado de viga de borde de salida 106.

[0131] El revestimiento de viga conductor 62 se sitúa entre el primer cable de viga conductor 150 y el eje de viga de larguero B. El revestimiento de viga conductor 62 se sitúa entre el segundo cable de viga conductor 160 y el eje de viga de larguero B. Los cables de viga conductores 150, 160 se sitúan entre la segunda capa reforzada con fibra 118 y el revestimiento de viga conductor 62.

[0132] La primera distancia angular de cable de viga 152 es superior a 360 grados, por ejemplo, proporcionando una primera superposición de cable de viga 158. La segunda distancia angular de cable de viga 162 es superior a 360 grados, por ejemplo, proporcionando una segunda superposición de cable de viga 168. Las superposiciones de cables de viga 158, 168 pueden ser mayores de 50 mm. Las superposiciones de cables de viga 158, 168 pueden comprender que una parte de extremo primario 150a, 160a de un cable de viga conductor 150, 160 está en contacto con la parte de extremo secundario 150b, 160b opuesta respectiva del cable de viga conductor 150, 160. Sin embargo, de forma alternativa, las partes de extremo primario 150a, 160a se pueden disponer junto a las partes de extremo secundario 150b, 160b en la dirección longitudinal de la viga de larguero, como se ilustra en la fig. 7a. En otra viga de larguero ejemplar, la primera distancia angular de cable de viga y/o la segunda distancia angular de cable de viga pueden ser inferiores a 360 grados, tal como para no proporcionar una superposición de cable de viga.

[0133] Las superposiciones de cables de viga 158, 168 se proporcionan en el lado de viga de borde de salida 106, como se ilustra. Las posiciones angulares de cable de viga primarias 154, 164 y las posiciones angulares de cable de viga secundarias 156, 166 se ubican en el lado de viga de borde de salida 106.

[0134] La viga de larguero 60 comprende posiciones de fijación, en las que el revestimiento de viga conductor 62 se configura para su conexión con un conductor de bajada configurado para conducir la corriente de rayo a tierra. Por ejemplo, la viga de larguero 60 puede comprender una primera posición de fijación y/o una segunda posición de fijación, tal como la sexta posición de eje de viga pb6 y/o la séptima posición de eje de viga pb7 (véase, por ejemplo, la fig. 6a), respectivamente. La viga de larguero 60 comprende un primer disco de fijación 170 en la primera posición de fijación y un segundo disco de fijación 172 en la segunda posición de fijación. Los discos de fijación 170, 172 se pueden soldar al revestimiento de viga conductor 62 y/o a los cables de viga conductores 150, 160. Los discos de fijación 170, 172 se pueden proporcionar para sobresalir a través de la segunda capa reforzada con fibra 118. Por ejemplo, la segunda capa reforzada con fibra 118 puede estar provista de orificios alrededor de los discos de fijación 170, 172.

[0135] La fig. 7c ilustra esquemáticamente una configuración alternativa de los cables de viga conductores 150, 160 como se describe en relación con las fig. 7a y 7b. Como se ilustra, la primera distancia angular de cable de viga y/o la segunda distancia angular de cable de viga pueden ser inferiores a 360 grados, tal como para no proporcionar una superposición de cable de viga en el lado de viga de borde de salida 106.

[0136] Además, como se ilustra, los cables de viga conductores 150, 160, se pueden dividir en un cable de viga conductor primario 150', 160' y un cable de viga conductor secundario 150'', 160''. Por tanto, el primer cable de viga conductor 150 comprende un primer cable de viga conductor primario 150' y un primer cable de viga conductor secundario 150''. El segundo cable de viga conductor 160 comprende un segundo cable de viga conductor primario 160' y un segundo cable de viga conductor secundario 160''.

[0137] El cable de viga conductor primario 150', 160' circunscribe una distancia angular de cable de viga primario 152', 162' alrededor del eje de viga de larguero B desde la posición angular de cable de viga primaria 154, 164 hasta una posición angular de cable de viga terciaria 155, 165. Por tanto, el primer cable de viga conductor primario 150' circunscribe una primera distancia angular de cable de viga primario 152' alrededor del eje de viga de larguero B desde la primera posición angular de cable de viga primaria 154 hasta una primera posición angular de cable de viga terciaria 155. El segundo cable de viga conductor primario 160' circunscribe una segunda distancia angular de cable de viga primario 162' alrededor del eje de viga de larguero B desde la segunda posición angular de cable de viga primaria 164 hasta una segunda posición angular de cable de viga terciaria 165.

[0138] El cable de viga conductor secundario 150'', 160'' circunscribe una distancia angular de cable de viga secundario 152'', 162'' alrededor del eje de viga de larguero B desde la posición angular de cable de viga secundaria 156, 166 hasta una posición angular de cable de viga cuaternaria 157, 167. Por tanto, el primer cable de viga conductor secundario 150'' circunscribe una primera distancia angular de cable de viga secundario 152'' alrededor del eje de viga de larguero B desde la primera posición angular de cable de viga secundaria 156 hasta una primera posición angular de cable de viga cuaternaria 157. El segundo cable de viga conductor secundario 160'' circunscribe una segunda distancia angular de cable de viga secundario 162'' alrededor del eje de viga de larguero

B desde la segunda posición angular de cable de viga secundaria 166 hasta una segunda posición angular de cable de viga cuaternaria 167.

[0139] El cable de viga conductor primario 150', 160' se superpone al cable de viga conductor secundario 150", 160", tal como para formar el cable de viga conductor 150, 160 respectivo. Por tanto, el primer cable de viga conductor primario 150' se superpone al primer cable de viga conductor secundario 150", tal como para formar una primera superposición de cable de viga secundaria 159, y tal como para formar el primer cable de viga conductor. El segundo cable de viga conductor primario 160' se superpone al segundo cable de viga conductor secundario 160", tal como para formar una segunda superposición de cable de viga secundaria 169, y tal como para formar el primer cable de viga conductor. La superposición de cable de viga secundaria 159, 169 se puede proporcionar en el primer lado de viga como se muestra. Sin embargo, de forma alternativa, la superposición de cable de viga secundaria 159, 169 se puede proporcionar en otros lados, tal como en el segundo lado de viga.

[0140] La fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra el lado de viga de borde de salida de un revestimiento de viga 62 ejemplar, tal como el revestimiento de viga 62 como se ilustra en relación con las figuras previas.

[0141] El revestimiento de viga conductor 62 se configura para su conexión con un conductor de bajada en posiciones de fijación. Por ejemplo, se puede proporcionar un primer disco de fijación 170 en la primera posición de fijación, y se puede proporcionar un segundo disco de fijación 172 en la segunda posición de fijación. Los discos de fijación 170, 172 se pueden soldar al revestimiento de viga conductor 62 y/o a los cables de viga conductores 150, 160.

[0142] El primer disco de fijación 170 se proporciona en, tal como para cubrir, una primera parte de extremo primario 150a del primer cable de viga conductor 150 y una primera parte de extremo secundario 150b del primer cable de viga conductor 150. Como se muestra, la primera parte de extremo primario 150a y la primera parte de extremo secundario 150b pueden formar una primera superposición de cable de viga, como se describe con más detalle con respecto a la fig. 7b. Sin embargo, de forma alternativa, el primer cable de viga conductor 150 se puede proporcionar tal como para no proporcionar una primera superposición de cable de viga.

[0143] El segundo disco de fijación 172 se proporciona en, tal como para cubrir, una segunda parte de extremo primario 160a del segundo cable de viga conductor 160 y una segunda parte de extremo secundario 160b del segundo cable de viga conductor 160. Como se muestra, la segunda parte de extremo primario 160a y la segunda parte de extremo secundario 160b pueden formar una segunda superposición de cable de viga, como se describe con más detalle con respecto a la fig. 7b. Sin embargo, de forma alternativa, el segundo cable de viga conductor 160 se puede proporcionar tal como para no proporcionar una segunda superposición de cable de viga.

[0144] Los discos de fijación 170, 172 pueden proporcionar puntos de fijación para un conductor de bajada (véase, por ejemplo, la fig. 6a), tal como para conectar eléctricamente el conductor de bajada con el revestimiento de viga conductor 62 y/o los cables de viga conductores 150, 160. Los cables de viga conductores pueden proporcionar una vía conductora menos resistiva al conductor de bajada, tal como para reducir la dependencia de la conductancia del revestimiento de viga conductor 62 para dirigir la corriente desde un potencial impacto de rayo al conductor de bajada, por ejemplo, desde un lado opuesto, por ejemplo, el lado de viga de borde de ataque, de la viga de larguero.

[0145] La fig. 9 es un diagrama esquemático que ilustra una viga de larguero 60 ejemplar, tal como la viga de larguero 60 como se ilustra en las figuras previas, ilustrando, sin embargo, un tercer cable de viga conductor 190. El tercer cable de viga conductor 190 se extiende en paralelo con el eje de viga B. El tercer cable de viga conductor 190 se extiende desde una duodécima posición de eje de viga pb12 hasta una decimotercera posición de eje de viga pb13. El tercer cable de viga conductor 190 se sitúa en el lado de viga de borde de salida 106.

[0146] El/los disco(s) de fijación 170, 172, como se describe en relación con la fig. 8, se puede(n) proporcionar en, tal como para cubrir, partes del tercer cable de viga conductor 190. Por ejemplo, el primer disco de fijación 170 se puede proporcionar en, tal como para cubrir, una tercera parte primaria 190b del tercer cable de viga conductor 190. El segundo disco de fijación 172 se puede proporcionar en, tal como para cubrir, una tercera parte secundaria 190b del tercer cable de viga conductor 190.

[0147] El tercer cable de viga conductor 190 se puede proporcionar como una alternativa a o en combinación con cables de viga conductores que se extienden transversalmente, tales como el primer cable de viga conductor 150 y/o el segundo cable de viga conductor 160, como se ilustra en la fig. 7a.

[0148] El término "receptor" se ha de entender como un objeto eléctricamente conductor que se configura con vistas a captar y conducir una corriente de rayo.

[0149] A lo largo de toda la divulgación, el término "conductor", si no se especifica de otro modo, se ha de entender como eléctricamente conductor.

[0150] Los elementos numerados se proporcionan únicamente con propósitos de denominación para permitir distinguir entre elementos. Por consiguiente, la numeración no implica ningún orden de importancia y la presencia de un elemento numerado no se ha de interpretar como que implica la presencia de ningún elemento numerado inferior. Por ejemplo, un cuarto elemento puede estar presente sin un primer, segundo o tercer elemento correspondiente.

[0151] La invención se ha descrito con referencia a modos de realización preferentes. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a los modos de realización ilustrados, y se pueden llevar a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

Lista de referencias

[0152]

2 turbina eólica

4 torre

6 góndola

8 buje

10 pala

14 punta de pala

15 extremo de punta

16 raíz de pala

17 extremo de raíz

18 borde de ataque

20 borde de salida

24 primera parte de concha de pala (lado de presión)

26 segunda parte de concha de pala (lado de succión)

28 líneas de unión/juntas de pegamento

30 región de raíz

32 región de transición

34 región de perfil alar

34a primera región de perfil alar

34b segunda región de perfil alar

36 región de punta

38 línea de cuerda

40 hombro

42 alma a cortante o lado de larguero

44 primera sección de pala

46 segunda sección de pala

50 primer extremo

	52 segundo extremo
	60 viga de larguero
5	62 revestimiento de viga
	64 primer revestimiento de concha conductor
	66 segundo revestimiento de concha conductor
10	68 distancia angular de revestimiento de viga
	70 primera distancia angular de revestimiento
15	72 segunda distancia angular de revestimiento
	74 primera tapa de larguero
	76 segunda tapa de larguero
20	80 primer conductor de bajada
	82 segundo conductor de bajada
25	84 primer receptor de rayos
	86 receptor de rayos
	90 soporte de receptor
30	102 primer lado de viga
	104 segundo lado viga
35	106 lado de viga de borde de salida
	108 lado de viga de borde de ataque
	110 primer elemento reforzado con fibra
40	112 segundo elemento reforzado con fibra
	114 núcleo de viga
45	116 primera capa reforzada con fibra
	118 segunda capa reforzada con fibra
	130 superposición primaria
50	132 primera parte de revestimiento de viga primaria
	134 segunda parte de revestimiento de viga primaria
55	136 distancia angular de superposición primaria
	138 primera posición angular de superposición primaria
	139 segunda posición angular de superposición primaria
60	140 superposición secundaria
	142 primera parte de revestimiento de viga secundaria
65	144 segunda parte de revestimiento de viga secundaria

	146 distancia angular de superposición secundaria
	148 primera posición angular de superposición secundaria
5	149 segunda posición angular de superposición secundaria
	150 primer cable de viga conductor
	150' primer cable de viga conductor primario
10	160" primer cable de viga conductor secundario
	150a primera parte de extremo primario
15	150b primera parte de extremo secundario
	152 primera distancia angular de cable de viga
	152' primera distancia angular de cable de viga primario
20	152" primera distancia angular de cable de viga secundario
	154 primera posición angular de cable de viga primaria
25	155 primera posición angular de cable de viga terciaria
	156 primera posición angular de cable de viga secundaria
	157 primera posición angular de cable de viga cuaternaria
30	158 primera superposición de cable de viga
	159 primera superposición de cable de viga secundaria
35	160 segundo cable de viga conductor
	160' segundo cable de viga conductor primario
	160" segundo cable de viga conductor secundario
40	160a segunda parte de extremo primario
	160b segunda parte de extremo secundario
45	162 segunda distancia angular de cable de viga
	162' segunda distancia angular de cable de viga primario
	162" segunda distancia angular de cable de viga secundario
50	164 segunda posición angular de cable de viga primaria
	165 segunda posición angular de cable de viga terciaria
55	166 segunda posición angular de cable de viga secundaria
	167 segunda posición angular de cable de viga cuaternaria
	168 segunda superposición de cable de viga
60	169 segunda superposición de cable de viga secundaria
	170 primer disco de fijación
65	172 segundo disco de fijación

	190 tercer cable de viga conductor
	Eje de viga de larguero B
5	D1 primera distancia
	D2 segunda distancia
	D3 tercera distancia
10	D4 cuarta distancia
	L eje longitudinal
15	pa11 primera posición angular de revestimiento primaria
	pa12 primera posición angular de revestimiento secundaria
	pa21 segunda posición angular de revestimiento primaria
20	pa22 segunda posición angular de revestimiento secundaria
	pb1 primera posición de eje de viga
25	pb2 segunda posición de eje de viga
	pb3 tercera posición de eje de viga
	pb4 cuarta posición de eje de viga
30	pb5 quinta posición de eje de viga
	pb6 sexta posición de eje de viga
35	pb7 séptima posición de eje de viga
	pb8 octava posición de eje de viga
	pb9 novena posición de eje de viga
40	pb10 décima posición de eje de viga
	pb11 undécima posición de eje de viga
45	pb12 duodécima posición de eje de viga
	pb13 decimotercera posición de eje de viga
	pb14 decimocuarta posición de eje de viga
50	pb15 decimoquinta posición de eje de viga
	ps1 primera posición de revestimiento
55	ps2 segunda posición de revestimiento

REIVINDICACIONES

1. 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65
Viga de larguero (60) para conectar estructuralmente una primera sección de pala (44) y una segunda sección de pala (46) de una pala de turbina eólica (10), en la que la pala de turbina eólica se extiende a lo largo de un eje longitudinal (L) desde una raíz (16) a través de una primera región de perfil alar (34a) y una segunda región de perfil alar (34b) hasta una punta (14), en la que la primera sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo (50) y la segunda sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo (52) hacia la punta, comprendiendo la primera sección de pala una primera tapa de larguero (74) y la primera región de perfil alar, comprendiendo la segunda sección de pala una segunda tapa de larguero (76) y la segunda región de perfil alar, comprendiendo la primera sección de pala y la segunda sección de pala un lado de presión (24), un lado de succión (26) y una línea de cuerda (38) que se extiende entre un borde de ataque (18) y un borde de salida (20),

extendiéndose longitudinalmente la viga de larguero a lo largo de un eje de viga de larguero (B) desde un primer extremo de viga en una primera posición de eje de viga (pb1) hasta un segundo extremo de viga en una segunda posición de eje de viga (pb2) y estando configurada para situarse de modo que la primera posición de eje de viga se ubique en la primera región de perfil alar y la segunda posición de eje de viga se ubique en la segunda región de perfil alar y una tercera posición de eje de viga (pb3) entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga se alinee con el segundo extremo de la segunda sección de pala,
teniendo la viga de larguero un primer lado de viga (102) configurado para orientarse hacia el lado de presión o el lado de succión de la pala de turbina eólica, un lado de viga de borde de salida (106) configurado para orientarse hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica, y un lado de viga de borde de ataque (108) configurado para orientarse hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica, comprendiendo la viga de larguero un revestimiento de viga conductor (62) que circunscribe al menos una distancia angular de revestimiento de viga (68) de la viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero y que se extiende longitudinalmente a lo largo del eje de viga de larguero desde una cuarta posición de eje de viga (pb4) hasta una quinta posición de eje de viga (pb5),
la viga de larguero comprende un primer elemento reforzado con fibra (110) que incluye fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono, y que se extiende paralelo al eje de viga de larguero, en la que el primer elemento reforzado con fibra se sitúa entre el revestimiento de viga conductor y el eje de viga de larguero y se configura para conectar estructuralmente las primera y segunda secciones de pala.
2. Viga de larguero de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la primera sección de pala se extiende desde la raíz y comprende una región de raíz, y/o en la que la segunda sección de pala se extiende hasta la punta y la segunda región de perfil alar comprende la punta.
3. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la cuarta posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga están entre la primera posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga.
4. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende una primera capa reforzada con fibra entre el primer elemento reforzado con fibra y el revestimiento de viga conductor.
5. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende una segunda capa reforzada con fibra, en la que el revestimiento de viga conductor se sitúa entre la segunda capa reforzada con fibra y el eje de viga de larguero.
6. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento de viga conductor comprende una superposición primaria en la que una primera parte de revestimiento de viga primaria y una segunda parte de revestimiento de viga primaria se superponen, por ejemplo,

en la que la superposición primaria se extiende desde una octava posición de eje de viga, por ejemplo, la cuarta posición de eje de viga, hasta una novena posición de eje de viga, por ejemplo, la quinta posición de eje de viga, y/o
en la que la superposición primaria se extiende una distancia angular de superposición primaria alrededor del eje de viga desde una primera posición angular de superposición primaria hasta una segunda posición angular de superposición primaria, y/o
en la que la superposición primaria se ubica en el primer lado de viga, y/o
en la que la superposición primaria es de al menos 50 mm en una dirección transversal perpendicular al eje de viga de larguero.
7. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende un primer cable de viga conductor que circunscribe al menos una primera distancia angular de cable de viga de la

viga de larguero alrededor del eje de viga de larguero desde una primera posición angular de cable de viga primaria hasta una primera posición angular de cable de viga secundaria, en la que el primer cable de viga conductor se conecta al revestimiento de viga conductor, por ejemplo,

- 5 en la que el revestimiento de viga conductor se sitúa entre el primer cable de viga conductor y el eje de viga de larguero, y/o
en la que la primera distancia angular de cable de viga es superior a 360 grados, por ejemplo, proporcionando una primera superposición de cable de viga, la primera superposición de cable de viga puede ser superior a 50 mm, y/o
- 10 en la que la primera posición angular de cable de viga primaria y la primera posición angular de cable de viga secundaria se ubican en el lado de viga de borde de salida.
8. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende una primera posición de fijación, en la que el revestimiento de viga conductor se configura para su conexión con un conductor de bajada configurado para conducir la corriente de rayo a tierra, por ejemplo,
15 en la que la viga de larguero comprende un primer disco de fijación en la primera posición de fijación, por ejemplo, el primer disco de fijación puede ser soldado por soldadura blanda o fuerte con aporte ("soldered") y/o soldado for fusión ("welded"), por ejemplo, soldado por resistencia, al revestimiento de viga conductor, y/o
20 en la que la primera posición de fijación se ubica en el lado de la viga de borde de salida.
9. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la distancia angular de revestimiento de viga es superior a 90 grados, tal como superior a 180 grados, tal como superior a 270 grados, tal como 360 grados.
- 25 10. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la quinta posición de eje de viga es la segunda posición de eje de viga, o en la que la quinta posición de eje de viga está entre la cuarta posición de eje de viga y la segunda posición de eje de viga.
- 30 11. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la cuarta posición de eje de viga está entre la tercera posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga.
- 35 12. Viga de larguero de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la cuarta posición de eje de viga y la tercera posición de eje de viga están separadas por una primera distancia, siendo la primera distancia superior a 10 mm.
- 40 13. Una pala de turbina eólica que se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz a través de una primera región de perfil alar y una segunda región de perfil alar hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una primera sección de pala que se extiende a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo y una segunda sección de pala que se extiende a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo hacia la punta, comprendiendo la primera sección de pala una primera tapa de larguero y la primera región de perfil alar, comprendiendo la segunda sección de pala una segunda tapa de larguero y la segunda región de perfil alar, comprendiendo la primera sección de pala y la segunda sección de pala un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida,
45 comprendiendo la pala de turbina eólica una viga de larguero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones previas, conectando estructuralmente la viga de larguero la primera sección de pala y la segunda sección de pala,
50 en la que el primer elemento reforzado con fibra conecta estructuralmente las primera y segunda secciones de pala, en la que la primera sección de pala comprende preferentemente un primer conductor de bajada configurado para conducir la corriente de rayo a tierra, y en la que la segunda sección de pala comprende preferentemente un segundo conductor de bajada configurado para conectarse al primer conductor de bajada de la primera sección de pala, y en la que el segundo conductor de bajada preferentemente se conecta eléctricamente al revestimiento de viga conductor en una primera posición de fijación, en la que la primera posición de fijación está entre la cuarta posición de eje de viga y la quinta posición de eje de viga.
- 55 14. Un procedimiento para conectar estructuralmente una primera sección de pala con una segunda sección de pala de una pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
60 - proporcionar una viga de larguero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12 y la primera y segunda sección de pala de la pala de turbina eólica;
65 - situar la viga de larguero de modo que la primera posición de eje de viga se ubique en la primera región de perfil alar de la primera sección de pala y la segunda posición de eje de viga se ubique en la segunda

- 5 región de perfil alar de la segunda sección de pala y la tercera posición de eje de viga se alinee con el segundo extremo de la segunda sección de pala, y de modo que el primer lado de viga esté orientado hacia el lado de presión o el lado de succión de la pala de turbina eólica, el lado de viga de borde de salida de la viga esté orientado hacia el borde de salida de la pala de turbina eólica, y el lado de viga de borde de ataque esté orientado hacia el borde de ataque de la pala de turbina eólica; y
- conectar estructuralmente la primera sección de pala y la segunda sección de pala por medio de la viga de larguero.
- 10 15. Uso de una viga de larguero de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12 para conectar estructuralmente una primera sección de pala y una segunda sección de pala para formar una pala de turbina eólica, en la que la pala de turbina eólica se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz a través de una primera región de perfil alar y una segunda región de perfil alar hasta una punta, en la que la primera sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal hasta un primer extremo y la segunda sección de pala se extiende a lo largo del eje longitudinal desde un segundo extremo hacia la punta,
- 15 comprendiendo la primera sección de pala una primera tapa de larguero y la primera región de perfil alar, comprendiendo la segunda sección de pala una segunda tapa de larguero y la segunda región de perfil alar, comprendiendo la primera sección de pala y la segunda sección de pala un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida.

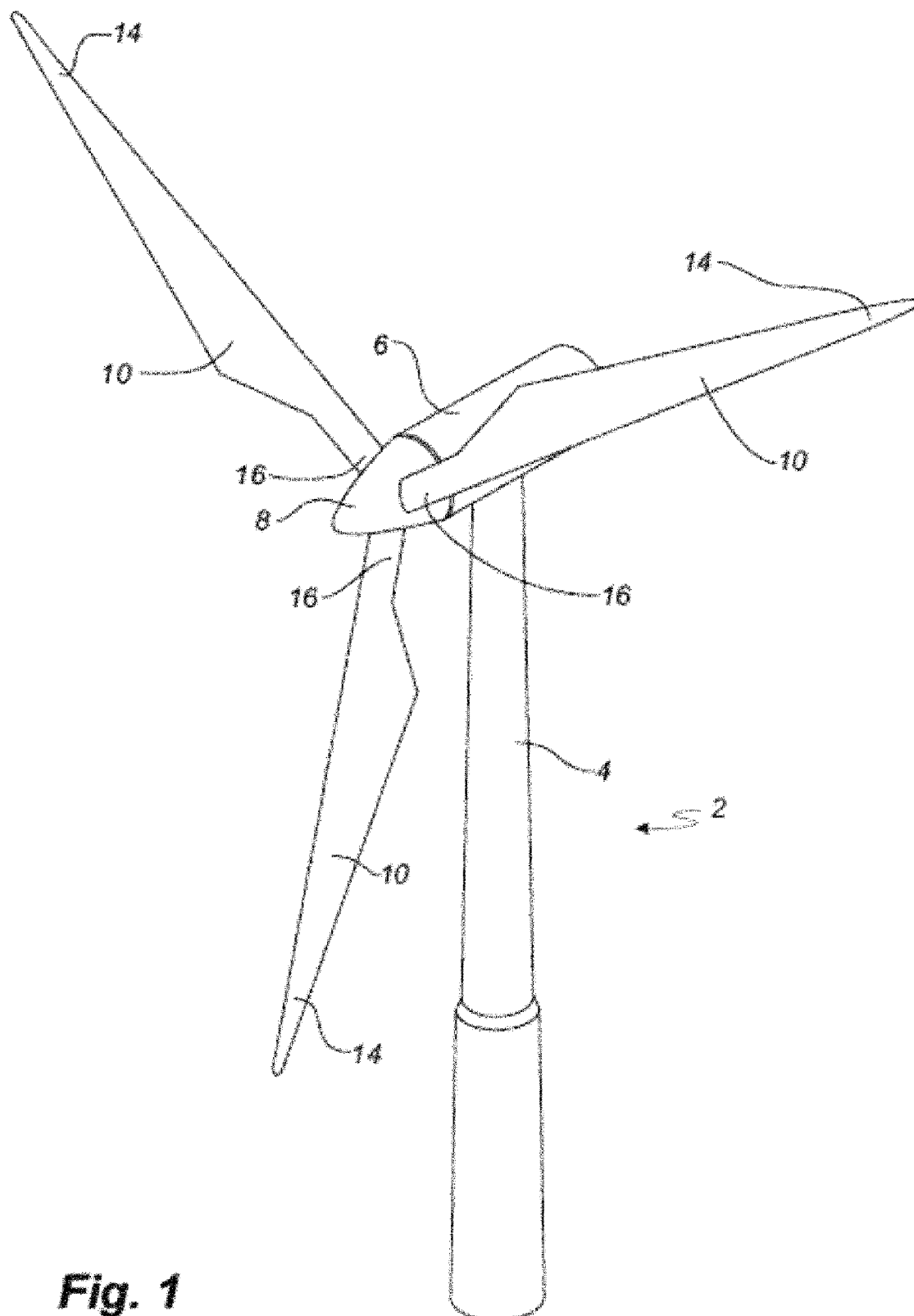


Fig. 1

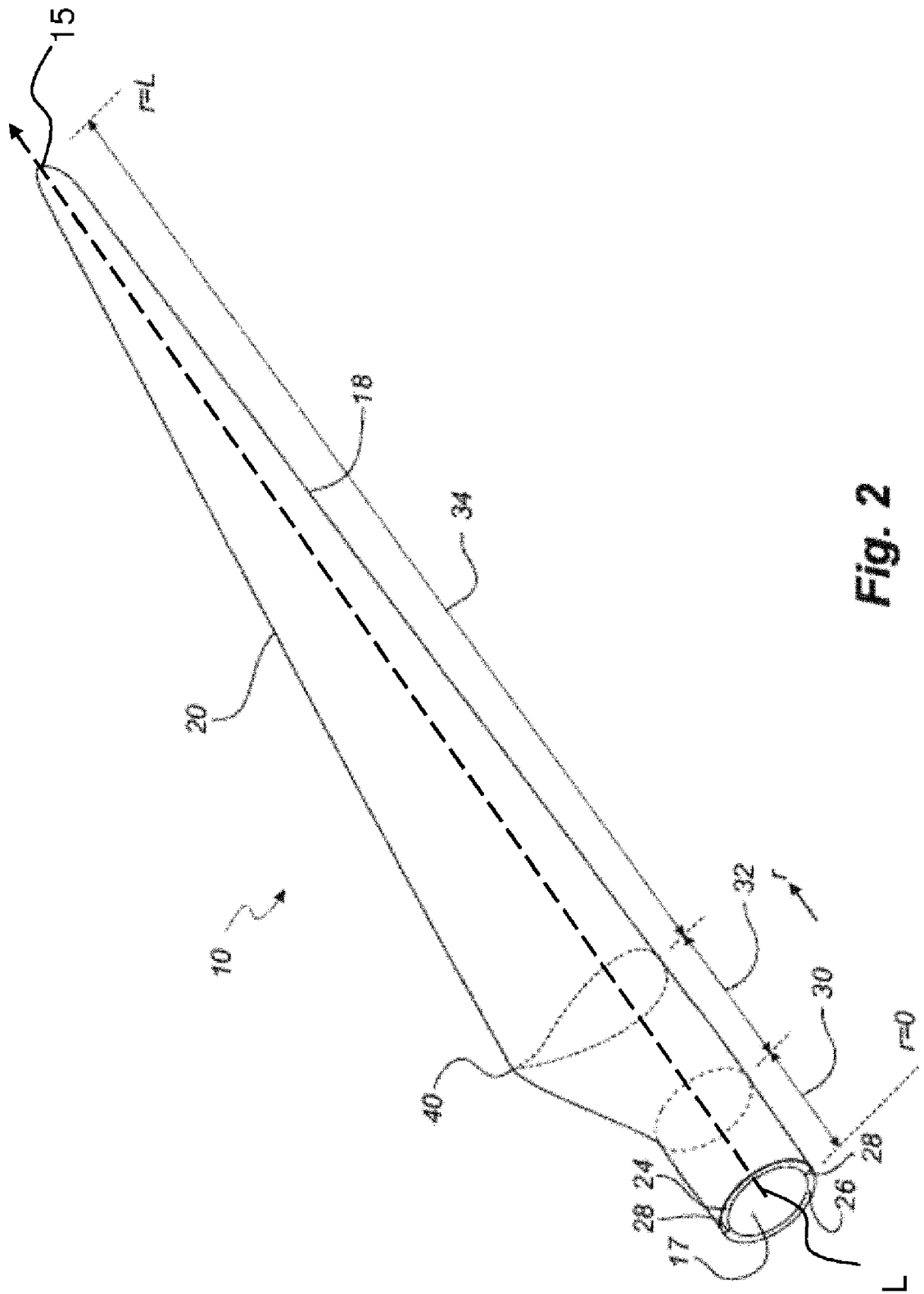


Fig. 2

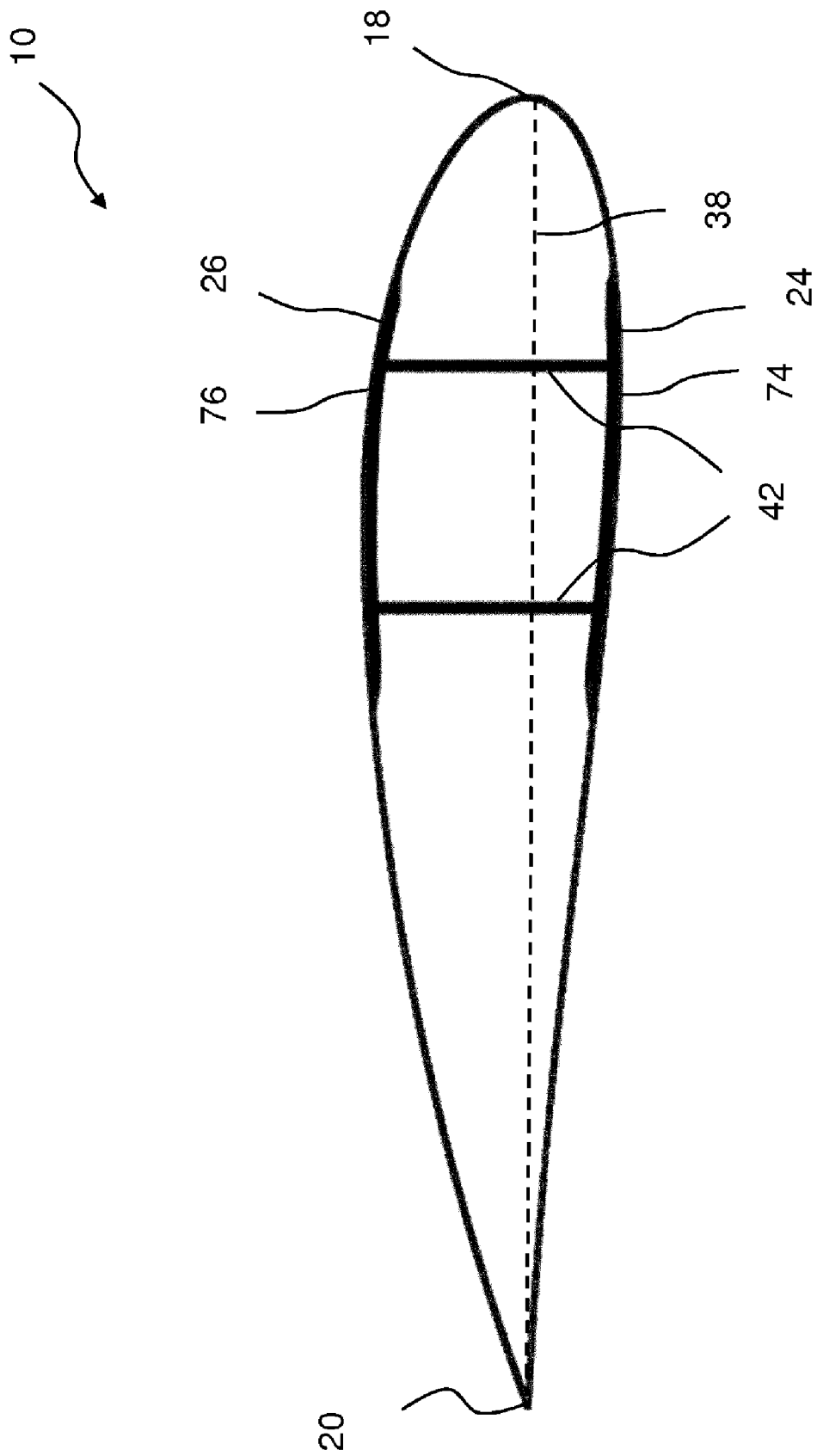


Fig. 3

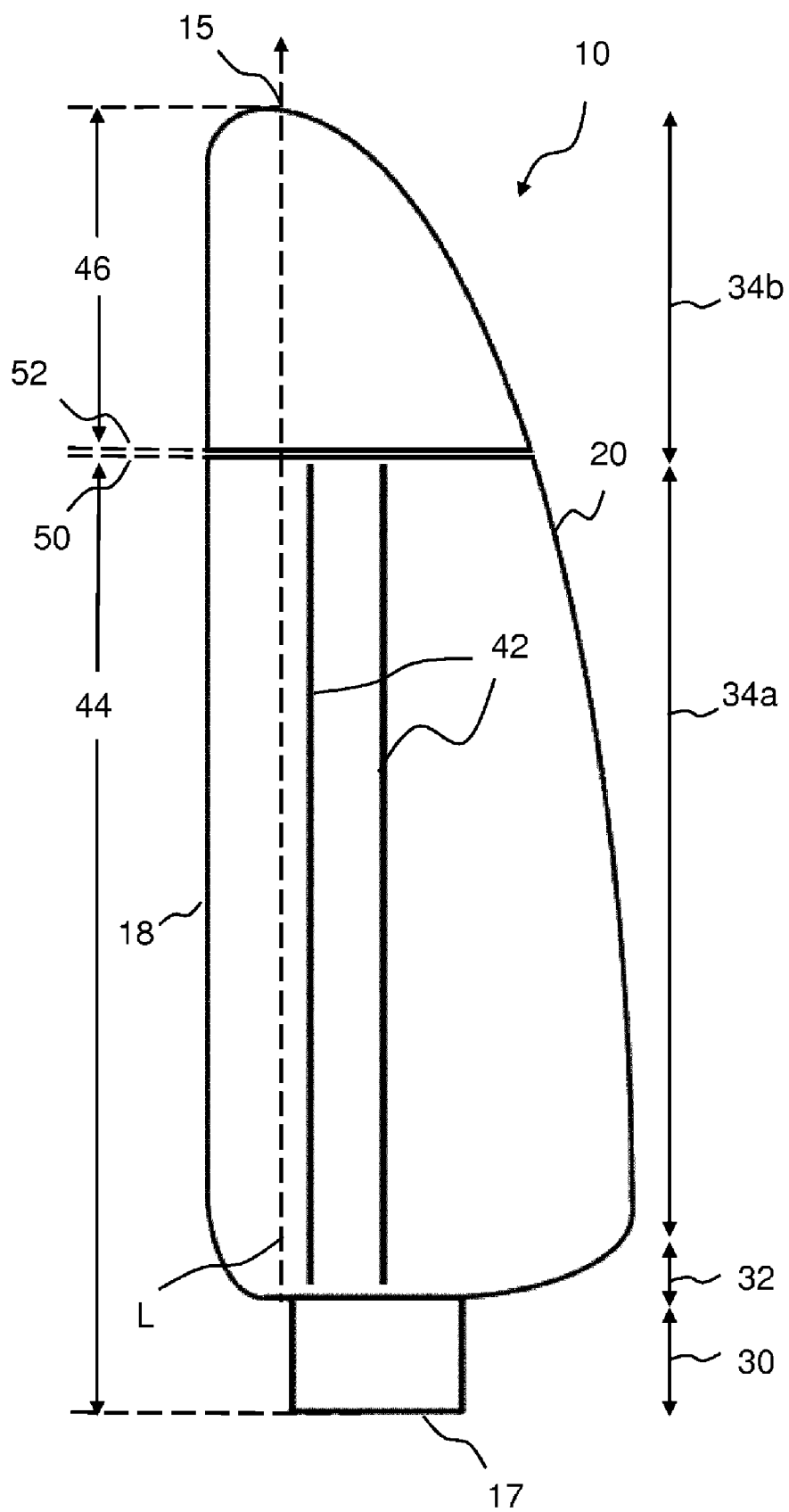


Fig. 4

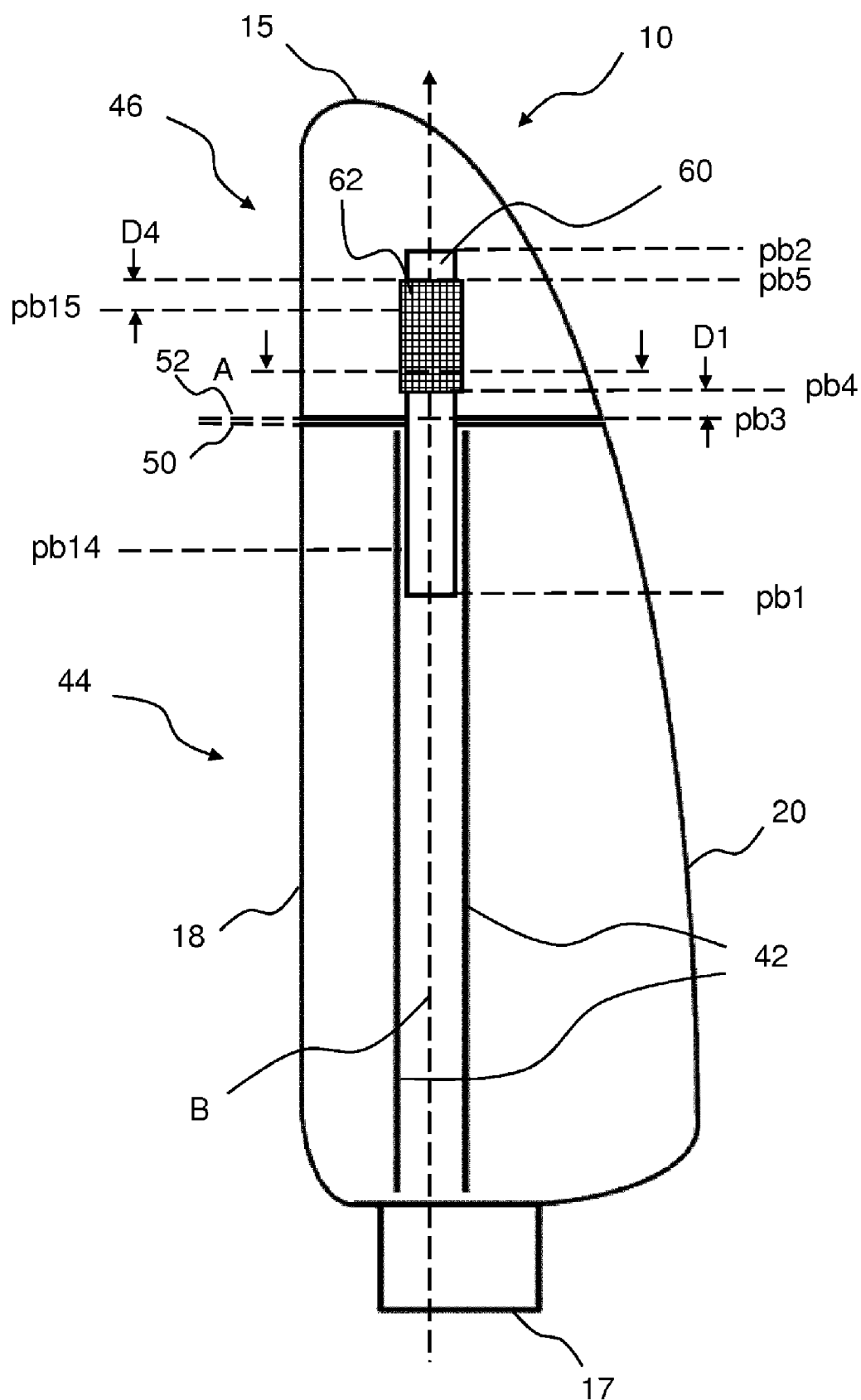


Fig. 5a

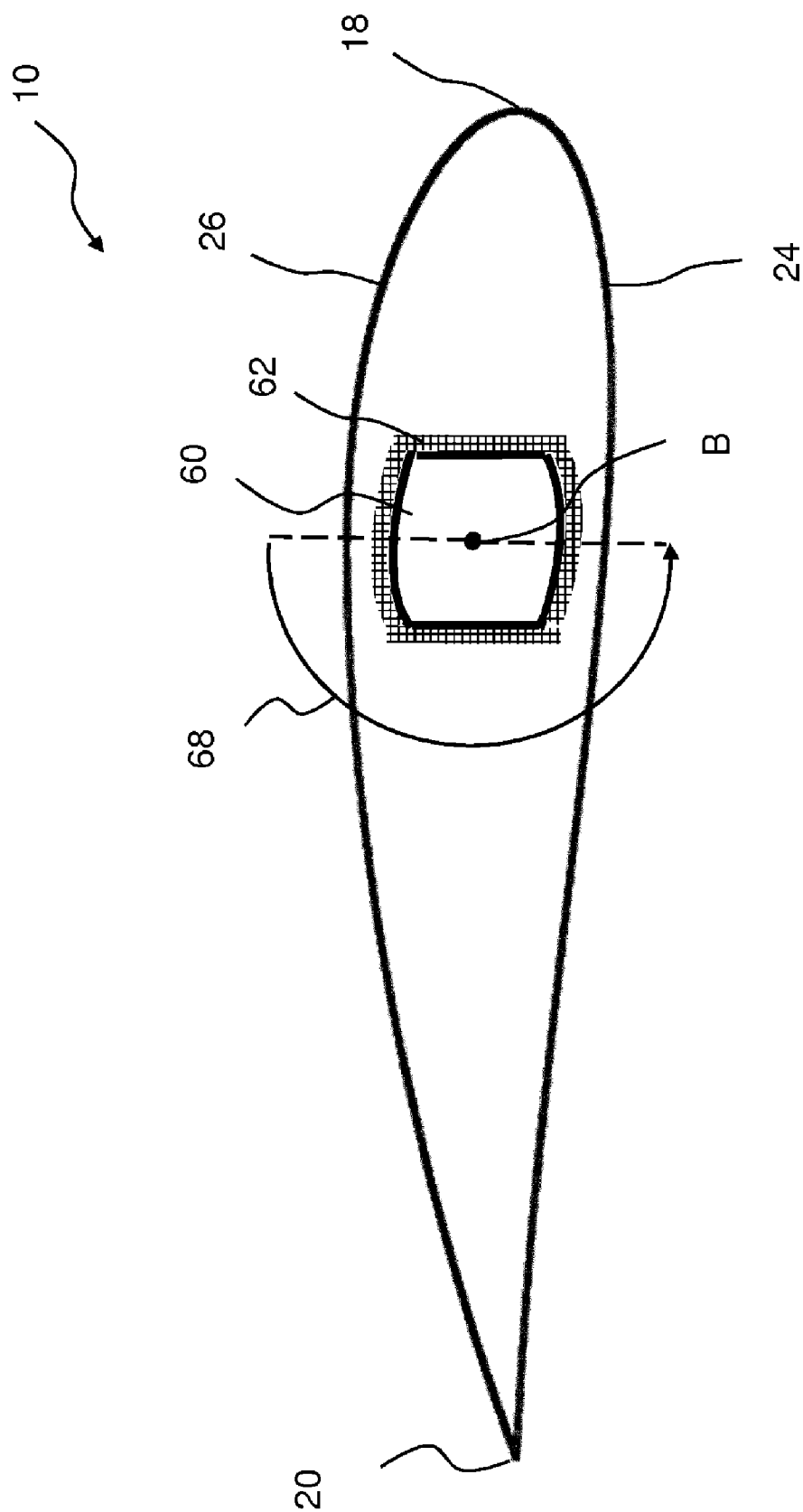


Fig. 5b

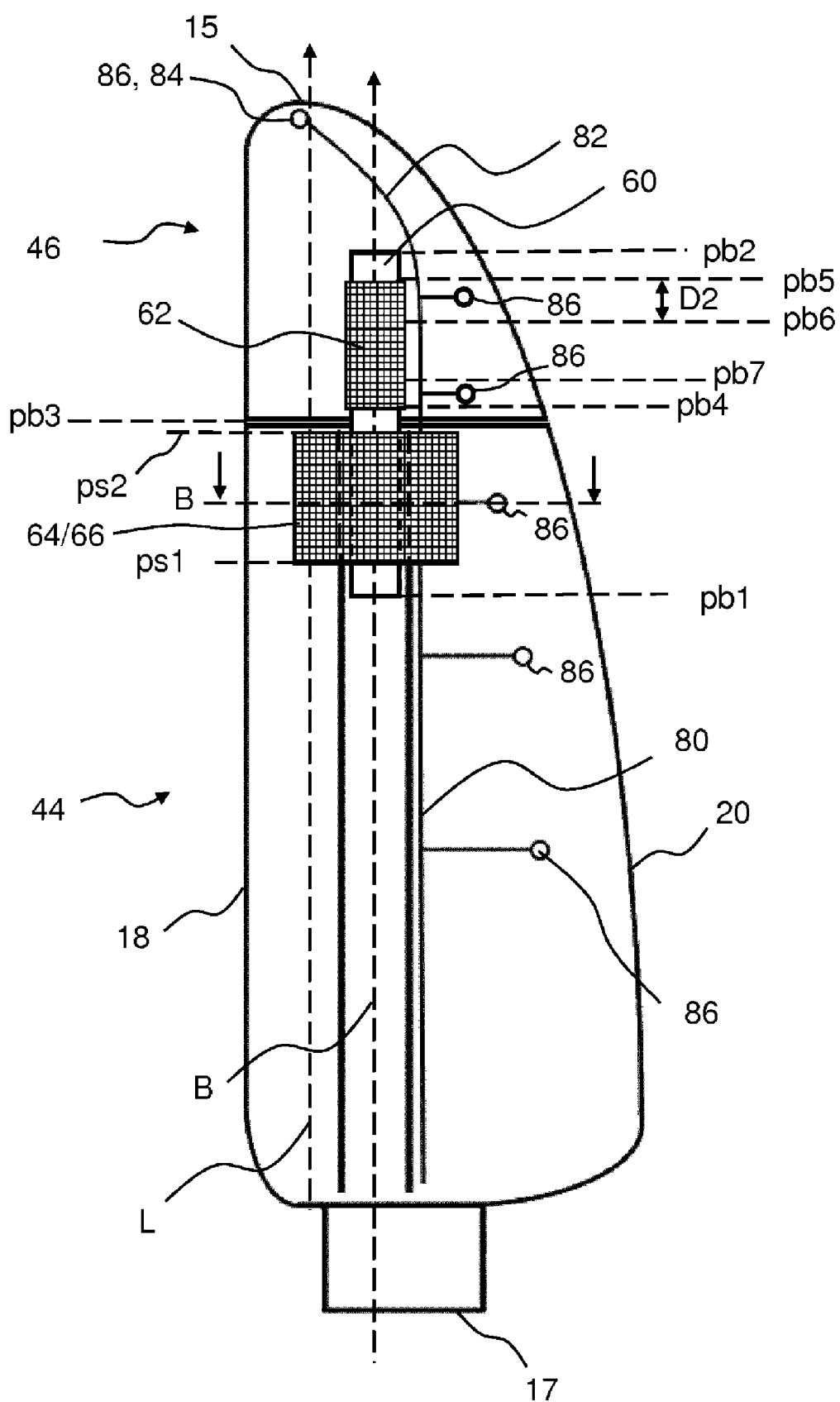


Fig. 6a

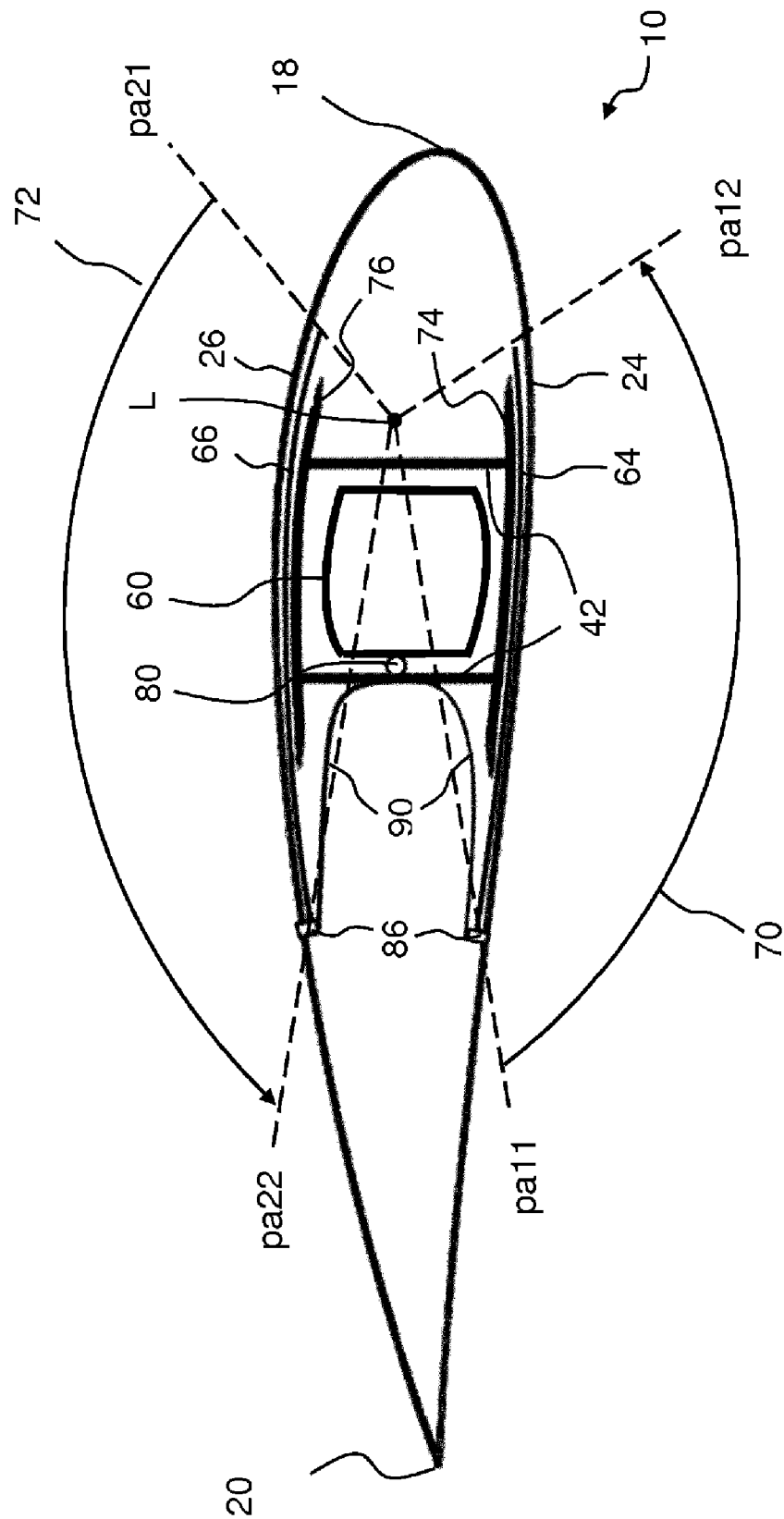
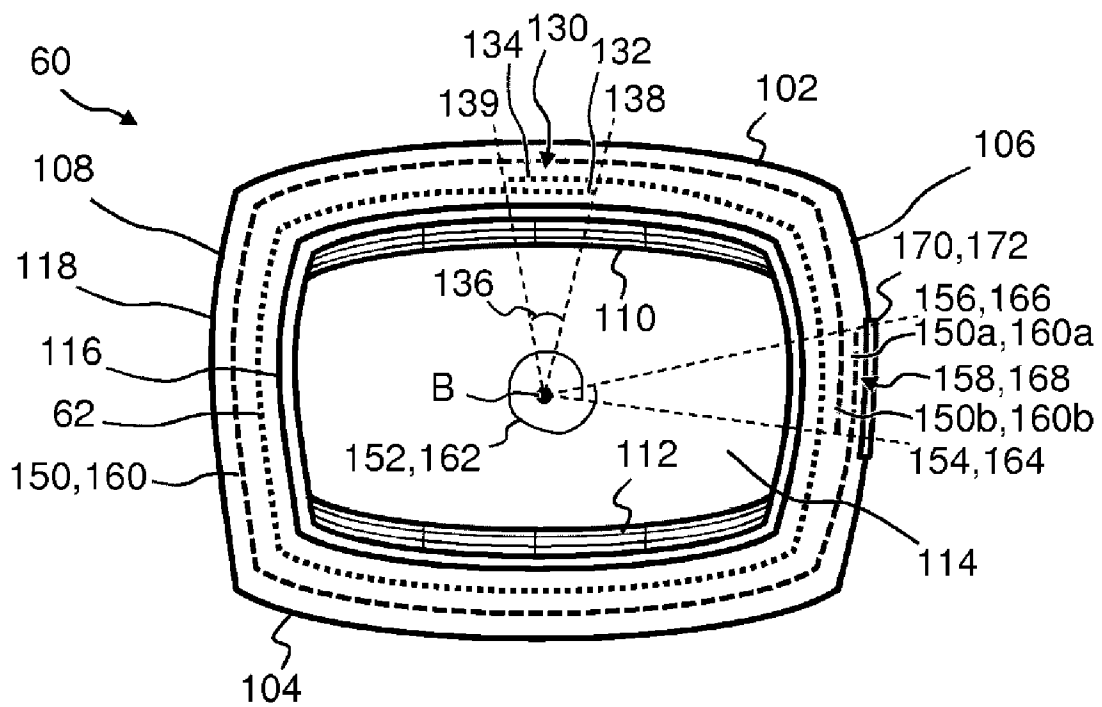
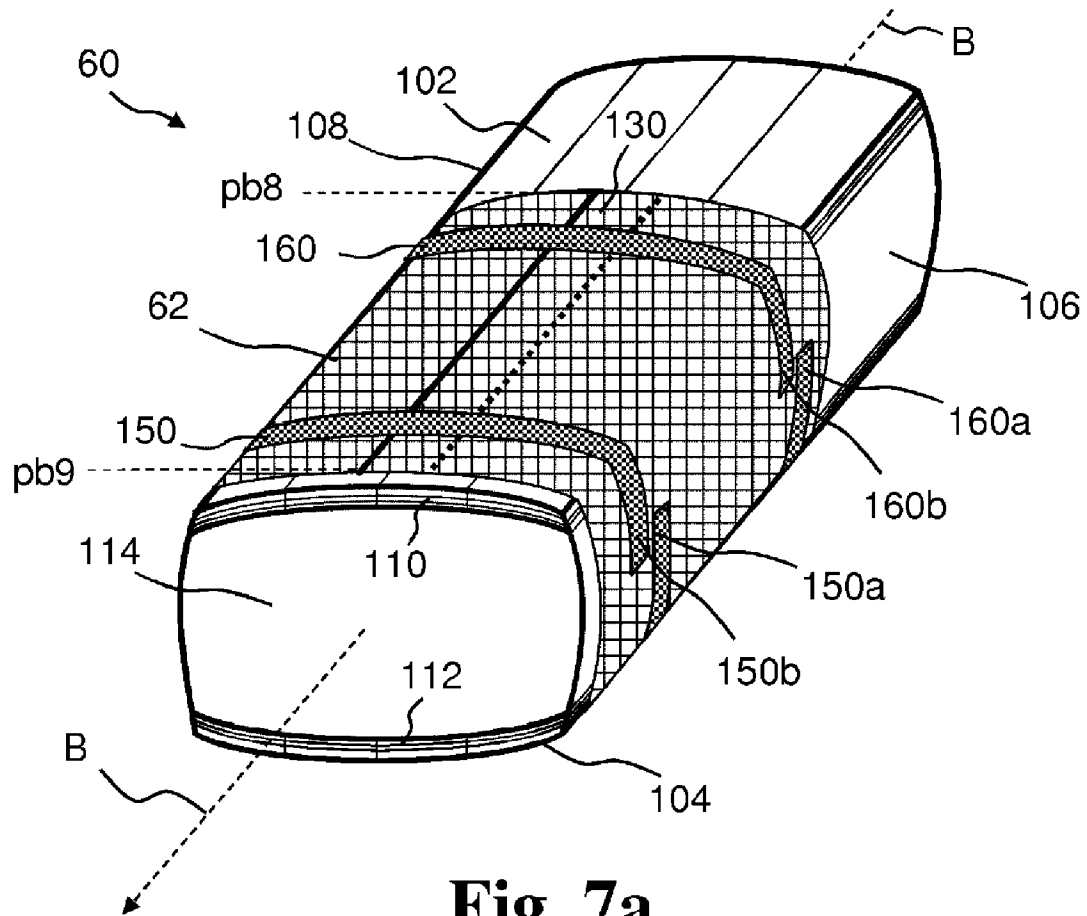


Fig. 6b



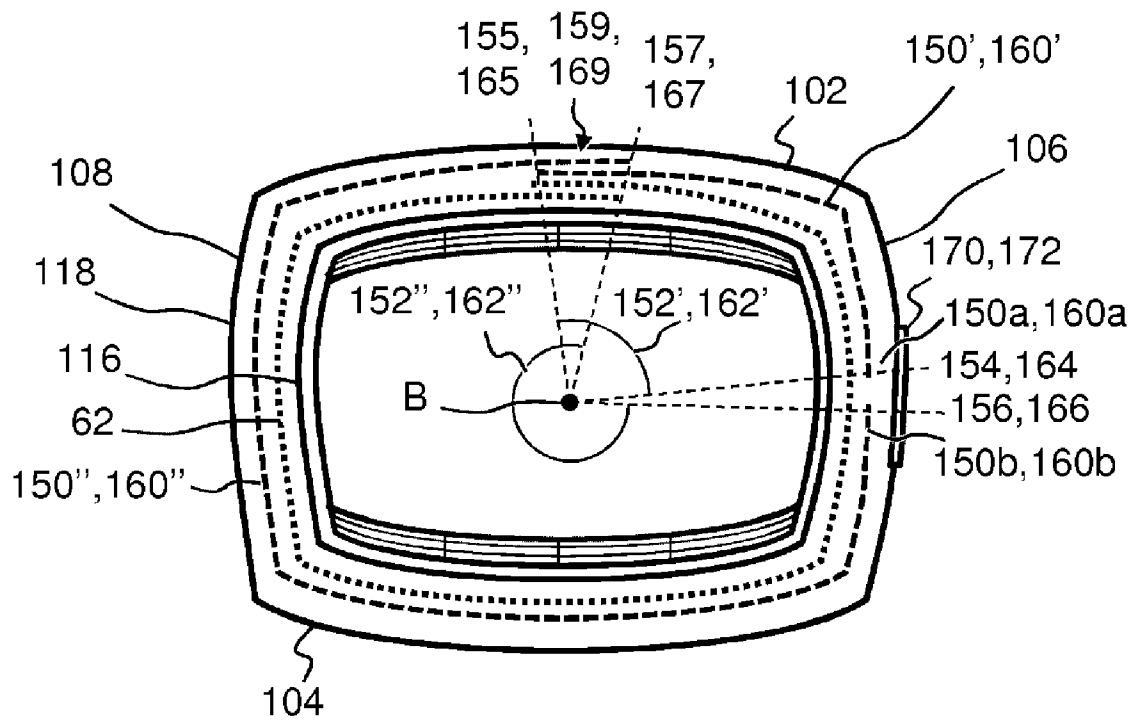


Fig. 7c

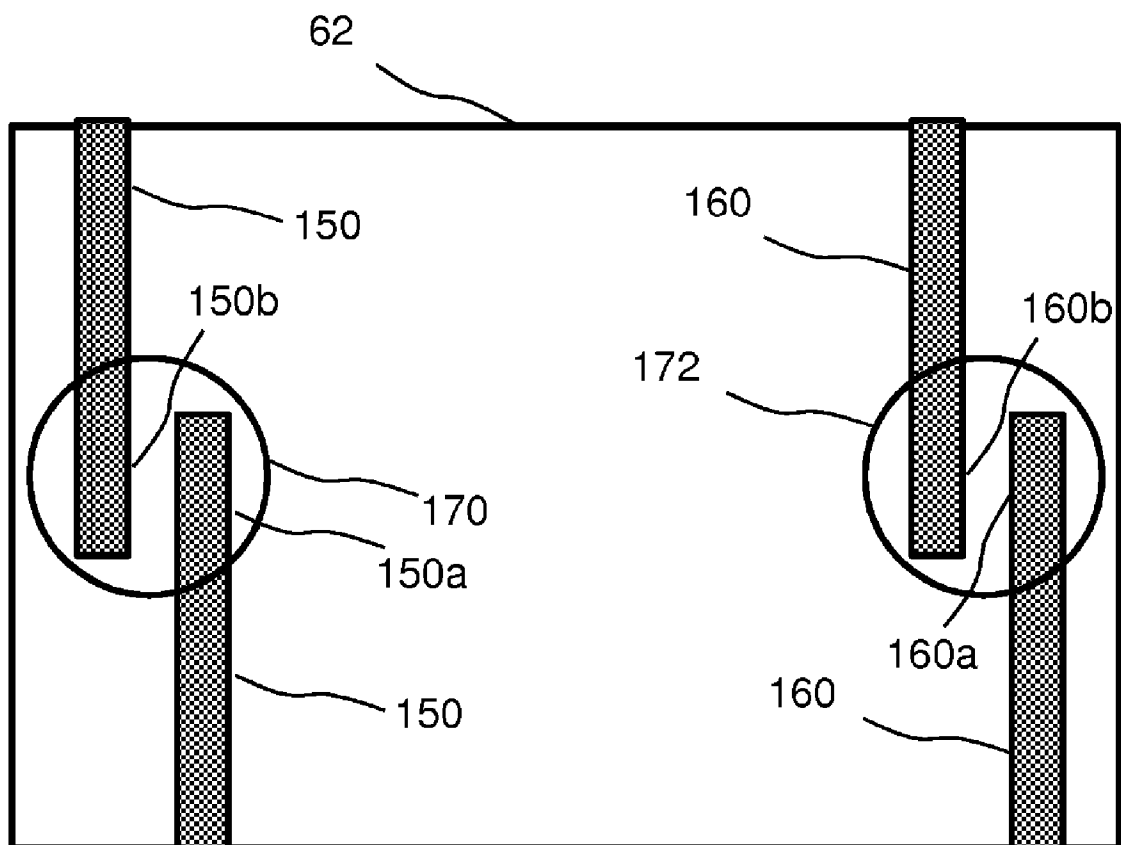


Fig. 8

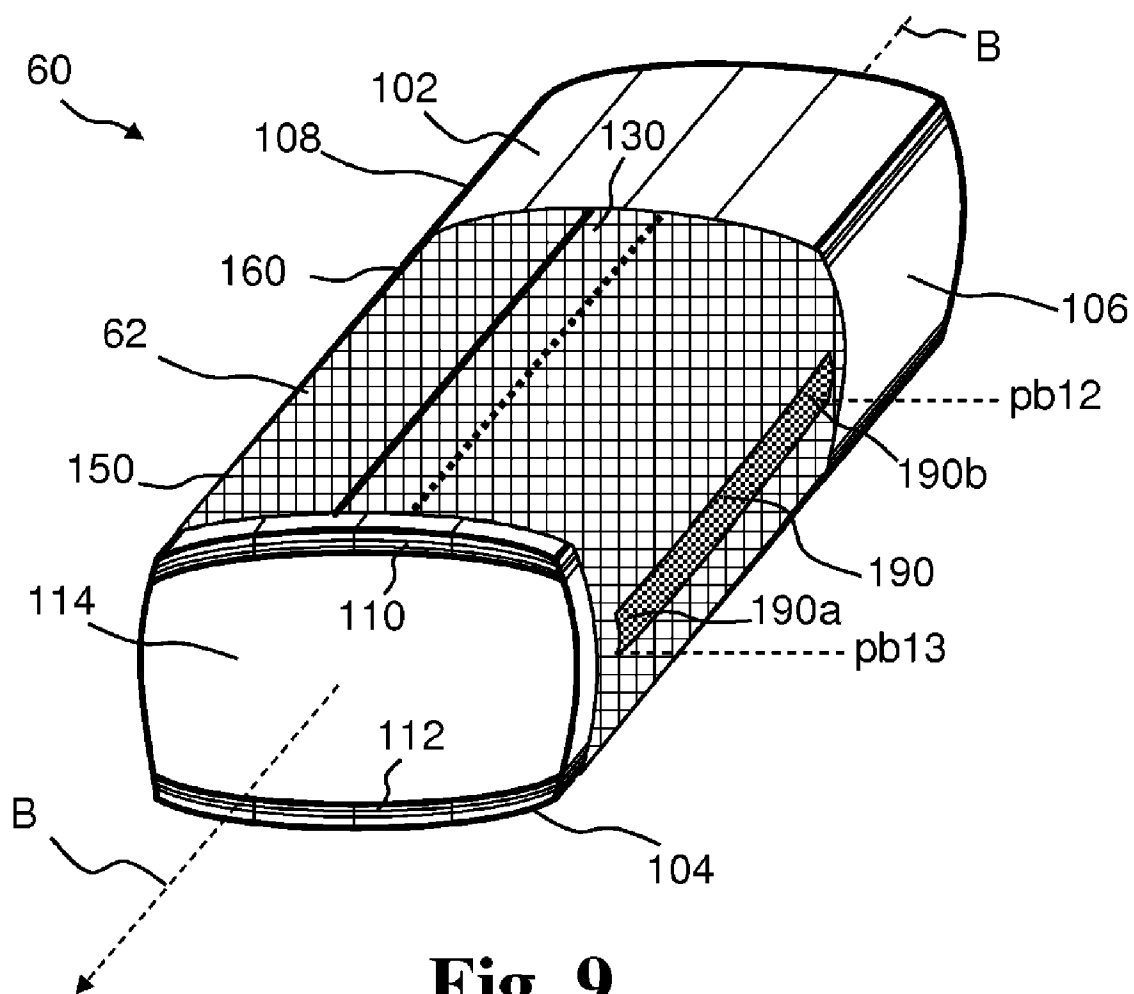


Fig. 9