

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 240**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012** **E 12163154 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016** **EP 2647835**

54 Título: **Disposición de aleta flexible para una pala de rotor de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.04.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ENEVOLDSEN, PEDER BAY**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 609 240 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).

**DISPOSICIÓN DE ALETA FLEXIBLE PARA UNA PALA DE ROTOR DE TURBINA EÓLICA****DESCRIPCIÓN**

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una disposición de aleta para una pala de rotor de turbina eólica, a una pala de rotor de turbina eólica y a un método para potenciar el rendimiento aerodinámico de una pala de rotor de turbina eólica, por ejemplo a bajas velocidades de viento.

10

Antecedentes

15 Las palas de turbina eólica son un medio de convertir la energía del viento en energía mecánica para impulsar un generador de una turbina eólica. El diseño de palas de turbina eólica se realiza principalmente en consideración de consideraciones aerodinámicas y mecánicas, es decir la forma o perfil de superficie aerodinámica se diseña como un compromiso entre optimización aerodinámica y características mecánicas, por ejemplo resistencia, para varias condiciones de viento. Una pala óptima de una turbina eólica exhibe una baja velocidad de viento de puesta en servicio, rendimiento aerodinámico bueno y eficaz para varias velocidades de viento, lo que significa para velocidad de viento de baja a alta, cargas mínimas en la estructura de pala y turbina eólica, es decir en condiciones turbulentas y de alta velocidad de viento, y bajo ruido acústico.

20

25 Es por ejemplo importante que la pala puede resistir fuerzas y tensiones cerca del buje. Las palas son por tanto gruesas y anchas en la zona de una sección de raíz cerca del buje. En la raíz, la pala es habitualmente estrecha y tubular para encajar sobre el buje y para proporcionar suficiente resistencia. El perfil de pala se vuelve cada vez más estrecho para obtener propiedades aerodinámicas aceptables. La fuerza de sustentación aumentará a medida que aumenta la velocidad hacia una punta de la pala, provocado por un diámetro mayor a la misma frecuencia de rotación hacia la punta. La disminución de la anchura de cuerda hacia la punta contribuirá a contrarrestar este efecto. La pala se estrecha desde un punto cercano a la raíz hacia la punta. Además la pala está retorcida a lo largo de su eje para tener en cuenta un cambio de dirección del flujo de aire del viento que resulta de la rotación. La velocidad de una sección de pala se aumenta cuanto más hacia una punta de la pala está situada.

30

35 Sin embargo, las palas de turbinas eólicas convencionales tienen una superficie aerodinámica estática y exhiben por tanto posibilidades limitadas para ajustarse a condiciones de viento. Los únicos medios posibles de ajuste y optimización de las propiedades aerodinámicas para una velocidad de viento y turbulencia es el ajuste del ángulo de paso para toda la pala. Desde un punto de vista aerodinámico una pala óptima de una turbina eólica no sólo comprometería un ángulo de paso variable para cada sección de la pala sino también comprometería una superficie aerodinámica ajustable para tener en cuenta diferentes condiciones de viento y turbulencia.

35

40 Se conoce habitualmente como potenciar y optimizar el rendimiento de palas de turbina eólica con dispositivos añadidos sobre la pala de turbina eólica. Tales dispositivos son, entre otros, componentes activos o pasivos tales como aletas, generadores de vórtice o tiras de entrada en pérdida. El accionamiento de aletas puede realizarse por ejemplo con medios de electricidad, hidráulicos o piezoeléctricos. Se considera que la flexión de una pala está en relación a la carga de pala y las condiciones de viento. Se conoce una solución pasiva, en la que una forma y/o ángulo de una aleta en relación con la cuerda de referencia de una pala cambia en función de la flexión de una pala de turbina eólica.

45

Otra dificultad con palas de turbina eólica es que se produzca ruido acústico cuando están en funcionamiento. La velocidad de punta de una pala en funcionamiento es de por ejemplo 80 m/s. Un medio para reducir el ruido es la unión de una placa dentada en la zona del borde de salida que sobresale por encima del borde de salida. El documento EP 1314885 da a conocer información valiosa sobre tecnología y rendimiento de palas de turbina eólica.

50

55 Generalmente, es deseable mejorar el rendimiento aerodinámico y la eficacia de palas de turbina eólica, es decir en condiciones de baja velocidad de viento. Además, la carga mecánica de la pala debe preferiblemente minimizarse. Un factor secundario es la reducción de ruido acústico de las palas de turbinas eólicas cuando están en funcionamiento.

55

60 Se da a conocer estado de la técnica adicional en los documentos US 2011/142665 A1, US 2011/142635 A1, WO 2012/019655 A1, EP 1623111 B1, US 2011/0116927 A1, WO 2004/088130 A1 y EP 2034178 A2. El documento EP 1314885 da a conocer un aparato que mejora la eficacia de una turbina eólica con un panel conectado al borde de salida de la pala de turbina eólica. El documento EP 2034178 A2 da a conocer una placa de carenado para evitar un entrehierro cuando la aleta se desvía, pero que no tiene ninguna función mecánica.

60

Descripción de la invención

65 Es un objetivo de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica con una disposición de aleta ventajosa y una turbina eólica con las mismas ventajas. Además, es un objetivo de la presente invención

proporcionar un método para potenciar el rendimiento aerodinámico de una pala de rotor de turbina eólica.

Estos objetivos se resuelven mediante una pala de turbina eólica reivindicada en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la presente invención.

5 La disposición de aleta de la invención se usa en una pala de rotor de turbina eólica que comprende un borde de ataque, un borde de salida y una cuerda de referencia entre el borde de ataque y el borde de salida. La disposición de aleta comprende una parte de soporte y una parte de aleta. La parte de aleta puede moverse de manera pasiva con respecto a un ángulo entre una normal de superficie de una superficie de la parte de aleta y la cuerda de referencia. La parte de soporte y la parte de aleta están posicionadas con una relación entre sí de modo que la estructura de soporte proporciona un límite al movimiento de la parte de aleta. Especialmente el movimiento de la parte de aleta hacia el lado de aspiración de la pala está limitado. Preferiblemente, la parte de soporte es rígida.

15 En el contexto de la presente invención la cuerda de referencia de una sección de pala de rotor de turbina eólica particular se define como la línea entre el borde de ataque y el borde de salida. La cuerda de referencia incluye un ángulo de 90° con la línea de envergadura. La línea de envergadura se define como la línea entre la punta de la pala y el punto central de una superficie de base de la raíz de pala.

20 Ventajosamente, la parte de soporte está conectada o puede conectarse a una pala de rotor de turbina eólica de una manera que no puede moverse y de modo que sobresale por encima del borde de salida de la pala.

25 Generalmente, la parte de soporte puede ser una estructura de detención o elemento de soporte y la parte de aleta puede ser una estructura de aleta o elemento de aleta. La expresión que puede moverse de manera pasiva significa en el contexto de la presente invención que el movimiento tiene lugar sin cualquier influencia o activación direccional e intencionada de una persona o una máquina. Por ejemplo, el movimiento pasivo puede provocarse por el viento solamente o las condiciones de flujo particulares en la proximidad de la parte de aleta. El movimiento pasivo de la parte de aleta está provocado predominantemente por una diferencia de presión entre el lado de aspiración y el lado de presión de la pala.

30 Preferiblemente, la estructura de soporte puede comprender una superficie de lado de presión y una superficie de lado de aspiración. La superficie de lado de aspiración puede formar o prolongar un lado de aspiración de una pala de rotor de turbina eólica. La parte de aleta puede comprender una superficie de lado de aspiración y una superficie de lado de presión. La superficie de lado de presión de la parte de aleta puede prolongar un lado de presión de una pala de rotor de turbina eólica. La superficie de lado de aspiración de la parte de aleta y la superficie de lado de presión de la parte de soporte pueden ventajosamente orientarse la una hacia la otra. Por ejemplo, la superficie de lado de aspiración de la parte de aleta y la superficie de lado de presión de la parte de soporte pueden situarse opuestas entre sí.

40 La idea de usar una estructura de soporte o parte de soporte y una estructura de aleta o parte de aleta es proporcionar una sustentación aumentada a la pala a baja velocidad de viento mientras que se evitan efectos negativos no deseados sobre la pala, por ejemplo carga excesiva y bajo rendimiento a mayores velocidades de vientos. La parte de aleta flexible o que puede moverse en combinación con la parte de soporte o estructura de detención proporciona una solución pasiva y fiable para lograr un rendimiento de pala ventajoso deseado. La aerodinámica extendida se hace efectiva a bajas velocidades de viento cuando el ángulo de ataque de la pala es alto. El ángulo de ataque es el ángulo entre la cuerda de referencia y la dirección de flujo de aire. La superficie aerodinámica extendida da como resultado una sustentación aumentada a estas bajas velocidades de viento. Por tanto, una curva de potencia que se mueva a la izquierda (véase la figura 13) a bajas velocidades de viento y se logra una menor velocidad de viento de puesta en servicio.

50 Si el borde de ataque de la pala se inclina o lanza al viento a mayor velocidad de viento, entonces el ángulo de ataque disminuye o es relativamente bajo. Como resultado la parte de aleta ya no está completamente en contacto con la parte de soporte. La superficie aerodinámica efectiva se reduce. Esta reducción lleva a menos carga mecánica de la pala opuesta a una aleta o superficie aerodinámica estática. Además, se reducen cargas de ráfagas y viento.

55 La parte de soporte y/o la parte de aleta puede conectarse a una pala de rotor de turbina eólica en el borde de salida de la pala o en una parte de la pala cerca del borde de salida. Además, la pala puede comprender una punta, una raíz y una longitud de envergadura que se extiende desde la punta hasta la raíz de pala. Preferiblemente, la parte de soporte y la parte de aleta pueden conectarse a una pala de rotor de turbina eólica en una posición entre la punta de la pala y una mitad, preferiblemente un tercio, de la longitud de envergadura de la pala medida desde la punta. Esto significa que la disposición de aleta está preferiblemente situada en la parte exterior de la pala, por ejemplo en la última mitad o tercio de la longitud de las láminas hacia la zona de punta.

65 La parte de aleta puede comprender una conexión de aleta flexible o articulada para conectar la parte de aleta a una pala de rotor de turbina eólica. Además, la parte de aleta puede comprender una lámina flexible, por ejemplo una lámina flexible fina que forma una aleta. Además, la parte de aleta y/o la parte de soporte puede comprender un

borde de salida dentado o un borde de salida en forma de zigzag. Esto tiene la ventaja de que se reduce el ruido.

Generalmente, la parte de aleta y la parte de soporte pueden hacerse como una pieza o como varias piezas. La parte de aleta y la parte de soporte puede, por ejemplo, ser un conjunto de reajuste de una o múltiples piezas que puede unirse a la pala de una pala de turbina eólica, por ejemplo con un adhesivo.

La parte de soporte puede comprender al menos un generador de vórtice u otros medios para potenciar el rendimiento mejorando la forma aerodinámica. Además, la parte de soporte puede tener una forma curvada para proporcionar una forma de superficie aerodinámica ventajosa. Por ejemplo, la parte de soporte puede comprender una curvatura en una vista en sección a lo largo de la cuerda de referencia.

Mediante la combinación de la parte de soporte, que proporciona un límite a la parte de aleta, y la parte de aleta que puede moverse de manera pasiva con respecto a la parte de soporte, en condiciones de flujo de entrada de aire particulares se proporciona un efecto aerodinámico adicional. Por ejemplo, la parte de aleta puede actuar como una superficie aerodinámica extendida o adicional, que a bajas velocidades de viento aumenta la sustentación y que a altas velocidades de viento reduce cargas.

En una variante adicional la parte de soporte puede ser una parte integral de la pala. Por ejemplo, la parte de soporte puede moldearse en la pala, por ejemplo durante la fabricación de la pala. En este caso, la pala de rotor de turbina eólica comprende un lado de presión y una parte de aleta tal como se describió anteriormente que está conectada al lado de presión de la pala. La parte entre la conexión de la parte de aleta en el lado de presión y el borde de salida de la pala proporciona un límite al movimiento de la parte de aleta. En otras palabras, la parte de la pala cerca del borde de salida actúa como parte de soporte, tal como se describe en el contexto de la disposición de aleta de la invención.

La turbina eólica de la invención comprende una pala de rotor de turbina eólica tal como se describió anteriormente. La turbina eólica de la invención tiene las mismas ventajas que la pala de rotor de turbina eólica descrita anteriormente y la disposición de aleta descrita anteriormente. Generalmente, la turbina eólica de la invención puede comprender un sistema para el control de paso de velocidad variable. La turbina eólica puede comprender un sistema de paso para ajustar el ángulo de paso de las palas.

Además, el ángulo de paso de las palas puede ajustarse, por ejemplo mediante un sistema de control de paso de velocidad variable. Generalmente, la presente invención tiene las siguientes ventajas: pueden lograrse una menor velocidad de viento de puesta en servicio y más potencia obtenida de una turbina eólica, así como mayor rendimiento a velocidades de viento baja y media. Al mismo tiempo no se genera ninguna carga mecánica adicional de las palas. La presente invención proporciona una solución muy simplemente pasiva, por lo que no es necesario ningún mantenimiento. Además, es posible el reajuste de la disposición de aleta de la invención y se puede realizar fácilmente una sustitución. Una forma de borde de salida dentado de la disposición de aleta reduce el sonido emitido de una turbina eólica.

#### Descripción de realizaciones

Se harán evidentes características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención a partir de la siguiente descripción de realizaciones en conjunción con los dibujos adjuntos. Las realizaciones no limitan el alcance de la presente invención que se determina mediante las reivindicaciones adjuntas. Todas las características descritas son ventajosas como características separadas o en cualquier combinación entre sí.

La figura 1 muestra esquemáticamente una turbina eólica.

La figura 2 muestra una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la envergadura de la pala y la cuerda de la pala.

La figura 3 muestra una sección con respecto a la cuerda a través de la parte de superficie aerodinámica de la pala mostrada en la figura 2.

La figura 4 muestra esquemáticamente una turbina eólica de la invención.

La figura 5 muestra esquemáticamente una de las palas 5 de rotor de la invención.

La figura 6 muestra esquemáticamente una disposición de aleta de la invención que muestra explícitamente el lado superior de la parte de soporte.

La figura 7 muestra esquemáticamente una vista en sección de una pala de rotor de turbina eólica de la invención a baja velocidad de viento.

La figura 8 muestra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica de la invención a alta velocidad de viento.

La figura 9 muestra esquemáticamente cuatro variantes de palas de rotor de turbina eólica de la invención en vistas en sección.

5 La figura 10 muestra cuatro variantes para disposiciones de aleta de la invención conectadas al borde de salida de una pala en una vista en sección.

La figura 11 muestra esquemáticamente una variante adicional de parte de una pala de rotor de turbina eólica de la invención en una vista en perspectiva y en sección a baja velocidad de viento.

10 La figura 12 muestra esquemáticamente una variante adicional de parte de una pala de rotor de turbina eólica de la invención en una vista en perspectiva y en sección a alta velocidad de viento.

15 La figura 13 muestra esquemáticamente las curvas de potencia de una turbina eólica de la invención en comparación con una turbina eólica convencional.

20 La figura 1 muestra esquemáticamente una turbina 1 eólica. La turbina 1 eólica comprende una torre 2, una góndola 3 y un buje 4. La góndola 3 está situada encima de la torre 2. El buje 4 comprende numerosas palas 5 de turbina eólica. El buje 4 está montado en la góndola 3. Además, el buje 4 está montado de manera pivotante de modo que puede rotar alrededor de un eje 9 de rotación. Un generador 6 está situado dentro de la góndola 3. La turbina 1 eólica es una turbina eólica de accionamiento directo.

25 La figura 2 muestra una pala de rotor en una vista en planta sobre el plano definido por la envergadura de la pala y la cuerda de la pala. La figura 2 muestra una pala 5 de turbina eólica tal como se usa habitualmente en un rotor de tres palas. Sin embargo, la presente invención no se limitará a palas para rotores de tres palas. De hecho, puede implementarse también en otros rotores, por ejemplo rotores de una pala o rotores de dos palas.

30 La pala 5 de rotor mostrada en la figura 2 comprende una parte 103 de raíz con un perfil cilíndrico y una punta 102. La punta forma la parte más exterior de la pala. El perfil cilíndrico de la parte 103 de raíz sirve para fijar la pala a un cojinete de un buje de rotor. La pala 5 de rotor comprende además un denominado reborde 104 que se define como la ubicación de su profundidad de perfil máxima, es decir la máxima longitud de cuerda de la pala. Entre el reborde 104 y la punta 102 se extiende una parte 105 de superficie aerodinámica que tiene un perfil de forma aerodinámica. Entre el reborde 104 y la parte 103 de raíz cilíndrica, se extiende una parte 107 de transición en la que tiene lugar una transición desde el perfil aerodinámico de la parte 105 de superficie aerodinámica hasta el perfil cilíndrico de la parte 103 de raíz. La línea de envergadura se indica mediante el número 100 de referencia.

35 Una sección transversal con respecto a la cuerda a través de la sección 105 de superficie aerodinámica de la pala de rotor se muestra en la figura 3. Su perfil aerodinámico mostrado en la figura 3 comprende un lado 113 de aspiración convexo y un lado 115 de presión menos convexo. La línea discontinua que se extiende desde el borde 109 de ataque de la pala hasta su borde 111 de salida muestra la cuerda de referencia del perfil. Aunque el lado 115 de presión comprende una sección 117 convexa y una sección 119 cóncava en la figura 3, también puede implementarse sin ninguna sección cóncava siempre que el lado 113 de aspiración sea más convexo que el lado 115 de presión. La cuerda de referencia se indica mediante el número 101 de referencia.

45 El lado 113 de aspiración y el lado 115 de presión en la parte 105 de superficie aerodinámica también se denominarán el lado de aspiración y el lado de presión de la pala 5 de rotor, respectivamente, aunque, en términos estrictos, la parte 103 cilíndrica de la pala 5 no muestra un lado de presión o de aspiración.

50 La figura 4 muestra esquemáticamente una turbina eólica, en la que las palas 5 de rotor están equipadas con las disposiciones 20 de aleta de la invención. La turbina eólica se observa en la figura 4 desde un lado a favor del viento.

55 La figura 5 muestra esquemáticamente una de las palas 5 de rotor. Las disposiciones 20 de aleta de la invención están conectadas a los bordes 111 de salida de las palas 5 en las figura 4 y 5 cerca de la punta 102. Las disposiciones 20 de aleta están situadas a lo largo del borde 111 de salida en una posición en la dirección 100 de envergadura entre la punta 102 de pala y el 50%, preferiblemente el 33%, de la longitud de la pala en la dirección 100 de envergadura hacia la raíz 103 de pala. En la figura 5 la disposición 20 de aleta comprende tres segmentos, un segmento 20a de disposición de aleta radialmente exterior, un segmento 20b de disposición de aleta medio y un segmento 20c de disposición de aleta radialmente interior. Los segmentos 20a, 20b y 20c están situados uno al lado del otro a lo largo del borde 111 de salida de la pala 5.

60 La figura 6 muestra esquemáticamente una disposición de aleta de la invención que muestra explícitamente el lado superior de la parte 21 de soporte.

65 La parte 21 de soporte comprende un borde 23 de salida dentado. La parte 26 sobresale por encima del borde 111 de salida de la pala de rotor. Una superficie 24, que no sobresale por encima del borde 111 de salida de la pala 5, se

usa para conectar la parte 21 de soporte al lado 113 de aspiración de una pala 5, por ejemplo mediante un adhesivo. Para aumentar la rigidez y estabilidad de la parte 21 de soporte, están situados numerosos nervios 25 entre la parte 26, que sobresale por encima del borde 111 de salida, y la parte 24 que está directamente conectada a la pala 5.

5 La figura 7 muestra esquemáticamente una vista en sección de una pala de rotor de turbina eólica de la invención a baja velocidad de viento. La figura 8 muestra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica de la invención a alta velocidad de viento. Una flecha 27 indica la dirección del viento relativo, que es la dirección del aire entrante. En la figura 7 el ángulo  $\alpha_1$  de ataque, que es el ángulo entre la cuerda 101 de referencia y la dirección 27 de viento relativa (dirección de aire entrante), es relativamente grande. En la figura 8 el ángulo  $\alpha_2$  de ataque es relativamente pequeño.

10 En las figuras 7 y 8 la pala 5 de rotor de turbina eólica comprende una disposición de aleta situada en el borde 111 de salida. La disposición de aleta comprende una parte 21 de soporte, que puede conectarse al lado 113 de aspiración de la pala, y una parte 22 de aleta, que puede conectarse al lado 115 de presión de la pala.

15 La parte 21 de soporte comprende una superficie 51 de lado de aspiración y una superficie 52 de lado de presión. La parte 22 de aleta también comprende una superficie 41 de lado de aspiración y una superficie 42 de lado de presión. La superficie 51 de lado de aspiración de la parte 21 de soporte prolonga el lado 113 de aspiración de la pala. La superficie 42 de lado de presión de la parte de aleta prolonga el lado 115 de presión de la pala. La superficie 52 de lado de presión de la parte 21 de soporte y la superficie 41 de lado de aspiración de la parte 22 de aleta están orientadas la una hacia la otra o están situadas opuestas entre sí.

20 A baja velocidad de viento y un gran ángulo  $\alpha_1$  de ataque, tal como se muestra en la figura 7, la parte 21 de soporte y la parte 22 de aleta están en contacto directo entre sí. La parte 21 de soporte proporciona un límite para el movimiento de la parte 22 de aleta. En esta situación la disposición de aleta proporciona una extensión de superficie aerodinámica efectiva que aumenta la sustentación de la pala.

25 A alta velocidad de viento y un pequeño ángulo  $\alpha_2$  de ataque, tal como se muestra en la figura 8, la parte 22 de aleta se mueve lejos de la parte 21 de soporte y se produce un espacio entre la superficie 52 de lado de presión de la parte 21 de soporte y la superficie 41 de lado de aspiración de la parte 22 de aleta. En esta situación la disposición de aleta no es eficaz y por consiguiente reduce las cargas que actúan sobre la pala.

30 La normal de superficie de parte de la superficie 41 de lado de aspiración de la parte 22 de aleta se indica mediante una flecha 34. El ángulo  $\beta_1$  entre la normal 34 de superficie y la cuerda 101 de referencia en la figura 7 difiere del ángulo  $\beta_2$  entre la normal 34 de superficie y la cuerda 101 de referencia en la figura 8 y describe el movimiento de la parte 22 de aleta. Generalmente, la parte 21 de soporte es rígida y no puede moverse con respecto a la cuerda 101 de referencia. La parte 22 de aleta puede moverse al menos parcialmente con respecto a la cuerda 101 de referencia, tal como se muestra por ejemplo en las figuras 7 y 8.

35 La figura 9 muestra esquemáticamente cuatro variantes de palas de rotor de turbina eólica de la invención en vistas en sección. El lado izquierdo de las figuras muestra la disposición de aleta respectiva en una posición que actúa como superficie aerodinámica no efectiva y en el lado derecho actuando como superficie aerodinámica efectiva.

40 En la figura 9(a) se muestra una estructura 21a de soporte de aspiración de una pieza con una parte 22a de aleta flexible. En la figura 9(b) una aleta 22b rígida articulada o que puede inclinarse está montada en el lado 115 de presión de la pala, en el que la pala actúa como estructura de soporte. En la figura 9(c) se muestra una estructura 21c de soporte montada en un lado 113 de aspiración y una aleta 22c rígida articulada o que puede inclinarse montada en el lado 115 de presión de la pala. En la figura 9(d) se muestra una estructura 21d de soporte montada en el lado 113 de aspiración y una aleta 22d flexible montada en el lado de presión de la pala.

45 La figura 10 muestra cuatro variantes para disposiciones de aleta de la invención conectadas al borde de salida de una pala en una vista en sección. En todas las variantes mostradas en la figura 10 el movimiento de la parte 32 de aleta se indica mediante flechas 28. En las cuatro variantes mostradas en la figura 10 se muestran tres diferentes posiciones de la parte 32 de aleta con respecto a la parte 31 de soporte, en las que el dibujo izquierdo muestra la situación a una alta velocidad de viento y un pequeño ángulo de ataque y el dibujo derecho muestra la situación a baja velocidad de viento y un gran ángulo de ataque.

50 En la figura 10(a) la parte 31a de soporte está conectada al lado 113 de aspiración de la pala. La parte 31a de soporte tiene una forma curvada. Sobresale por encima del borde 111 de salida de la pala. La parte 32a de aleta está conectada al lado 115 de presión de la pala y comprende material flexible.

55 En la variante mostrada en la figura 10(b) la parte 31b de soporte está conectada al lado 113 de aspiración de la pala y la parte de aleta 32b está conectada al lado 115 de presión de la pala. En esta variante la parte de aleta comprende material rígido y una articulación 33, que preferiblemente está situada en el borde 111 de salida de la pala. La articulación 33 proporciona una capacidad de movimiento de la parte 32b de aleta con respecto a la parte

31b de soporte.

En la figura 10(c) la parte 31c de soporte y la parte 32c de aleta están ambas conectadas al lado 113 de aspiración de la pala. La parte 31c de soporte consiste en material rígido y la parte 32c de aleta consiste en material flexible.

5 En la figura 10(d) la parte de borde de salida de la pala actúa como parte 31d de soporte. La parte 32d de aleta está conectada al lado 115 de presión de la pala y tiene las mismas características y propiedades que la parte 32b de aleta en la figura 10(b). La diferencia entre la parte 32b de aleta y la parte 32d de aleta es que en la figura 10(d) la parte 32d de aleta está conectada al lado 115 de presión de la pala de modo que la articulación 33 no está directamente situada en el borde 111 de salida de la pala. En su lugar, la articulación 33 está situada en una posición en el lado 115 de presión de la pala.

15 Las figuras 11 y 12 muestran esquemáticamente una variante adicional de parte de una pala de rotor de turbina eólica de la invención en una vista en perspectiva y en sección. La figura 11 muestra la situación a baja velocidad de viento, en la que la parte de aleta y la parte de soporte están en contacto entre sí. La figura 12 muestra la situación a alta velocidad de viento, en la que la parte 22e de aleta se ha movido lejos de la parte 21e de soporte. En la variante mostrada en las figuras 11 y 12 la parte 21e de soporte tiene la forma de una cresta.

20 La figura 13 muestra esquemáticamente la curva de potencias de una turbina eólica de la invención en comparación con una turbina eólica convencional. El eje x muestra la velocidad de viento en m/s. El eje y muestra la potencia obtenida de la turbina eólica en W. La curva 29 de potencia de una turbina eólica con una pala convencional se compara con una curva 30 de potencia para una turbina eólica con una disposición de aleta de la invención. La curva 30 de potencia de la turbina eólica de la invención muestra una menor velocidad de viento de puesta en servicio y generalmente más potencia a bajas velocidades de viento en comparación con la curva 29 de potencia de la pala de turbina eólica convencional. Esto significa que la turbina eólica de la invención puede funcionar a menor velocidad de viento que turbinas eólicas convencionales y produce más potencia a bajas velocidades de viento que turbinas eólicas convencionales.

**REIVINDICACIONES**

1. Pala (5) de rotor de turbina eólica que comprende una disposición (20) de aleta, comprendiendo la pala (5) de rotor de turbina eólica un borde (109) de ataque, un borde (111) de salida y una cuerda (101) de referencia entre el borde (109) de ataque y el borde (111) de salida, en la que la disposición (20) de aleta comprende
- 5
- una parte (21) de soporte, y
- 10
- una parte (22) de aleta que puede moverse de manera pasiva con respecto a la parte de soporte y con respecto a un ángulo ( $\beta$ ) entre una normal (34) de superficie de una superficie (41) de la parte (22) de aleta y la cuerda (101) de referencia,
- 15
- posicionándose la parte (21) de soporte y la parte (22) de aleta en relación entre sí de modo que la parte (21) de soporte proporciona un límite al movimiento de la parte (22) de aleta,
- caracterizada porque
- 20
- en un primer estado la parte de aleta está en contacto con la parte de soporte y en un segundo estado se produce un espacio entre la parte de aleta y la parte de soporte.
2. Pala (5) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 1, caracterizada porque
- 25
- la estructura (21) de soporte comprende una superficie (52) de lado de presión y una superficie (51) de lado de aspiración, que forma o prolonga un lado (113) de aspiración de una pala (5) de rotor de turbina eólica, la parte (22) de aleta comprende una superficie (41) de lado de aspiración y una superficie (42) de lado de presión, que prolonga un lado (115) de presión de una pala (5) de rotor de turbina eólica, orientándose la superficie (41) de lado de aspiración de la parte (22) de aleta y la superficie (52) de lado de presión de la parte (21) de soporte la una hacia la otra, y en la que se produce un espacio en el segundo estado entre la superficie (52) de lado de presión de la parte (21) de soporte y la superficie (41) de lado de aspiración de la parte (22) de aleta.
- 30
3. Pala (5) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2,
- 35
- caracterizada porque
- la parte (21) de soporte y/o la parte (22) de aleta puede conectarse a una pala (5) de rotor de turbina eólica en el borde (111) de salida de la pala o en una parte de la pala cerca del borde (111) de salida, y/o en una posición entre la punta (102) de la pala y una mitad de la longitud (100) de envergadura de la pala medida desde la punta (102).
- 40
4. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- 45
- caracterizada porque
- la parte (22) de aleta comprende una conexión de aleta flexible o articulada para conectar la parte de aleta a una pala (5) de rotor de turbina eólica.
5. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
- 50
- caracterizada porque
- la parte (22) de aleta comprende una lámina flexible.
6. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
- 55
- caracterizada porque
- la parte (21) de aleta y/o la parte (21) de soporte comprende un borde (23) de salida dentado.
- 60
7. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
- 65
- caracterizada porque
- la parte (22) de aleta y la parte (21) de soporte están hechas como una pieza o varias piezas.



## ES 2 609 240 T3

8. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,  
caracterizada porque
- 5 la parte (21) de soporte comprende al menos un generador de vórtice.
9. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,  
caracterizada porque
- 10 la parte (21) de soporte tiene una forma curvada.
10. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende un lado  
(113) de aspiración y un lado (115) de presión,
- 15 caracterizada porque
- la parte (21) de soporte y/o la parte (22) de aleta está(n) conectada(s) al lado (113) de aspiración y/o al lado  
(115) de presión de la pala (5).
- 20 11. Pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,  
caracterizada porque
- 25 numerosas disposiciones (20) de aleta están montadas una al lado de la otra a lo largo del borde (111) de  
salida de la pala (5).
12. Pala (5) de rotor de turbina eólica según la reivindicación 1, caracterizada porque
- 30 la parte (21) de soporte es una parte integral de la pala (5).
13. Turbina eólica (1) que comprende una pala (5) de rotor de turbina eólica según cualquiera de las  
reivindicaciones 1 a 12.

FIG 1

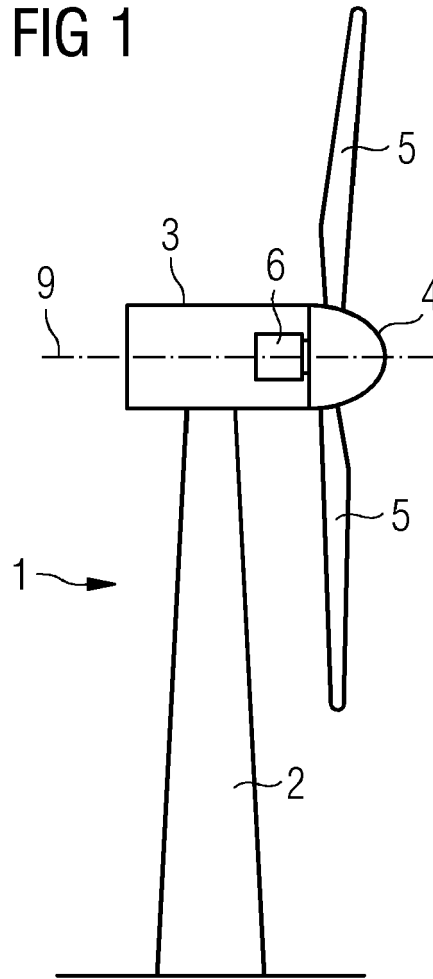


FIG 2

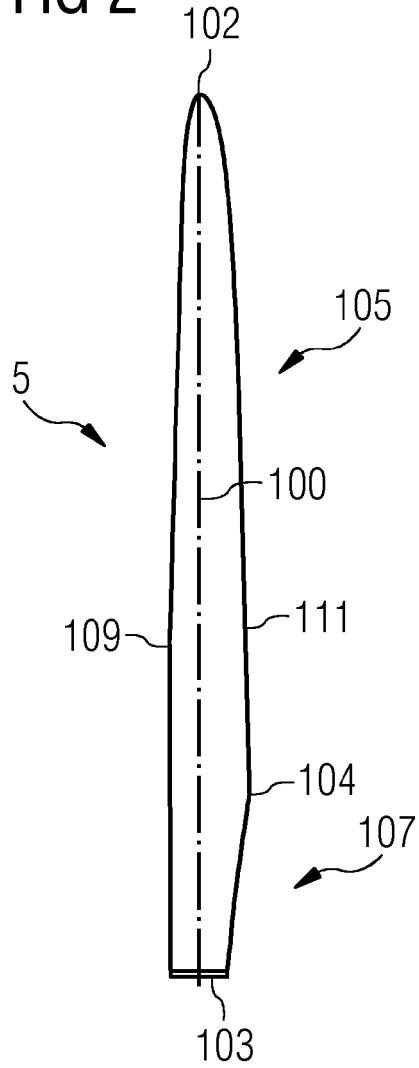


FIG 3

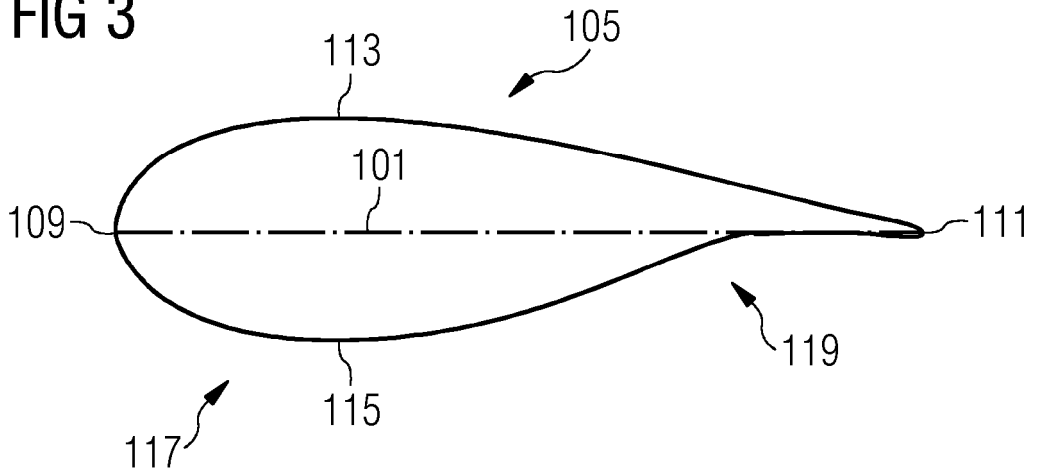


FIG 4

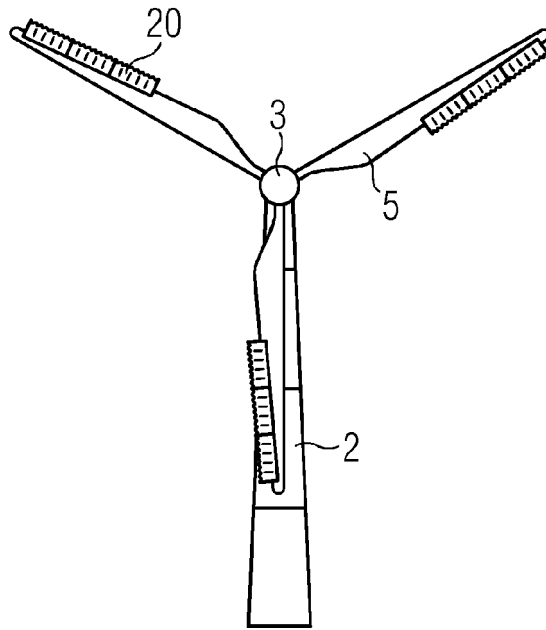


FIG 5

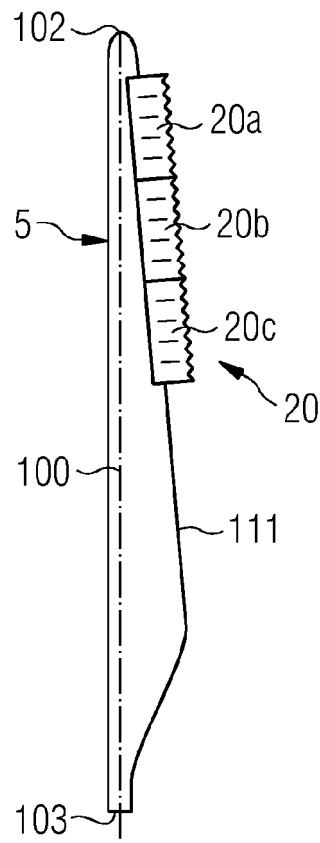


FIG 6

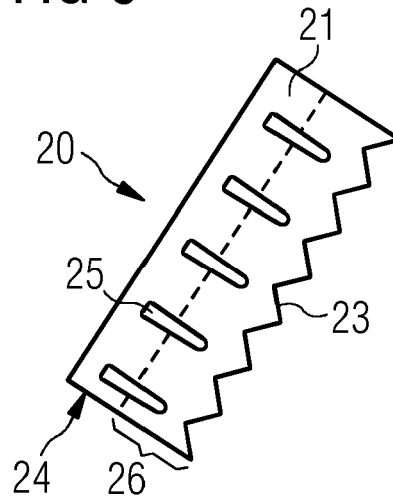


FIG 7

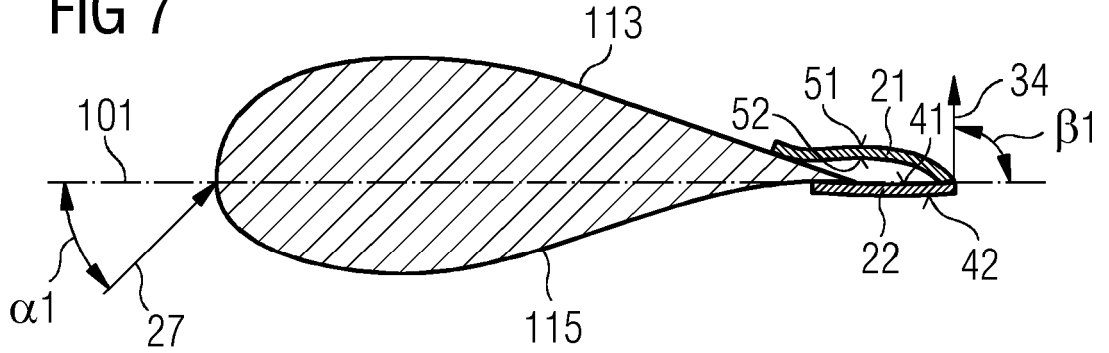


FIG 8

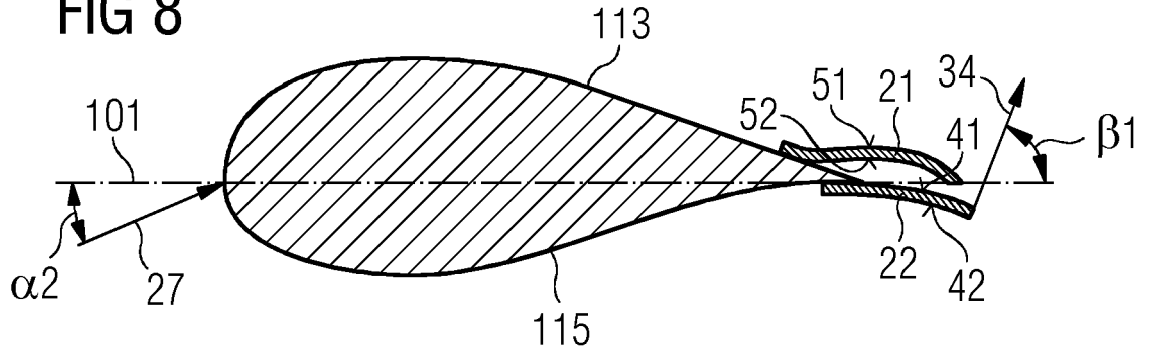


FIG 9

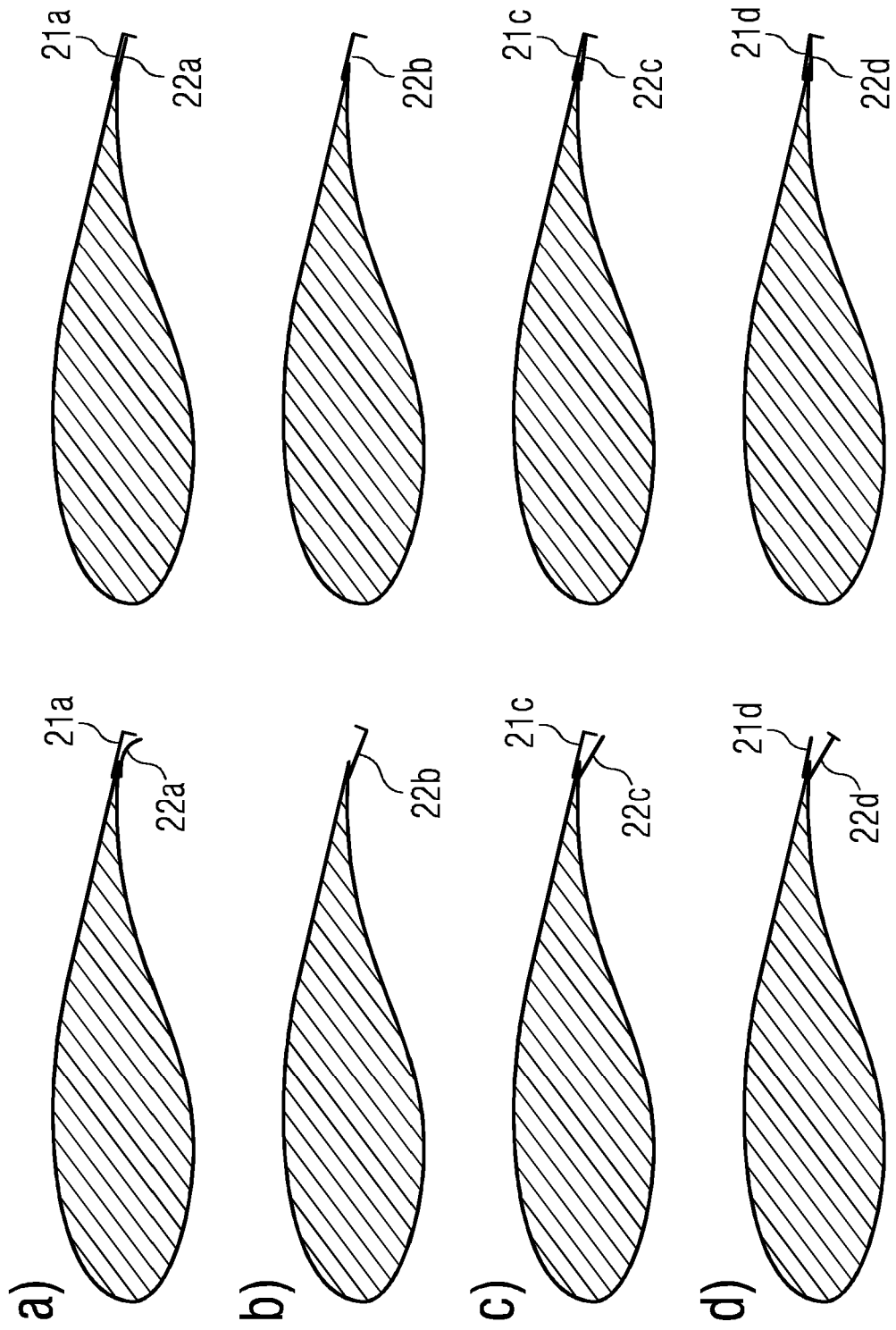


FIG 10

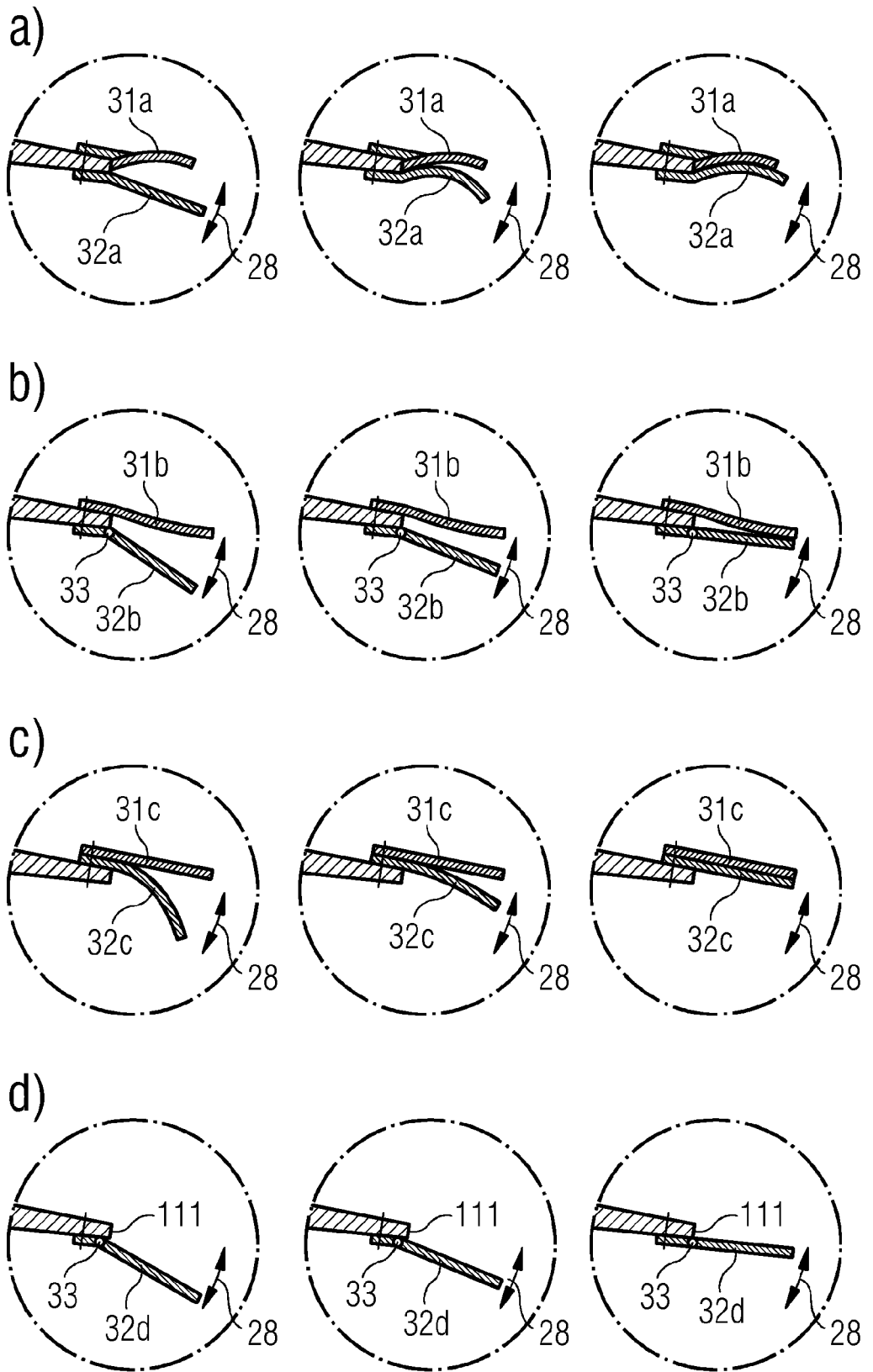


FIG 11

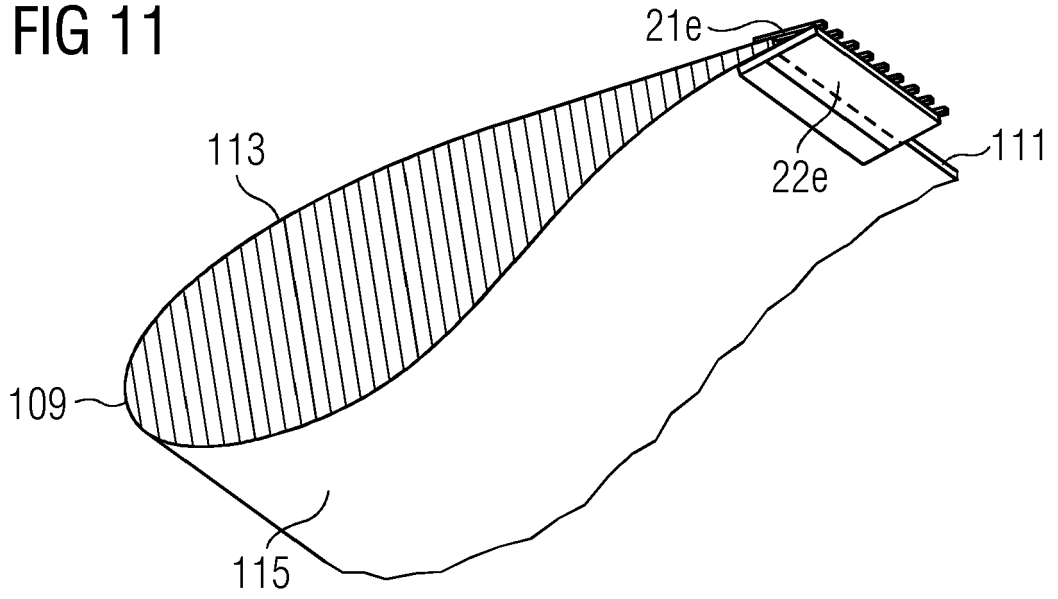


FIG 12

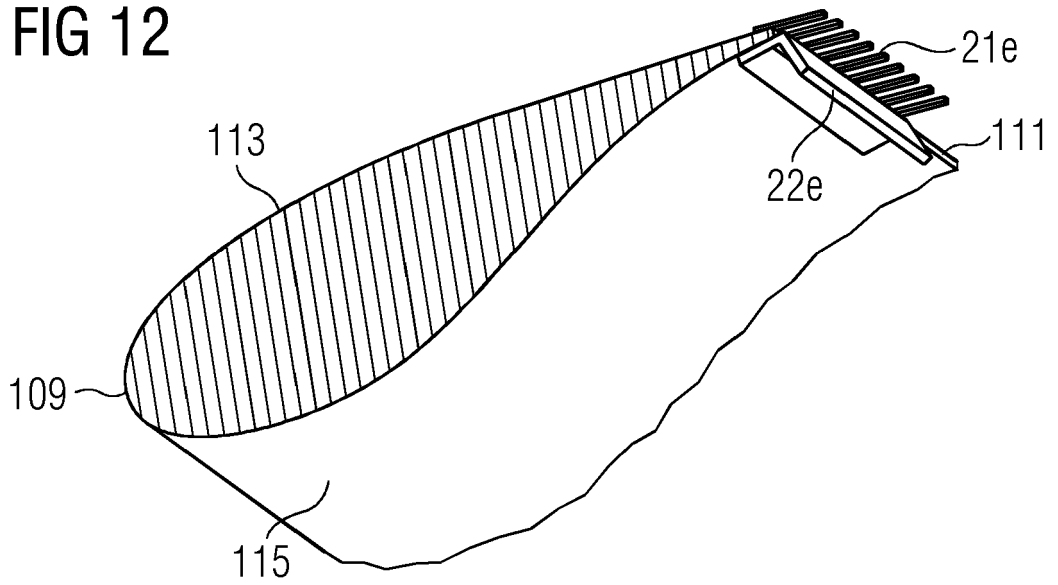




FIG 13

