

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 312**

51 Int. Cl.:

**F03D 9/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2008 PCT/DK2008/000375**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2009 WO09052828**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2008 E 08841482 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 2212551**

54 Título: **Pala de turbina eólica, turbina eólica y método para la fabricación de una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

**24.10.2007 DK 200701527**

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

**19.02.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NIEUWENHUIZEN, JOHN JOHANNES MATHIAS  
HUBERTUS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 655 312 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Pala de turbina eólica, turbina eólica y método para la fabricación de una pala de turbina eólica

**5 Antecedentes de la invención**

La invención se refiere a una pala de turbina eólica, una turbina eólica y a un método para la fabricación de una pala de turbina eólica.

10 Las palas de turbina eólica modernas contienen diferentes aparatos para supervisar y proteger las palas frente a sobrecargas y daños tales como medios detectores. Los medios detectores se alimentan normalmente externamente con alimentación eléctrica a través de cables eléctricos que transcurren a través del interior de la pala.

15 Las palas de turbina eólica pueden comprender también un sistema de protección pararrayos que normalmente incluye un cierto número de receptores pararrayos, por ejemplo sobre la superficie de la punta de la pala y con conexiones a un conductor pararrayos. El conductor pararrayos transcurre a través del interior de la pala y a través de otras partes de la turbina eólica hasta un potencial de tierra.

20 Un problema con el uso de cables eléctricos internos para detectores y un sistema de protección contra rayos en la pala de turbina eólica es el riesgo de que la corriente del rayo siga los cables eléctricos en lugar del conductor pararrayos después de un salto de arco del rayo.

Incluso si no tiene lugar un salto de arco cuando cae un rayo puede surgir otro problema en la pala de la turbina eólica por la interferencia electromagnética entre el conductor pararrayos y los sistemas detectores.

25 El resultado de las situaciones de caída de rayos anteriormente mencionadas puede ser consumo de tiempo y costes de reparación de los sistemas detectores.

30 El objeto de la invención es establecer una pala de turbina eólica que tenga medios alimentados eléctricamente que tengan menos vulnerabilidad a las caídas de rayos sobre las palas.

El documento EP 1 788 240 A se considera la técnica anterior más próxima a la materia objeto de la reivindicación 1.

La invención

35 La invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende

uno o más módulos alimentados eléctricamente y medios de fuente de alimentación que convierten una fuente de energía en energía eléctrica para dichos uno o más módulos,

40 en el que dicha fuente de energía son haces de luz transmitidos a los medios de fuente de alimentación en la estructura y/o interior de la pala desde una fuente de luz externa.

45 De ese modo se consigue una separación galvánica entre los módulos de alimentación eléctrica y cualquier potencial de tierra eléctrico mediante el uso de haces de luz como la fuente de energía y convirtiendo localmente en los módulos la fuente de energía en energía eléctrica. La corriente del rayo no afectará o dañará así a los módulos alimentados eléctricamente debido a la separación galvánica.

50 En un aspecto de la invención, dichos módulos alimentados eléctricamente son uno o más módulos detectores, por ejemplo, para la detección de tensiones, vibraciones, caídas de rayos, depósitos de hielo superficiales, suciedad, etc. y/u otros tipos de módulos detectores de supervisión del estado en la pala. De ese modo se consigue una fuente de alimentación fiable para los módulos alimentados eléctricamente que necesitan ser de un tamaño físicamente pequeño para implementarse dentro de la estructura de la pala y/o encajar dentro de partes restringidas del interior de la pala tales como la punta de la pala. Sería muy difícil en otra forma proteger a los módulos detectores contra los efectos de la corriente del rayo sin incrementar significativamente el tamaño de los módulos y por ello restringir la colocación de los módulos detectores dentro de la pala. Adicionalmente, es posible de forma ventajosa incrementar un alto grado de "inteligencia" de los detectores en la pala de turbina eólica.

60 En otro aspecto de la invención, dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente se integran en la estructura de la pala, por ejemplo protegidos frente a EMC con una malla o cubierta eléctricamente conductora que los rodea. De ese modo se consigue la posibilidad de obtener mejores posiciones para una detección precisa y rápida de los valores de la pala, por ejemplo en lugar de usar una detección indirecta a través de interfaces de detectores sobre la superficie interior de la pala. La protección de los módulos contra interferencias electromagnéticas valida adicionalmente los valores detectados de una manera ventajosa.

65 En un aspecto adicional de la invención, dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente se conectan al buje

5 y/o góndola a través de al menos una fibra óptica por ejemplo como parte de o en conexión con una comunicación de datos óptica externa para dichos módulos. De ese modo se consigue una distancia de conducción no eléctrica significativa entre los módulos alimentados eléctricamente y medios adicionales tales como la fuente de luz y cualquier medio receptor para la comunicación de datos de los módulos y estableciendo por ello una separación galvánica garantizada.

10 En un aspecto adicional más de la invención la fibra óptica puede entenderse como un vidrio o plástico que transporta luz a lo largo de su longitud. La fibra óptica puede denominarse también a veces como una guía de ondas óptica, guía de luz o cable de fibra óptica e incluso un tubo hueco con una superficie interior reflectora.

15 En un aspecto adicional y ventajoso más de la invención el uso de guías de luz incrementa la velocidad de comunicación en comparación con cables con conductores de, por ejemplo, aluminio o cobre. Adicionalmente el uso de guías de luz permite más de un canal de comunicación dentro de la misma fibra e incluso hace posible la comunicación bidireccional full dúplex.

En un aspecto adicional y ventajoso más de la invención el uso de guías de luz asegura un uso de larga duración y pequeñas dimensiones en comparación con los cables con conductores de, por ejemplo, aluminio o cobre.

20 En un aspecto adicional más de la invención, dichos medios de fuente de alimentación de dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente comprende(n) al menos una célula fotovoltaica para convertir haces de luz en energía eléctrica y/o medios de almacenamiento para almacenar dicha energía eléctrica tal como uno o más condensadores, por ejemplo condensadores de muy alta capacidad.

25 De ese modo se consigue una realización ventajosa de la fuente de alimentación en el módulo alimentado eléctricamente, es decir una fuente de alimentación fiable para la conversión local de una fuente de energía no eléctrica en energía eléctrica y preferentemente con almacenamiento posterior en condensadores eficientes en cuanto a espacio.

30 En un aspecto de la invención, dicha al menos una célula fotovoltaica recibe haces de luz desde dicha al menos una fibra óptica, por ejemplo al menos una fibra dedicada a dichos medios de fuente de alimentación o al menos una fibra para transmisión de energía y comunicación de datos en combinación. De ese modo es posible transmitir los haces de luz a través de una fibra óptica de alimentación separada y establecer de ese modo una solución de fuente de alimentación con una fiabilidad y flexibilidad incrementadas. Adicionalmente, es posible usar las fibras de comunicación de datos para transmisión de energía por ejemplo en períodos de tiempo definidos para establecer un sistema modular con una conexión de alimentación y comunicación de datos simple hacia el exterior de la pala.

35 En otro aspecto de la invención, dichos medios de fuente de alimentación se combinan con fuentes de energía adicionales tal como una o más células solares sobre la superficie de la pala o integrados en la estructura de la pala por debajo de un material de cubierta total o parcialmente transparente y/o fuentes de energía cinética y/o fuentes de energía electromagnética en la pala. De ese modo se consigue una forma ventajosa de suplementar la energía (luz) alimentada desde la fuente de luz externa con energía eléctrica.

40 En un aspecto adicional de la invención, dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente se posicionan en la mitad exterior de la pala de turbina eólica y preferentemente en la proximidad de la punta de la pala de turbina eólica. De ese modo se consigue una protección galvánica ventajosa de los módulos alimentados eléctricamente en una parte de la pala en donde las dimensiones son pequeñas y frecuentemente inciden los rayos es decir hay un riesgo incrementado de descargas de rayos cuando los módulos se posicionan en un intervalo próximo al conductor pararrayos y los receptores. Debería observarse que la localización de los uno o más módulos alimentados eléctricamente no influye en la operación o función de los uno o más módulos alimentados eléctricamente. Por ello los uno o más módulos alimentados eléctricamente pueden funcionar tan bien cuando se localizan cerca de la raíz de la pala, como cuando se localizan cerca de la punta de la pala.

45 En un aspecto adicional más de la invención, dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente comprenden medios microprocesadores tales como medios microprocesadores de potencia ultra baja y/o medios de acoplamiento para un acoplamiento en cascada de la fuente de energía/comunicación de datos a módulos alimentados eléctricamente adicionales. De ese modo se consigue un módulo alimentado eléctricamente que puede ser operado y funcionar perfectamente con la baja cantidad de potencia que puede transmitirse desde la fuente de luz externa. Adicionalmente el acoplamiento en cascada permite que se conecten múltiples módulos con relación a la comunicación de datos así como a la transmisión de alimentación por ejemplo para minimizar el número de fibras ópticas necesarias en o dentro de la pala de turbina eólica.

50 Tener más de una fibra óptica puede proporcionar una redundancia al sistema, que es preferible debido a que es difícil sustituir fibras ópticas dañadas en la pala de turbina eólica.

65 De acuerdo con un aspecto de la invención se prefiere usar fibras ópticas del tipo mono-modo, pero también pueden usarse fibras ópticas multi-modo. Las fibras ópticas del tipo mono-modo pueden preferirse debido a que a diferencia

de las fibras ópticas multi-modo, no presenten una dispersión modal resultante de los múltiples modos espaciales. Las fibras mono-modo son por lo tanto mejores en el mantenimiento de la fidelidad de cada pulso de luz sobre largas distancias que las fibras multi-modo. Adicionalmente por estas razones, las fibras mono-modo pueden tener un ancho de banda más alto que las fibras multi-modo.

5 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención las guías de luz pueden moldearse en la estructura de la pala. Esto puede ser muy ventajoso debido que se protege entonces a la guía de luz de influencias externas, tanto mecánicas (por ejemplo retorcidos o tracciones) como químicas (por ejemplo agua o disolventes). Adicionalmente, cuando las guías de luz se moldean en la estructura de la pala, las guías de luz no presentarían ningún inconveniente para el personal de servicio. Por ello se elimina el riesgo de daño de la guía de luz cuando se ha de mantener o sustituir un detector u otros equipos en la pala.

15 De acuerdo con un aspecto adicional más de la invención, en la producción de las palas de turbina eólica, si las guías de luz se moldean en la estructura de la pala, podría obtenerse una uniformidad mayor entre cada pala individualmente producida. Esto podría facilitar por ejemplo cálculos de las fibras ópticas, etc. debido a que la longitud de las fibras ópticas en cada pala es la misma. Adicionalmente puede optimizarse la producción de la pala de turbina eólica debido a que podrían proporcionarse guías de luz de una longitud predeterminada deseada.

20 La invención también se refiere a una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica y a un método de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el método comprende adicionalmente las etapas de:

- construir parcialmente una pala de turbina eólica,
- integrar uno o más módulos alimentados eléctricamente con los medios de fuente de alimentación en la estructura de la pala en la que la fuente de energía son haces de luz,
- establecer la posibilidad de transmisión del haz de luz en la estructura de la pala y/o en el interior de la pala desde una fuente de luz externa a los medios de fuente de alimentación, y
- completar la construcción de la pala de turbina eólica.

30 De ese modo se consiguen realizaciones ventajosas adicionales de la invención.

### Figuras

35 La invención se describirá a continuación con referencia las figuras en las que

- la fig. 1 ilustra una gran turbina eólica moderna,
- la fig. 2 ilustra esquemáticamente una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,
- 40 la fig. 3 ilustra una realización de los medios de fuente de alimentación para un módulo alimentado eléctricamente tal como un detector en una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,
- la fig. 4 ilustra una realización más detallada de un módulo alimentado eléctricamente en una aplicación de un detector de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención, y
- 45 la fig. 5 ilustra esquemáticamente una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención con una pluralidad de módulos alimentados eléctricamente implementados, y
- 50 la fig. 6 ilustra una vista en sección transversal de una pala de turbina eólica con la ilustración de diferentes soluciones de integración de fibras ópticas y módulos alimentados eléctricamente.

### Descripción detallada

55 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 colocada en la parte superior de la torre 2. El rotor de la turbina eólica 4 comprende al menos una pala de turbina eólica por ejemplo tres palas 5 de turbina eólica tal como se ilustra en la figura. El rotor se monta sobre un buje 6, que se conecta a la góndola 3 a través de un árbol de baja velocidad que se extiende fuera del frente de la góndola.

60 La figura 2 ilustra esquemáticamente una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

La figura ilustra especialmente la conexión de fibra óptica 10 entre una fuente de luz 12 situada en el exterior de la pala 5 de turbina eólica y un módulo alimentado eléctricamente 9 situado en o dentro de la pala 5 de turbina eólica.

65 La fuente de luz 12 puede situarse por ejemplo en el buje 6 o en la góndola 3 (no ilustrado en la figura) y enfrentada a un extremo 11 de la fibra óptica 10. La fuente de luz puede ser cualquier clase de fuente de luz con la posibilidad de emitir luz de una cierta y definida densidad de potencia, por ejemplo una lámpara de xenón de alta potencia o una

fuente láser.

5 La fibra óptica (o pluralidad de fibras) 10 puede integrarse en la estructura de la pala o colocarse en el interior de la pala de turbina eólica. Véase la fig. 6 para métodos de implementación no limitativos de la fibra óptica 10 integrada en la estructura de la pala o en el interior de la pala 5 de turbina eólica. Como se ilustra, la fibra se extiende desde la raíz 7 de la pala a cualquier localización en la pala del módulo alimentado eléctricamente 9, por ejemplo en la proximidad de la punta de la pala 8.

10 La fig. 3 ilustra una realización de un medio de fuente de alimentación 13 para un módulo alimentado eléctricamente 9 tal como un detector en una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

15 Como se ilustra en la parte ampliada de la figura, el medio de fuente de alimentación 13 comprende especialmente una célula fotovoltaica 15 para la conversión de los haces de luz en energía eléctrica. Los haces de luz se emiten desde el extremo de la fibra óptica 14 enfrentada al medio de fuente de alimentación en el que el extremo de la fibra óptica es la parte final de la fibra óptica 10 extendiéndose preferentemente desde la fuente de luz 12 en el buje o en otra parte de la turbina eólica fuera de la pala 5.

20 Adicionalmente, el medio de fuente de alimentación 13 puede comprender una parte de fuente de alimentación para el control de la alimentación eléctrica de la célula fotovoltaica 15 así como medios de almacenamiento 17 de la energía eléctrica tal como uno o más procesadores.

La fig. 4 ilustra una realización más detallada de un módulo alimentado eléctricamente 9 en una aplicación de detector.

25 El módulo detector comprende el medio de fuente de alimentación 13, por ejemplo como se ha explicado anteriormente que tiene haces de luz emitidos desde una fibra óptica 10 hasta una célula fotovoltaica incluida que se ilustra adicionalmente por la flecha y "Energía (luz)". La energía eléctrica convertida se alimenta a un medio microprocesador 18 tal como un microprocesador de ultra baja potencia. El microprocesador también recibe y controla señales eléctricas desde una parte de detector 19 del módulo alimentado eléctricamente 9. Las señales se transfieren por el microprocesador a una fuente de luz 21 en el módulo que convierte las señales en una comunicación de datos ópticos para una fibra óptica 20 ilustrada por la flecha y "Datos (luz)".

35 La comunicación de datos se transfiere a medios de procesamiento colocados en otras partes de la turbina eólica o incluso fuera de la turbina eólica, por ejemplo a través de una conexión SCADA a un centro de control.

Mediante las conexiones de fibra óptica 10, 20 se establece una separación galvánica entre el módulo alimentado eléctricamente 9 y cualquier potencial de tierra exterior a la pala de la turbina eólica que se indica esquemáticamente con el número de referencia 22.

40 Las fibras ópticas 10, 20 ilustradas en la figura 4 son solo para ilustrar que una o más fibras ópticas conectan el módulo alimentado eléctricamente 9 con las otras partes en o fuera de la turbina eólica. Debería observarse que en relación a todas las realizaciones de la presente invención hay disponibles diferentes combinaciones del uso de una o más fibras ópticas. Por ello como se ilustra en la figura 4 se usa una fibra óptica 10 para alimentación y/o la comunicación ascendente y se usa una fibra óptica 20 para la comunicación descendente con relación al módulo alimentado eléctricamente 9.

Junto a o en combinación con la realización ilustrada en la figura 4, los siguientes ejemplos son solo para indicar que podría usarse una pluralidad de diferentes soluciones de acuerdo con el alcance de la invención.

50 En una realización no ilustrada de la invención se usa una fibra óptica para energizar (alimentar) al módulo alimentado eléctricamente 9 y se usan dos fibras ópticas adicionales para una comunicación full dúplex entre el módulo alimentado eléctricamente 9 y otras partes en o fuera de la turbina eólica.

55 En una realización adicional no ilustrada de la invención se usa una fibra óptica para energizar (alimentar) al módulo alimentado eléctricamente 9 y se usa una fibra óptica adicional para comunicación bidireccional (semi-dúplex) entre el módulo alimentado eléctricamente 9 y otras partes en o fuera de la turbina eólica.

60 Por ello, como se ha descrito, es posible cualquier combinación del número de fibras ópticas y del uso de las fibras ópticas dentro del alcance de la invención incluso teniendo solamente una fibra óptica entre el módulo alimentado eléctricamente 9 y otras partes en o fuera de la turbina eólica.

La fig. 5 ilustra esquemáticamente una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención con una pluralidad de módulos alimentados eléctricamente 9 implementados.

65 La pluralidad de módulos alimentados eléctricamente 9 puede, como detectores, dispersarse sobre toda la longitud de la pala de turbina eólica o concentrarse en partes de la pala con un riesgo incrementado de tensiones o daños a

la pala, por ejemplo en la punta de la turbina eólica. Adicionalmente, los detectores en una parte de la pala pueden detectar el mismo tipo de información, por ejemplo vibraciones y establecer de ese modo una redundancia por el número elevado de detectores.

5 Como se ilustra en la parte ampliada de la figura, el módulo alimentado eléctricamente 9 puede integrarse en la estructura de la pala 24, por ejemplo la concha de la pala o la estructura del larguero.

La integración puede establecerse como parte del método de fabricación de la pala, por ejemplo colocándose entre el material de mantas de fibra de vidrio o carbono cuando se aplican en la fabricación de la pala.

10 La invención descrita se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos particulares sino que puede diseñarse y alterarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones, por ejemplo con diferentes conexiones de datos y/o alimentación entre una pluralidad de módulos tal como una conexión en cascada. Adicionalmente, los medios de fuente de alimentación pueden colocarse en otra localización dentro de la pala de turbina eólica en lugar de ser una parte integral del módulo, por ejemplo en estrecha proximidad al módulo pero no integrada en el módulo. Incluso adicionalmente, los medios de fuente de alimentación pueden combinarse con fuentes de alimentación eléctrica locales tales como una o más células solares 26 integradas en la estructura de la pala 24 por detrás de un material de cubierta total o parcialmente transparente como se ilustra en la fig. 5, o

20 fuentes de energía cinética en la pala.

Como se ha mencionado es posible incluir una fuente de energía adicional para soportar o respaldar la alimentación desde la fibra óptica 10. Junto a las tecnologías mencionadas también podrían usarse, por ejemplo tecnologías electroquímicas, tales como, por ejemplo, baterías. Mediante la implementación de dichos almacenamientos de

25 energía recargables pueden suplementarse las fibras ópticas 10, por ello cuando por ejemplo una célula solar es capaz de proporcionar más energía que, por ejemplo, la que ha de usar el microprocesador, la célula solar puede cargar una o más baterías.

La fig. 6 ilustra una vista en sección transversal de una pala 5 de turbina eólica que ilustra ejemplos de cómo las fibras ópticas 10 y uno o más módulos alimentados eléctricamente 9 pueden integrarse en la pala 5 de turbina eólica.

La integración de una o más fibras ópticas 10 y/o dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente 9, en la estructura de la pala 29, podría interpretarse, por ejemplo, como que las una o más fibras ópticas 10 y/o dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente 9 se moldean al menos parcialmente en el material que constituye la pala 5 de turbina eólica.

La estructura de la pala 29 se define entre una parte más interior 30 y una parte más exterior 31 de la pala 5 de turbina eólica.

40 La pala 5 de turbina eólica puede construirse, por ejemplo, en forma de capas y por ello entre la capa/parte más exterior 31 y la más interior 30 puede localizarse la fibra óptica 10 o dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente 9. Debería observarse que no es necesario moldear totalmente los módulos alimentados eléctricamente 9 y la fibra óptica 10 dentro de la pala 5 de turbina eólica.

45 La pala 5 de turbina eólica puede fabricarse, por ejemplo basándose en variaciones sobre compuestos de polímero reforzado con fibra de vidrio, carbono, madera o preferentemente compuestos basados en epoxi que pueden conducir a tiempos de curación más cortos que el uso de otras resinas tradicionales, lo que es también posible.

50 Como se ilustra, los módulos alimentados eléctricamente 9 pueden integrarse en la pala 5 de turbina eólica en una forma en la que los módulos alimentados eléctricamente 9 se localizan parcialmente en la estructura de la pala 5 de turbina eólica y se localizan parcialmente en el interior de la pala 5 de turbina eólica.

55 De acuerdo con un aspecto de la invención podría moldearse también un tubo 28 en la estructura 29 de la pala de turbina eólica. De ese modo, después de que se haya moldeado la pala 5 de turbina eólica es posible insertar una o más fibras ópticas 10 a través del tubo 28. Esto podría ser una ventaja si ha de cambiarse la fibra óptica 10 cuando la turbina eólica 1 está puesta en operación.

60 Naturalmente dicho tubo puede localizarse en cualquier lado en la pala 5 de turbina eólica. Un ejemplo de dicha localización es en el interior de la pala 5. Un ejemplo adicional (no mostrado) es, si la construcción de la pala 5 lo permite, localizar el tubo en una cavidad dentro del material del que se construye la pala 5. Debería observarse que en dicha cavidad también podrían localizarse guías de luz, tales como fibras ópticas 10.

65 Como se ha mencionado anteriormente la fibra óptica 10 puede colocarse también, de acuerdo con una realización de la invención, en el interior de la pala 5 de turbina eólica. De acuerdo con dicha realización puede ser posible también eliminar y sustituir las fibras ópticas 10 después de que se haya moldeado la pala 5 de turbina eólica.

De acuerdo con lo anterior, se debe tener cuidado cuando se elige el tipo de fibra óptica 10, debido al entorno presente en el interior y con relación a una pala 5 de turbina eólica. La fibra óptica (o pluralidad de fibras ópticas) pueden exponerse, por ejemplo, a vibraciones, cambios de temperatura, presión y humedad, etc.

5 Adicionalmente la ruta (moldeada en la pala en la forma de, por ejemplo, un tubo o en el interior de la pala) de la fibra óptica ha de considerarse cuidadosamente. Debido al efecto a largo plazo de los factores mencionados con relación al entorno y con relación a la turbina eólica.

10 Debería observarse que la pala 5 de turbina eólica puede proveerse con una estructura de soporte interna 27 tal como se indica en la figura 6. La forma o configuración de la estructura de soporte interna 27 puede variar, pero la estructura de soporte interna 27 puede usarse con relación a la integración de la fibra óptica 10 y/o dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente 9.

15 Es posible integrar más de una fibra óptica 10 si es necesario, tener más de una fibra permite la separación de alimentación y comunicación de datos y si una de las fibras ópticas se daña, esto no tiene que tener ningún efecto dado que puede usarse la otra fibra óptica.

20 A todo lo largo de la presente documento el término fibras ópticas 10 se ha usado para describir los medios que transportan ópticamente energía a los módulos alimentados eléctricamente 9. Debería observarse que las fibras ópticas son solamente una realización preferida de una guía de ondas óptica (también denominadas como guía de luz). Una guía de ondas óptica incluye, cuando es apropiado, pero sin limitarse a, vidrio, plásticos o polímeros, espejos, cristales, etc.

25 En realizaciones alternativas de la invención la energía óptica puede transferirse al módulo alimentado eléctricamente 9, solo por medio de un haz láser. Esta realización requeriría algún medio de calibración o ajuste, eléctrica u ópticamente, para asegurar que el haz láser es recibido de modo que la energía del haz láser se usa óptimamente. Dicha calibración o ajuste podría ser por ejemplo una o más lentes ópticas, espejos, prismas, etc. y localizarse en algún lado entre la fuente y el receptor o en la fuente o el receptor.

30 En una realización alternativa adicional de la invención la energía óptica puede transferirse al módulo alimentado eléctricamente 9, solo por medio de un haz láser dirigido desde la fuente al receptor por medio de uno o más espejos. Dichos espejos pueden ser, de acuerdo con una realización de la invención, móviles.

35 Con relación a los ejemplos mencionados anteriormente de enrutado de tubos 28 y/o fibras ópticas 10 en el interior de la pala de turbina eólica, debería observarse que los tubos 28 y/o fibras ópticas 10 pueden fijarse. Dicha fijación podría realizarse preferentemente por medio de un material adhesivo tal como por ejemplo cola, pasta, etc., pero también pueden usarse medios de fijación mecánica tales, como por ejemplo clips o boyas. La fijación puede realizarse ventajosamente al menos parcialmente a lo largo de la longitud de la fibra óptica 10.

40 **Lista**

1. Turbina eólica
2. Torre de turbina eólica
3. Góndola de turbina eólica
- 45 4. Rotor de turbina eólica
5. Pala de turbina eólica
6. Buje de turbina eólica
7. Sección de raíz de la pala de turbina eólica incluyendo la brida de conexión al buje
8. Sección de punta de la pala de turbina eólica
- 50 9. Módulos alimentados eléctricamente
10. Fibra óptica para la transmisión de los haces de luz para fuente de alimentación
11. Extremo de la fibra óptica que se enfrenta a una fuente de luz colocada fuera de la pala de turbina eólica, por ejemplo en el buje
12. Fuente de luz que transmite haces de luz como una fuente de alimentación
- 55 13. Medio de fuente de alimentación
14. Extremo de la fibra óptica que se enfrenta a los medios de fuente de alimentación
15. Célula fotovoltaica para la conversión de los haces de luz en energía eléctrica
16. Fuente de alimentación
17. Medios de almacenamiento para la energía eléctrica tales como uno o más condensadores
- 60 18. Medios microprocesadores ( $\mu$ P) tales como un microprocesador de ultra baja potencia
19. Parte de detector del módulo alimentado eléctricamente
20. Fibra óptica al menos para comunicación de datos
21. Fuente de luz para la comunicación de datos óptica desde el módulo alimentado eléctricamente
22. Separación galvánica (esquemáticamente ilustrada) entre el módulo alimentado eléctricamente y cualquier potencial de tierra
- 65 23. Exterior de la pala de turbina eólica

- 24. Estructura de la pala de turbina eólica, por ejemplo una concha o larguero de pala
- 25. Interior de la pala de turbina eólica
- 26. Célula solar y capa superficial de la pala parcial o totalmente transparente
- 27. Estructura de soporte interno de la pala de turbina eólica
- 5 28. Tubo
- 29. Estructura de la pala de turbina eólica
- 30. Parte más interna de la pala de turbina eólica
- 31. Parte más exterior de la pala de turbina eólica

10

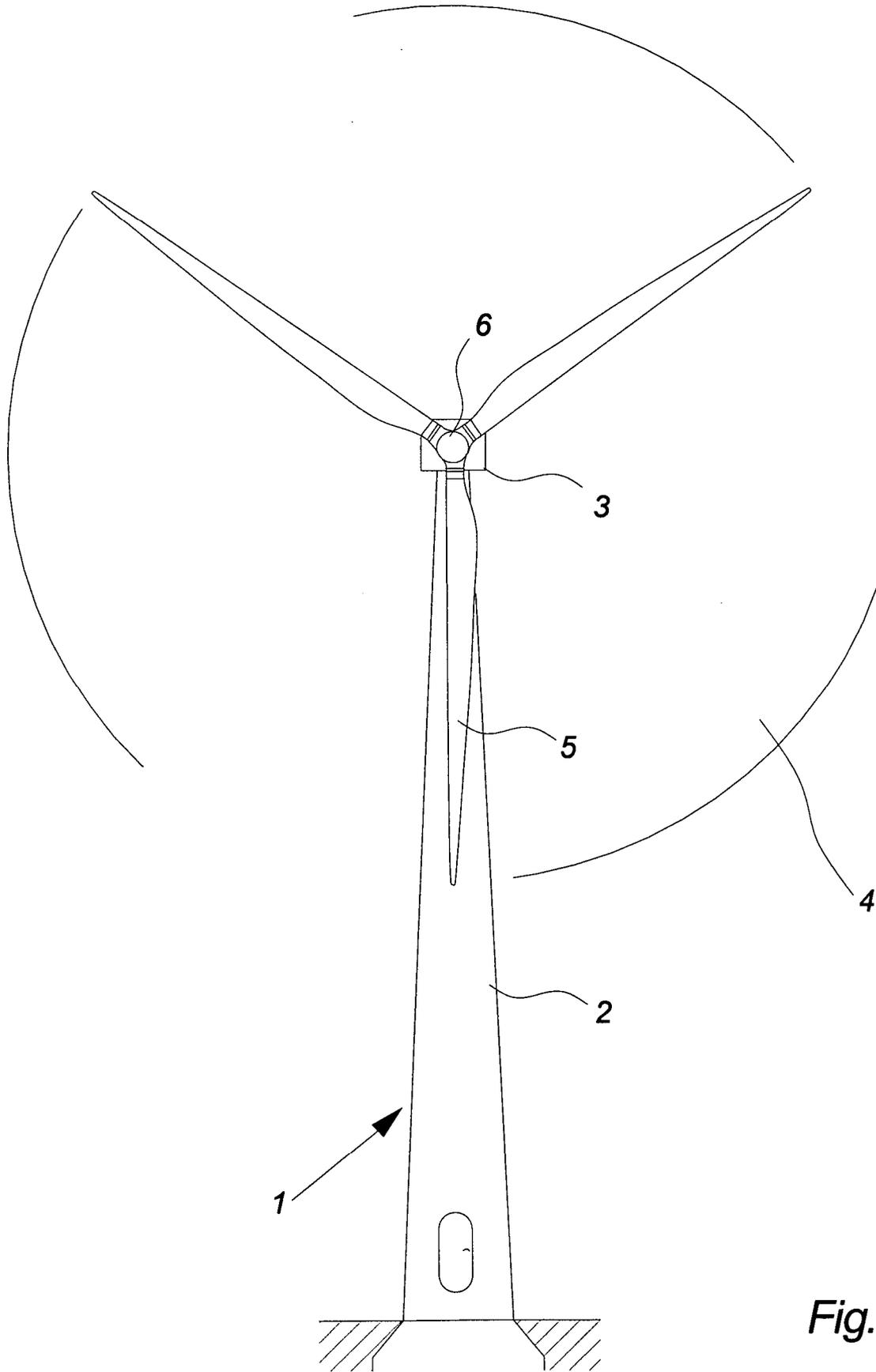
**REIVINDICACIONES**

1. Pala de turbina eólica (5) que comprende  
5 uno o más módulos alimentados eléctricamente (9), caracterizándose la pala (5) de turbina eólica por que comprende medios de fuente de alimentación (13) que convierten haces de luz en energía eléctrica para dichos uno o más módulos (9), y por que los haces de luz se transmiten a los medios de fuente de alimentación en la estructura (24) y/o interior (25) de la pala desde una fuente de luz externa (12).
- 10 2. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con la reivindicación 1 en la que dichos módulos alimentados eléctricamente (9) son uno o más módulos detectores, por ejemplo, para la detección de tensiones, vibraciones, caídas de rayos, depósitos de hielo superficiales, suciedad, etc. y/u otros tipos de módulos detectores de supervisión del estado en la pala.
- 15 3. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en la que dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) se integran en la estructura de la pala (24), por ejemplo protegidos frente a EMC con una malla o cubierta eléctricamente conductora que los rodea.
- 20 4. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en la que dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) se conectan al buje (6) y/o góndola (3) a través de guías de onda preferentemente en la forma de al menos una fibra óptica (10, 20) por ejemplo como parte de o en conexión con una comunicación de datos óptica externa para dichos módulos.
- 25 5. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con la reivindicación 4 en la que dicha guía de onda óptica se moldea al menos parcialmente en dicha pala (5) de turbina eólica.
- 30 6. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en la que dichos medios de fuente de alimentación (13) de dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) comprende(n) al menos una célula fotovoltaica (15) para convertir haces de luz en energía eléctrica y/o medios de almacenamiento (17) para almacenar dicha energía eléctrica tal como uno o más condensadores, por ejemplo condensadores de muy alta capacidad.
- 35 7. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con la reivindicación 6 en la que dicha al menos una célula fotovoltaica (15) recibe haces de luz desde dicha al menos una fibra óptica (10, 20), por ejemplo al menos una fibra dedicada a dichos medios de fuente de alimentación o al menos una fibra para transmisión de energía y comunicación de datos en combinación.
- 40 8. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en la que dichos medios de fuente de alimentación (13) se combinan con fuentes de energía adicionales tal como una o más células solares (26) sobre la superficie de la pala o integrados en la estructura de la pala por debajo de un material de cubierta total o parcialmente transparente y/o fuentes de energía cinética en la pala.
- 45 9. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 en la que dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) se posicionan en la mitad exterior de la pala de turbina eólica y preferentemente en la proximidad de la punta (8) de la pala de turbina eólica.
- 50 10. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en la que dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) comprenden medios microprocesadores (18) tales como medios microprocesadores de potencia ultra baja y/o medios de acoplamiento para un acoplamiento en cascada de la fuente de energía/comunicación de datos a módulos alimentados eléctricamente (9) adicionales.
- 55 11. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10 en la que dichos uno o más módulos alimentados eléctricamente (9) se integran en dicha pala (5) de turbina eólica.
- 60 12. Pala de turbina eólica (5) de acuerdo con la reivindicación 4 y 7 en la que dicha al menos una fibra óptica (10) se integra en dicha pala (5) de turbina eólica.
- 60 13. Turbina eólica (1) que comprende al menos una pala (5) de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
- 65 14. Método para la fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, comprendiendo dicho método las etapas de:
  - construir parcialmente una pala de turbina eólica,
  - integrar uno o más módulos alimentados eléctricamente con los medios de fuente de alimentación en la estructura de la pala en la que los medios de fuente de alimentación (13) están adaptados para convertir haces

de luz en energía eléctrica para dichos uno o más módulos (9),

- proporcionar medios para transmitir dichos haces de luz en la estructura de la pala y/o en el interior de la pala desde una fuente de luz externa a los medios de fuente de alimentación, y
- completar la construcción de la pala de turbina eólica.

5



*Fig. 1*

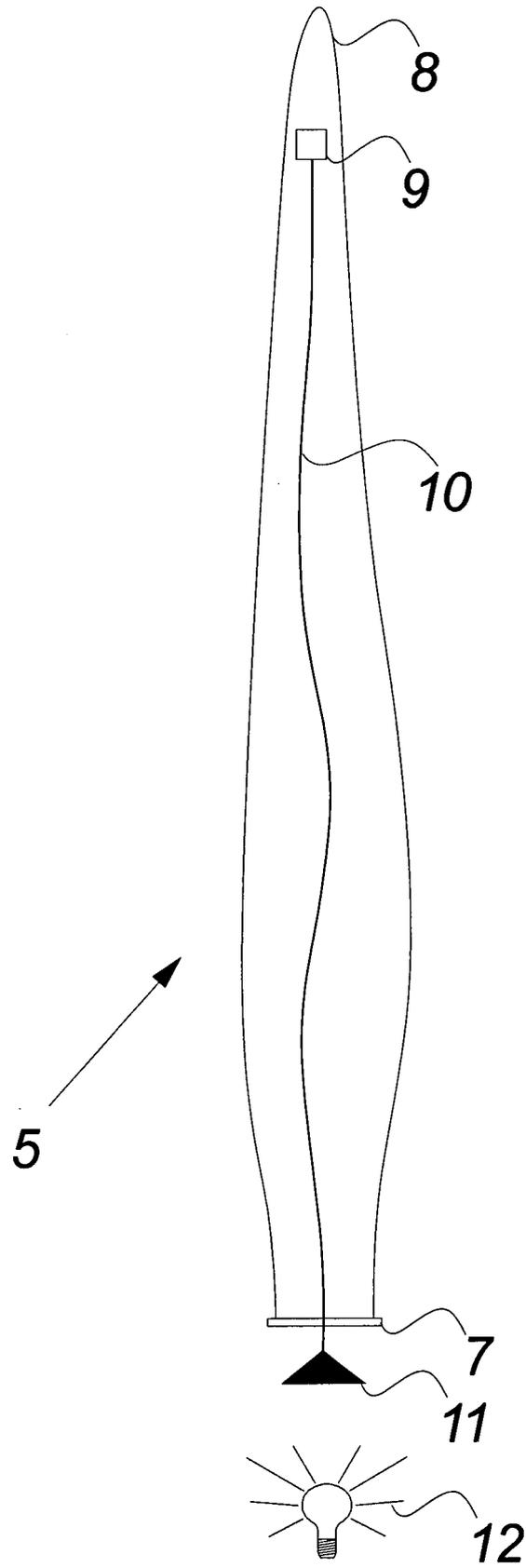


Fig. 2

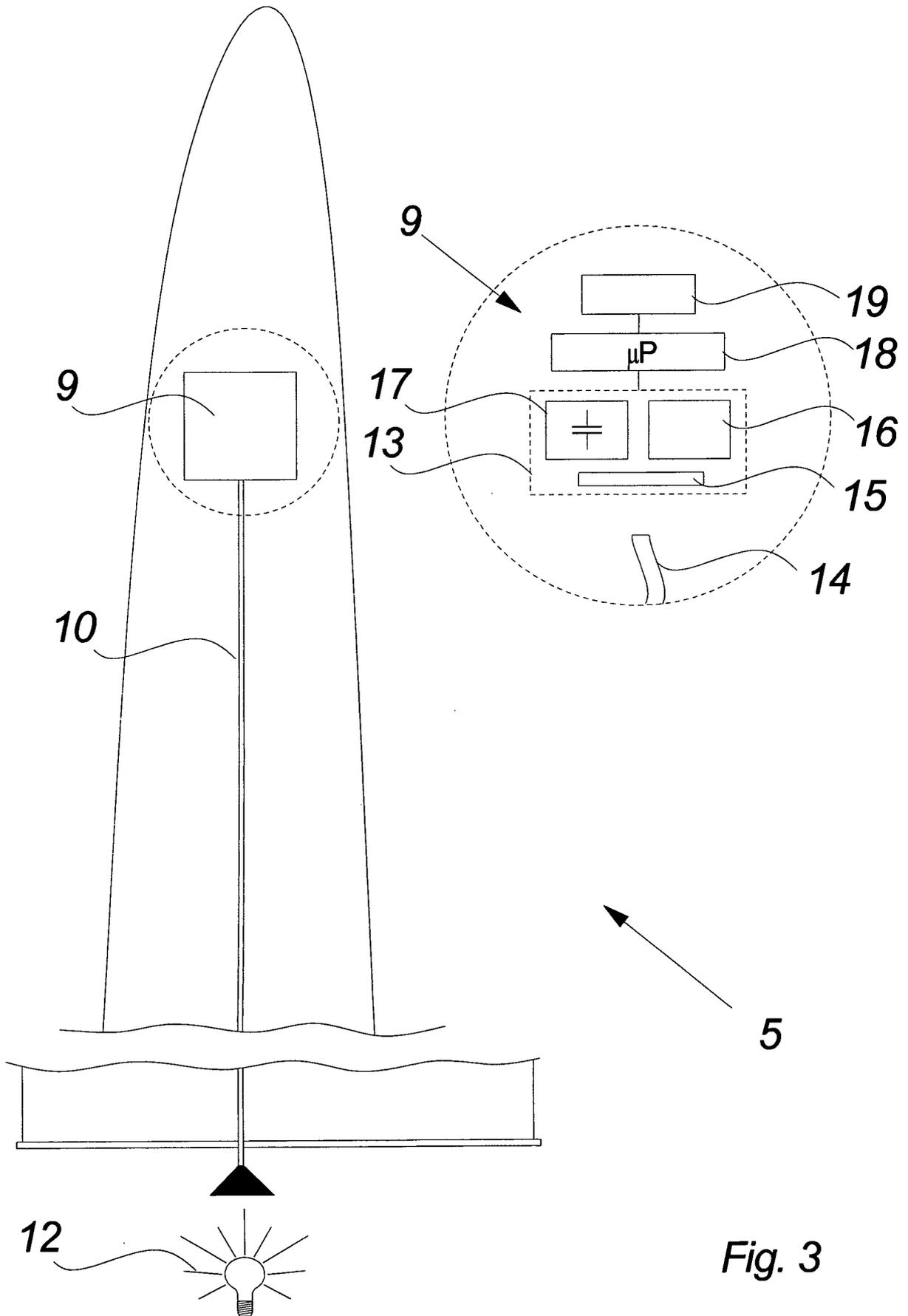


Fig. 3

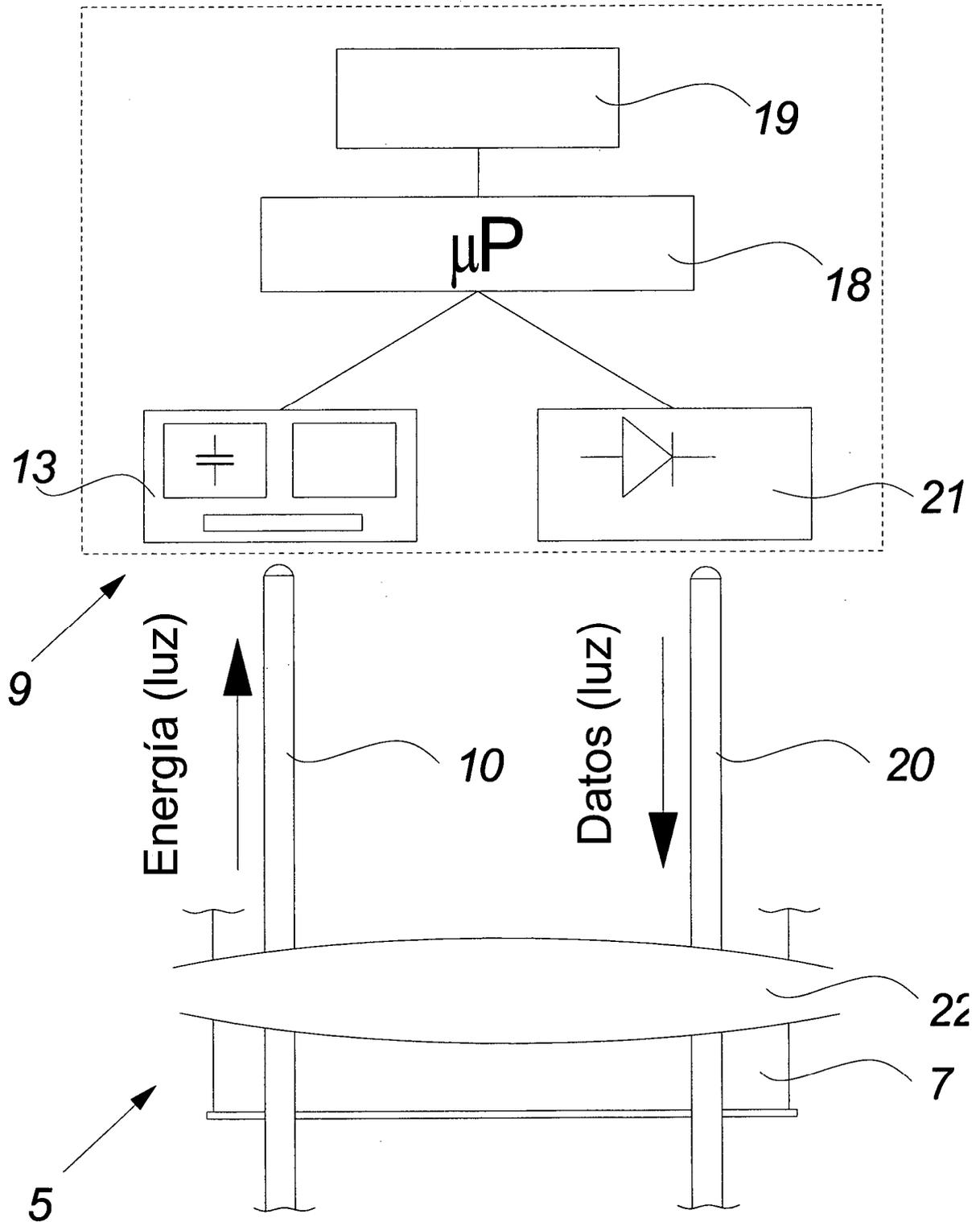


Fig. 4

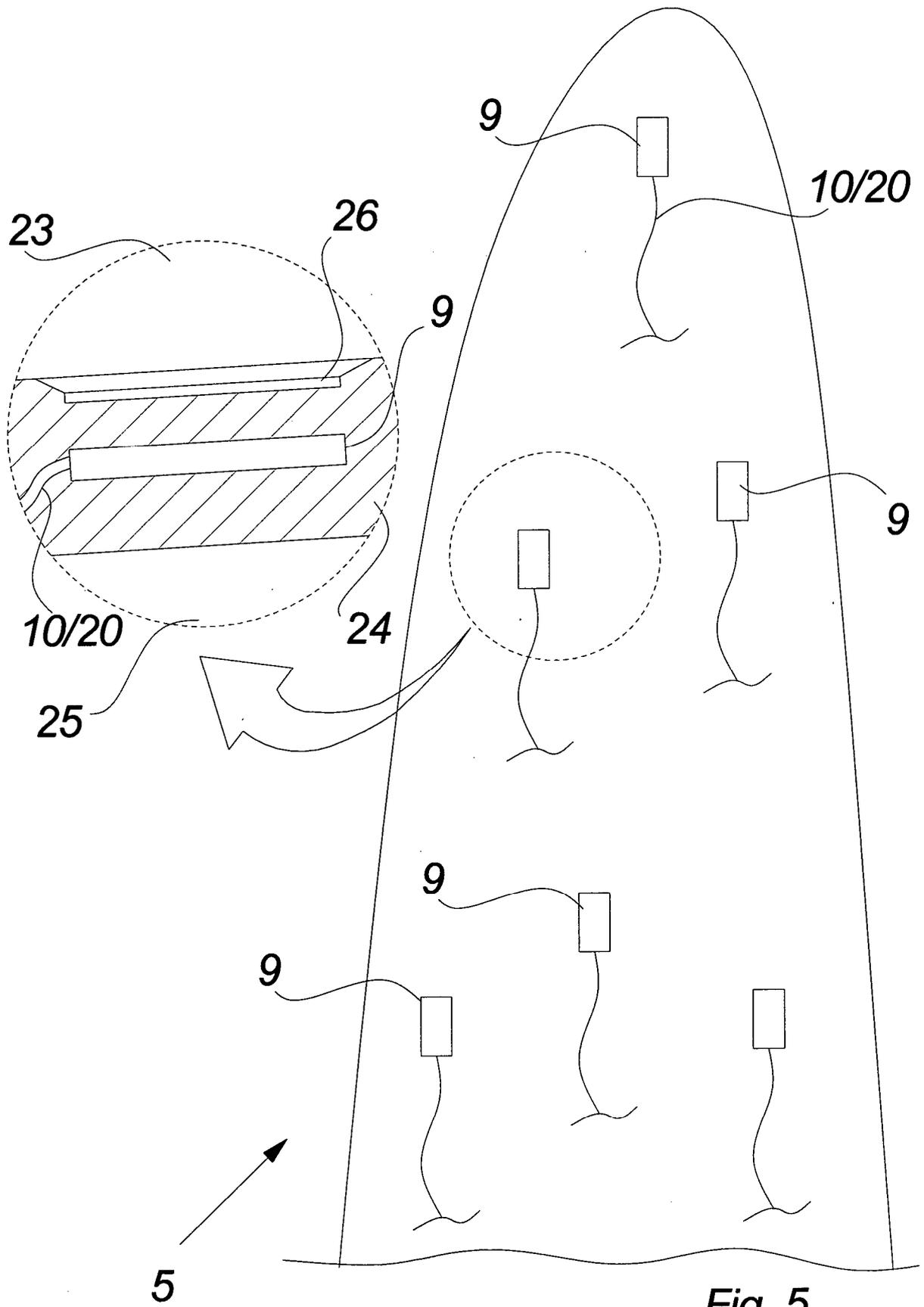


Fig. 5

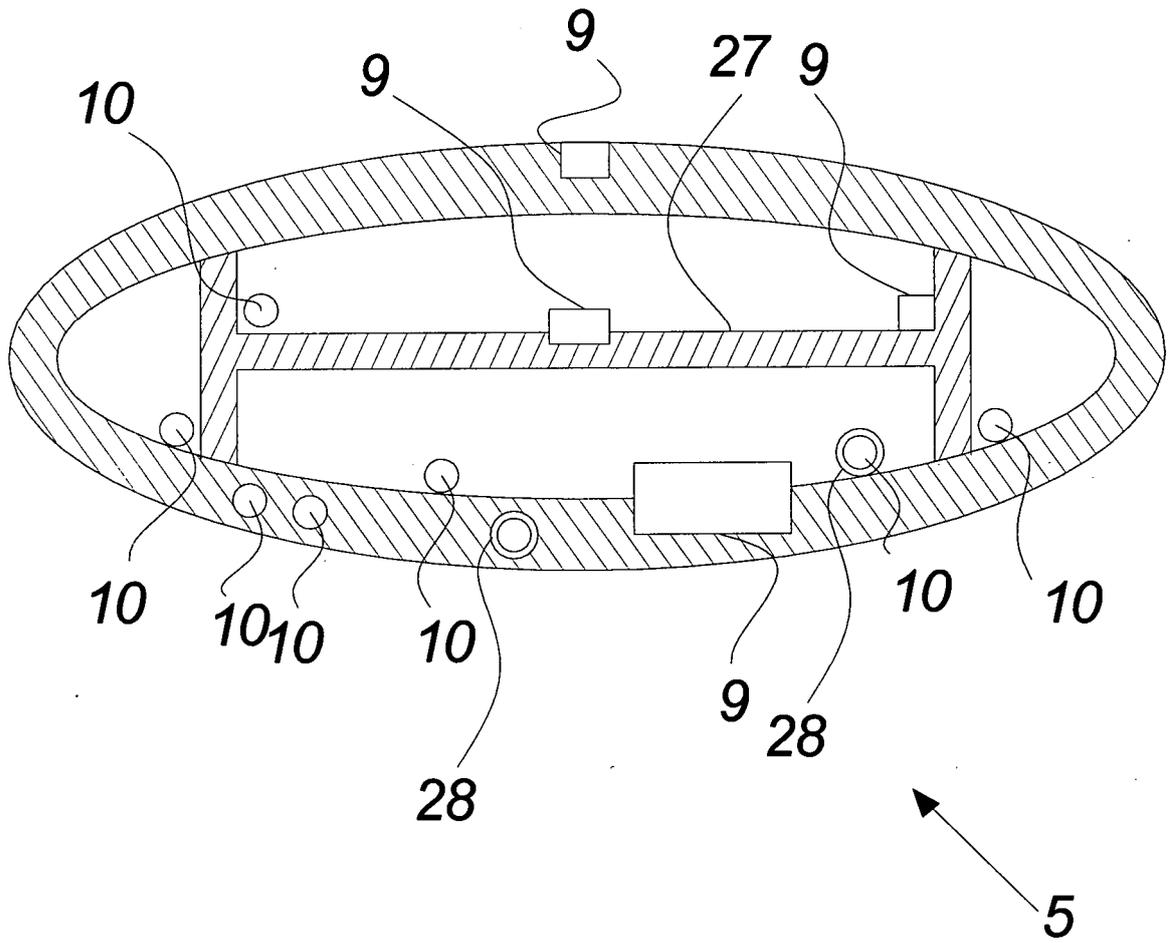


Fig. 6