

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 963**

51 Int. Cl.:

**C09D 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2014 PCT/EP2014/060961**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14206676**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2014 E 14728144 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2997093**

54 Título: **Recubrimiento superficial para la descarga de potencial en instalaciones y procesos no estáticos**

30 Prioridad:

**28.06.2013 DE 102013212737  
08.08.2013 DE 102013215713**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.04.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HUBER, JÜRGEN;  
LANG, STEFFEN y  
PLOCHMANN, BASTIAN**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 662 963 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).

**RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL PARA LA DESCARGA DE POTENCIAL EN INSTALACIONES Y PROCESOS NO ESTÁTICOS**

**DESCRIPCIÓN**

- 5 La invención se refiere a un recubrimiento superficial que está constituido por un material compuesto. En una instalación industrial no estática, como por ejemplo una turbina eólica, la caída de un rayo puede causar problemas importantes. Puesto que las centrales de energía eólica generalmente se construyen en áreas expuestas, que a menudo representan el punto más alto en un entorno más grande, han de aplicarse aquí consideraciones especiales. Puesto que el punto más alto de una turbina eólica vertical, que gira en una torre a una mayor altura, es en todo momento la punta de una pala del rotor, la zona de entrada del rayo estará en una de las palas del rotor. Por lo tanto, la densidad de corriente muy alta en un rayo debe descargarse a través del rotor hacia abajo. Así origina la caída de un rayo en la pala del rotor, debido a la resistencia interna de los materiales utilizados, daños típicos de un rayo, que se manifiestan en forma de incendios, sobrecalentamiento de los distintos componentes, así como deformaciones mecánicas debidas a la temperatura.
- 10 En centrales de energía eólica existentes, están montadas tiras conductoras metálicas convencionales por completo en la cubierta exterior de la pala del rotor o bien discurren las mismas por el interior de la pala del rotor, con lo que sólo el extremo sobresale en la punta de la pala del rotor de la misma. Otra forma de protección frente a rayos se realiza alojando una red metálica en una capa de cubierta de barniz por toda la longitud de la pala del rotor. De esta manera se forma una estructura metálica, que deriva a tierra las corrientes y tensiones que aparecen mediante una conexión con el soporte de la central de energía eólica.
- 15 En la figura 2 está dotada a modo de ejemplo una pala de rotor, en tres realizaciones diferentes, de equipos de protección frente al rayo, presentando entonces las distintas palas del rotor, de izquierda a derecha, distintas medidas para la protección frente al rayo. La pala de rotor izquierda en la figura 2 contiene un conductor eléctrico que discurre bajo la superficie, que sobresale físicamente en la punta de la pala de rotor. Lo mismo vale para la pala de rotor central, estando configurada, contrariamente a ésta, la pala de rotor izquierda en las proximidades del extremo superior del conductor eléctrico parcialmente como una red.
- 20 Para poner a tierra la pala del rotor, presenta la pala del rotor situada a la derecha en la figura 2 una rejilla metálica, que se extiende a lo largo de toda la pala.
- 25 La invención tiene como objetivo básico proporcionar un equipo de protección frente al rayo para instalaciones no estáticas, como por ejemplo una planta de energía eólica o una aeronave, tal que componentes, como por ejemplo palas de rotor en plantas de energía eólica, estén dotados de una protección suficiente frente al rayo, para descargar la diferencia de potencial que se presenta y en consecuencia minimizar los problemas existentes en cuanto a la protección frente a incendios o a fuertes cargas térmicas.
- 30 El objetivo se logra mediante la correspondiente combinación de características de una reivindicación principal.
- 35 La invención se basa en el reconocimiento de que mediante un recubrimiento superficial de superficies que se mueven, en particular en el aire, de una instalación con un material compuesto resistente a la temperatura, que está relleno con partículas muy conductoras, puede descargarse la diferencia de potencial que se presenta con un rayo por toda la superficie de la instalación, sin que resulten, debido a una densidad de corriente demasiado alta, daños importantes en la instalación.
- 40 Se describe una capa de material compuesto como recubrimiento superficial, compuesto por un polímero que se endurece a baja temperatura, en particular un polisilazano o polisiloxano, que está relleno con un material de relleno de partículas cerámicas (14) con forma de plaquita, dotadas de un recubrimiento de óxido metálico eléctricamente conductor. Éste es en particular un óxido de estaño con antimonio (Sb:SnO<sub>2</sub>) o bien capa de óxido de estaño dopada con antimonio.
- 45 Para un recubrimiento de palas de rotor es ventajoso que exista una aplicación flexible del material compuesto. Experimentalmente se emplean ya varias matrices orgánicas en el procedimiento de pulverización como capas de material compuesto, con lo que pueden aplicarse tales grupos de productos para un recubrimiento funcional de una superficie curvada y básicamente puede recubrirse una pala de rotor completa mediante aplicación por pulverización.
- 50 El recubrimiento es un material compuesto, cuyo material de relleno cerámico está compuesto por un sustrato con forma de plaquitas, como por ejemplo mica, así como un recubrimiento de óxido metálico conductor, en particular de óxido de estaño con antimonio.
- 55
- 60
- 65

Como matriz se utilizan ventajosamente sustancias que se endurecen a la temperatura ambiente o a bajas temperaturas, como polisiloxano o polisilazano.

5 Pueden alcanzarse otras ventajas cuando un recubrimiento superficial se piroliza a baja temperatura media. Esto se realiza para aumentar aún más la conductividad de la capa existente.

10 Como materiales de relleno pueden utilizarse con preferencia partículas de óxido metálico que son muy buenas conductoras o partículas metálicas. La forma de las partículas de relleno puede variar, por ejemplo entre forma globular y de plaquitas. Cuando se trata de materiales de relleno globular es necesario un grado de llenado en volumen muy alto, por ejemplo de hasta 50 % en volumen y por el contrario cuando se trata de material de relleno con forma de plaquitas, resulta para un grado de relleno en volumen inferior, por ejemplo de 25 % en volumen, una conductividad eléctrica estable. Ésta se denomina umbral de percolación. Son posibles mezclas de los ejemplos antes citados.

15 Es ventajoso utilizar un barniz fácil de aplicar, que con preferencia pueda pulverizarse con facilidad, con lo que así pueden aplicarse micropartículas eléctricas muy conductoras como relleno sobre componentes prefabricados y por ejemplo pueden recubrirse fácilmente y tomar contacto con facilidad por ejemplo palas de rotor de plantas de energía eólica.

20 Una ventaja esencial resulta de la conductividad parcial del recubrimiento. No se produce ningún efecto de polarización, que contribuiría a la aparición de rayos. Así disminuye la probabilidad de una descarga de un rayo en esta forma de proceder.

25 Por el contrario, en una descarga de un rayo, debido a la elevada intensidad de campo que se presenta entonces, se llega a una conductividad muy alta del recubrimiento y con ello a una buena descarga de la carga a través del mismo.

30 Al cubrir el recubrimiento toda la superficie del componente completo, se proporciona una gran superficie de sección para la descarga de intensidades y tensiones eléctricas elevadas. Así no resulta en el caso de la caída de un rayo en el recubrimiento ningún aumento de temperatura peligroso debido a corrientes locales y no se produce ninguna degeneración de las capas de polímero que se encuentran debajo ni un sobrecalentamiento de los componentes eléctricos.

35 Resultan ventajas especiales cuando el recubrimiento superficial parcialmente conductor presenta para intensidades de campo pequeñas una resistencia bastante superior a la de por ejemplo conductores metálicos, que están impregnados como red en las plantas de energía eólica para la descarga de rayos. Así no se produce ningún efecto de polarización fuerte que pudiera contribuir a la formación de una descarga de rayo. En consecuencia se reduce la probabilidad de una descarga de rayo.

40 A continuación se describen ejemplos de realización en base a figuras esquemáticas, no limitativas de la invención.

Las figuras muestran en detalle:

45 figura 1 muestra un diagrama en el que se registra la resistencia específica 1 del recubrimiento superficial en función de la intensidad de campo 2,

figura 2 muestra equipos de protección frente a rayos en distintas palas de rotor 11 de plantas de energía eólica, según el estado de la técnica,

figura 3 muestra el efecto de polarización en superficies estáticas expuestas,

50 figura 4 muestra un diagrama en el que un recubrimiento superficial se vitrifica en una pirólisis,

figura 5 muestra una imagen microscópica con la representación de partículas de relleno muy conductoras de óxido de estaño dopadas con antimonio, que se encuentran sobre un sustrato de mica y

55 figura 6 muestra, en correspondencia con la figura 5, partículas de relleno muy conductoras de óxido de estaño, existiendo una mezcla de sustrato con forma de plaquitas y sustrato globular.

60 En el transcurso de tormentas resultan cargas espaciales considerables. En una nube de tormenta cargada, pueden darse adicionalmente otros mecanismos de separación de cargas. Cuando se genera un rayo, se realiza un equilibrio de potencial. Éste tiene lugar bien en un rayo en la nube, es decir, dentro de la nube o bien en un rayo a tierra, es decir, entre la superficie de la tierra y la parte inferior de la nube. En rayos entre las nubes y la tierra tiene que haber una diferencia de potencial de varios 10.000.000 V. En el aire se produce primeramente una descarga de chispa eléctrica para una intensidad de campo eléctrico de aproximadamente 3.000.000 V/m, lo cual corresponde a la llamada intensidad de campo disruptiva. No obstante, este valor desciende fuertemente al aumentar la humedad del aire. Evidentemente no se han medido hasta ahora tales intensidades de campo en una nube de tormenta. Las mediciones dan como resultado sólo muy raramente intensidades de campo superiores a 200.000 V/m. Este valor se encuentra muy por debajo del valor de la intensidad de campo disruptiva. Hoy en día se presupone que primeramente debe volverse conductor del aire mediante ionización, para que pueda llegarse a una

65 descarga de un rayo.

## ES 2 662 963 T3

La corriente que fluye hacia tierra origina en resistencias existentes una caída de tensión y con ello un gradiente de potencial alrededor del punto de impacto. El impacto de un rayo corresponde a la conexión de un circuito eléctrico que se alimenta de una fuente de energía con corriente impresa.

5 La intensidad de campo considerada es usualmente aquélla que se establece debido a la descarga del rayo y a la diferencia de potencial que aparece en el lugar de impacto del rayo.

10 La figura 1 muestra un diagrama resistencia - intensidad de campo, considerándose un recubrimiento superficial formado por un material compuesto, que presenta un 25% en volumen de relleno, compuesto por óxido de estaño con antimonio/Sb:  $\text{SnO}_2$  con forma de plaquitas. El diagrama muestra una evolución no lineal de la resistencia específica al aumentar la intensidad de campo. Para intensidades de campo reducidas, la resistencia es alta y para intensidades de campo elevadas, resulta una resistencia muy pequeña.

15 En la figura 2 se representa el estado de la técnica en forma de palas del rotor 11 de una planta de energía eólica. Allí resultan distintas formas de descarga del rayo. En la pala del rotor 11 representada a la izquierda y en el centro, se dibuja esquemáticamente un conductor 3 situado en el interior, cuyo punto extremo 4 se encuentra en el extremo más exterior de una pala de rotor 11 en la superficie. En la pala de rotor representada en la figura 2 a la izquierda, se representa el conductor interior 3 en la zona extrema parcialmente como red.

20 La pala de rotor 11 representada en la figura 2 a la derecha presenta una red metálica 5, que con preferencia está integrada en una capa de barniz de cubierta sobre la superficie de la pala del rotor. De esta manera resulta localmente una estructura metálica, que pone a tierra las corrientes y tensiones que resultan mediante una unión con el soporte de la instalación de energía eólica.

25 La figura 3 muestra en la parte izquierda una escena sobre la superficie de la tierra con edificaciones y nubes de tormenta, no existiendo ninguna polarización, así como una escena en la que existe una polarización 62, al haber tenido lugar una descarga de rayo desde una nube de tormenta cargada hasta tierra.

Las sustancias de relleno cerámicas con forma de plaquitas presentan varias ventajas respecto a las partículas con forma puramente esférica:

- 35
- Las mismas tienen un umbral de percolación temprano, que en parte se encuentra por debajo del 20% en volumen en función de un factor de forma,
  - las mismas conducen a una prolongación del canal de erosión a través del material compuesto,
  - las mismas tienen, debido al gran factor de forma, longitud/diámetro  $> 30$ , un comportamiento muy lento en cuanto a asentamiento durante el tratamiento, por ejemplo la aplicación por pulverización,
- 40
- debido al ligero material de soporte, así como baja relación peso neto/material de relleno, se llega a una densidad del material compuesto reducida, lo cual es beneficioso para el principio de construcción ligera,
  - las partículas son resistentes a la corrosión,
  - las partículas están disponibles en el mercado, siendo por lo tanto económicas.
- 45

Utilizando una matriz de polisilazano es posible generar un material compuesto eléctricamente conductor, que puede pulverizarse a la temperatura ambiente y que a continuación se endurece aproximadamente a la temperatura ambiente.

50 Son ventajas de esta matriz:

- Una buena adherencia sobre una base epoxídica,
  - muy buena protección frente a la corrosión, ya que el propio polisilazano se utiliza como protección frente a la corrosión,
- 55
- la matriz es resistente a descargas parciales y estable en cuanto a temperatura,
  - la matriz representa, junto a las partículas cerámicas, una buena protección frente a la abrasión, por ejemplo debida al granizo o a la arena y demás influencias atmosféricas, como agua marina/aire marino/gases.

60 Un recubrimiento superficial constituido según la invención puede, mediante pirólisis de diversas matrices parcialmente orgánicas que contienen silicio, provocar una reducción de resistencia de la capa de material compuesto en varias décadas, con lo que la conductividad eléctrica se iguala a la conductividad del polvo puro, medida en un sello de polvo. La presión del sello de polvo ha de elegirse entonces tal que la compactación y con ello el coeficiente de volumen-densidad de compactación sea igual al peso neto del volumen en el material compuesto.

65

La figura 5 muestra partículas de relleno en forma de plaquitas, con preferencia sobre sustrato de mica. Las plaquitas están compuestas en la superficie por  $\text{SnO}_2$  dopado con antimonio muy conductor. Mediante la utilización de un tal material de relleno, se reduce considerablemente la resistencia eléctrica

- 5 para grandes intensidades de campo. Ensayos realizados han dado como resultado que una adición por mezcla de partículas globulares al material de relleno, según la figura 6, puede contribuir a un aumento adicional de la conductividad del recubrimiento de las partículas de relleno y con ello del recubrimiento superficial. Allí se muestra que las mezclas de bolas y plaquitas del mismo material son más conductoras en una década que las simples formas de partículas.
- 10 En la figura 5 puede verse óxido metálico esencialmente con forma de plaquitas. En la figura 6 se representa tanto óxido metálico con forma de plaquitas 14 como también óxido metálico con forma esférica 15. Como sustrato sirve en parte mica y para la formación de partículas globulares puede utilizarse con preferencia silicio y/u óxido de silicio. En particular se utiliza polvo de cuarzo.
- 15 El óxido de estaño mencionado en relación con las figuras 5 y 6 está dopado de acuerdo con la invención con antimonio.
- 20 Como matriz pueden utilizarse diversos materiales para un recubrimiento de protección frente a rayos. Teóricamente podrían utilizarse duroplásticos como por ejemplo epóxidos, termoplásticos, como por ejemplo PEEK, PAI o PEI.
- 25 La invención se refiere en particular a polisiloxanos, como por ejemplo elastómeros de silicona o resinas de silicona. La aplicación del material compuesto puede realizarse mediante recubrimiento por pincelado, recubrimiento por inmersión, recubrimiento por pulverización.
- 30 Mediante la aplicación de partículas de óxido metálico definidas como material de relleno muy conductor, puede utilizarse la absorción óptica en determinadas gamas de longitudes de onda del material de relleno, por ejemplo óxido de estaño, para provocar, mediante una elevada potencia de irradiación, por ejemplo irradiación con infrarrojos, una temperatura superficial muy alta. Con una duración e intensidad adecuadas, puede provocarse una pirólisis de la capa de material compuesto, quemándose la proporción orgánica de la matriz. De esta manera resulta, para una formulación de matriz adecuada, una estructura estable de SiO<sub>2</sub>, que puede denominarse vidrio cerámico. La intensidad y la duración de la irradiación deben adaptarse al proceso de pirólisis y el espesor de capa del recubrimiento, con lo que la funcionalidad básica del material que se encuentra debajo, como por ejemplo plástico reforzado con fibra de vidrio, con una carga máxima correspondiente a una temperatura de 155 °C, no se ve afectada. Mediante este procedimiento es posible generar una capa muy conductora, resistente a la corrosión e hidrófoba sobre la superficie de componentes orgánicos, estable a las bajas temperaturas, sin dañar el material que se encuentra debajo, como sería por ejemplo el caso en un ciclo completo de temperatura del horno para endurecer la capa.
- 35 La figura 4 muestra un protocolo de una medición en una matriz de polisilazano. Sobre las abscisas se indica la temperatura 10 en grados Celsius. En tres ordenadas diferentes, de izquierda a derecha se representa por un lado a la izquierda el peso en porcentaje en peso 8, por otro lado el tiempo t con la referencia 9 y el flujo de calor 7 totalmente a la derecha en la figura 4. La curva de sinterización propiamente dicha se representa mediante el gráfico 71, flujo de calor/temperatura. Allí puede verse el endurecimiento 12 y la pirólisis 13 en cada caso como proceso de alto consumo energético a una determinada temperatura.
- 40 Una curva 81 representa la evolución del peso del recubrimiento superficial en porcentaje en peso en función de la temperatura 10. La curva 101 representa la evolución de la temperatura en función del tiempo.
- 45 Puesto que para el recubrimiento superficial se ha elegido un material compuesto, ha de nominarse primeramente una matriz, que en función de la invención es un polímero. En particular se utiliza un polisiloxano o un polisilazano. Como paso siguiente, se considera el material de relleno, que en este caso es un sustrato, por ejemplo mica, cerámico en una forma de plaquita. Este material de relleno se presenta con un recubrimiento de óxido metálico que conduce eléctricamente, compuesto por óxido de estaño con antimonio, Sb: SnO<sub>2</sub> o bien óxido de estaño dopado con antimonio.
- 50 Al respecto se trata de un recubrimiento parcialmente conductor, que dentro de la percolación presenta, con al menos un 20% en volumen de peso neto de relleno, para bajas intensidades de campo, una elevada resistencia. En combinación con ello, presenta esta capa no obstante para grandes intensidades de campo, debido al comportamiento no lineal de la resistencia de las partículas, una conductividad muy alta. En una representación doble logarítmica de la curva característica tensión-resistencia de una tal capa de material compuesto, resulta el factor de no linealidad  $\alpha$  como pendiente de la caída lineal de la resistencia al aumentar la intensidad de campo. Véase al respecto la figura 1.
- 55 La medición de la no linealidad de una capa de material compuesto que consta de una matriz de polisilazano con un material de relleno con forma de plaquita, que con óxido de estaño dopado con antimonio, con 15% en mol de antimonio, da como resultado un factor de no linealidad de 3,7. Éste coincide con las mediciones de sistemas menos dopados, pero por lo demás equivalentes. La resistencia resultante para una intensidad de campo  $E = 550 \text{ V/mm}$  bajo una densidad de corriente de  $j = 28 \text{ A/mm}^2$ ,

5 da como resultado  $\rho = 2 \Omega\text{cm}$ . La medición se hizo al respecto mediante un impulso de carga con 55 kV así como 280 A, para simular una caída de rayo real. Al respecto se trata de formaciones locales de un circuito conductor, pero no pudo observarse ningún daño mecánico ni tampoco desprendimiento de la capa. Así no se produce tampoco en el punto de impacto del rayo ningún daño mecánico en la pala que se encuentra debajo. En la evolución a continuación, se descarga la carga radialmente desde el punto de impacto por toda la superficie, lo cual origina densidades de corriente cada vez más pequeñas, que por lo tanto no son críticas.

**REIVINDICACIONES**

1. Recubrimiento superficial para descargar rayos, representado por un material compuesto eléctricamente conductor, que presenta lo siguiente:
  - 5 - una matriz de un polímero que se endurece a la temperatura ambiente o a baja temperatura,
  - un material de relleno de partículas cerámicas (14) con forma de plaquita,
 en el que las partículas cerámicas (14) con forma de plaquita, están rellenas con un recubrimiento de óxido metálico eléctricamente conductor, en particular un recubrimiento de óxido de estaño dopado con antimonio (Sb: SnO<sub>2</sub>), que para intensidades de campo reducidas presenta una alta resistencia eléctrica y para intensidades de campo elevadas una resistencia eléctrica muy inferior, en el que la capa de estaño dopada con antimonio está rellena en las partículas cerámicas (14) con forma de plaquita con al menos un 10% en mol de antimonio Sb.
- 10 2. Recubrimiento superficial de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas cerámicas (14) con forma de plaquita están representadas por mica.
- 15 3. Recubrimiento superficial de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el recubrimiento de óxido metálico, eléctricamente conductor, de las partículas cerámicas (14) con forma de plaquita, está representado por un recubrimiento de óxido metálico, que muestra una evolución no lineal de la resistencia eléctrica, en función de la intensidad del campo eléctrico.
- 20 4. Recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material de relleno es una mezcla de respectivas partículas cerámicas, que están dotadas de una capa de óxido de estaño dopada con antimonio y que están configuradas con forma de plaquita y/o forma esférica.
- 25 5. Recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la matriz está representada por un polisilazano o por un polisiloxano.
- 30 6. Recubrimiento superficial de acuerdo con la reivindicación 5, en el que mediante una pirólisis se han eliminado componentes orgánicos y con la matriz de polisilazano se tiene una estructura de SiN estable o con la matriz de polisiloxano una estructura de SiO<sub>2</sub> estable.
- 35 7. Procedimiento para preparar un recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el recubrimiento superficial conductor contiene disolvente, se aplica en líquido, se endurece y a intervalos de temperatura cortos se realiza con temperaturas hasta 700 °C una pirólisis del recubrimiento superficial, con lo que se logra un recubrimiento superficial eléctricamente conductor, vítreo, resistente a la temperatura.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la capa de óxido de estaño dopada con antimonio de las partículas cerámicas (14) con forma de plaquita se rellena con al menos un 10% en mol de antimonio Sb.
- 45 9. Utilización de un recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, para la protección frente a rayos en palas de rotor no metálicas de una instalación de energía eólica.
- 50 10. Utilización de un recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, para la protección frente a rayos en zonas de superficie no metálicas de una aeronave.
11. Utilización de un recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, para la protección frente a rayos en componentes reforzados con fibra de carbono.
- 55 12. Utilización de un recubrimiento superficial de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, para la protección frente a rayos en componentes de plástico reforzado con fibra.

FIG 1

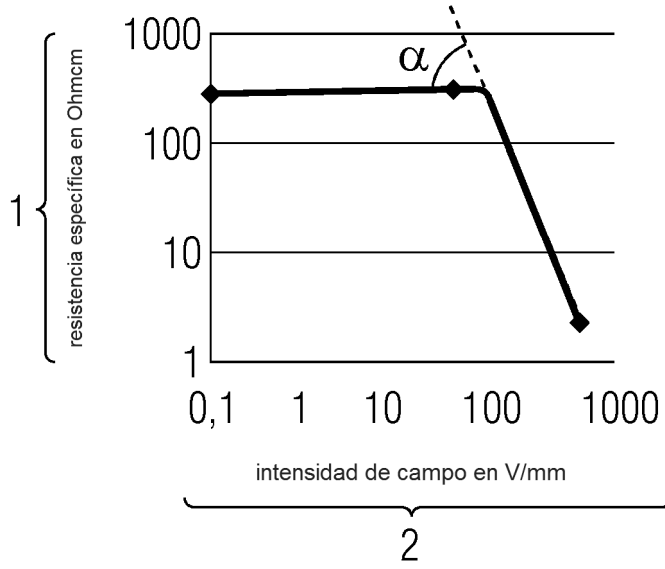


FIG 2

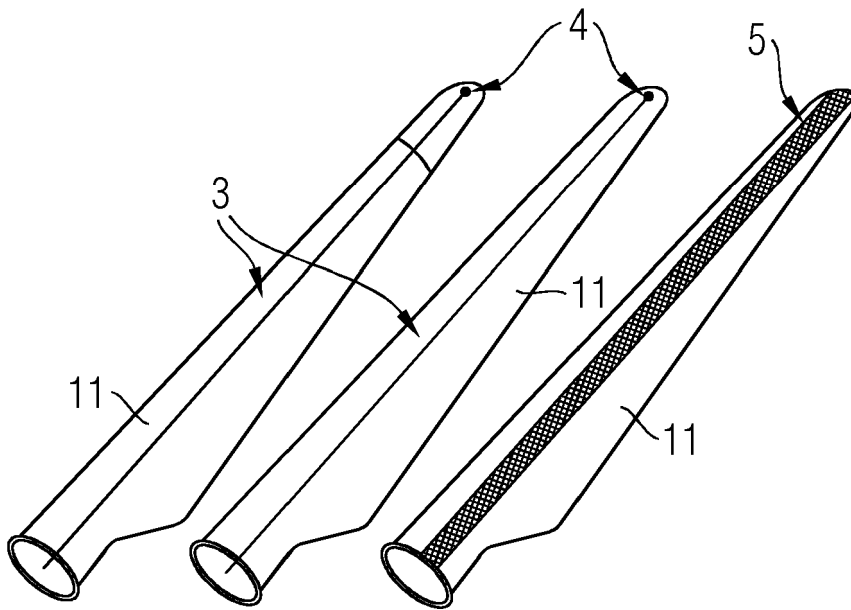




FIG 3

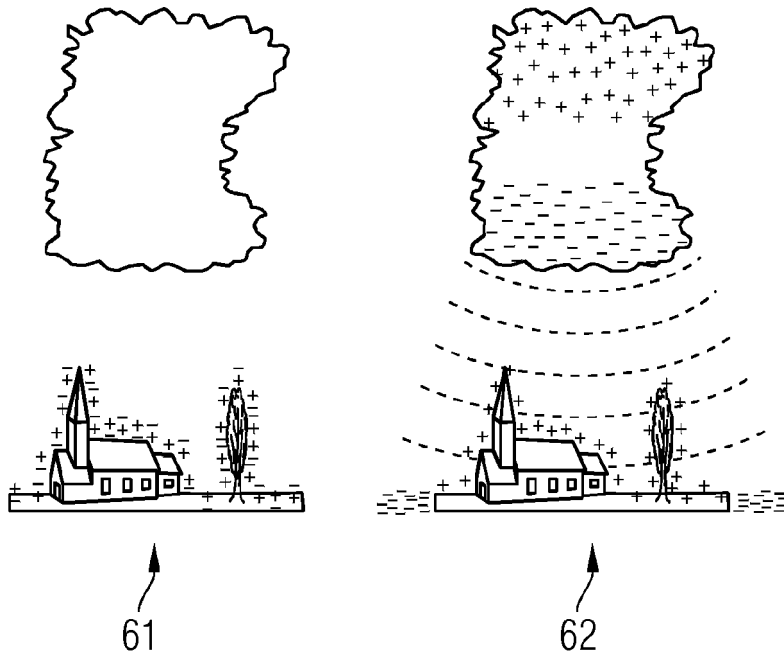


FIG 4

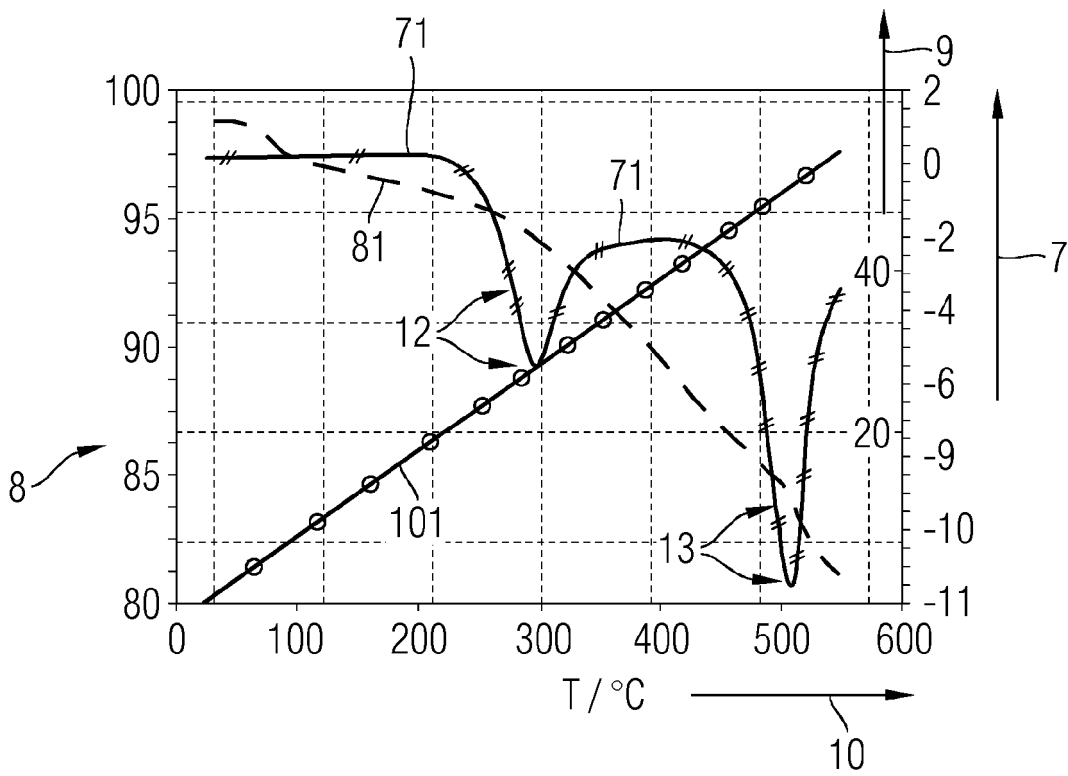


FIG 5

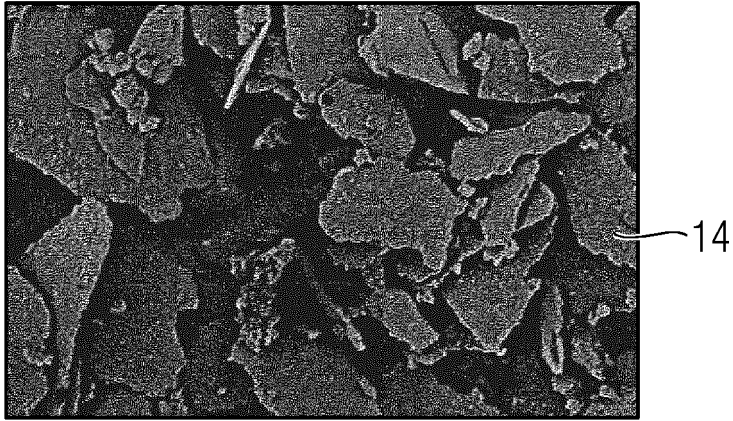


FIG 6

