

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 918**

51 Int. Cl.:

G01N 22/00 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

G01N 21/55 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2011 PCT/GB2011/000084**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2011 WO11089399**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2011 E 11704291 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018 EP 2529205**

54 Título: **Aparato y método de medición**

30 Prioridad:

25.01.2010 GB 201001131

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

05.10.2018

73 Titular/es:

**QINETIQ LIMITED (100.0%)
Cody Technology Park Ively Road Farnborough
Hampshire GU14 0LX, GB**

72 Inventor/es:

**HUSSAIN, SHAHID;
FIXTER, GREG, PETER, WADE y
SZWARNOWSKI, STEFAN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 684 918 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

Aparato y método de medición

5 La presente invención se refiere a un método para medir la reflectividad o absorbencia de un artículo para radiación electromagnética y a un reflectómetro para realizar dicho método. Sin limitación, la invención también se refiere a un método para determinar las propiedades dieléctricas, por ejemplo, permitividad relativa, de dicho artículo y a un aparato de medición para realizar dicho método. Dicho método y aparato son adecuados para evaluaciones de aseguramiento de calidad no destructivas de artículos durante la fabricación. Sin limitación, el presente método y aparato encuentran aplicación en la caracterización de las propiedades de radiofrecuencia (RF) de las cuchillas de turbinas eólicas.

10 Los materiales absorbentes de radar (RAM) se emplean en estructuras de perfil aerodinámico compuestas tales como alas de aeronave y cuchillas de turbina eólica con el fin de reducir la sección transversal de radar (RCS) de dichas estructuras. Esto es particularmente importante para las nuevas granjas eólicas con el fin de reducir los efectos indeseables de las cuchillas de turbinas eólicas sobre el radar de control de tráfico aéreo (ATC) y en el radar de defensa aérea (ADR).

15 Una técnica convencional para medir las características de RF de una estructura compuesta grande tal como una cuchilla de turbina eólica es medir la sección transversal general del radar de la misma utilizando un aparato de radar convencional. Esta técnica puede proporcionar una indicación útil de la reflectividad de RF de la estructura como un todo. Sin embargo, la técnica se restringe a las mediciones in-situ de estructuras compuestas en el entorno externo; la técnica no se puede utilizar con propósitos de garantía de calidad dentro de una fábrica debido a la interferencia provocada por los reflejos de radar no deseados del entorno que rodea.

20 La técnica anterior de este tipo se encuentra en los documentos US5698978 y 5497098.

Una técnica alternativa para medir las características de RF de los materiales compuestos es medir la transmisión de RF o reflectividad de una muestra del material dentro de una guía de ondas de RF. Esta técnica permite la caracterización de pequeñas muestras de material compuesto, sin embargo, el sistema no se puede utilizar con propósitos de garantía de calidad para estructuras compuestas completas.

25 Es un objeto de la invención proporcionar un método y aparato de medición que mitigue por lo menos una desventaja de los métodos y aparatos de medición de RF convencionales.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, ahora se propone un método para medir la reflectividad de una región de un artículo para radiación electromagnética que comprende las etapas de:

- 35 a) disponer el artículo en el campo cercano de una antena transceptora,
 - 40 b) alinear la antena a lo largo de una dirección sustancialmente ortogonal a una superficie de la región que se va a medir y a una distancia predeterminada desde dicha superficie,
 - 45 c) iluminar la región del artículo con radiación electromagnética transmitida desde la antena sobre un rango de frecuencia deseado,
 - d) recibir radiación electromagnética reflejada desde la región del artículo en el campo cercano de la antena utilizando dicha antena,
 - 50 e) medir la radiación reflejada y determinar de esta la reflectividad de dicho artículo en dicha región'
- caracterizada porque

55 por lo menos un elemento separador sustancialmente rígido se proporciona en comunicación mecánica con el artículo y la antena con el fin de alinear la antena, y el elemento separador comprende un elemento óptico que comprende una espuma de polímero dispuesta entre la antena y el artículo y en el que las etapas de iluminación y medición se realizan a través de dicho elemento óptico

60 El presente método es ventajoso porque solo requiere una antena transceptora (y por lo tanto una medida S11 de puerto) para realizar tanto las etapas de iluminación como de medición y, por lo tanto, llevar a cabo una medición de reflectividad, en lugar de la técnica de antena convencional.

65 El presente método también es beneficioso porque se puede utilizar con una antena muy próxima (o en contacto) al artículo que se va a medir. Esto reduce el tamaño de la muestra requerida para una medición efectiva. Esto es particularmente útil para artículos en los que muchas regiones son demasiado pequeñas para mediciones convencionales, por ejemplo, artículos tales como estructuras de perfil aerodinámico y en particular cuchillas de turbinas eólicas.

Debido a que el método solo utiliza una antena transceptora en las proximidades cercanas (y cables potencialmente más cortos), esta técnica es versátil y fácil de utilizar, lo que es crucial para las mediciones en el sitio.

5 El campo cercano de la antena transceptora (a veces conocido como la zona cercana) se entenderá que es esa región en proximidad cercana a dicha antena transceptora, y se puede considerar como la región en la que la distribución del campo angular depende de la distancia desde la antena.

10 Más o menos, el campo cercano es la región dentro de un radio r de la antena en la que r es del orden de, o menor que la longitud de onda λ de la radiación electromagnética transmitida desde la antena.

15 El campo cercano de la antena transceptora también se puede considerar en términos de las propiedades de propagación de la antena. Por ejemplo, en un sistema que comprende antenas transmisoras y receptoras, si la distancia que separa dichas antenas es menor que $2D^2/\lambda$, en donde D es la dimensión más grande de la apertura de antena, entonces las mediciones generalmente se consideran mediciones de campo cercano (zona Fresnel)

20 Adicionalmente, o como una alternativa a la referencia al campo cercano, la disposición del artículo con relación al transceptor en aspectos de la invención se puede describir en términos de rangos numéricos: ventajosamente, la distancia de separación, o la disposición del artículo o región de medición desde la antena está en el rango de 0.2 - 1.2 o 0.6 - 1.2 metros, o en el rango de 50 - 500 mm, o 100 - 300 mm. En particular, se ha encontrado 0.12 metros desde la antena y 0.3 metros desde la antena que son los rangos de separación deseables. El experto en la técnica entenderá que dicho rango se mide normalmente desde la abertura emisora/receptora de la antena, por ejemplo, desde la posición en la que se produce la propagación en espacio libre de la radiación electromagnética.

25 En una realización preferida, la etapa de medición comprende medir por lo menos una de la magnitud y fase de la radiación electromagnética reflejada desde dicha región de dicho artículo.

De forma conveniente, la etapa de medición comprende por lo menos una de una medición de la reflectividad S_{11} y S_{22} .

30 En otra realización, el método puede comprender determinar la reflectividad utilizando solo radiación electromagnética reflejada recibida en la antena dentro de una ventana temporal predefinida luego de la transmisión de dicha radiación electromagnética.

35 La etapa de utilizar la sincronización del dominio del tiempo de la radiación electromagnética reflejada medida es beneficioso porque reduce las reflexiones no deseadas entre la antena y el artículo que se va a medir. Se utiliza una compuerta de tiempo de 2ns en las realizaciones preferidas.

40 El método es particularmente ventajoso porque supera los problemas de reflexión múltiple entre la antena y el artículo que se va a medir, es decir, el desacoplamiento de fuente y puerto de prueba, lo que de otro modo inhibiría el uso de técnicas de medición de una antena.

Ventajosamente, la etapa de iluminación puede comprender iluminar la región con radiación electromagnética que tiene una de polarización simple y doble en un haz que tiene un perfil de intensidad Gaussiano, y en el que la etapa de medición comprende medir la radiación electromagnética reflejada en el o cada estado de polarización.

45 En una realización preferida, la radiación electromagnética tiene una frecuencia en el rango 1 - 20 GHz, particularmente en el rango 1 - 5 GHz, en particular aproximadamente 3 GHz. Es deseable que se realice un barrido de frecuencia, que cubra un rango de frecuencia definido alrededor de una frecuencia central, y se ha encontrado que un barrido a través del rango 2-5 GHz proporciona resultados útiles.

50 El método también puede comprender la etapa de determinar por lo menos una de la absorbencia electromagnética, una propiedad dieléctrica y la permitividad relativa de dicho artículo en dicha región desde la reflectividad electromagnética determinada.

55 Preferiblemente, el método comprende la etapa de medir la reflectividad de una pluralidad de regiones de dicho artículo para radiación electromagnética.

En una realización, el método incluye adicionalmente una etapa de calibración que comprende:

60 e) medir la reflectividad electromagnética de un material sustancialmente reflexivo y calibrar la etapa de determinación para proporcionar una reflectividad determinada de $0 (\pm 1)$ dB, y

f) medir la reflectividad electromagnética de un material sustancialmente absorbente y calibrar la etapa de determinación para proporcionar una pérdida de reflectividad determinada de >25 dB.

65 Este paso de calibración de dos etapas proporciona la ventaja de que se pueden reducir o eliminar los errores de seguimiento y de directividad. El presente método de calibración es beneficioso ya que solo se requieren dos mediciones

de calibración, es decir, una medición 'corta' de una muestra de calibración sustancialmente reflexiva y una medición de 'carga' de una muestra de calibración sustancialmente absorbente. Esto obvia una medición intermedia que tradicionalmente se requiere con un proceso de calibración de tres etapas convencional, tal como una medición de carga o un cortocircuito de compensación.

5 Ventajosamente, el método comprende la etapa de alinear la antena a lo largo de una dirección sustancialmente ortogonal a una superficie de la región que se va a medir y a una distancia predeterminada desde dicha superficie.

10 La etapa de alineación puede incluir proporcionar por lo menos un elemento separador sustancialmente rígido en comunicación mecánica con el artículo y la antena con el fin de alinear la antena.

15 El elemento óptico de espuma de polímero permite emplear una técnica de medición de contacto en el espacio libre que proporciona beneficios en términos de mantener una distancia constante y un ángulo de iluminación entre la antena y la superficie del artículo que se va a medir. Las medidas son mediciones de espacio libre en las que el elemento óptico de espuma de polímero no exhibe propiedades de guía de ondas.

Ventajosamente, la espuma de polímero tiene una permitividad sustancialmente igual a la del aire.

20 Preferiblemente, la espuma de polímero comprende por lo menos una de una espuma de polímero sintética, una espuma de polímero de celda cerrada, una espuma de polímero microcelular, una espuma de polietileno y poliestireno expandido.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, ahora se propone un método para medir la reflectividad electromagnética de una estructura de perfil aerodinámico, en particular una cuchilla de turbina eólica, utilizando un método de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

30 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, ahora se proporciona un reflectómetro que comprende una antena transceptora que tiene un elemento separador que depende de la misma, el elemento separador que define una región de medición dentro del campo cercano de la antena dentro del cual se admiten artículos que se van a medir, en el que el elemento separador comprende un elemento óptico dispuesto en comunicación óptica y mecánica con la antena, el elemento óptico que tiene una superficie sustancialmente plana dentro de la región de medición, dicha superficie plana se dispone sustancialmente ortogonal a un eje de transceptor de la antena. El reflectómetro proporciona un aparato para de forma conveniente medir la reflectividad electromagnética de los artículos colocados dentro de la región de medición. El presente reflectómetro es ventajoso porque solo requiere una antena transceptora (y por lo tanto una medición S11 de un puerto) para realizar las etapas de iluminación y de medición y, por lo tanto, llevar a cabo una medición de reflectividad, en lugar de la técnica convencional de dos antenas.

35 El presente reflectómetro también es beneficioso porque se utiliza con una antena en proximidad cercana (o en contacto) al artículo que se va a medir. Esto reduce el tamaño de la muestra requerida para una medición efectiva. Esto es particularmente útil para artículos en los que muchas regiones son demasiado pequeñas para mediciones convencionales, por ejemplo, artículos tales como estructuras de perfil aerodinámico y en particular cuchillas de turbinas eólicas.

40 Debido a que el reflectómetro solo utiliza una antena transceptora en la proximidad cercana (y cables potencialmente más cortos), esta técnica es versátil y fácil de utilizar, lo cual es crucial para las mediciones en el sitio. El elemento separador comprende un elemento óptico dispuesto en comunicación óptica y mecánica con la antena, el elemento óptico que tiene una superficie sustancialmente plana dentro de la región de medición, dicha superficie plana se dispone sustancialmente ortogonal a un eje de transceptor de la antena, en el que el elemento óptico comprende una espuma de polímero. El eje de transceptor es el eje principal de la antena a lo largo del cual se transmite y recibe la radiación electromagnética.

45 Preferiblemente, la espuma de polímero tiene una permitividad sustancialmente igual a la del aire.

50 De forma conveniente, la espuma de polímero comprende por lo menos una de una espuma de polímero sintética, una espuma de polímero de celda cerrada, una espuma de polímero microcelular, una espuma de polietileno, y poliestireno expandido.

55 Preferiblemente, la antena comprende una antena de cuerno de microondas.

En una realización preferida, el reflectómetro se adapta en uso para emitir un haz de radiación de microondas que tiene una de polarización simple y doble, y sustancialmente un perfil de intensidad Gaussiano.

60 En una realización, el reflectómetro incluye una fuente de radiación electromagnética que tiene una frecuencia en el rango 0.5 - 20 GHz, particularmente en el rango 1 - 5 GHz, en particular aproximadamente 3 GHz. Preferiblemente, el reflectómetro comprende un receptor sensible a dicha radiación electromagnética.

65 Cuando el reflectómetro comprende una fuente y un receptor, dicha fuente y receptor se configuran en uso para realizar una de una medición de la reflectividad S11 y S22.

Ventajosamente, el reflectómetro comprende un procesador dispuesto en uso para determinar la reflectividad de un artículo dispuesto dentro de la región de medición. Para este fin, el reflectómetro puede comprender Un analizador de Red de Vector (VNA).

5 Un aspecto adicional de la invención propone el uso de un aparato de acuerdo con el tercer aspecto de la invención para medir la reflectividad electromagnética de una estructura de perfil aerodinámico, en particular una cuchilla de turbina eólica.

10 La invención se extiende a métodos, aparatos y/o sustancialmente uso como se describe en este documento con referencia a los dibujos adjuntos.

Cualquier característica en un aspecto de la invención se puede aplicar a otros aspectos de la invención, en cualquier combinación apropiada. En particular, los aspectos del método se pueden aplicar a aspectos del aparato, y viceversa.

15 Ahora se describirán las características preferidas de la presente invención, puramente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

20 La Figura 1 muestra una vista en sección transversal esquemática de un reflectómetro que incorpora una antena de cuerno montada sobre un soporte.

La Figura 2 muestra una vista en sección transversal esquemática de un reflectómetro de acuerdo con la presente invención que incorpora un elemento separador de espuma de polímero dispuesto entre la antena de cuerno y el artículo que se va a medir.

25 La Figura 3 muestra un gráfico de reflectividad electromagnética frente a la frecuencia de radiación electromagnética medida utilizando un Analizador de Red de Vector HP8722C (VNA) para una referencia de artículo de muestra XC4453 con una orientación de muestra de 0°.

30 La Figura 4 muestra el gráfico de la reflectividad electromagnética frente a la frecuencia de radiación electromagnética medida utilizando un Analizador de Red de Vector HP8722C (VNA) para una referencia de artículo de muestra XC4453 con una orientación de muestra de 90°.

35 La Figura 5 muestra un gráfico adicional de reflectividad electromagnética frente a la frecuencia de radiación electromagnética medida utilizando un Analizador de Red de Vector Master VNA Anritsu (VNA) para una referencia de artículo de muestra XC4453 con una orientación de muestra de 0°.

40 La Figura 6 muestra un gráfico adicional de reflectividad electromagnética frente a la frecuencia de radiación electromagnética medida utilizando un Analizador de Red de Vector Master VNA Anritsu (VNA) para una referencia de artículo de muestra XC4453 con una orientación de muestra de 90°.

45 Con referencia ahora a los dibujos en los que los mismos números de referencia identifican elementos correspondientes o similares a lo largo de las diversas vistas, la Figura 1 muestra un reflectómetro 2 que comprende un cuerno 4 de antena montado sobre un elemento separador que comprende un soporte 6, el soporte tiene las patas 8a, 8b dependiendo del mismo. La mayor parte del trabajo experimental del Solicitante se ha llevado a cabo utilizando una antena de cuerno dual-polar DP240 fabricada por Flann Microwave, pero se pueden aplicar otras antenas. El soporte 6 y las patas 8a, 8b están dispuestos con el fin de definir una región de medición dentro de la cual se admite un artículo 10 que se va a medir. El soporte 6 y las patas son sustancialmente rígidos para asegurar que el cuerno 4 de antena permanezca a una distancia predeterminada y fija del artículo 10 que se va a medir.

50 El cuerno 4 de antena es una antena transmisora y receptora combinada (antena transceptora) adaptada para transmitir y recibir radiación electromagnética a lo largo de un eje 14 de transceptor. La antena 4 de cuerno comprende opcionalmente una lente 12 dieléctrica a través de la cual se transmite y recibe dicha radiación electromagnética. La lente 12 dieléctrica imparte un perfil de intensidad Gaussiano a la radiación electromagnética. el cuerno 4 de antena se monta sobre la estructura 6 de tal manera que el eje de transceptor de la misma es sustancialmente ortogonal a la superficie del artículo 10 que se va a medir cuando las patas 8a, 8b están en contacto con dicha superficie.

55 El cuerno 4 de antena se conecta a una fuente 16 de radiación electromagnética y un receptor 18 adaptado para recibir y medir la radiación electromagnética reflejada desde el artículo 10 que se va a medir. Una salida de medición desde el receptor 18 se introduce en un procesador 20 que se configura para determinar la reflectividad del artículo 10 que se va a medir. Opcionalmente, una salida de la fuente 16 también se introduce en el procesador 20. El procesador 20 tiene una salida 24 para proporcionar una determinación de la reflectividad del artículo 10. Opcionalmente, la fuente 16, el receptor 18 y el procesador 20 se combinan dentro de un Analizador 22 de Red de Vector (VNA), por ejemplo, un VNA HP8722C o un VNA MS2028B Anritsu. Un reflectómetro de acuerdo con la invención se ilustra en la Figura 2 en la que los mismos números de referencia identifican elementos correspondientes o similares a aquellos del primer reflectómetro mostrado en la Figura 1.

En común con el reflectómetro de la Figura 1, el reflectómetro de la Figura 2 comprende una antena combinada de transmisor y receptor (antena transceptora) adaptada para transmitir y recibir radiación electromagnética a lo largo de un eje 14 de transceptor. La antena 4 de cuerno puede comprender una lente 12 dieléctrica a través de la cual se transmite y recibe dicha radiación electromagnética.

Sin embargo, en la Figura 2, el cuerno 4 de antena se dispone en contacto con un elemento separador que comprende un elemento 30 óptico de espuma de polímero. El elemento 30 óptico de espuma de polímero tiene una superficie 32 sustancialmente plana orientada hacia afuera de la antena 4, cuya superficie 32 define una región de medición dentro de la cual se admite el artículo 10 que se va a medir. La espuma de polímero es sustancialmente rígida para asegurar que el cuerno 4 de antena permanezca a una distancia predeterminada y fija desde el artículo 10 que se va a medir a través todo el proceso de medición.

El cuerno 4 de antena se dispone de tal manera que el eje 14 de transceptor de la misma es sustancialmente ortogonal a la superficie 32 plana del elemento óptico de espuma de polímero. En uso, la superficie 32 sustancialmente plana se dispone en contacto con una superficie del artículo 10 que se va a medir. Esta disposición asegura que el eje 14 de transceptor del cuerno 4 de antena permanezca sustancialmente ortogonal a la superficie del artículo 10 que se va a medir a lo largo del proceso de medición. Cuando la superficie del artículo 10 que se va a medir es curva, esta disposición asegura que el eje 14 de transceptor del cuerno 4 de antena permanezca sustancialmente ortogonal a un plano dispuesto en tangente a dicha superficie curva.

El elemento 30 óptico comprende un material de espuma de polímero que tiene una permitividad sustancialmente igual a aquella del aire. Por ejemplo, la permitividad relativa del elemento óptico de espuma de polímero se midió como 1.03, que es tan baja que no interfiere con la radiación electromagnética que pasa a través de la misma. Los materiales de espuma de polímero que tienen una permitividad relativa de menos de o igual a 1.1, 1.2 o posiblemente incluso 1.5 parecerían adecuados para utilizar en el presente reflectómetro.

El reflectómetro de la Figura 2 permite hacer mediciones de reflectividad electromagnética en el espacio libre del artículo 10 que se va a medir, mientras que la comunicación mecánica entre el cuerno 4 de antena, el elemento 30 óptico de espuma de polímero y el artículo 10 que se va a medir asegura que la distancia predeterminada entre el cuerno 4 de antena y el artículo 10 que se va a medir permanezca sustancialmente constante durante todo el proceso de medición. Esta configuración también asegura que el ángulo de incidencia de la radiación electromagnética con respecto a la superficie del artículo 10 que se va a medir permanezca sustancialmente constante a través del proceso de medición.

Como anteriormente, el cuerno 4 de antena se conecta a una fuente 16 de radiación electromagnética y a un receptor 18 adaptado para recibir y medir la radiación electromagnética reflejada desde el artículo 10 que se va a medir. Una salida de medición desde el receptor 18 se ingresa a un procesador 20 que se configura para determinar la reflectividad del artículo 10 que se va a medir. Opcionalmente, una salida de la fuente 16 también se introduce en el procesador 20. El procesador 20 tiene una salida 24 para proporcionar una determinación de la reflectividad del artículo 10. Opcionalmente, la fuente 16, el receptor 18 y el procesador 20 se combinan dentro de un Analizador de Red de Vector (VNA) 22, por ejemplo, un VNA HP8722C o un VNA MS2028B Anritsu.

Se describe ahora un método para medir la reflectividad de una región de un artículo para la radiación electromagnética de acuerdo con una realización de la presente invención. El método de medición utiliza el reflectómetro descrito anteriormente para tomar medidas de reflectividad S11 o S22 del artículo. El ancho del haz permite medir un tamaño de muestra mínimo de 300 x 300 mm.

El presente método de medición proporciona ventajosamente dos estándares para medir como parte de un procedimiento de calibración. El primero se conoce como "cortocircuito" y proporciona una medida de reflectividad "perfecta". El segundo es la "carga" y proporciona una medida de absorción "perfecta". Cualesquier mediciones de reflectividad realizadas sobre el artículo bajo prueba se calculan con relación a los dos estándares. Los cálculos de reflectividad y el suavizado de datos (sincronización de dominio de tiempo) se realizan en el receptor 18 y en el procesador 20 (opcionalmente un Analizador de Red de Vector cuando sea aplicable) o fuera de línea, por ejemplo, en un programa Math-Cad.

El reflectómetro 2 se calibra de la siguiente manera. En primer lugar, el rendimiento de "cortocircuito" del reflectómetro 2 se determina al colocar una placa de metal en la región de medición y se realiza una medición de reflectividad S11. El reflectómetro se ajusta para asegurar que se produce una reflectividad S11 de $0(\pm 1)$ dB. En segundo lugar, el rendimiento de "carga" del reflectómetro 2 se determina al colocar un absorbente piramidal en la posición de muestra y se realiza una medición de reflectividad S11. El reflectómetro se ajusta para asegurar que se produce una pérdida de reflectividad S11 >25 dB. El orden en que se realizan las mediciones de calibración no es importante.

Las mediciones de la reflectividad electromagnética de un artículo se realizan de la siguiente manera. El cuerno 4 de antena se dispone en contacto con el elemento 30 óptico de espuma de polímero que a su vez está dispuesto en contacto con la superficie del artículo 10 que se va a medir. El grosor del elemento 30 óptico de espuma de polímero (es decir, la distancia entre el cuerno 4 de antena y la superficie del artículo 10 que se va a medir) se dispuso para que fuera de 0.12 metros en las evaluaciones experimentales del Solicitante.

5 El artículo 10 que se va a medir se ilumina luego con radiación electromagnética sobre un rango de frecuencia deseado (generado por la fuente 16) transmitido desde la antena 4 de cuerno a través del elemento 30 óptico de espuma de polímero. La radiación electromagnética reflejada desde el artículo 10 que se va a medir se recibe por la antena 4 de cuerno y el receptor 18. Dicha radiación electromagnética reflejada se mide y se realiza una determinación a partir de la misma de la reflectividad de dicho artículo.

10 La etapa de medición comprende medir por lo menos una de la magnitud y fase de la radiación electromagnética reflejada desde el artículo 10. Se realiza una medición de reflectividad S11 donde la antena 4 de cuerno comprende una única antena de polarización. Opcionalmente, se realiza una medición de reflectividad S22 donde la antena 4 de cuerno comprende una antena de doble polarización.

15 La medición de la radiación electromagnética reflejada desde el artículo 10 que se va a medir se puede controlar utilizando una compuerta de dominio de tiempo para reducir la interferencia provocada por reflexiones no deseadas en la región de espacio libre entre el cuerno 4 de antena y la superficie del artículo 10 que se va a medir. En este caso, la reflectividad se determina utilizando solo la radiación electromagnética reflejada recibida en la antena dentro de una ventana temporal predefinida después de la transmisión de dicha radiación electromagnética. Se encontró que una ventana temporal que tiene una duración de 2ns era generalmente suficiente durante los experimentos del Solicitante, sin embargo, esto puede cambiar para diferentes configuraciones de sistema.

20 Un método para medir la reflectividad del artículo que utiliza el aparato de la Figura 2 que incluye un VNA HP8722C es como sigue.

25 La antena 4 de cuerno se conecta al puerto 1 del VNA HP 8722C para una medición de reflectividad S11 de canal único (Canal 1). Esta luego se calibra sobre el Canal 1 del VNA para mediciones S11, como se describe en relación con el método de calibración anterior. Opcionalmente, para una medición de polarización dual (doble canal), de tal manera que se mida la respuesta del artículo 10 en ambas polarizaciones simultáneamente utilizando una medición S11 y S22, se conecta un segundo cable desde la conexión alternativa sobre la antena 4 de cuerno, al puerto 2 del VNA. Este luego se calibra sobre el Canal 2 del VNA para mediciones S22, como se describe con relación al método de calibración anterior.

30 Después de medir, sincronizar y guardar los datos del canal 1 (reflectividad S11), el VNA se conmuta al canal 2 (reflectividad S22) y se repite el procedimiento de medición, asegurando que la medición se active por separado bajo cada canal.

35 La configuración y el método se han validado contra el artículo de muestra XC4453, que varía con la orientación de la muestra. La respuesta del artículo de muestra se muestra en las Figuras 3 y 4 para datos de compuerta y de no compuerta. Como se describió anteriormente, se utilizó una compuerta de 2ns de intervalo en las mediciones experimentales. Se puede ver que la activación elimina una cantidad significativa del ruido en los resultados.

40 La Figura 3 ilustra la Reflectividad de la muestra XC4453 con una orientación de muestra de 0° (es decir, una dirección de muestra de 0° paralela al campo E). Detalles de compuerta: centro de compuerta=0s, intervalo de compuerta=2ns

La Figura 4 ilustra la Reflectividad de la muestra XC4453 con una orientación de muestra de 90° (es decir, una dirección de muestra de 90° paralela al campo E). Detalles de compuerta: centro de compuerta=0s, intervalo de compuerta=2ns.

45 Las medidas de reflectividad también se realizaron utilizando el aparato de la Figura 2 que incluye un Analizador de Red de Vector Master VNA Anritsu (VNA).

50 La configuración y el método se validaron nuevamente contra el artículo de muestra XC4453, que varía con la orientación de la muestra. El VNA Master VNA Anritsu es un VNA de preproducción y actualmente no se puede utilizar para aplicar una compuerta sobre el instrumento. Los datos de no compuerta se guardan como parámetros S reales e imaginarios y, por lo tanto, se pueden sincronizar mediante un programa Mathcad. La respuesta del artículo de muestra se muestra en las Figuras 5 y 6 para datos de no compuerta.

55 La Figura 5 ilustra la Reflectividad de la muestra XC4453 con una orientación de muestra de 0°. La Figura 6 ilustra la reflectividad de la muestra XC4453 con una orientación de muestra de 90°

60 El método y el reflectómetro se utilizan principalmente para mediciones de reflectividad, pero se pueden convertir a otros datos como permitividad. El método y el aparato reflectómetro se han demostrado para frecuencias que varían de 1 a 18 GHz, pero la técnica es válida fuera de este rango, dependiendo de las limitaciones de la antena 4 de cuerno.

En vista de la descripción anterior, será evidente para un experto en la técnica que se pueden hacer diversas modificaciones dentro del alcance de la invención. La invención se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para medir la reflectividad de una región de un artículo para radiación electromagnética que comprende las etapas de:
- 10 a) disponer el artículo en el campo cercano de una antena transceptora,
- 15 b) alinear la antena a lo largo de una dirección sustancialmente ortogonal a una superficie de la región que se va a medir y a una distancia predeterminada desde dicha superficie,
- 20 c) iluminar la región del artículo con radiación electromagnética transmitida desde la antena sobre un rango de frecuencia deseado,
- 25 d) recibir radiación electromagnética reflejada desde la región del artículo en el campo cercano de la antena utilizando dicha antena,
- 30 e) medir la radiación reflejada y determinar de esta la reflectividad de dicho artículo en dicha región,
- 35 caracterizada porque
- 40 por lo menos un elemento separador sustancialmente rígido se proporciona en comunicación mecánica con el artículo y la antena con el fin de alinear la antena, y el elemento separador comprende un elemento óptico que comprende una espuma de polímero dispuesta entre la antena y el artículo y en el que las etapas de iluminación y medición se realizan a través de dicho elemento óptico.
- 45 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la etapa de medición comprende medir por lo menos una de la magnitud y fase de la radiación electromagnética reflejada desde dicha región de dicho artículo.
- 50 3. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende determinar la reflectividad utilizando solo la radiación electromagnética reflejada recibida en la antena dentro de una ventana temporal predefinida luego de la transmisión de dicha radiación electromagnética.
- 55 4. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que la etapa de iluminación comprende iluminar la región con radiación electromagnética que tiene una de polarización simple y doble en un haz que tiene un perfil de intensidad Gaussiano, y en el que la etapa de medición comprende medir la radiación electromagnética reflejada en el o cada estado de polarización.
- 60 5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que la radiación electromagnética tiene una frecuencia en el rango 1 - 20 GHz, particularmente en el rango 1 - 5 GHz, en particular aproximadamente 3 GHz.
- 65 6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende la etapa de determinar por lo menos una de la absorbencia electromagnética, una propiedad dieléctrica y la permitividad relativa de dicho artículo en dicha región desde la reflectividad electromagnética determinada.
- 70 7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende la etapa de medir la reflectividad de una pluralidad de regiones de dicho artículo para radiación electromagnética.
- 75 8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que incluye adicionalmente una etapa de calibración que comprende:
- 80 f) medir la reflectividad electromagnética de un material sustancialmente reflexivo y calibrar la etapa de determinación para proporcionar una reflectividad determinada de $0 (\pm 1)$ dB, y
- 85 g) medir la reflectividad electromagnética de un material sustancialmente absorbente y calibrar la etapa de determinación para proporcionar una pérdida de reflectividad determinada de >25 dB.
- 90 9. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que la espuma de polímero tiene una permitividad sustancialmente igual a la del aire.
- 95 10. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en el que la espuma de polímero comprende por lo menos una de una espuma de polímero sintética, una espuma de polímero de celda cerrada, una espuma de polímero microcelular, una espuma de polietileno y poliestireno expandido,
- 100 11. Un método para medir la reflectividad electromagnética de una estructura de perfil aerodinámico, en particular una cuchilla de turbina eólica, que utiliza un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

- 5 12. Un reflectómetro que comprende una antena transceptora que tiene un elemento separador que depende de la misma, el elemento separador que define una región de medición dentro del campo cercano de la antena dentro del cual se admiten artículos que se van a medir, en el que el elemento separador comprende un elemento óptico dispuesto en comunicación óptica y mecánica con la antena, el elemento óptico que tiene una superficie sustancialmente plana dentro de la región de medición, dicha superficie plana se dispone sustancialmente ortogonal a un eje de transceptor de la antena, en el que el elemento óptico comprende una espuma de polímero.
- 10 13. Un reflectómetro de acuerdo con la reivindicación 12 en el que la espuma de polímero tiene una permitividad sustancialmente igual a la del aire.
- 15 14. Un reflectómetro de acuerdo con la reivindicación 13 en el que la espuma de polímero comprende por lo menos una de una espuma de polímero sintética, una espuma de polímero de celda cerrada, una espuma de polímero microcelular, una espuma de polietileno, y poliestireno expandido.
- 20 15. Un reflectómetro de acuerdo con reivindicaciones 13 o 14 que incluye una fuente de radiación electromagnética que tiene una frecuencia en el rango 1 - 20 GHz, particularmente en el rango 1 - 5 GHz, en particular aproximadamente 3 GHz.
16. Uso de un aparato de acuerdo con cualesquiera de las reivindicaciones 12-15 para medir la reflectividad electromagnética de una estructura de perfil aerodinámico, en particular una cuchilla de turbina eólica.

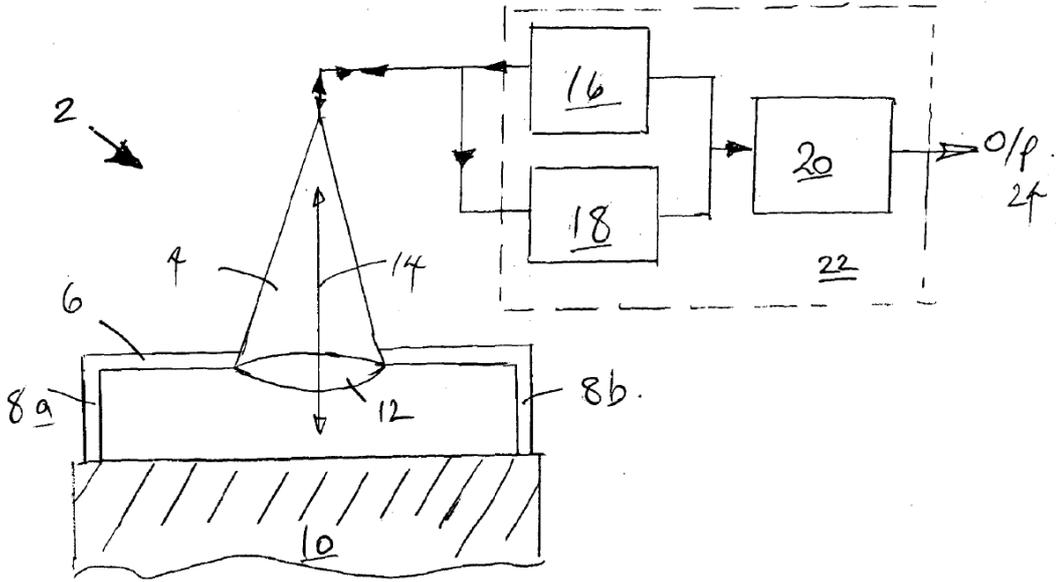


Fig. 1.

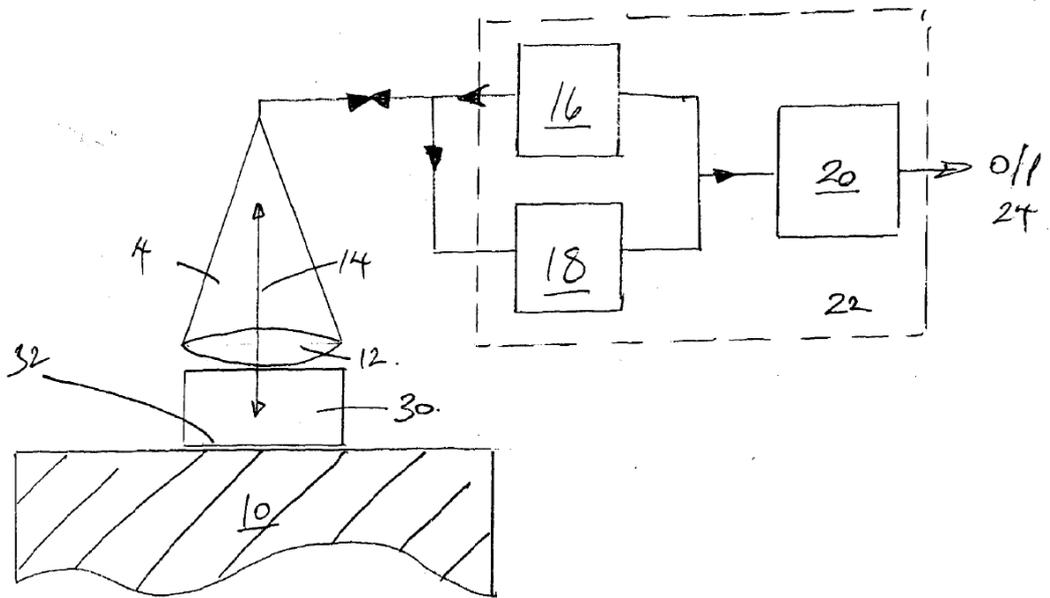


Fig. 2.

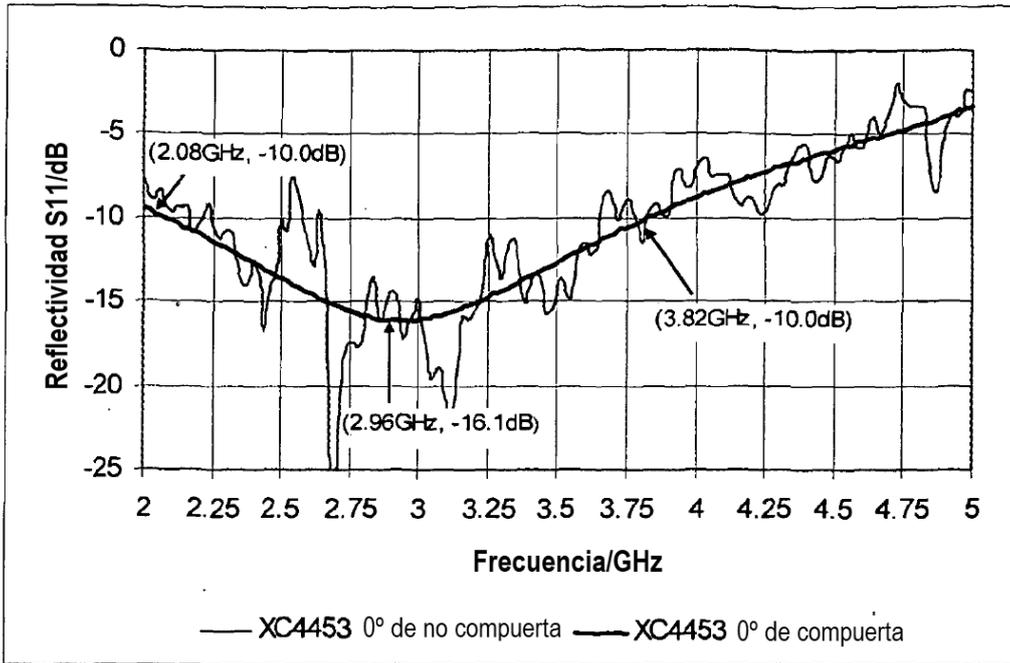


Fig. 3

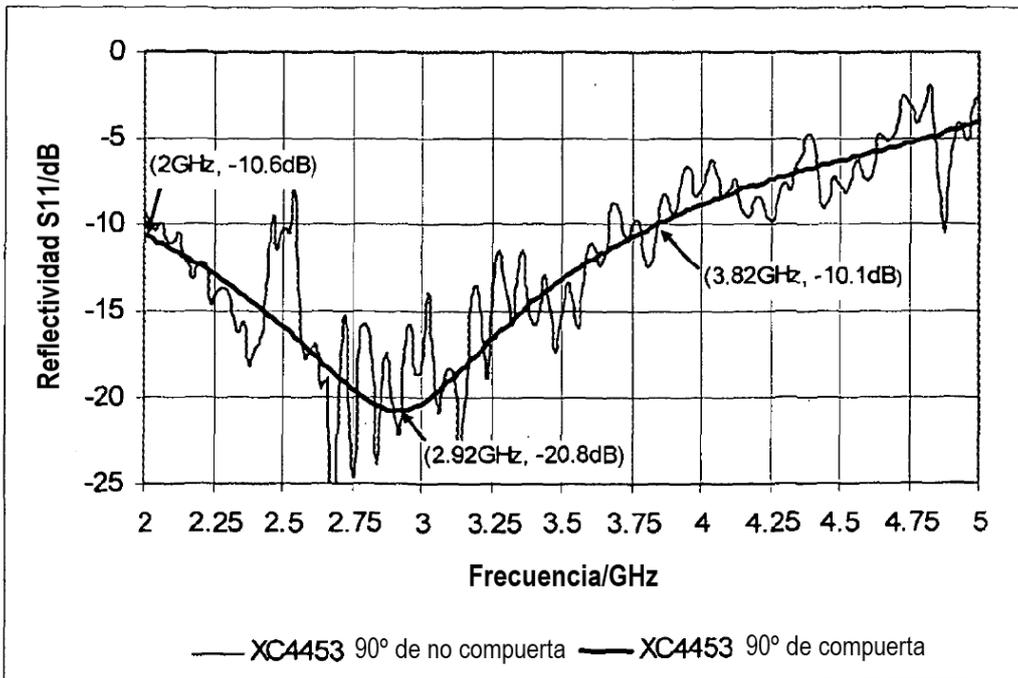


Fig. 4

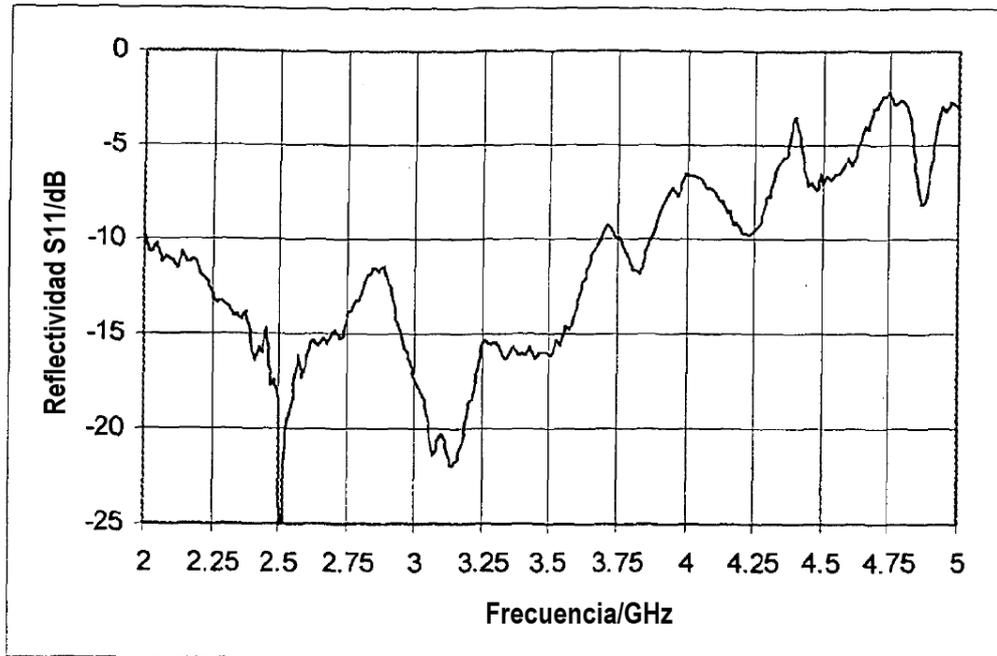


Fig. 5

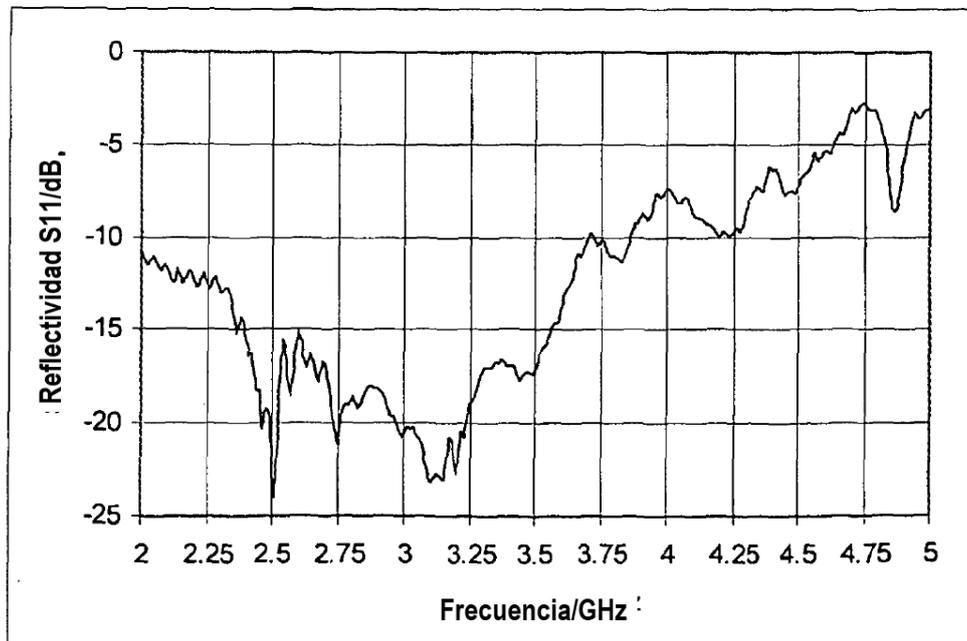


Fig. 6