

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 390**

51 Int. Cl.:  
**G01P 5/26** (2006.01)  
**G01S 17/88** (2006.01)  
**G01S 17/95** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08155026 .1**  
96 Fecha de presentación: **23.04.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1988401**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **Un procedimiento para medir la velocidad del viento lateral**

30 Prioridad:  
**01.05.2007 US 915157 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.05.2012**

73 Titular/es:  
**SOREQ NUCLEAR RESEARCH CENTER  
NAHAL SOREQ  
81800 YAVNE, IL**

72 Inventor/es:  
**Shapira, Joseph**

74 Agente/Representante:  
**Álvarez López, Fernando**

ES 2 381 390 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****Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a procedimientos remotos de una medición de viento lateral promediado por trayectoria.

**Antecedentes de la invención**

10 Se han sugerido varios procedimientos para detectar en remoto el viento promediado por trayectoria. La mayoría de ellos depende del análisis temporal de las fluctuaciones de intensidad del haz láser reflejado que se producen cuando los remolinos de refracción son arrastrados por un viento a través del haz de láser.

R. S Lawrence y col., en Applied Optics, Vol. 11, nº 2, pág. 239-243, describen el uso de patrones de centelleo láser para medir la velocidad del viento promediada por trayectoria midiendo una función de covarianza con retraso del tiempo con detectores espaciados.

Ting-I Wang y col., en Applied Optics, Vol. 20, nº 23, pág. 4073-4081, comparan varios procedimientos con respecto a su inmunidad a los cambios en la fuerza de la turbulencia y llega a la conclusión de que ningún procedimiento es ideal, principalmente debido a los cambios en el espectro de turbulencia.

L. C. Andrews y col., en J. Opt. Soc. Am. Vol. 16, nº 6, pág. 1417-1429, cuya divulgación se incorpora en el presente documento por referencia, en su modelo heurístico de centelleo óptico, muestra la existencia de una forma definitiva de correlación entre la fuerza de la turbulencia y el espectro de la turbulencia. De acuerdo con este modelo, el espectro de la turbulencia se caracteriza por un comportamiento de dos escalas: una escala grande para las fluctuaciones en la irradiación refractiva y una escala pequeña para las fluctuaciones en la irradiación difractiva. Los estados de turbulencia fuerte y de turbulencia débil se caracterizan principalmente por escalas grandes cuya "vida" es significativamente más prolongada que la "vida" de las escalas pequeñas, que existen principalmente en el caso de turbulencias medias.

Los remolinos turbulentos se desplazan con un viento, de modo que su centro se mueve en la velocidad del viento. Estos remolinos cruzan un haz láser (o campo de visión de un receptor) y el espectro de turbulencia temporal de las fluctuaciones del haz láser reflejado, sobre el cual se basa la medición de la mayoría de los procedimientos mencionados anteriormente, depende del tamaño del remolino turbulento, en un diámetro transversal del haz láser (o campo de visión de un receptor) y de la "vida" de los remolinos turbulentos. Las mediciones que no consideran correlaciones entre una fuerza de turbulencia atmosférica el comportamiento del espectro temporo-espacial se convierten en impredecibles.

Las patentes de EE.UU. 4,182.570 y 6.247.259 y la solicitud de patente publicada PCT WO2005/050254 describen varios procedimientos y dispositivos para medir la velocidad del viento normal para la trayectoria de la señal generada. En las patentes se ha indicado que los procedimientos y los dispositivos basados en el análisis de la función de covarianza-cruzada se pueden aplicar para las determinaciones meteorológicas y para desencadenar sistemas control. Se ha mencionado que los cambios impredecibles en un espectro temporo-espacial de la turbulencia atmosférica afectan a los resultados del análisis matemático, pero no se describe ningún procedimiento para llevar a la práctica una correlación entre una fuerza de turbulencia atmosférica y el espectro temporo-espacial de la turbulencia atmosférica.

**Resumen de la invención**

50 Es un objeto de la invención de acuerdo con la reivindicación 1 proporcionar un procedimiento en remoto de una medición de viento lateral promediado por trayectoria que es más exacto de cualquier procedimiento proporcionado por la técnica. La presente invención de acuerdo con la reivindicación 1 busca proporcionar un nuevo procedimiento activo para medir la velocidad del viento, como se describe en el presente documento más adelante. Al contrario que la técnica anterior, la presente invención sólo escoge una parte con la escala más grande del espectro espacial de los remolinos de turbulencia en la atmósfera. De acuerdo con la invención, el procedimiento mide la velocidad del viento usando una correlación entre una fuerza de la turbulencia atmosférica y el espectro temporo-espacial de la turbulencia atmosférica.

**Descripción detallada de las realizaciones**

60 Más específicamente, el procedimiento puede incluir las etapas de:

- a. enviar un haz láser hacia una posición lejana del objeto deseada;
- b. tomar una imagen (p. ej., película) de un objeto lejano (p. ej., mancha láser sobre el objeto) mediante un receptor de múltiples elementos o mediante el receptor de múltiples elementos que recibe el haz reflejado por el objeto;

- c. determinar el intervalo de objeto midiendo el retraso de tiempo entre la generación del haz láser y la recepción del haz reflejado;

(Procedimientos para la determinación del intervalo, que se pueden usar para llevar a cabo esta etapa, se describen en, por ejemplo, The Infrared Electro-Optical Systems Handbook, Vol. 6: "Active Electro-Optical Systems". Clinton S. Fox Editor, SPIE Press 1993, EE.UU.)

- d. computar una función normalizada de correlación cruzada con retraso temporal (CCF) de señales obtenidas de diferentes elementos del receptor después de filtrar las señales por medio de un filtro de paso de banda bajo con una frecuencia de corte variable;
- e. determinar una frecuencia de corte específica  $f_{cut}^s$  de las correspondencias del filtro de paso de banda bajo con la disimetría máxima de la función correlación cruzada  $\xi_{m\acute{a}x}$  y obtener de la misma una dirección del viento. La disimetría CCF  $\xi$  se da por:

$$\xi = \frac{\sum CCF_{pos} - \sum CCF_{neg}}{\sum CCF_{pos} + \sum CCF_{neg}}$$

en la que  $\sum CCF_{pos}$  y  $\sum CCF_{neg}$  son los valores acumulados en las partes positiva y negativa del CCF en consecuencia. El signo del  $\xi_{m\acute{a}x}$  da la dirección del viento lateral.

- f. computar una varianza  $\sigma^2$  de los desplazamientos del centroide de la imagen y calcular a partir del mismo la fuerza de turbulencia atmosférica  $C_n^2$ .

Para la distancia L de doble paso, la fuerza de turbulencia  $C_n^2$  viene dada por:

$C_n^2 = 0,34\sigma_c^2 L^{-1} D^{1/3}$ , donde D es un diámetro de la óptica del receptor.

- g. determinar una escala espacial efectiva de las fluctuaciones de la irradiación refractiva que viene dada (p. ej., de acuerdo con L. C. Andrews y col.) por un radio de coherencia  $\rho_0$  para un estado de turbulencia débil o por  $L/K\rho_0$  para un estado de turbulencia fuerte, ambos valores se calculan usando la fuerza de turbulencia  $C_n^2$  obtenida antes, la distancia de doble pase L y el número de onda k conocido (p. ej., para onda plana  $\rho_0 = (1,46C_n^2 k^2 L)^{-3/5}$ ). El área específica del objeto se puede escoger para calcular la velocidad del viento lateral ajustando un campo de visión del receptor (p. ej., escogiendo un número adecuado de los elementos del receptor) de acuerdo con la escala espacial determinada, indicada con la "vida" prolongada.
- h. Computar la frecuencia específica  $f_c$  de la señal acumulada recibida de la parte escogida antes del objeto tras filtrar la señal mencionada anteriormente por medio del filtro de paso de banda bajo con una frecuencia de corte específica  $f_{cut}^s$ . La frecuencia específica  $f_c$  se puede obtener, por ejemplo, computando el número de puntos de cruce cero (número de veces que la señal momentánea cruza la señal media).
- i. Obtener la velocidad del viento lateral promediada por trayectoria que es proporcional a la frecuencia específica  $f_c$ . La frecuencia específica  $f_c$  se caracteriza por el número de remolinos, cuyo tamaño corresponde a la escala espacial determinada que cruzó el campo de visión del receptor en una unidad de tiempo. Un valor del coeficiente proporcional depende de la distancia al objeto y la fuerza de la turbulencia  $C_n^2$  y se determina después de usar una calibración adecuada.

El procedimiento nuevo reduce esencialmente una influencia negativa en la dinámica (cambios) del espectro espacial de los remolinos de la turbulencia durante una medición del viento lateral, ya que usando una correlación adecuada entre la fuerza de la turbulencia de la atmósfera y el espectro de la escala espacial de los remolinos de la turbulencia en la atmósfera, el procedimiento escoge, principalmente, los remolinos con la "vida" prolongada.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para medir la velocidad del viento lateral, que comprende:

- 5 usar una correlación entre la fuerza de la turbulencia de la atmósfera y el espectro de la escala espacial de los remolinos de la turbulencia en la atmósfera para calcular la velocidad del viento;
- tomar una imagen (p. ej., película) de un objeto lejano iluminado por un láser a través de una atmósfera turbulenta, en el que una intensidad de una luz dispersa por partes diferentes del objeto se correlacionan en el tiempo y
- 10 dependen de una velocidad del viento y de la fuerza de la turbulencia atmosférica, en el que una frecuencia de fluctuaciones de la luz proporcional al componente de la velocidad del viento perpendicular a la línea de vista, (es decir, la línea de la propagación del haz láser) y depende de la "vida" de los remolinos de la turbulencia;
- obtener una función de correlación cruzada con retraso temporal de las intensidades entre las diferentes partes o
- 15 áreas del objeto;
- computar una disimetría de la función de correlación cruzada obtenida tras filtrar en paso de banda bajo con diferentes frecuencias de corte; y
- 20 obtener una frecuencia de corte específica  $f_{cut}^S$  correspondiente a la disimetría máxima de la función de correlación cruzada y calcular a partir de ella una dirección del viento y una velocidad del viento solo determinadas moviendo los remolinos con la "vida" larga;
- obtener una fuerza de la turbulencia atmosférica por dicha computación de una varianza de los desplazamientos del
- 25 centroide de la imagen;
- determinar una escala espacial eficaz de los remolinos de la turbulencia usando una correlación adecuada entre la fuerza de la turbulencia atmosférica y el espectro de la turbulencia espacial, y ajustando las dimensiones del área de la imagen analizada de acuerdo con la escala espacial efectiva obtenida;
- 30 computar la frecuencia específica  $f_c$  de la señal acumulada recibida del área de la imagen obtenida después de filtrar la señal por el filtro de paso de banda bajo con la frecuencia de corte específica  $f_{cut}^S$ ; y
- determinar el coeficiente proporcional adecuado entre la velocidad del viento lateral y la frecuencia específica  $f_c$
- 35 obtenida de acuerdo con el valor obtenido de la fuerza de la turbulencia y la distancia conocida al objeto para calcular la velocidad del viento lateral promediada por trayectoria.