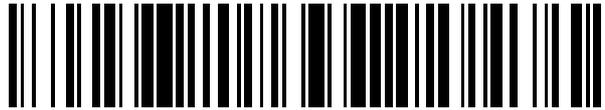


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 955**

51 Int. Cl.:

G01S 17/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2009 E 09772454 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2300852**

54 Título: **Método Lidar-Doppler de recepción directa y aparato Lidar-Doppler de recepción directa**

30 Prioridad:

04.07.2008 DE 102008031682

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

27.05.2016

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMITT, NIKOLAUS;
REHM, WOLFGANG y
PISTNER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 571 955 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

Método Lidar-Doppler de recepción directa y aparato Lidar-Doppler de recepción directa

- 5 La invención se refiere a un método para medición Lidar-Doppler de velocidades mediante recepción directa así como un aparato para llevar a cabo dicho método.
- 10 LIDAR responde a "Light detection and ranging" y es un método muy utilizado para el radar ("radiowave detection and ranging") para la medición de distancias y velocidades así como para la telemedición de parámetros atmosféricos. En vez de utilizar ondas de radio como en el RADAR, se emplean, sin embargo, rayos láser.
- 15 Un ejemplo para un aparato Lidar-Doppler y, con ello, un método realizable para medir velocidades de viento se conoce a partir de los documentos EP 1756620 B1, US 20080117433 A1 o US 2006262324 A1.
- 20 En aparatos Lidar-Doppler de recepción directa se dirige radiación láser sobre el medio a medir y se recibe, a continuación, radiación reflejada directamente y se investiga en cuanto a un desplazamiento-Doppler de la longitud de onda láser para determinar así velocidades relativas.
- 25 En aparatos Lidar-Doppler de recepción directa, se dirige radiación láser al medio a medir y se recibe directamente la radiación reflejada después y se investiga respecto de un corrimiento Doppler de la longitud de onda láser para determinar así velocidades relativas.
- 30 Sistemas Lidar-Doppler utilizando la técnica de la recepción directa se emplean, por ejemplo, en la medición previsible de turbulencias, vientos de través o arrastres de remolinos por delante de aeronaves, en especial, aviones. Junto a una mera función de aviso, las señales medidoras también pueden incorporarse, en especial, directamente en el control de vuelo del avión para regular, por ejemplo, ráfagas, vientos de través o influencias de vórtice de estala prematuramente, o sea, antes de que el avión reaccione negativamente a las variaciones de las corrientes exteriores de modo que se conserve activamente un estado de vuelo tranquilo equilibrado, se reduzca el esfuerzo del avión y quede garantizada la seguridad en el avión y para el avión.
- 35 Un problema esencial es, en este caso, la dinámica presente de la intensidad de la retrodispersión. Debido al contenido de aerosol y la densidad del aire puede variar ligeramente la intensidad de la señal retrodispersa en tres órdenes de magnitud. Fuerte variación se obtiene además cuando la aeronave, por ejemplo, el avión, en el que se encuentra el sistema de medición LIDAR, vuela a través de jirones de nubes de modo que la dinámica general puede suponer fácilmente de cuatro a cinco órdenes de magnitud.
- 40 Los detectores actuales presentan un margen dinámico mucho menor. Por ejemplo, cuentan con aparatos de cargas acopladas (CCD → charge-coupled device), que se emplean en una llamada técnica de procesado de imágenes por franjas, típicamente un margen dinámico de 10 a 12 bit. Partiendo de una intensidad mínima de 6 a 7 bit, la dinámica residual supone aproximadamente de uno a dos órdenes de magnitud.
- 45 Un debilitamiento de la señal de recepción, por ejemplo, con moduladores electroópticos es muy costosa, cara y difícil de conseguir debido a las habitualmente grandes aperturas para chips de CCD.
- 50 A partir del artículo de N. P. Schmitt y otros: "The AWIATOR airborne LIDAR turbulence sensor", Science Direct, Aerospace Science and Technology 11 (2007) 548-552, se conoce un método para la medición, sustentada en aeronaves, de velocidades de viento mediante LIDAR de UV de recepción directa de impulsos cortos. Mediante un láser de UV se emiten impulsos cortos de 10 ns con ratios de kHz. La radiación retrodispersada se transforma en interferogramas en un interferómetro Fabry, que se fotografían con una cámara y se tratan en un procesamiento de imágenes digital. Se aclara que los errores de medición pueden disminuirse aumentando los fotones contados. Para ello, se propone una ampliación de la potencia láser y una optimización de los tiempos de selección de impulsos.
- 55 A partir del documento GB 2 000 411 A, se propone un método de medición de alturas de nubes, donde para la medición de cada altura de nube a medir se integran impulsos de láser durante intervalos de selección de impulsos para elevar la potencia de la señal de medición. Se propone un número fijo de impulsos de láser a integrar.
- 60 A partir del artículo de Durand y otros: ALADIN Airborne Demonstrator (Aparato de Demostración ALADIN aerotransportado): a Doppler Wind Lidar to prepare ESA's ADM-Aeolus Explorer Mission (un Lidar de viento Doppler para preparar la misión de exploración ADM Eolus de I ESA); Earth Observing Systems XI, SPIE, Vol. 6296, 6296 1D, se describen investigaciones preliminares para un LIDAR de observación meteorológica apoyado en satélites. En las investigaciones preliminares se llevaron a cabo ensayos de vuelos con un sistema LIDAR, que presentaba un láser, que emitía impulsos láser de 50 Hz. La radiación retrodispersada se investigaba en dos detectores separados para captar dispersión de Mie, por un lado, y para la captación de dispersión de Rayleigh, por otro. En los sistemas sustentados en satélite posteriores, deben integrarse impulsos láser por encima de 7 s para abarcar tramos de trayectoria de 50 Km. Los datos obtenidos deben ser separados luego de nuevo digitalmente en distintas zonas parciales.
- 65

- 5 A partir del documento EP 0 111 438 A1, se conoce un método de medición de la altura de nube, donde primero se mide la atenuación en capas luminosas existentes a mayor profundidad mediante integración de señales de medición de esas capas más profundas y, en función de dicha atenuación, se controla la intensidad luminosa de la señal emitida. Esto puede tener lugar controlando una frecuencia de impulso.
- 10 El documento US 5 056 914 B revela un aparato y un método para obtener datos de elementos mediante recepción directa. En el número de píxeles de una línea de CCD se codifica además la distancia del elemento de manera que a partir de un tiempo de escaneo y del número de píxeles se puede determinar también una velocidad del elemento.
- 15 Es problema de la invención crear un método para aumentar un entorno dinámico de un sistema Lidar-Doppler con recepción directa así como un aparato Lidar-Doppler con recepción directa así como un aparato Lidar-Doppler de recepción directa con entorno dinámico ampliado.
- 20 Dicho problema se resuelve mediante un método con las características de la reivindicación 1 adjunta así como mediante un aparato Lidar-Doppler de recepción directa con las características de la reivindicación 2 adjunta 2.
- Según un primer aspecto, la invención crea un método para la medición Lidar-Doppler de velocidades mediante recepción directa para una aeronave para incorporar directamente señales de medición en el control del vuelo de la aeronave con el fin de regular la variación de la corriente exterior, dirigiéndose un rayo láser sobre el medio (16) a medir y midiéndose a continuación la radiación (18) emitida desde el medio (16) mediante un detector (35), con:
- 25 a) emisión de una multiplicidad de impulsos láser por medición (52), e
b) integración de una multiplicidad de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos con el detector (35) por medición (52),
- donde los impulsos láser se emiten con un ritmo de repetición, que queda por encima del ritmo de detección alrededor de uno o varios órdenes de magnitud,
- 30 y donde los impulsos de láser por medición se emiten con una frecuencia de mayor o igual a aproximadamente 1 kHz.
- El método se caracteriza por la etapa:
- 35 c) control del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar o integrados en el detector (35), donde el control tiene lugar en función de la intensidad de la radiación (18) proveniente del medio (16).
- 40 Se ha previsto preferiblemente que, mediante el control del número de los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar o integrados en el detector (35), se ajuste la intensidad total de la radiación recibida.
- Se ha previsto preferiblemente que la etapa c) comprenda por lo menos una de las etapas parciales siguientes:
- 45 c1) control de una fuente (11) de láser emisora de impulsos de láser de tal modo que se emita un número definido, modificable de impulsos de láser;
c2) control del número de los impulsos láser dirigidos sobre el medio (16) mediante un primer mecanismo de conmutación controlable pospuesto a la fuente (11) de láser;
c3) control del detector (35) de tal modo que los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos se desvanezcan o no se integren conjuntamente; y/o
- 50 c4) control del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos por el detector mediante un segundo mecanismo (24) de conmutación controlable antepuesto al detector (35).
- Se ha previsto preferiblemente que el control se realice de tal modo que se obtenga una elevada intensidad de señal por debajo de umbral de saturación del detector.
- 55 Se ha previsto preferiblemente que la etapa c) comprenda:
- 60 ca) comparación de un valor de medición actual con un valor umbral superior prefijado para una intensidad demasiado elevada y rebaja del número impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser integrados para una medición subsiguiente, en caso de que el valor de medición actual sobrepase el valor umbral superior, y/o
cb) comparación de un valor de medición actual con un valor umbral inferior prefijado para una intensidad demasiado baja y elevación del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser integrados para una medición subsiguiente, en caso de que el valor actual de la medición quede por debajo del valor umbral inferior.
- 65 En el último caso, se ha previsto preferiblemente que las etapas ca) y cb) parciales se lleven a cabo repetidamente en mediciones consecutivas directas o indirectas hasta que el valor de medición actual quede entre el valor umbral

superior y el valor umbral inferior y/o que la variación del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar e integrados se realice en un factor constante o en una cantidad aditiva/sustractiva constante o proporcionalmente a una desviación de un valor ideal prefijado.

5 Se ha previsto preferiblemente que la etapa c) comprenda:

cd) estimación de una intensidad a esperar de la señal de medición a partir del curso precedente de la intensidad de la señal de medición, y

10 ce) ajuste del número los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar en el detector en base a dicha estimación.

Se ha previsto preferiblemente que, en caso de varios canales de medición, se lleve a cabo separadamente el control para cada canal respectivamente.

15 Se ha previsto preferiblemente que, para un canal de referencia eventual, se lleve a cabo el control separadamente de los canales de medición.

Una configuración preferida del método se caracteriza por la:

20 d1) lectura del detector (35) con una proporción de detección constante independientemente del número de impulsos (51, 81a, 81b, 51c) láser integrados o

d2) lectura del detector (35) tras alcanzar una intensidad prefijada.

25 Esto se lleva a cabo preferiblemente de tal modo que en el caso de d2), la lectura tenga lugar lo más tarde con la terminación de un tiempo máximo ajustado previamente, en el caso de que no se haya alcanzado la intensidad prefijada al final del tiempo máximo.

Una configuración preferida del método se caracteriza por:

30 e) captación del número los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser emitidos o a integrar, y

f) determinación de amplitud de señal real a partir del número captado en la etapa e) y a partir de la intensidad de la señal de medición.

35 Se ha previsto preferiblemente que se lleve a cabo el método para elevar el margen dinámico de un aparato Lidar-Doppler de recepción directa.

Se ha previsto preferiblemente que el método de medición de velocidades del aire, en especial, para la medición previsible de turbulencias, vientos de través y/o vórtices de estela, se lleve a cabo por delante de una aeronave (13).

40 Según otro aspecto más, la invención crea un aparato (10) Lidar-Doppler de recepción directa para una aeronave con objeto de medir velocidades, mediante un Lidar-Doppler de recepción directa, y de incorporar directamente señales de medición en el control del vuelo de la aeronave para regular una modificación de corriente exterior, con una fuente (11) de láser para emitir radiación (15) láser sobre un medio(16) a medir, con un detector (35) para recibir radiación (18), que se irradia, en especial se dispersa, al irradiar el medio (16) con radiación (15) láser, y con un aparato de evaluación, que debido a la radiación recibida del detector (35) determina por lo menos una velocidad del medio (16), donde la fuente (11) de láser se ha configurado para emitir una multiplicidad de impulsos láser por medición (52) del detector (35) y donde el detector (35) se ha configurado para integrar una multiplicidad de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser por medición (52).

50 Una configuración preferida del aparato se caracteriza por que se ha previsto un mecanismo (22) de control de intensidad, mediante el cual se puede controlar el número por medición de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar.

55 Se ha previsto preferiblemente que la fuente (11) de láser pueda controlarse por el mecanismo (22) de control de intensidad de tal manera que emita un número ajustable de impulsos láser mediante el mecanismo (22) de control de intensidad.

60 Esto se posibilita en una configuración preferida por que la fuente (11) de láser presente un conmutador de corriente excitable por el mecanismo (22) de control de intensidad para controlar el número de impulsos láser a integrar.

Se ha previsto preferiblemente que el detector (35) pueda controlarse por el mecanismo (22) de control de intensidad de tal modo que los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos se supriman o ya no se integren.

65 Se ha previsto preferiblemente que el mecanismo (22) de control de intensidad se realice para controlar un primer mecanismo conmutador, que esté pospuesto a la fuente (11) de láser para ajustar un número de impulsos láser dirigidos sobre el medio (16).

- 5 Se ha previsto preferiblemente que el mecanismo (22) de control de intensidad se configure para controlar un segundo mecanismo (24) conmutador, que está antepuesto al detector (35) para ajustar un número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser admisibles provenientes del medio (16).
- 5 Se ha previsto preferiblemente que los mecanismos (24) de conmutación primero y/o segundo presenten un conmutador electroóptico y/o un conmutador electromecánico y/o un conmutador (76) de fibra óptica.
- 10 Se ha dispuesto preferiblemente que se prevea un disco (34) de microcanales por delante del detector (35), que puede excitarse mediante el mecanismo (22) de control de intensidad.
- 15 Se ha dispuesto preferiblemente que se prevea un aparato de captación, en especial, un contador, para captar el número de impulsos láser emitidos y/o recibidos por ciclo de medición, y que el aparato (19) de evaluación se configure para determinar la intensidad de señal real a partir del número captado por el mecanismo de captación y a partir de la intensidad de la señal medida por el detector (35).
- Configuraciones ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.
- 20 Según la invención se dirigen sobre el medio a medir una multiplicidad de impulsos láser por medición. Con la medición, se captan y se integran allí con el detector una multiplicidad de impulsos láser provenientes a consecuencia de ello del medio, es decir, por lo general impulsos láser dispersos.
- 25 El método de medición se lleva a cabo muy rápidamente preferiblemente según la aplicación preferida a bordo de las aeronaves. Por ejemplo, la duración de un ciclo de medición oscila en el orden de magnitud de unos pocos milisegundos. Los impulsos láser se irradian en un número mayor de por lo menos un orden de magnitud de uno a dos (o sea, aproximadamente en por lo menos un factor de 5 a 10 mayor), o sea, por ejemplo, en el entorno de los kilohertzios.
- 30 En una configuración especialmente preferida del método de la invención así como del aparato de la invención, no se emplea para la medición LIDAR un impulso individual del láser por medición (láser instantáneo, típicamente de 10 a 100 Hz), sino que se emplea un láser altamente repetitivo, que emite por medición unos cientos de impulsos (especialmente microimpulsos láser, típicamente de 5 a 50 kHz). Puesto que para el método de recepción directa no es importante la fase luminosa sino sólo la frecuencia y la intensidad, la captación de un impulso láser potente corresponde a la detección de muchos impulsos de láser débiles, que se integran convenientemente en el detector.
- 35 Más preferiblemente, se controla el número de impulsos láser integrados en el detector de manera que según la intensidad de la respectiva radiación retrodispersa, se integre un número mayor o menor de impulsos para garantizar una intensidad total óptima en el detector – o sea, por ejemplo, por encima de la necesaria intensidad mínima, pero claramente por debajo de la intensidad de saturación.
- 40 Con las propuestas según la invención, es posible la estructuración de un sistema LIDAR de recepción directa, con el cual se puedan captar, sin la saturación perturbadora del detector, señales retrodispersas LIDAR con una zona dinámica de varios órdenes de magnitud con un detector, el cual presenta una zona dinámica que es menor en algunos órdenes de magnitud que lo que sería necesario para el problema de medición.
- 45 En configuración preferida, se propone en el método de medición de velocidades, por ejemplo, de velocidades de viento, utilizando la técnica de la recepción directa, que para la medición se utilice un láser altamente repetitivo con una tasa de repetición de uno o varios órdenes de magnitud por encima de la tasa de detección. Se prefiere además que varios impulsos láser se integren en un detector sensible a la luz para una medición individual.
- 50 En una configuración preferida, puede variarse el número de impulsos láser reunidos en el detector. Esto puede ocurrir de diferentes maneras, que pueden llevarse a cabo individualmente o de modo amulado.
- 55 Por ejemplo, una fuente de láser puede controlarse convenientemente para la emisión de un número definido, modificable de impulsos. En otra configuración, a la fuente de láser, que puede estar formada, por ejemplo, por un láser, se le pospone un conmutador adecuadamente controlable. En otra configuración más, el detector es convenientemente controlable de manera que se eliminen los impulsos de láser recibidos y no se integren. En otra variante, se antepone al detector un conmutador convenientemente controlable. El control se lleva a cabo preferiblemente de tal modo que modificando el número de impulsos integrados se consiga una alta intensidad de señal, pero se evite una saturación del detector, lo que con condiciones cambiantes de la retrodispersión de la señal láser en el elemento dispersado se utiliza para crear un entorno dinámico adecuadamente elevado del sistema de medición muy por encima de la dinámica del mero detector.
- 60 El aparato Lidar-Doppler de recepción directa se configura preferiblemente para llevar a cabo el método según la invención. El aparato Lidar-Doppler de recepción directa es preferiblemente un sistema Lidar-Doppler para medición de velocidades, por ejemplo, de la velocidad del viento, empleando la técnica de la recepción directa, en el que se
- 65

emplea para la medición un láser altamente repetitivo con tasa de repetición de uno o varios órdenes de magnitud por encima de la tasa de detección. El detector se configura y/o se activa aún más preferiblemente de tal modo que varios impulsos láser se integren en una sola medición en un detector sensible a la luz. Se prevé preferiblemente un mecanismo de control de intensidad para variar el número de los impulsos láser reunidos en el detector. Dicho mecanismo de control de intensidad se configura aún más preferiblemente de tal modo que o bien se controla el láser convenientemente para emitir un número definido, modificable de impulsos o bien se pospone al láser un conmutador convenientemente controlable o se controla adecuadamente el detector o se eliminan los impulsos de láser recibidos y no se integran o se antepone al detector un conmutador convenientemente controlable. El control se lleva a cabo preferiblemente de manera que variando el número de los impulsos láser integrados alcance una elevada intensidad de señal, pero se evite una saturación del detector. En especial, en condición variable de la retrodispersión de la señal láser en el elemento dispersado, se puede conseguir así una dinámica adecuadamente elevada del sistema de medición muy por encima de la dinámica del mero detector.

En configuración aún más preferida del método y/o del aparato, se calcula o determina si la intensidad era demasiado reducida o demasiado elevada. Entonces se eleva o se rebaja adecuadamente el número de impulsos a integrar para la siguiente medición. Más preferiblemente se repite consecutivamente este proceso hasta que la intensidad no sea demasiado elevada ni demasiado baja.

La reducción o elevación del número de impulsos puede realizarse en un factor constante o una magnitud aditiva constante. Alternativamente, puede realizarse la reducción o la elevación proporcionalmente a la desviación respecto del valor ideal.

En configuración más preferida de la invención, se valora a partir del curso de la subida o caída de intensidad una predicción para la intensidad esperable de la siguiente medición, de donde se estima el número de impulsos láser a integrar.

En el caso de varios canales de medición diferentes, por ejemplo, con varias mediciones en diferentes direcciones, dicha determinación puede tener lugar separadamente para cada canal respectivamente. En una configuración con un canal de referencia, puede tener lugar para el canal de referencia dicho cálculo independientemente de los canales de medición.

Como detector se emplea en una configuración preferida una cámara o un chip de cámara. En otra configuración más, se emplea como detector un fotodiodo o un conjunto de fotodiodos mono o bidimensionales.

La lectura puede tener lugar según una configuración ventajosa de la invención con un ritmo fijo independientemente del número de impulsos láser integrados. En otra configuración ventajosa de la invención, tiene lugar la selección tras alcanzar la necesaria intensidad, aunque, dado el caso, limitada a un tiempo máximo.

El control del número de impulsos láser a integrar se realiza, por ejemplo, en una configuración, en la que el número de impulsos láser emitidos se controla desde la fuente de láser, mediante un conmutador de corriente de la fuente de láser.

Alternativa o adicionalmente puede tener lugar el control del número de impulsos láser a integrar mediante un conmutador electroóptico, un conmutador electromecánico o de fibra óptica pospuesto al láser.

Preferiblemente, se lleva a cabo el control de los impulsos láser a integrar del lado receptor. Para ello, puede llevarse a cabo el control del número de impulsos láser a integrar, por ejemplo, mediante un conmutador electroóptico antepuesto al detector o mediante un conmutador electroóptico de fibra óptica antepuesto al detector. De manera especialmente preferida, tiene lugar el control del número de impulsos láser a integrar por medio de un disco de microcanales conmutable. En otra configuración más de la invención, se ha previsto un control del número de impulsos láser a integrar mediante una conexión electrónica de la salida del detector o el correspondiente control del chip de la cámara.

Según un perfeccionamiento ventajoso de la invención, se detecta el número de impulsos láser a integrar mediante, por ejemplo, un contador y se utiliza junto a la intensidad de la señal de medición para determinar la amplitud de señal real.

Se explican más detalladamente, a continuación, ejemplos de realización de la invención a base de los dibujos adjuntos. Las figuras muestran en ellos:

La Figura 1, una representación esquemática de un aparato LIDAR aerotransportado;
 las Figuras 2a y 2b, la intensidad retrodispersa en aerosoles de aire localmente (figura 2a) y transportada en relación con la altura para el hemisferio norte, hemisferio sur y ecuador (figura 2b) (datos POLDER, 1997);
 la Figura 3, una representación esquemática de un conjunto detector instalable en el aparato de la figura 1;
 la Figura 4, un ejemplo de un interferograma, que se puede obtener con el conjunto detector de la figura 3;

las Figuras 5a y 5b ilustraciones de la regulación de impulsos láser a integrar con tiempo de iluminación prefijado;
 la Figura 6a, una ilustración de una curva de intensidad típica respecto del tiempo;
 la Figura 6b, una ilustración del número de impulsos a integrar en relación con la figura 5b;
 la Figura 6c, una ilustración de la intensidad existente en el detector tras la regulación del número de impulsos a integrar;
 la Figura 7, otro ejemplo de realización más para un conjunto detector, ampliada con respecto a la de la figura 3 en un conmutador de fibra óptica; y
 las Figuras 8a y 8b ilustraciones de un tiempo de iluminación constante (figura 8a) y uno variable (figura 8b) del detector con diferente número de impulsos a integrar.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un aparato Lidar-Doppler de recepción directa. El aparato Lidar-Doppler de recepción directa se ha instalado, en el ejemplo representado, en una aeronave representada en el dibujo por un avión 13.

El aparato Lidar-Doppler de recepción directa presenta una fuente de láser con ancho de banda relativamente estrecho (funcionamiento de frecuencia entrante, típicamente de algunos MHz de anchura de líneas). La luz de la fuente de láser – rayo láser emitido – se emite a través de una ventana a la atmósfera. En el caso representado a modo de ejemplo aquí, se dispersa elásticamente en la atmósfera la luz de la fuente de láser en partículas de aire. La luz dispersa es recibida por un conjunto de detectores. En un aparato de evaluación, se determina la velocidad relativa a partir del corrimiento Doppler de la luz dispersa retrodispersada en las partículas dispersas – partículas – que se mueven con respecto al aparato Lidar-Doppler de recepción directa.

En el aparato Lidar-Doppler de recepción directa representado, se ha previsto además un mecanismo de control de intensidad para controlar la intensidad a recibirse con un detector del conjunto de detectores.

En la dispersión en partículas, se diferencia en este contexto, por un lado, la dispersión de moléculas del aire (dispersión de Rayleigh) y la dispersión de aerosoles (partículas de polvo, partículas de sal, etc., dispersión de Mie). La dispersión de Rayleigh puede medirse fiablemente en todas las capas atmosféricas e independientemente de las influencias meteorológicas; sólo depende de la densidad de partículas, que disminuye continuamente a mayores alturas. Por el contrario, la dispersión de aerosoles es muy fuertemente dependiente de su densidad local, que puede variar fuertemente localmente y, en especial, en función de las influencias atmosféricas y otras.

En las figuras 2a y 2b, se ilustran diferentes dispersiones de aerosoles y distribuciones de aerosoles. Por ejemplo, la dispersión de aerosoles es muy fuerte en regiones con elevada emisión de sustancias contaminantes como, por ejemplo, en regiones industriales o zonas volcánicas. Por el contrario, la distribución de aerosoles es muy baja en la zona de grandes reservas de agua, por ejemplo, sobre el océano o en la región del hemisferio meridional de la Tierra, véase la figura 2a. Aunque, en especial, los aerosoles son lavados también, por ejemplo, por las lluvias intensas, de modo que su concentración puede ser entonces muy pequeña.

En conjunto, la dispersión de Mie basada en los aerosoles disminuye sobreproporcionalmente con respecto a la dispersión de Rayleigh en moléculas de aire por una altura mayor que 2 Km; véase la figura 2b. Por debajo de una altura semejante de 2 Km, la dispersión de Mie es extremadamente dependiente del medio ambiente y parcialmente muy fuertemente o también muy posiblemente pequeña. La dispersión de Rayleigh disminuye proporcionalmente a la densidad, o sea aproximadamente un 30 % a una altura de 10 Km. Para una medición fiable de turbulencias, etc., no es apropiada, por ello, una medición basada solamente en aerosoles, antes bien debería poderse medir también la dispersión Rayleigh.

Puesto que la intensidad de la dispersión de Rayleigh es proporcional al valor inverso de la longitud de onda a la cuarta potencia, se utiliza de modo muy conveniente una fuente de láser con la menor longitud de onda posible, o sea, por ejemplo, en la zona ultravioleta.

Un ejemplo para el conjunto de detectores del aparato Lidar-Doppler de recepción directa se ha representado más detalladamente en la figura 3. La radiación dispersada – luz dispersa – se dirige y se detecta mediante una óptica en un detector.

Para medir un corrimiento de frecuencia, pueden imaginarse por principio dos métodos de medición. En un método de medición que no se considera aquí, la llamada detección coherente, se aprovecha la relación fija de fases entre el rayo láser emitido de anchura de línea suficientemente estrecha y la radiación dispersa recibida. Debido a la coherencia, dicho método de medición es muy sensible. Para medir el corrimiento de frecuencias, se desvía una parte del rayo láser antes de su emisión a la atmósfera, se retarda en el tiempo y se mezcla colinealmente con la radiación dispersa recibida en un fotodetector de ancho de banda suficientemente mayor. Debido a la falta de linealidad del fotodetector, puede captarse directamente la frecuencia diferencial como señal eléctrica, que corresponde directamente al corrimiento Doppler y, por ello, es proporcional a la velocidad relativa.

- 5 Condición para este método de medición es una fuente de láser de banda suficientemente estrecha de modo que la longitud de coherencia de la luz sea mayor que la diferencia de trayectoria entre la radiación retardada de referencia y la radiación dispersa recibida. Pero además la propia radiación dispersa no puede contribuir a ningún ensanchamiento sensible de líneas, ya que, en otro caso, se destruiría la coherencia. Valores límite típicos para la máxima anchura de línea así como para el ensanchamiento en la dispersión quedan en la zona de algunos kHz o MHz.
- 10 Entonces, la radiación dispersa en aerosoles obviamente es casi igualmente estrecha de banda que la radiación incidente, esto no vale sin embargo para la radiación dispersa en moléculas: debido a la distribución Boltzmann de las velocidades de partículas, las moléculas muy ligeras se mueven a temperaturas habituales muy por encima del punto cero absoluto con alta velocidad (movimiento molecular browniano), lo que da lugar a un considerable ensanchamiento Doppler debido solamente a dicho efecto. Los valores típicos quedan en el entorno de 3 GHz. Una detección coherente según el método (mezcla en un fotodetector) descrito no es, por ello, posible para el método de medición que interesa aquí.
- 15 Para la medición de la dispersión de Rayleigh (dispersión en moléculas) se utiliza, por consiguiente, en el método aquí representado y en el aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa, la llamada técnica de recepción directa representada en la figura 3, que no necesita la fase de la radiación y realiza únicamente una medición de intensidad. Para determinar el corrimiento de frecuencias Doppler, se ha previsto un elemento adicional, que presenta una discriminación de frecuencias o una dispersión de longitudes de onda.
- 20 En el conjunto 12 de detectores representada en la figura 3, se dirige para ello la radiación 32 recibida mediante una fibra 37 conductora de luz al conjunto 12 de detectores. La radiación recibida se envía a través de una primera óptica – óptica 31 de colimación – a un llamado etalón 33 de Perot-Fabry, que presenta dos discos parcialmente reflectantes, planos paralelamente o un único disco paralelamente plano con reflexión parcial en ambas superficies, lo que da lugar por acción autoheterodina de la onda en un resonador a una interferencia de la onda con sí misma.
- 25 De este modo se forma por una imagen mediante una segunda óptica 38 en el detector 35 una distribución de intensidad espacial. En el ejemplo representado, se forma por multirreflexión una figura de interferencias circular – los llamados anillos o fringes en inglés, véase la figura 4 -. Máximos y mínimos corresponden además respectivamente a interferencias del mismo ángulo. Una modificación del radio de dicha muestra de interferencias es directamente proporcional a la modificación de longitudes de onda o bien a la modificación de frecuencias de la señal detectada y, con ello, a la modificación del corrimiento de Doppler y, por consiguiente, a la modificación de la velocidad relativa de las partículas de dispersión, o sea, por ejemplo, a las partículas 17a, 17b, 17c dispersas (moléculas, aerosoles) respecto del sistema de medición. Por ejemplo, también se puede determinar con ello, en caso de sistemas aerotransportados, la velocidad relativa del viento con respecto al avión 13.
- 30 Si se comparan los radios de la muestra de interferencias, por ejemplo, con una señal, medida al mismo tiempo o en otro instante, de la señal de láser directamente derivada, entonces se puede determinar también la velocidad relativa absoluta (a diferencia de la modificación descrita anteriormente de la velocidad relativa). Si esa medición tiene lugar al mismo tiempo o consecutivamente en diferentes direcciones espaciales (emisión del rayo láser en diferentes direcciones espaciales y medición de la retrodispersión a partir de la misma), entonces se puede determinar el vector velocidad relativo bidimensional o también tridimensional. En correspondencia, pueden aplicarse los principios y soluciones propuestos aquí para una o varias direcciones de medición.
- 35 En vez del interferómetro Fabry-Perot aquí descrito, pueden utilizarse también otros elementos discriminadores de frecuencias u otros interferómetros, por ejemplo, interferómetro de Michelson, interferómetro de Fizeau u otros.
- 40 Dicha muestra de interferómetro, representada como ejemplo en la figura 4, se recibe ahora con un detector 35 apropiado, véase la figura 3. El detector 35 puede construirse de diferentes modos. Distintas soluciones incluyen la utilización de filtros en los bordes de los máximos de interferencia, electrodos anulares concéntricos de un fotomultiplicador percibidos a posteriori de la muestra de interferencias, la conformación de la muestra circular en una lineal mediante, por ejemplo, una óptica de fibra, y la detección con un detector de líneas de CCD o la detección con un fotodetector bidimensional (por ejemplo, una cámara CCD). Para el aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa representado, son apropiados todos esos detectores y también otros. Aunque en aras de la sencillez, se describe adicionalmente el aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa, así como un método de medición realizable con él, en el ejemplo de la utilización de una cámara CCD, como detector 35 con un disco 34 de microcanales antepuesto para amplificación.
- 45 Típicamente, la señal retrodispersa detectada es muy débil, pero puede oscilar sensiblemente en intensidad, por un lado variando la densidad del aire y con ello el número de moléculas retrodispersas en el volumen de medición, por otro lado, por los aerosoles hallados en el volumen medido.
- 50 Se ha de tener en cuenta que el método de detección de recepción directa descrito aquí, así como el aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa descrito aquí, posibilita por completo la medición en atmósfera absolutamente
- 55
- 60
- 65

libre de aerosoles (dispersión Rayleigh pura), pero que además puede detectar y evaluar también la dispersión de aerosoles. En ese caso, se ha de contar incluso con una señal de retrodispersión muy fuerte.

5 Mientras que las diferencias por las modificaciones de la densidad del aire son típicamente de un orden de magnitud o menos (según la máxima altura de vuelo), las oscilaciones por la retrodispersión con contenido de aerosoles o pobre en aerosoles son de varios órdenes de magnitud (casos extremos: nubes cúmulos y gran altura de vuelo), de manera que la señal detectada puede oscilar en conjunto en varios órdenes de magnitud.

10 Además puede oscilar asimismo la intensidad de retrodispersión en el caso de un cambio de la distancia de la medición y de la profundidad de la medición.

15 Esas posibles oscilaciones de la señal de medición en varios órdenes de magnitud queda típicamente muy por encima del margen dinámico de los sensores del detector 35. En el método de medición descrito aquí, se adoptan medidas adicionales para conseguir el necesario margen dinámico .

20 Una primera solución aproximada sería el debilitamiento de la señal recibida en función de su potencia. Pero esa solución aproximada no resulta ventajosa por varias razones: reductores absorbentes deberían moverse, dado el caso, mecánicamente; reductores eléctricamente activables se basan la mayoría de las veces en la transmisión de luz polarizada, mientras que la señal retrodispersa recibida sólo está como mecho parcialmente polarizada y se emplean además la mayoría de las veces elementos de contenido no polarizado de la transmisión de rayos. Además el valor exacto del debilitamiento sería importante para determinar parámetros importantes (cálculo retrospectivo de la intensidad de señales real), lo que en caso de absorción u otros debilitamientos sólo sería muy difícil de determinar.

25 Se propone por ello otro método de solución para ampliar sensiblemente el margen dinámico de la señal de entrada (en la figura 6a, esquematizada como intensidad respecto del tiempo). Por conveniencia, debe posibilitarse además un debilitamiento definido en forma digital de modo que además también se pueda calcular retrospectivamente la intensidad de señal exacta a partir de la intensidad detectada y se pueda calcular retrospectivamente a la relación de debilitamiento determinada digitalmente. Además se pueden minimizar simultáneamente parámetros perturbadores como luz de fondo, etc., en configuraciones ventajosas del aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa así como del método de medición Lidar-Doppler de recepción directa realizable con él.

35 Un principio fundamental del aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa presentado aquí y del método realizable con él se basa en que, para la medición de velocidades, no se emplean como de costumbre impulsos individuales por medición, sino que se utilizan trenes de impulsos o bien muchos impulsos 51 láser (figuras 5a y 5b) de un láser altamente repetitivo (típicamente en el entorno de los kHz), que se integran en el detector 35 en una medición única. Esto se muestra esquemáticamente en las figuras 5a y 5b, habiéndose representado los impulsos 51 láser y el intervalo 52 de medición (duración del tiempo de medición) a lo largo del tiempo. Los tiempos de iluminación quedan en esta caso típicamente en aproximadamente 10 ms por medición, en general entre 1 ms y 100 ms.

40 En el ejemplo de realización representado aquí del método de medición para la medición de velocidades mediante el Lidar-Doppler de recepción directa, se utiliza adicionalmente el mecanismo 24 de conmutación activable, que se activa de tal modo que se pueda controlar el número de impulsos 51 láser integrados. Para la ilustración, se ha representado en la figura 5a un gran número de impulsos de los impulsos 51 láser por medición 52 con pequeña retrodispersión, y en la figura 5b un pequeño número de impulsos de los impulsos 51 láser por medición 52 con fuerte retrodispersión.

45 En función de la intensidad de retrodispersión recibida, se integra, por ejemplo, un número definido de impulsos 51 láser, ajustable individualmente por medición. En otro modo de proceder alternativo, se activa adecuadamente el propio detector 35, siempre que sea activable. Un modo de proceder más para controlar los impulsos 51 láser a integrar incluye la activación de la salida del detector.

50 Como ilustración, se han representado en la figura 6a una señal de retrodispersión recibida con dinámica intensa, en la figura 6b el número de impulsos 51 láser a detectar respectivamente y en la figura 6c la intensidad relativamente uniforme en el detector 35.

55 De este modo, se evita una saturación del detector 35. Al mismo tiempo, se integra un número óptimo de impulsos con señales más débiles. La intensidad se reduce en etapas definidas de impulsos láser individuales de manera que la intensidad medida para la reconstrucción de la intensidad de retrodispersión real haya de calcularse retrospectivamente únicamente en todo el número de impulsos.

60 Una disposición preferida prevé, por ejemplo, una proporción de impulsos láser de 20 kHz con tiempos de iluminación (tiempos de integración) del detector de 16 ms por medición de modo que en ese caso pueden integrarse hasta 333 impulsos para una medición. En el caso de una retrodispersión muy intensa, el número de impulsos a integrar se puede reducir hasta un solo impulso. De ese modo se consigue, además de la dinámica del detector 35, una dinámica adicional de más de 333, que se ha de multiplicar con la dinámica del detector para una

65

dinámica de todo el sistema. Valores típicos para la dinámica del detector quedan aproximadamente en 100; la dinámica total es entonces da hasta más de cuatro órdenes de magnitud.

5 Esa disposición es especialmente ventajosa, en especial, empleando un mecanismo 24 de conmutación por delante del detector 35. En el ejemplo representado en la figura 3, se ha configurado un mecanismo 24 de conmutación semejante básicamente con un disco 34 de microcanales conmutable muy rápidamente.

10 Una forma de realización de un conjunto 70 de detectores ampliada respecto de la forma de realización del conjunto 12 de detectores de la figura 3 se ha representado en la figura 7, donde para elementos correspondientes se han utilizado las mismas referencias numéricas. En la figura 7, el mecanismo 24 de conmutación presenta el disco 34 de microcanales por delante del detector 35 (por ejemplo por delante de una cámara CCD), así como un conmutador 76 fibra óptica o electroóptico en la trayectoria de recepción de la fibra 37 conductora luminosa. El disco 34 de microcanales también puede ser omitido o utilizarse para otra función, por ejemplo, como amplificador de intensidad.

15 El mecanismo 22 de control de intensidad controla, por consiguiente, el número de impulsos láser permitidos para pasar al detector 35 mediante el mecanismo 24 de conmutación antepuesto al detector 35. Alternativa o adicionalmente el mecanismo 22 de control de intensidad controla el número de impulsos a integrar activando el detector 35.

20 En los distintos modos representados, el tiempo de conmutación para la detección también puede elegirse entonces precisamente tan corto que se reciba la señal de dispersión esperada y deseada, no teniendo lugar detección alguna ni antes ni después de modo que se pueda minimizar la influencia de la luz de fondo.

25 En relación con el disco 34 de microcanales rápidamente conmutable, téngase en cuenta que puede conmutarse preferiblemente ya sea por activación de la tensión de aceleración o por activación de un electrodo de compuerta, la mayoría de las veces un electrodo en forma de red en el fotocátodo, o por ambos al mismo tiempo. Los tiempos de conmutación quedan típicamente en el entorno de los nanosegundos o por debajo (al menos para el electrodo de compuerta).

30 Otra realización que no se ha representado más detalladamente en los dibujos, que no presenta la ventaja previamente mencionada de una minimización de la influencia de la luz de fondo, aunque utilizable asimismo, es una disposición en la que se controle el número de impulsos láser emitidos (al contrario del control descrito más arriba del número de impulsos láser recibidos). Se puede conseguir eso nuevamente ya sea por control inherente del láser (por ejemplo, mediante un conmutador de corriente - no representado - en la fuente 11 de láser) o por un conmutador rápido (conmutador electroóptico, conmutador de fibra óptica, asimismo no representado) instalado a la salida del láser.

40 Para determinar el número deseado de impulsos a detectar, se prevé según una configuración a modo de ejemplo del aparato 10 Lidar-Doppler de recepción directa y del método de medición, medir la intensidad en el detector 35 y análogamente no integrar más impulsos (por ejemplo, mantener cerrado el conmutador 76, conmutar en consecuencia el disco 34 de microcanales u otros), cuando se haya alcanzado la intensidad necesaria. En el caso de una cámara CCD, no es posible, sin embargo, dicha medición de intensidad durante la integración, ya que para determinar la intensidad debe leerse el chip CCD. Pero una posibilidad consiste en utilizar la intensidad del respectivo último ciclo de medición para medir la intensidad y, basándose en ello, determinar el número real de los impulsos a integrar para la detección siguiente (cuál puede ser mayor, menor o igual que el número anterior de impulsos). Cuando se mide en varias direcciones de medición, se debe llevar a cabo por separado cada dirección de medición.

50 Si además de eso se mide aún de tiempo en tiempo una señal de referencia (señal láser directa), puede llevarse a cabo este método también para la señal de referencia y conseguirse una intensidad de detector óptima incluso con potencia láser oscilante. El método descrito de utilización del respectivo último valor de medición siempre funciona bien, cuando las modificaciones de intensidad son lentas en comparación con la tasa de medición. Modificaciones rápidas de intensidad no pueden ser detectadas así o por lo menos no lo pueden ser completamente. Puede suceder entonces absolutamente que, a pesar de todo, una medición esté sobresaturada o presente una intensidad demasiado pequeña. En ese caso, se ha de repetir consecutivamente el proceder descrito hasta que se encuentre en la zona de sensibilidad deseada o, si no, prever un salto mayor a base de una estimación. Aunque para utilizaciones típicas esto es suficiente. En especial, no son necesarios detectores adicionales y la intensidad se puede deducir con mucha sencillez por sí misma a partir de la señal del detector. Un contador adecuado – por ejemplo, realizado en el mecanismo 22 de control de intensidad mediante soporte físico y soporte lógico y no representado por ello con mayor detalle – se somete entonces al número de impulsos a integrar según determinada intensidad de la señal de la última medición con un valor correspondiente para la siguiente medición. Esos valores pueden ser continuos. Otra posibilidad consiste en prefiar una adaptación escalonada del número de impulsos a integrar (por ejemplo, duplicación/división por dos: 1-2-4-8-16-32-64-128-256- máximo número de impulsos o aumento/sustracción aditivos 1-31-61-91...). Aunque también se puede deducir del valor de intensidad medido y de un factor proporcional directo deseado.

En las figuras 8a y 8b se representan diferentes posibilidades de lectura del detector 35. En el ejemplo, se han recibido distintos números de impulsos 81a, 81b, 81c láser en tres mediciones consecutivas. Con 82a, 82b y 82c se han designado los tiempos de integración totales en las mediciones primera a tercera.

5 Como puede observarse en la figura 8a, el tiempo 82a, 82b, 82c de integración total del detector 35 puede fijarse en un primer modo de proceder independientemente del número de impulsos láser a integrar o bien de la longitud del tren de impulsos (en 81a, 81b, 81c) a integrar. La figura 8a muestra, por consiguiente, un modo de proceder para leer el detector 35 con un ritmo de lectura fijo.

10 La figura 8b muestra un modo de proceder para leer el detector 35, en el que el tiempo 82a, 82b, 82c de integración total es función de la intensidad de señal medida. Como representa en la figura 8b la medida designada con b, pueden bastar, en el caso de suficiente intensidad, con sólo pocos impulsos 81b láser para conseguir la deseada intensidad, de manera que el tiempo 82b de integración total (tiempo de iluminación) puede acortarse con el tiempo 82a de integración total en comparación con la primera medición. La lectura tiene lugar entonces tras alcanzar la intensidad deseada o tras alcanzar intensidad a esperar a base de la medición previa. El tiempo 82a, 82b, 82c de integración total se limita, dado el caso, por un tiempo máximo prefijado.

20 En un sistema LIDAR como se ha descrito más arriba, debe medirse con frecuencia no sólo la modificación de la velocidad sino incluso la propia velocidad. Para ello, no sería aún suficiente solamente la medición de la modificación temporal de la señal de interferencia. Por ejemplo, para la medición de la velocidad se mide incluso la modificación de la señal de interferencia en relación con un punto de referencia (por ejemplo, velocidad conocida o velocidad igual a cero). Una posibilidad utilizando el aparato 10 LINDAR-Doppler de recepción directa representado aquí consiste básicamente en acoplar una parte de la luz láser emitida – rayo 15 láser – directamente (es decir, sin enviar a la atmósfera) al conjunto 12 de detectores. Puesto que dicha parte de la luz láser no sufre dispersión en partículas – partículas 17a, 17b, 17c - movidas con respecto al sistema, el corrimiento Doppler es aquí igual a 0. La señal puede utilizarse con ello como señal de referencia del punto cero.

25 En una realización del método de medición representado aquí, se obtiene entonces dicha señal de manera que una parte de la señal emitida se conduzca al detector 35 y se elija entonces el número de los impulsos 51 láser detectados de manera que no se produzca saturación del detector 35. Típicamente, la señal conducida directamente es sensiblemente más intensiva que la señal obtenida a partir de la retrodispersión de la atmósfera, de manera que también la solución representada aquí contribuya a evitar una saturación del detector y, con ello, a la obtención de una buena señal de referencia. Dicha medición de la señal de referencia puede tener lugar entonces periódica o accidentalmente en todo el proceso de medición de la medición LIDAR.

35

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

- 10 Aparato Lidar-Doppler de recepción directa
- 11 Fuente de láser
- 12 Conjunto de detectores
- 40 13 Avión
- 14 Ventana
- 15 Rayo láser emitido
- 16 Atmósfera
- 45 17a Partícula de aire
- 17b Partícula de aire
- 17c Partícula de aire
- 18 Luz dispersa
- 19 Aparato de evaluación
- 22 Mecanismo de control de la intensidad
- 50 24 Mecanismo de conmutación
- 26 Óptica
- 31 Óptica de colimación
- 32 Radiación recibida
- 33 Etalón de Fabry-Perot
- 55 34 Disco de microcanales
- 35 Detector
- 37 Fibra conductora de luz
- 38 Segunda óptica
- 51 Impulso láser
- 60 52 Medición
- 70 Conjunto de detectores
- 76 Conmutador
- 81a Primera medición de impulsos láser
- 81b Segunda medición de impulsos láser
- 65 81c Tercera medición de impulsos láser
- 82a Primera medición de tiempos de integración total

82b Segunda medición de tiempos de integración total
82c Tercera medición de tiempos de integración total

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la medición Lidar-Doppler de velocidades mediante recepción directa para una aeronave para incorporar directamente de las señales de medición al control de vuelo con el fin de estabilizar una modificación de corriente exterior, donde un rayo (15) láser se dirige sobre el medio (16) a medir y, acto seguido, se mide la radiación (18) irradiada desde el medio (16) mediante el detector (35), comprendiendo las siguientes etapas:
- 10 a) emisión de una multiplicidad de impulsos láser por medición (52), e
 b) integración de una multiplicidad de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) por medición (52) recibidos con el detector (35),
 donde los impulsos láser se emiten con un ritmo de repetición, que queda uno o varios órdenes de magnitud por encima del ritmo de detección, y donde los impulsos láser por medición se emiten con una frecuencia mayor o igual de aproximadamente 1 kHz, **caracterizado por** la etapa:
- 15 c) control del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar o integrados por medición en el detector (35),
 donde el control tiene lugar en función de la intensidad de la radiación (18) proveniente del medio (16).
- 20 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** mediante el control del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar o integrados en el detector (35) se ajusta la intensidad total de la radiación recibida.
3. Método según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado por que** la etapa c) comprende por lo menos una de las siguientes etapas parciales:
- 25 c1) control de una fuente (11) láser emisora de impulsos láser de tal modo que se emita un número definitivo, modificable de impulsos láser;
 c2) control del número de impulsos láser dirigidos hacia el medio (16) mediante un primer mecanismo de conmutación controlable pospuesto a la fuente (11) de láser;
 c3) control del detector (35) de tal modo que los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos se eliminen o no se integren; y/o
 c4) control del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos por el detector (35) mediante un segundo mecanismo (24) de conmutación controlable antepuesto al detector (35).
- 30 4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el control tiene lugar de tal modo que se obtenga una elevada intensidad de señal por debajo de un umbral de saturación del detector (35).
- 35 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la etapa c) contiene:
- 40 ca) comparación de uno del valor de medición actual con un valor umbral superior prefijado para una intensidad demasiado elevada, y rebaja del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser integrados para una medición subsiguiente, en caso de que el valor de medición actual sobrepase el valor umbral superior, y/o
 cb) comparación de un valor de medición actual con un valor umbral inferior prefijado para una intensidad demasiado baja y elevación del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser integrados para una medición subsiguiente en caso de que el valor de medición actual quede por debajo del valor umbral inferior.
- 45 6. Método según la reivindicación 5, **caracterizado por que** las etapas ca) y cb) parciales se llevan a cabo repetidamente en mediciones consecutivas inmediatas o indirectas hasta que el valor de medición actual quede entre los valores umbrales superior e inferior.
- 50 7. Método según una de las reivindicaciones 5 ó 6, **caracterizado por que** la modificación del número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar o integrados en el detector (35) tiene lugar en un factor constante o en una cantidad aditiva/sustractiva constante o proporcionalmente a una desviación de un valor ideal prefijado.
- 55 8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la etapa c) comprende:
- 60 cd) estimación de una intensidad de la señal de medición esperable a partir del curso precedente de la intensidad de la señal de la medición, y
 ce) ajuste del número los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser a integrar en el detector a base de dicha estimación.
9. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por**
- 65 d1) lectura del detector (35) con una proporción de detección constante independientemente del número de los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser integrados o
 d2) lectura del detector (35) tras alcanzar una intensidad prefijada.

- 5 10. Aparato (10) Lidar-Doppler de recepción directa para una aeronave con objeto de medir velocidades mediante Lidar-Doppler de recepción directa y de incorporar directamente las señales de medición al control de vuelo de la aeronave para estabilizar una modificación de corriente exterior, con una fuente (11) láser para emitir radiación (15) láser sobre un medio (16) a medir, con un detector (35) para recibir radiación (18), que al irradiar con la radiación (15) láser es irradiada por el medio (16), en especial, dispersada, y con un aparato (19) de evaluación, el cual debido a la radiación recibida por el detector (35) determina por lo menos una velocidad del medio (16),
 10 donde la fuente (11) de láser se ha configurado para emitir una multiplicidad de impulsos láser por medición (52) del detector, y
 donde el detector (35) se ha configurado para integrar una multiplicidad de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser por medición (52),
 donde la fuente (11) de láser se ha configurado para emitir los impulsos láser con un ritmo de repetición, que quede uno o varios órdenes de magnitud por encima del ritmo de detección del detector (35), y
 donde los impulsos láser por medición se emiten con una frecuencia mayor o igual de aproximadamente 1 kHz,
 15 **caracterizado por que**
 se ha previsto un mecanismo (22) de control de intensidad, mediante el cual se puede controlar el número de los impulsos (51, 81a 81b, 81c) láser por medición en el detector (35),
 donde el control tiene lugar en función de la intensidad de la radiación proveniente del medio (16).
- 20 11. Aparato Lidar-Doppler de recepción directa según la reivindicación 10, **caracterizado por que**
 a) la fuente (11) láser es controlable por el mecanismo (22) de control de intensidad de tal manera que emita un número controlable de impulsos láser mediante el mecanismo (22) de control de la intensidad, y/o
 b) el detector (35) es controlable por el mecanismo (22) de control de intensidad de tal modo que los impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser recibidos se supriman o no se integren, y/o
 25 c) el mecanismo (22) de control de intensidad se configura para controlar un primer mecanismo de conmutación, pospuesto a la fuente (11) de láser, para ajustar un número de impulsos láser dirigidos al medio (16), y/o
 d) el mecanismo (22) de control de intensidad se configura para controlar un segundo mecanismo (24) conmutador, antepuesto al detector (35), para ajustar un número de impulsos (51, 81a, 81b, 81c) láser
 30 provenientes del medio (16).
- 35 12. Aparato Lidar-Doppler de recepción directa según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la fuente (11) de láser presenta un conmutador de corriente activable mediante el mecanismo (22) de conmutación de intensidad para controlar el número de impulsos láser a integrar.
- 40 13. Aparato Lidar-Doppler de recepción directa según una de las reivindicaciones 11 ó 12, **caracterizado por que** el primero y/o el segundo mecanismos (24) de conmutación presentan un conmutador electroóptico y/o un conmutador electromecánico y/o un conmutador (76) de fibra de óptica.
- 45 14. Aparato Lidar-Doppler de recepción directa según una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** se ha previsto un disco (34) de microcanales por delante del detector (35), que puede activarse mediante el mecanismo (22) de control de intensidad.
15. Aparato Lidar-Doppler de recepción directa según una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado por que** se ha previsto un mecanismo captador, en especial, un contador, para captar el número de impulsos láser emitidos y/o recibidos por ciclo de medición y por que el aparato (19) de evaluación para determinar la intensidad de señal real se ha configurado a partir del número captado por el mecanismo captador y de la intensidad de señal medida por el detector (35).

FIG 1

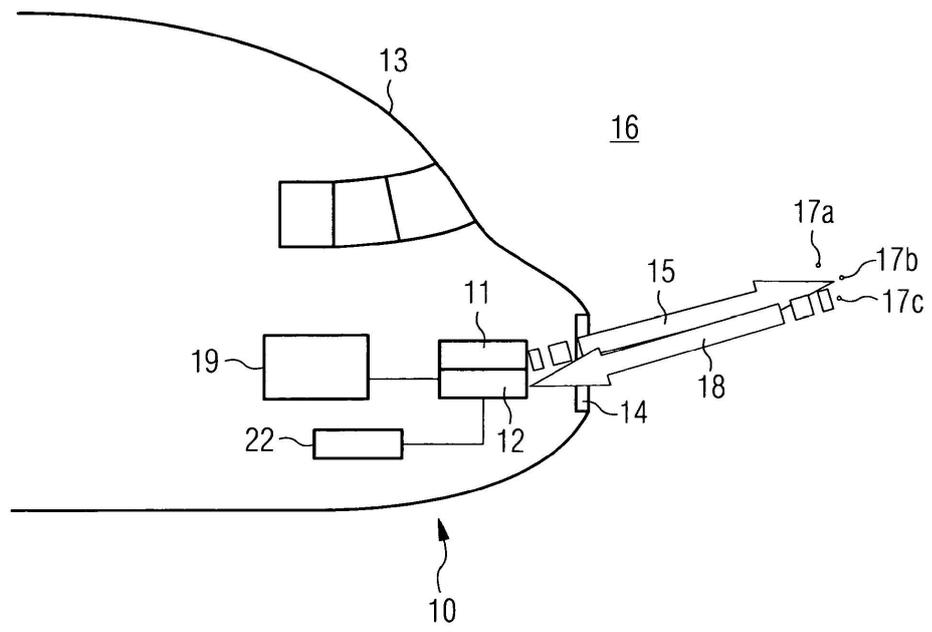
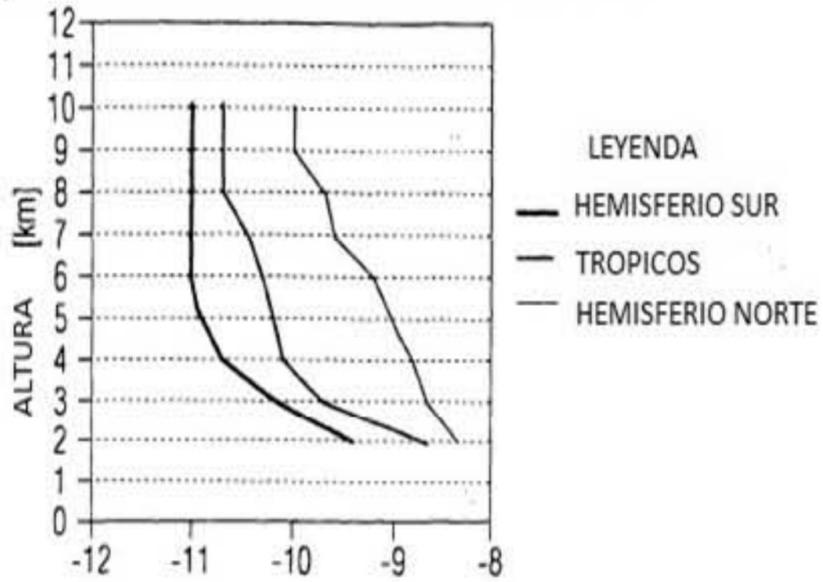


FIG 2a

RETRODISPERSION GLOBAL MEDIA EN AEROSOLES



LOGARITMO DE LA RETROSPECCION GLOBAL

FIG 2b

POLDER
April 1997

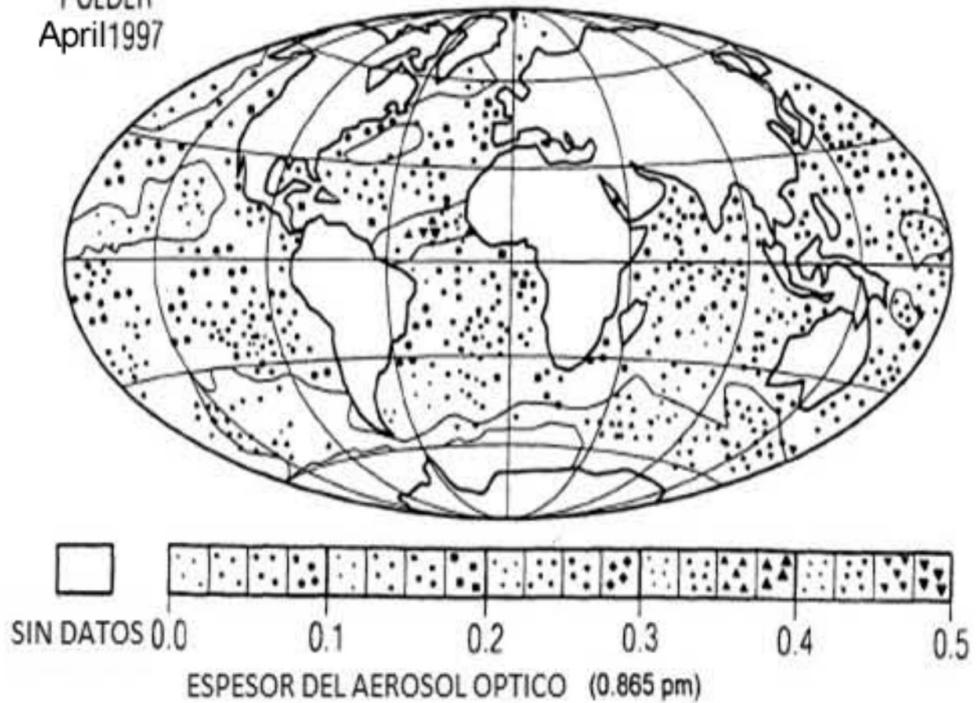


FIG 3

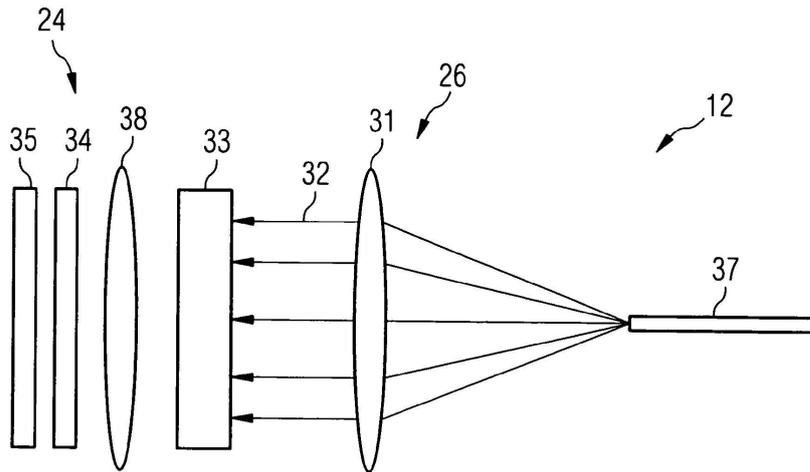
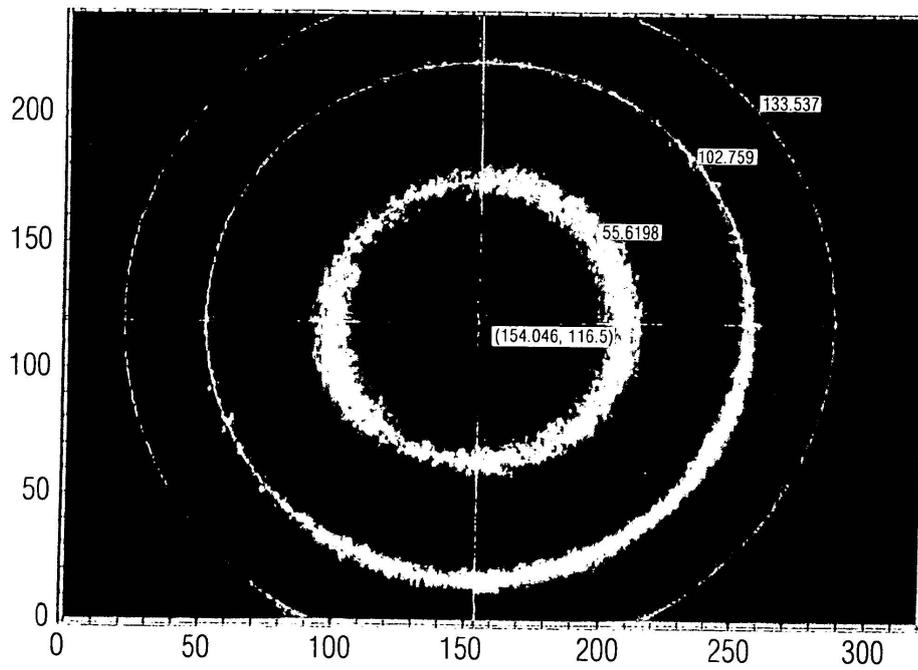


FIG 4



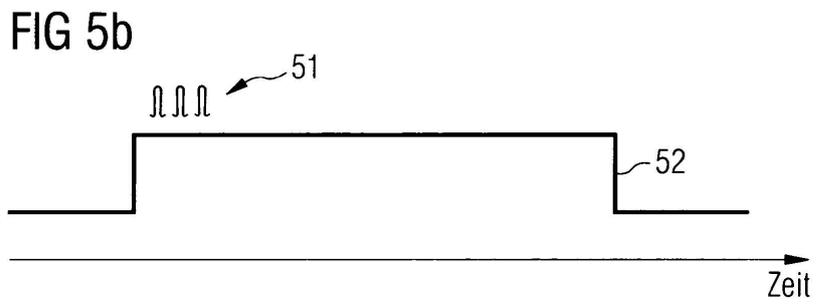
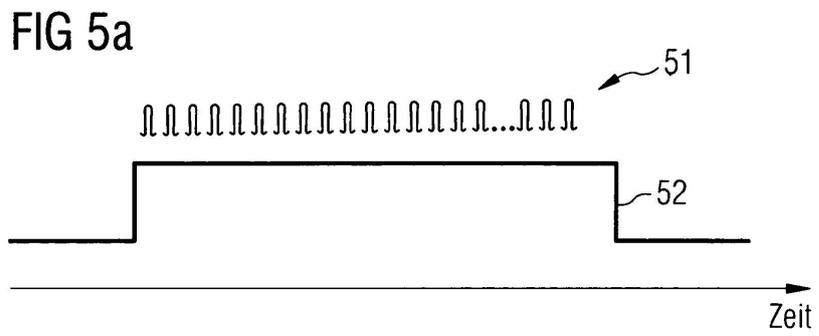


FIG 6a

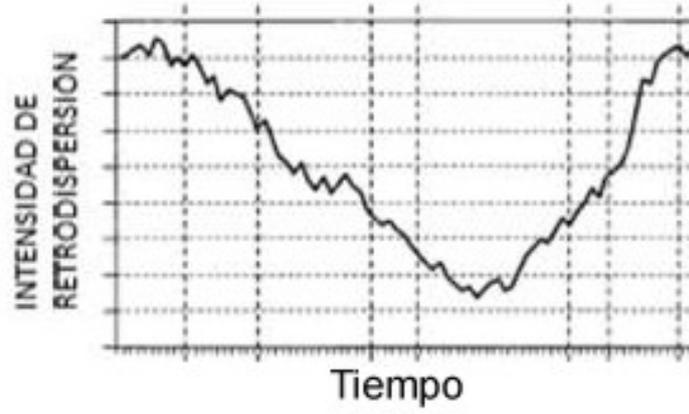


FIG 6b

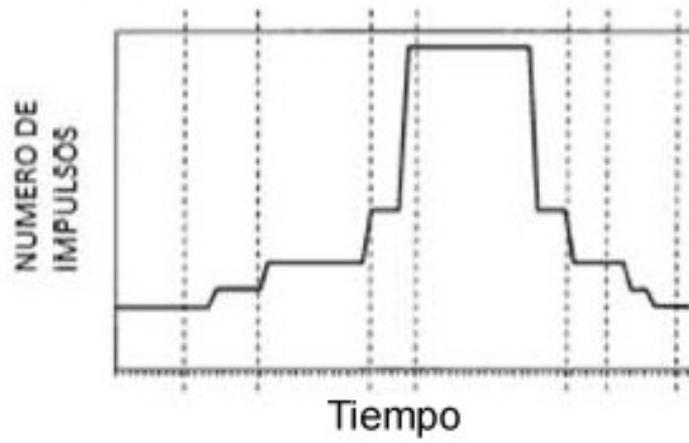
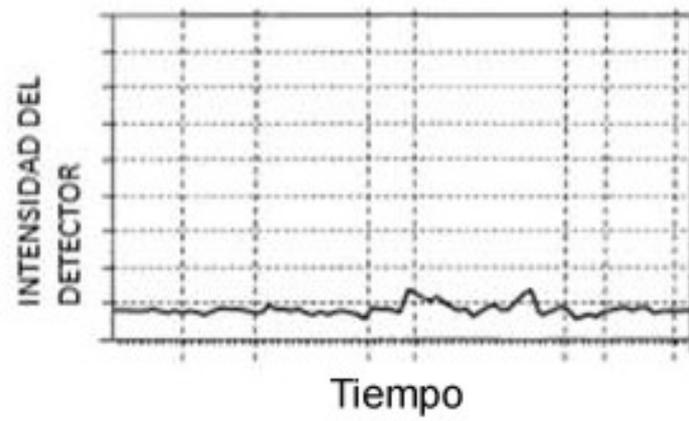


FIG 6c



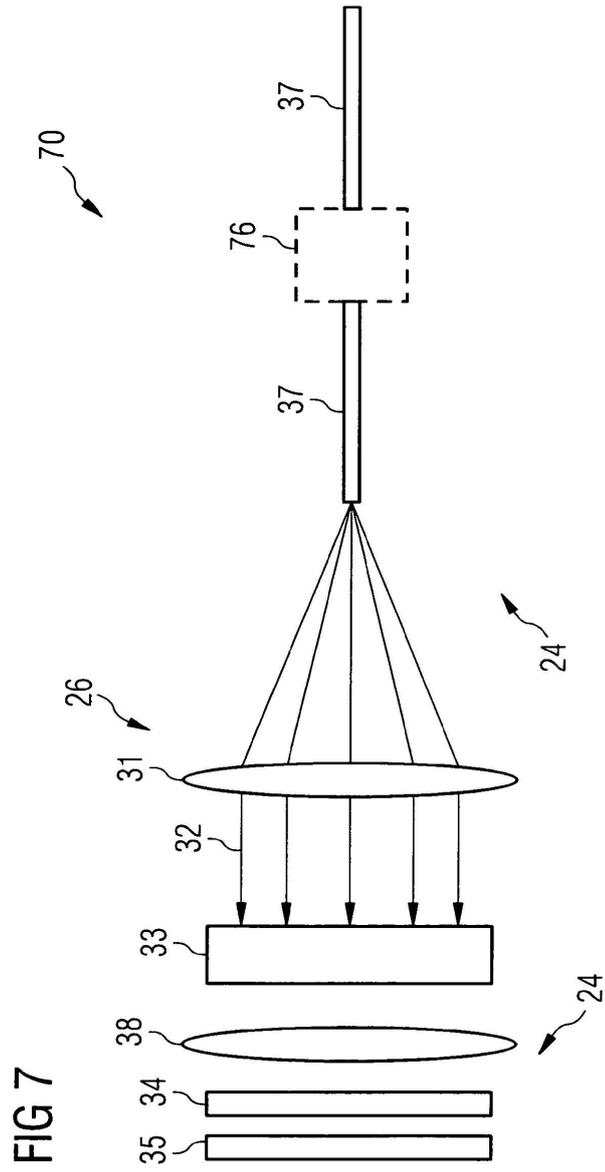


FIG 7

