

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 870 490**

51 Int. Cl.:

G01S 7/40 (2006.01)

H01Q 15/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2018** **PCT/FR2018/050334**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2018** **WO18146430**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2018** **E 18706814 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021** **EP 3580580**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de calibrado para mediciones de radar**

30 Prioridad:

13.02.2017 FR 1751156

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

27.10.2021

73 Titular/es:

**OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE
RECHERCHES AÉROSPATIALES (100.0%)
Chemin de la Hunière
91120 Palaiseau, FR**

72 Inventor/es:

**BOBILLOT, GÉRARD y
MARCELLIN, JEAN-PAUL**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 870 490 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

Dispositivo y procedimiento de calibrado para mediciones de radar

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un dispositivo de calibrado para mediciones de radar, así como a un procedimiento de calibrado que utiliza dicho dispositivo.

10 Estado de la técnica

Los sistemas de radar, ya sean sistemas de radar de medición, de detección o sistemas de radar formadores de imágenes, necesitan ser calibrados. El calibrado se centra en los niveles de radiación electromagnética que son detectados, las velocidades medidas o las capacidades de detección en un entorno real que consta de reflexiones y fuentes de radiación parásitas. Para ello, se utiliza un dispositivo de calibrado, del cual al menos uno de los parámetros entre su superficie equivalente de radar, designada mediante SER, su posición y su velocidad de desplazamiento, con la orientación del desplazamiento, deben ser conocidos. Por ejemplo, una esfera de Luneberg o un triedro trirectangular, u otro dispositivo de calibrado cuyo valor de SER es conocido, puede ser remolcado por un avión, suspendido con un globo o con un paracaidista, o embarcado a bordo de una aeronave. En los casos en que el dispositivo de calibrado con valor de SER que es conocido, se suspende con un avión, con un globo o con un paracaidista, la distancia de separación entre el dispositivo de calibrado por un lado, y el avión, globo o paracaidista por otro lado, debe ser suficiente para que la radiación primaria que es emitida por el sistema de radar ilumine selectivamente el dispositivo calibrado con exclusión del avión, globo o paracaidista. Esta condición es necesaria para detectar o medir solamente radiación que es reflejada por el dispositivo de calibrado, pero hace compleja la implementación práctica del procedimiento de calibrado. Además, la posición y la velocidad de desplazamiento del dispositivo de calibrado pueden no ser conocidas con precisiones suficientes.

En el caso en que el dispositivo de calibrado con valor de SER conocido está embarcado a bordo de una aeronave, o fijado a una parte expuesta de su superficie, la posición y la velocidad de desplazamiento del dispositivo de calibrado son conocidas de forma precisa. Este es, por ejemplo, el caso en la solicitud US2005/0128136.

Sin embargo, la contribución de la reflexión de la radiación de radar primaria sobre el dispositivo de calibrado, en la radiación total que es detectada por el sistema de radar, se superpone con la de la reflexión sobre la estructura de la aeronave. La distinción entre las dos contribuciones es muy difícil y produce una incertidumbre significativa en el resultado del calibrado.

También se ha propuesto proceder al calibrado de un sistema de radar posando sobre el suelo el dispositivo de calibrado con valor de SER conocido, o posándolo sobre un vehículo que circula sobre el suelo. Sin embargo, la interacción de la radiación de radar con el suelo perturba su propagación, para la radiación de radar primaria y para la radiación de radar reflejada, y la separación en la radiación que es detectada de la contribución que es debida solamente a la reflexión sobre el dispositivo de calibrado, con respecto a fuentes de radiación o reflexiones parásitas, puede ser muy difícil.

Objeto de la invención

A partir de esta situación, un objetivo de la presente invención consiste en proponer un nuevo dispositivo de calibrado que permite mediciones de calibrado que son más fiables, más precisas, más simples de implementar y menos costosas.

Para ello, Para ello, un primer aspecto de la invención propone un dispositivo de calibrado para mediciones de radar, que comprende:

- un dron volador con múltiples rotores, teniendo los rotores ejes que son verticales durante un vuelo estacionario del dron, y que están distribuidos angularmente alrededor de un bloque central del dron, en proyección en un plano de referencia del dron que es perpendicular a los ejes de los rotores;
- un reflector de onda de radar, que tiene una forma general anular alrededor de un eje de simetría del reflector, y una forma de sección en un plano meridiano que contiene el eje de simetría, que es sustancialmente invariable por rotación alrededor de este eje de simetría; y
- medios de fijación del reflector al dron, que están adaptados para que el eje de simetría del reflector permanezca perpendicular al plano de referencia del dron, y para que el reflector rodee lateralmente el conjunto de los rotores del dron cuando es mantenido sobre el dron por los medios de fijación.

Dicho de otro modo, el dron constituye un portador aéreo del reflector de onda de radar. Cuando el calibrado se efectúa mientras que el dron está en vuelo, con una altitud suficiente, el suelo no provoca perturbación en la

propagación de la radiación entre el sistema de radar a calibrar y el dispositivo de calibrado de la invención.

Gracias a la configuración del dispositivo de calibrado de la invención, el dron y los medios de fijación del reflector están al menos parcialmente ocultos por el reflector, para una onda de radar que llega al dispositivo de calibrado según una dirección de incidencia oblicua o perpendicular con respecto al eje de simetría del reflector. Dicho de otro modo, el reflector oculta el dron frente a la radiación de radar primaria. La radiación que es detectada en retorno por el sistema de radar a calibrar no consta, o casi no consta, de contribución debida a una reflexión de la radiación sobre la estructura del dron, es decir pocas o sin contribuciones debidas a los rotores o al bloque central del dron. Dicho de otro modo, la radiación que es detectada por el sistema de radar solamente proviene de la reflexión de la radiación de radar primaria sobre el reflector.

Además, cuando el reflector posee una forma general que es sustancialmente invariable mediante cualquier rotación alrededor de su eje de simetría, es decir sustancialmente invariable mediante rotaciones de ángulos cualesquiera comprendidos entre 0° (grados) y 360° alrededor del eje de simetría, y siendo este eje de simetría vertical para la posición habitual del dron en vuelo, cada resultado de medición de la radiación reflejada que es suministrado por el sistema de radar a calibrar, no depende de la orientación en azimuth del dispositivo de calibrado.

Por estas razones, las mediciones de calibrado que se obtienen utilizando un dispositivo de acuerdo con la invención, pueden ser más fiables y más precisas, y son simples de implementar.

Además, la posición del reflector, que se confunde con la del dron, puede ser fácil de determinar de múltiples formas. Por ejemplo, esta posición puede determinarse en tiempo real y a coste reducido cuando el dron está provisto de un sistema de geolocalización por recepción de señales de radio que provienen de varios satélites.

El dron que se utiliza en el dispositivo de calibrado de la invención puede ser un mini-dron o un micro-dron, cuyo coste también es reducido y cuya utilización es fácil.

El dron está oculto por el reflector frente a la radiación de radar primaria en una medida aumentada cuando los medios de fijación del reflector al dron son tales que los rotores y/o el bloque central del dron esté (estén) comprendidos entre dos bordes del reflector que son opuestos, en proyección sobre un eje que es perpendicular al plano de referencia del dron, cuando el reflector es mantenido sobre el dron por estos medios de fijación.

Ciertas formas preferidas para el reflector reducen la influencia del ángulo de incidencia bajo el cual la radiación de radar primaria alcanza el reflector en un plano vertical, que es efectivo sobre la cantidad de radiación de radar que es reflejada hacia el sistema de radar a calibrar. Las mediciones de calibrado también pueden ser aún más fiables, más precisas y más simples de implementar, ya que la inclinación del dron interviene en menor medida sobre la calidad de radiación que es reflejada en dirección del sistema de radar a calibrar. Estas formas preferidas para la superficie externa del reflector, que está orientada opuesta al eje de simetría del reflector, son:

- una reunión de dos coronas cada una en forma de un cono truncado respectivo, y que tienen, cada una, como eje de simetría de revolución el eje de simetría del reflector, formando las dos coronas una con otra un ángulo reentrante a lo largo de un círculo de intersección entre los dos conos, estando este ángulo reentrante en un plano meridiano que contiene el eje de simetría del reflector, y estando abierto opuesto a este eje de simetría. En este caso, el ángulo reentrante es preferentemente un ángulo recto en cada plano meridiano que contiene el eje de simetría del reflector. Además, cada una de las dos coronas puede generarse por rotación de un segmento de una generatriz respectiva alrededor del eje de simetría del reflector, teniendo cada segmento de generatriz una longitud que está comprendida entre 0,20 m (metros) y 0,50 m;
- una porción de esfera, que está limitada por dos planos perpendiculares al eje de simetría del reflector;
- una porción de elipsoide de revolución, que tiene como eje de simetría de revolución el eje de simetría del reflector, y que está limitada por dos planos perpendiculares a este eje de simetría; y
- una porción de cilindro de revolución, que tiene como eje de simetría de revolución el eje de simetría del reflector, y que está limitada por dos planos perpendiculares a este eje de simetría.

Preferentemente, el reflector posee un valor de superficie equivalente de radar (SER) que es superior a 1 m^2 (metro cuadrado).

También preferentemente, el reflector puede poseer una conductividad eléctrica media que es superior a $10^4 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Simultáneamente, un espesor de material que tiene esta conductividad eléctrica media, es preferentemente superior a tres veces un espesor de piel que es efectivo para la penetración de la onda de radar en el material cuando es reflejada por el reflector.

Como alternativa, el reflector puede poseer una resistencia laminar que es inferior a $0,1 \Omega/\square$.

En diversos modos de realización de la invención, el reflector puede comprender uno de entre:

- una estructura metálica rígida, que está constituida por uno o varios metales o aleaciones metálicas;
- 5 - una capa conductora eléctricamente, por ejemplo, una capa de pintura conductora, que recubre una estructura de base rígida del reflector;
- una estructura rígida que incorpora fibras conductoras eléctricamente, tales como fibras de carbono; y
- 10 - una rejilla metálica.

Ventajosamente, el reflector puede comprender al menos una porción de pared que está provista de aberturas suplementarias dispuestas en una superficie lateral periférica del reflector, además de aberturas del reflector que corresponden a límites de la porción de pared opuestos a lo largo del eje de simetría del reflector. Dichas aberturas
15 suplementarias reducen el peso del reflector que es transportado por el dron aéreo, así como la resistencia aerodinámica del reflector transportado por el dron. Además, cuando el tamaño de las aberturas suplementarias se selecciona convenientemente con respecto a la longitud de onda de la radiación de radar, estas no perturban sustancialmente la eficacia de reflexión del reflector.

20 Un segundo aspecto de la invención propone un procedimiento de calibrado que se ejecuta utilizando un dispositivo de calibrado para mediciones de radar de acuerdo con el primer aspecto de la invención. Este procedimiento puede ser uno de entre:

- una determinación de valor de superficie equivalente de radar (SER), o de coeficiente de retrodifusión, que es
25 efectuada para una diana destinada a ser detectada por un sistema de detección o de medición por radar;
- una calibración de un sistema de detección o de medición por radar; y
- una calibración de medios de medición de superficie equivalente de radar (SER).

30 Cuando la radiación de radar posee una longitud de onda determinada, y cuando la pared del reflector de onda de radar consta de aberturas suplementarias, cada una de estas aberturas suplementarias puede poseer, ventajosamente, una dimensión más grande que es inferior a un décimo de la longitud de onda de la radiación de radar.

Descripción de las figuras

35 Otras particularidades y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto en la descripción a continuación de ejemplos de realización no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- las figuras 1a y 1b son representaciones generales de un dispositivo de calibrado para mediciones de radar que
40 es de acuerdo con la presente invención, en perspectiva y en sección transversal, respectivamente; y
- las figuras 2 a 5 ilustran varias formas posibles para el reflector de un dispositivo de calibrado para mediciones de radar.

Descripción detallada de la invención

45 En aras de la claridad, las dimensiones de los elementos que se representan en estas figuras no corresponden ni a las dimensiones reales ni a relaciones de dimensionales reales. Además, referencias idénticas que se indican en diferentes figuras designan elementos idénticos o que tienen funciones idénticas.

50 En las figuras 1a y 1b, la referencia 1 designa un dron volador de tipo multirrotor, que consta, por ejemplo, de cuatro, seis u ocho rotores. Los ejes de los rotores están orientados para ser verticales cuando el dron está en vuelo, en concreto en vuelo estacionario, para ejercer un empuje hacia arriba que es opuesto al peso total del dron 1 y de una carga útil embarcada en éste. De forma conocida para este tipo de drones, los rotores designados por la referencia 10 están unidos a un bloque central del dron, designado por la referencia 11, por brazos rígidos 12. P_{ref} es
55 un plano de referencia del dron 1, que es perpendicular a los ejes de los rotores 10, y por lo tanto horizontal cuando el dron 1 está en vuelo estacionario. Los brazos 12 están diseñados para que los rotores 10 estén distribuidos angularmente alrededor del bloque central 11 en proyección en el plano P_{ref} . Dichos drones voladores están disponibles en el mercado, en concreto en forma de mini-drones o de micro-drones, con capacidades de transporte de carga útil variables.

60 El reflector de onda de radar 2 forma parte de la carga útil que está embarcada en el dron 1. Para ello, medios de fijación apropiados 3, por ejemplo, extensiones rígidas de los brazos 12, conectan el reflector 2 al dron 1. El conjunto del dron 1, del reflector 2 y de los medios de fijación 3 constituye el dispositivo de calibrado para mediciones de radar que es propuesto por la invención.

65 El reflector 2 posee una forma general anular alrededor de un eje de simetría que se denota A-A en las figuras. Los

medios de fijación 3 son tales que el eje de simetría A-A del reflector 2 permanece perpendicular al plano de referencia P_{ref} del dron 1, y que el reflector 2 rodea lateralmente el conjunto de los rotores 10. De este modo, el reflector 2 oculta al menos parcialmente el dron 1 para una radiación de radar primaria que ha sido emitida por un sistema de detección y/o de medición por radar, y que llega al dispositivo de calibrado de la invención bajo una incidencia que es perpendicular u oblicua con respecto al eje A-A. Dicha ocultación es aún más eficaz cuando los rotores 10 del dron 1, y ventajosamente también el bloque central 11 del dron 1, están contenidos entre un borde superior 21 y un borde inferior 22 del reflector 2. No obstante, es posible que patas 13 del dron 1 desborden por debajo del borde inferior 22 del reflector 2. En este caso, las patas 13 tienen, preferentemente, un poder de reflexión de la onda de radar que es mucho menor que el del reflector 2.

Por otro lado, gracias a dicha forma del reflector 2 y dicha disposición en el dron 1, la eficacia en vuelo de los rotores 10 para la sustentación y la propulsión del dron de tipo multicóptero no es perturbada.

Además, el reflector 2 posee una forma general que es globalmente invariable por rotación alrededor del eje de simetría A-A. Más precisamente, la forma del reflector 2 es tal que sus características de reflexión de la onda de radar sean sustancialmente invariantes por rotación alrededor del eje A-A.

El reflector 2 puede poseer diferentes formas tridimensionales, según la forma de su sección en un plano meridiano que contiene el eje de simetría A-A.

En el modo de realización del reflector 2 que se representa en las figuras 1a, 1b y 2, este está constituido por dos coronas 2a y 2b que están conectadas a lo largo de una línea de unión circular 2c. Cada corona 2a, 2b tiene la forma de un cono truncado que posee el eje de simetría A-A como eje de simetría de revolución. Los vértices respectivos de los dos conos que corresponden a una y a otra de las coronas 2a y 2b, respectivamente, están situados en el eje A-A en direcciones opuestas: el vértice del cono que corresponde a la corona superior 2a está situado hacia abajo cuando el reflector 2 está fijado al dron 1, y el vértice del cono que corresponde a la corona inferior 2b está situado hacia arriba. De esta forma, superficies externas de las dos coronas 2a y 2b forman un ángulo reentrante en un plano meridiano cualquiera que contiene el eje A-A. Este ángulo se denota α en la figura 2, y tiene como vértice la intersección de la línea de unión 2c con el plano meridiano. Al estar el ángulo α formado por las superficies externas de las dos coronas 2a y 2b, está abierto opuesto al eje de simetría A-A. No obstante, los conos que definen las dos coronas 2a y 2b pueden tener ángulos de apertura en sus vértices respectivos que son diferentes, de modo que el ángulo α esté distribuido desigualmente entre los dos lados del plano que contiene la línea de unión 2c, y que es paralelo al plano de referencia P_{ref} . Por ejemplo, el ángulo orientado θ a partir del plano de referencia P_{ref} hasta la bisectriz del ángulo α puede ser igual a 10° hacia abajo, pero cualquier otro valor para el ángulo θ que está preferentemente comprendido entre 0° y 90° hacia abajo, también es posible (véase la parte derecha de la figura 2).

Posiblemente también, las dos coronas 2a y 2b pueden mantenerse a distancia una de otra mediante los medios de fijación 3, con un intervalo de separación entre ellas al tiempo que siguen siendo paralelas. En una configuración de este tipo, la línea de unión 2c ya no es material, sino que corresponde a la línea de intersección entre los dos conos que definen, por separado entre sí, las coronas 2a y 2b.

En realizaciones preferidas de la invención que están de acuerdo con las figuras 1a, 1b y 2, el ángulo reentrante α es igual a 90° (grados) en cada plano meridiano. En efecto, en este caso, una radiación de radar primaria que llega al reflector 2 proveniente de un sistema de radar 100 (figura 2) con una dirección de propagación incidente que está contenida en un plano meridiano del reflector 2, es reflejada geoméricamente con una dirección de propagación de retorno que es paralela a la dirección de propagación incidente, pero en sentido opuesto (véase la parte izquierda de la figura 2). Dicho reflector de radar está particularmente adaptado para ser detectado con un nivel de señal importante por el sistema 100 cuando este último es de tipo monoestático, es decir que su sistema de emisión y su sistema de recepción de radiación están situados en un mismo lugar. Las referencias RP y RR designan respectivamente la radiación de radar primaria que es emitida por el sistema 100, y la parte de esta radiación que es reflejada por el reflector 2.

Las dos coronas 2a y 2b pueden tener longitudes medidas en un plano meridiano cualquiera, a lo largo de las generatrices de los conos correspondientes, que están comprendidas entre 20 cm (centímetros) y 50 cm, por ejemplo, iguales a 30 cm. El dispositivo de calibrado está entonces adaptado para una radiación de radar que posee una frecuencia superior a 500 MHz (megahercios).

Para otras configuraciones, y en concreto cuando el sistema de radar 100 es biestático, es decir que su sistema de emisión y su sistema de recepción de la radiación de radar están situados en lugares distantes entre sí, puede ser ventajoso que el reflector 2 produzca una difusión de la radiación de radar primaria RP que está distribuida en un ángulo sólido más grande. En este caso, el reflector 2 puede ser una porción de esfera limitada por el borde superior 21 y el borde inferior 22, como se representa en la figura 3. Por ejemplo, el radio de la esfera puede estar comprendido entre 0,2 m y 2 m, y el espesor del reflector 2, medido según el eje A-A entre los bordes 21 y 22, puede estar comprendido entre 0,2 m y 2 m.

Como alternativa, el reflector 2 puede ser una porción de un elipsoide de revolución, que también está limitado por el

borde superior 21 y el borde inferior 22, como se representa en la figura 4. El eje de simetría de revolución es también el eje A-A. Por ejemplo, los semiejes del elipsoide pueden estar comprendidos entre 0,2 m y 2 m para el semieje horizontal, y entre 0,2 m y 2 m para el semieje vertical. El espesor del reflector 2, medido según el eje A-A entre los bordes 21 y 22, también puede estar comprendido entre 0,2 m y 2 m.

Por último, la figura 5 muestra aún otro ejemplo, en el que el reflector 2 es un segmento de cilindro de revolución, de eje A-A, y limitado por los bordes 21 y 22. Por ejemplo, el radio del cilindro puede estar comprendido entre 0,2 m y 2 m, y el espesor del reflector 2, medido según el eje A-A entre los bordes 21 y 22, también puede estar comprendido entre 0,1 m y 1 m.

Una parte del reflector 2 que es eficaz para reflejar la onda de radar posee preferentemente una conductividad eléctrica media que es superior a $10^4 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$. En efecto, el reflector 2 puede estar constituido por una o varias superficies continuas como se ha mencionado hasta ahora, pero puede comprender, como alternativa, una o varias superficies inhomogéneas o discontinuas.

Cuando el reflector 2 comprende una o varias superficies continuas, estas pueden estar constituidas por uno o varios metales o aleaciones metálicas, cuya o cuyas conductividades eléctricas son preferentemente superiores a $10^4 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$. Dichas aleaciones pueden ser a base de aluminio o de titanio, por ejemplo. En este caso, y de forma conocida, la onda de radar penetra en el metal o la aleación, a partir de su superficie externa que recibe esta onda de radar, y es reflejada en una proporción tanto mayor en cuanto el espesor del metal/de la aleación es superior a un valor llamado espesor de piel, que se denota δ y es igual a $(\mu_0 \cdot \sigma \cdot f \cdot \pi)^{-1/2}$, donde μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío, σ la conductividad eléctrica del metal/de la aleación, y f la frecuencia de la onda de radar, por ejemplo comprendida entre 3 MHz (megahercios) y 12 GHz (gigahercios), en concreto, igual a 4 GHz. Preferentemente, la porción de metal/de aleación que constituye el reflector posee un espesor que es al menos tres veces superior al espesor de piel. La intensidad de la onda de radar que se transmite a través del reflector es entonces inferior a 0,016 veces la de la onda de radar primaria.

Como alternativa, el reflector 2 puede comprender una o varias superficies conductoras constituidas por una capa conductora eléctricamente, en concreto una capa de pintura conductora, que recubre una estructura de base rígida del reflector. Por ejemplo, una pintura a base de plata se puede utilizar a tal efecto. En la figura 2, las referencias 23 y 24 designan la estructura de base rígida y la capa conductora, respectivamente. Según aún otra posibilidad, que presenta la ventaja de reducir el peso del reflector 2, este puede estar constituido por una estructura rígida que incorpora fibras conductoras eléctricamente. Dicha estructura rígida puede ser de un material compuesto que combina fibras de carbono y una matriz de resina, por ejemplo, de resina epoxi.

Cuando el reflector 2 comprende una o varias superficies discontinuas, estas pueden estar constituidas por una rejilla metálica, o por una o más porciones de pared que están provistas de aberturas. Estas porciones de pared pueden tener una de las constituciones mencionadas anteriormente para reflectores con superficies continuas. Las aberturas que, de este modo, están realizadas en cada porción de pared del reflector 2 son suplementarias con respecto a las dos aberturas que presenta el reflector 2 a nivel de sus bordes superior 21 e inferior 22, y que resultan de la geometría anular del reflector. Cuando el reflector 2 está formado por rejilla o presenta aberturas suplementarias, es el valor medio de la conductividad eléctrica, que tiene en cuenta las porciones de material conductor eléctricamente y las aberturas suplementarias, el que es preferentemente superior a $10^4 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$. Por lo demás, cada malla de rejilla o cada abertura suplementaria posee dimensiones que son, preferentemente, inferiores a $1/10^{emo}$ de la longitud de onda de la radiación de radar, para no provocar individualmente difusión significativa para la radiación de radar. A título de ilustración, las referencias 25 y 26 en la figura 5 designan la pared que constituye el reflector 2 y aberturas suplementarias opcionales en esta pared, respectivamente.

Cuando el reflector 2 comprende una capa conductora eléctricamente, una rejilla metálica, o una porción de pared provista de aberturas, un parámetro eléctrico relevante para medir la eficacia del reflector es la resistencia laminar. De forma conocida, la resistencia laminar se define como el cociente de la resistividad eléctrica media por el espesor de la capa conductora, de la rejilla o de la porción de pared, respectivamente. Un valor de resistencia laminar que es inferior a $0,1 \Omega$, también denotado $0,1 \Omega/\square$ o $0,1 \Omega/\text{cuadrado}$, es apropiado para el reflector 2.

Además, la utilización del dron 1 para portar el reflector 2 permite conocer su posición con exactitud y de forma casi instantánea. En efecto, la mayor parte de los drones están equipados con sistemas de geolocalización por recepción de señales de radio provenientes de satélites, y resultados de geolocalización pueden ser transmitidos por el dron 1 mientras que el dispositivo de calibrado es detectado por el sistema de radar 100.

Un primer procedimiento de calibrado que puede ser ejecutado ventajosamente con un dispositivo de calibrado tal como se ha descrito anteriormente, consiste en determinar el coeficiente de retrodifusión de una diana a calibrar, con respecto al reflector 2 del dispositivo de calibrado. Para ello, el dispositivo de calibrado, que comprende el dron 1 que transporta el reflector 2, se hace volar hasta una altitud que puede estar comprendida entre 50 m (metros) y varios cientos de metros, con una distancia hasta el suelo del sistema de radar 100 que puede estar comprendida entre 0,1 km (kilómetros) y 2 km, por ejemplo. La tensión de detección coherente de la radiación retrodifundida, que es producida por el sistema de radar 100, se registra entonces. La medición se repite a continuación reemplazando,

a bordo del dron 1, el reflector 2 por la diana a calibrar, y a continuación el dron es llevado a la misma posición con respecto al sistema de radar 100. Entonces, el módulo del coeficiente complejo de retrodifusión de la diana, denotado P_{diana} , viene dado por la fórmula: $p_{\text{diana}} = p_{\text{reflector}} \cdot (U_{\text{diana}}/U_{\text{reflector}})$, donde U_{diana} y $U_{\text{reflector}}$ son las tensiones de detección coherente medidas para la diana y para el reflector 2, respectivamente, y $p_{\text{reflector}}$ es el módulo del coeficiente complejo de retrodifusión del reflector 2, que se supone es conocido inicialmente. De forma general, no es necesario hacer coincidir las posiciones del dron durante las dos mediciones efectuadas una con el reflector y otra con la diana. Entonces, si R_{diana} y $R_{\text{reflector}}$ son las distancias de alejamiento respectivas de la diana y del reflector con respecto al radar, la fórmula anterior se convierte en $p_{\text{diana}} = p_{\text{reflector}} \cdot (U_{\text{diana}}/U_{\text{reflector}}) \cdot (R_{\text{reflector}}/R_{\text{diana}})^2$. Una fórmula equivalente en función de la superficie equivalente de radar SER, es: $\sigma_{\text{diana}} = \sigma_{\text{reflector}} \cdot (U_{\text{diana}}/U_{\text{reflector}})^2 \cdot (R_{\text{reflector}}/R_{\text{diana}})^4$, donde σ_{diana} y $\sigma_{\text{reflector}}$ son las SER de la diana y del reflector, respectivamente. No obstante, dicho primer procedimiento de calibrado solamente es exacto si la diana a calibrar oculta suficientemente el cuerpo del dron para la onda de radar.

Para las formas del reflector 2 que se han mencionado anteriormente, el coeficiente de retrodifusión $p_{\text{reflector}}$ puede opcionalmente calcularse teóricamente. Como alternativa, se puede medir en una cámara anecoica. Gracias al hecho de que el dispositivo de calibrado de la invención permite librarse de las perturbaciones en la radiación de radar que son causadas por el suelo y por el dron, y gracias al hecho de que la medición que es efectuada para el reflector 2 es insensible a la orientación del dispositivo de calibrado alrededor de un eje vertical, el procedimiento de calibrado puede presentar una exactitud que es grande. Además, su implementación es particularmente simple. De forma conocida, la superficie equivalente de radar (SER) de la diana es igual al cuadrado del módulo de su coeficiente de retrodifusión.

Un segundo procedimiento de calibrado que puede ser ejecutado ventajosamente con un dispositivo de calibrado tal como se ha descrito anteriormente, es la calibración de un sistema de detección o de medición por radar. Para ello, la medición que se ha descrito anteriormente con el dispositivo de calibrado y el sistema de radar 100 se efectúa de forma idéntica, siendo conocido inicialmente el coeficiente de retrodifusión $p_{\text{reflector}}$ del reflector 2, en concreto habiendo sido determinado mediante cálculos teóricos, y siendo desconocido un coeficiente complejo de sensibilidad del receptor del sistema 100. La puesta en relación del valor del coeficiente $p_{\text{reflector}}$ con la tensión de detección coherente que es suministrada por el receptor del sistema de radar 100, permite determinar el valor del módulo del coeficiente de sensibilidad del sistema 100.

Por último, un tercer procedimiento de calibrado que puede ser ejecutado ventajosamente con un dispositivo de calibrado tal como se ha descrito anteriormente, es la calibración de medios de medición de superficie equivalente de radar (SER). El dispositivo de calibrado de la invención, cuyo coeficiente de retrodifusión es conocido inicialmente, en concreto habiendo sido determinado mediante cálculos teóricos, es presentado a los medios de medición de superficie equivalente de radar a calibrar. El resultado de medición que es suministrado por estos medios de medición de superficie equivalente de radar se identifica entonces con el coeficiente de retrodifusión $p_{\text{reflector}}$ del reflector 2, teniendo en cuenta el efecto de la distancia de alejamiento entre el dispositivo de calibrado y el emisor-receptor de los medios de medición de superficie equivalente de radar.

Se entiende que la invención puede reproducirse modificando aspectos secundarios de esta con respecto a los modos de realización que se han descrito en detalle. En particular, se indica que la invención se puede utilizar con todo tipo de sistemas de radar: sistemas de radar fijos en el suelo, sistemas de radar embarcados a bordo de navíos, etc.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de calibrado para mediciones de radar, que comprende:

- 5 - un dron volador (1) con múltiples rotores, teniendo los rotores (10) ejes que son verticales durante un vuelo estacionario del dron, y que están distribuidos angularmente alrededor de un bloque central (11) del dron, en proyección en un plano de referencia (P_{ref}) del dron que es perpendicular a los ejes de los rotores;
- 10 - un reflector (2) de onda de radar, que tiene una forma general anular alrededor de un eje de simetría (A-A) del reflector, y tal que características de reflexión de onda de radar de dicho reflector son sustancialmente invariables por rotación alrededor de dicho eje de simetría; y
- 15 - medios (3) de fijación del reflector (2) al dron (1), adaptados para que el eje de simetría (A-A) del reflector permanezca perpendicular al plano de referencia (P_{ref}) del dron, y para que el reflector rodee lateralmente el conjunto de los rotores (10) del dron, cuando dicho reflector es mantenido sobre el dron por dichos medios de fijación, de modo que el dron (1) y los medios (3) de fijación del reflector estén al menos parcialmente ocultos por el reflector (2), para una onda de radar que llega al dispositivo de calibrado según una dirección de incidencia oblicua o perpendicular con respecto al eje de simetría (A-A) del reflector,

caracterizado por que una superficie externa del reflector (2), que está orientada opuesta al eje de simetría (A-A) de dicho reflector, es una de entre:

- 20 - una reunión de dos coronas (2a, 2b) cada una en forma de un cono truncado respectivo, y que tienen, cada una, como eje de simetría de revolución el eje de simetría (A-A) del reflector, formando las dos coronas una con otra un ángulo (a) reentrante a lo largo de un círculo (2c) de intersección entre los dos conos, apareciendo dicho ángulo reentrante en un plano meridiano que contiene el eje de simetría del reflector, y estando abierto opuesto a dicho eje de simetría;
- 25 - una porción de esfera, limitada por dos planos perpendiculares al eje de simetría (A-A) del reflector;
- una porción de elipsoide de revolución, que tiene como eje de simetría de revolución el eje de simetría (A-A) del reflector (2), y limitada por dos planos perpendiculares a dicho eje de simetría del reflector; y
- 30 - una porción de cilindro de revolución, que tiene como eje de simetría de revolución el eje de simetría (A-A) del reflector, y limitada por dos planos perpendiculares a dicho eje de simetría del reflector (2).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los medios (3) de fijación del reflector (2) al dron (1) están adaptados, además, para que los rotores (10) estén comprendidos entre dos bordes (21, 22) del reflector que son opuestos, en proyección sobre un eje que es perpendicular al plano de referencia (P_{ref}) del dron, cuando el reflector es mantenido sobre el dron por dichos medios de fijación.

3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, en el que los medios (3) de fijación del reflector (2) al dron (1) están adaptados, además, para que el bloque central (11) del dron esté comprendido entre los dos bordes (21, 22) del reflector que son opuestos, en proyección sobre el eje que es perpendicular al plano de referencia (P_{ref}) del dron, cuando el reflector es mantenido sobre el dron por dichos medios de fijación.

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie externa del reflector (2) es la reunión de dos coronas (2a, 2b) cada una en forma de un cono truncado respectivo, que forman una con otra un ángulo (a) reentrante a lo largo de un círculo (2c) de unión entre las dos coronas, siendo dicho ángulo reentrante un ángulo recto en un plano meridiano que contiene el eje de simetría (A-A) del reflector.

5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el que cada una de las dos coronas (2a, 2b) es generada por rotación de un segmento de una generatriz respectiva alrededor del eje de simetría (A-A) del reflector (2), teniendo cada segmento de generatriz una longitud comprendida entre 0,20 m y 0,50 m.

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el reflector (2) posee una conductividad eléctrica media superior a $104 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$, y posee un espesor de material que tiene dicha conductividad eléctrica media, que es superior a tres veces un espesor de piel efectivo para una penetración de la onda de radar en dicho material cuando dicha onda de radar es reflejada por dicho reflector,

55 o en el que el reflector (2) posee una resistencia laminar inferior a $0,1 \Omega$.

7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el reflector (2) comprende uno de entre:

- 60 - una estructura metálica rígida, constituida por uno o varios metales o aleaciones metálicas;
- una capa conductora eléctricamente (24), en concreto una capa de pintura conductora, que recubre una estructura de base rígida (23) del reflector;
- una estructura rígida que incorpora fibras conductoras eléctricamente, tales como fibras de carbono; y
- 65 - una rejilla metálica.

8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el reflector (2) comprende al menos

una porción de pared (25) que está provista de aberturas suplementarias (26) dispuestas en una superficie lateral periférica del reflector, además de aberturas del reflector que corresponden a límites de la porción de pared opuestos a lo largo del eje de simetría (A-A) de dicho reflector.

5 9. Procedimiento de calibrado, ejecutado utilizando un dispositivo de calibrado para mediciones de radar que está de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando procedimiento seleccionado entre:

- una determinación de valor de superficie equivalente de radar, o de coeficiente de retrodifusión, efectuada para una diana destinada a ser detectada por un sistema de detección o de medición por radar;
- 10 - una calibración de un sistema de detección o de medición por radar (100); y
- una calibración de medios de medición de superficie equivalente de radar.

15 10. Procedimiento según la reivindicación 9, ejecutado utilizando una radiación de radar que posee una longitud de onda determinada, y utilizando un dispositivo de calibrado para mediciones de radar que está de acuerdo con la reivindicación 8, y según el cual cada abertura suplementaria (26) posee una dimensión más grande que es inferior a un décimo de la longitud de onda de la radiación de radar.

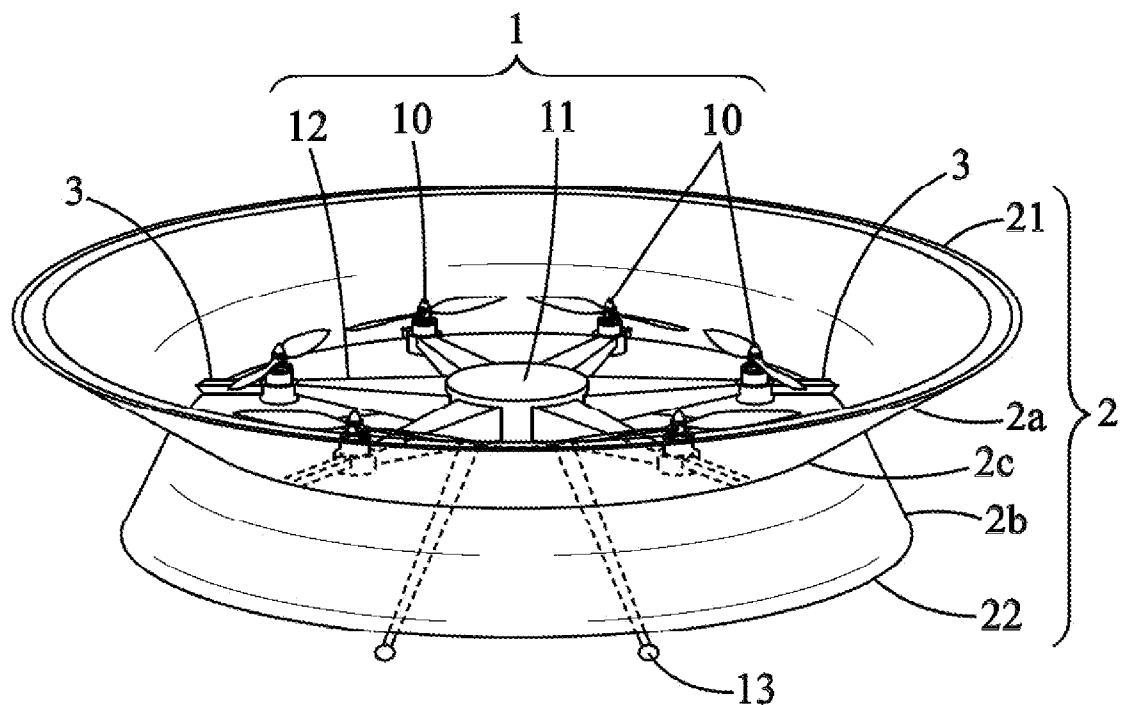


FIG. 1a

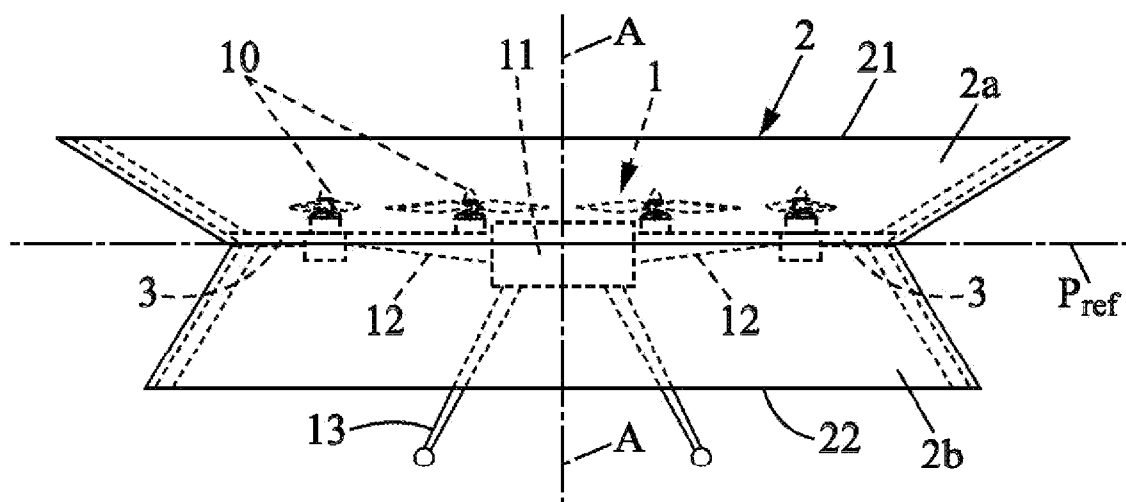


FIG. 1b

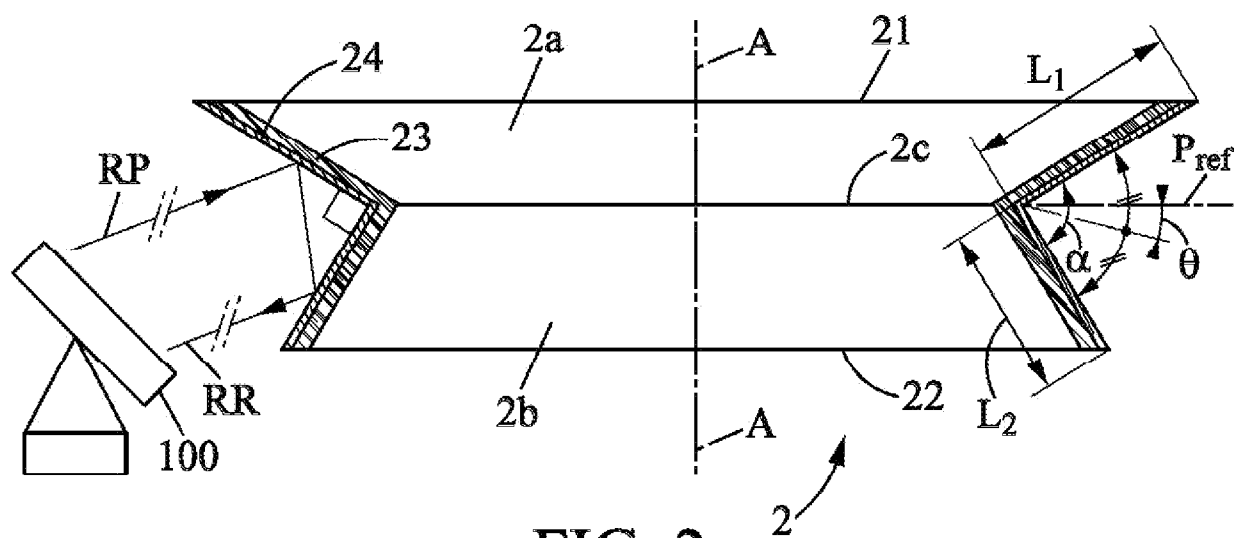


FIG. 2

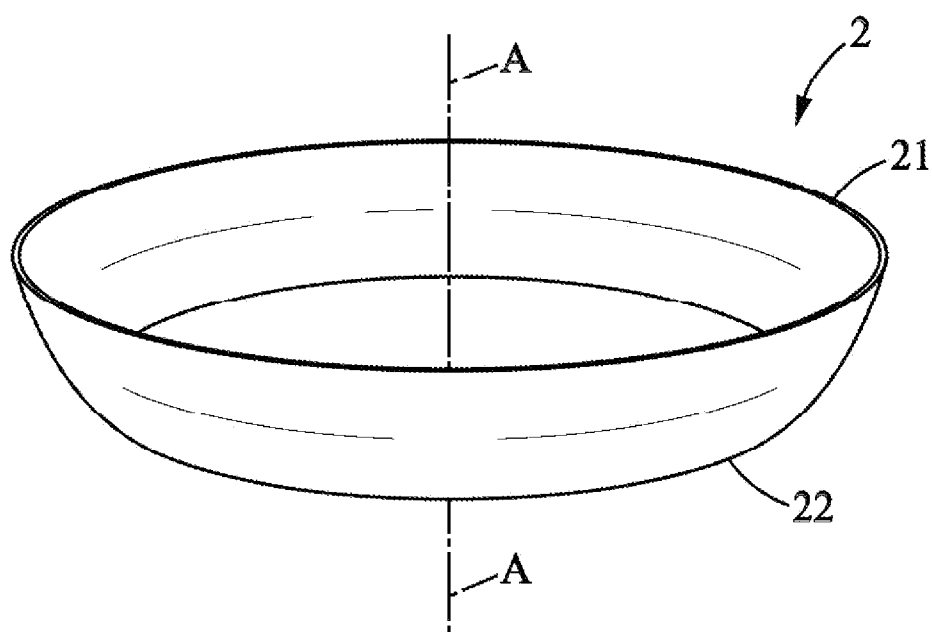


FIG. 3

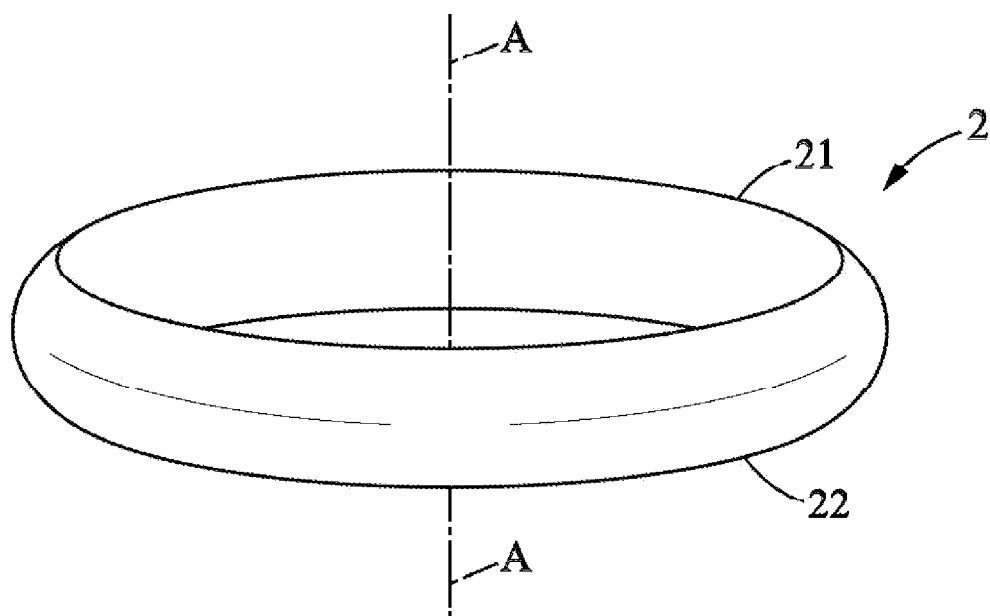


FIG. 4

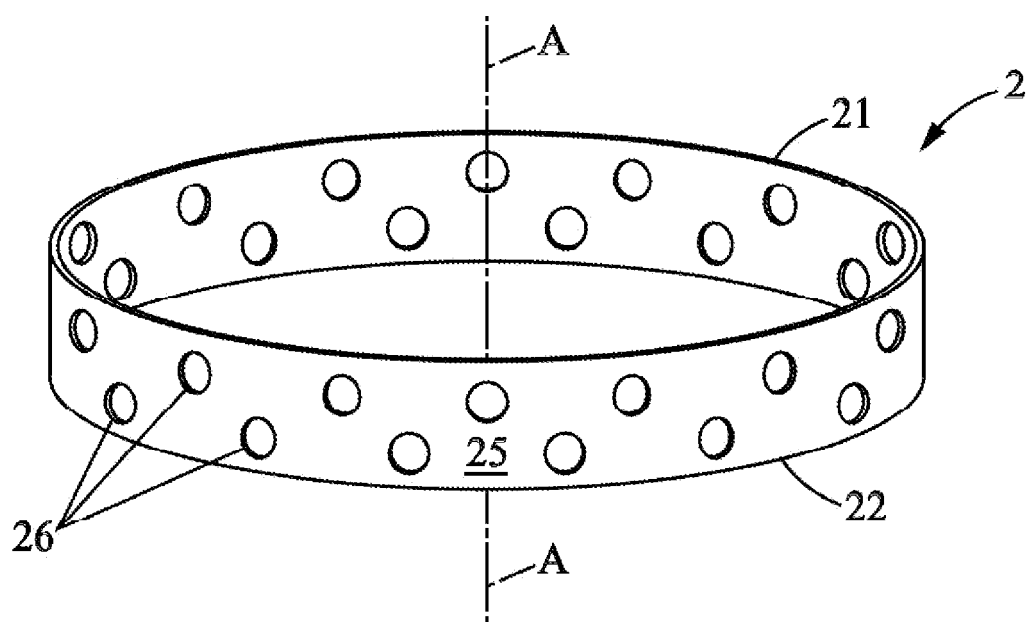


FIG. 5