

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 379**

51 Int. Cl.:

G01S 13/44 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2010 E 10187210 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013 EP 2312335**

54 Título: **Radar de gran precisión angular, particularmente para la función de detección y de evitación de obstáculos**

30 Prioridad:

12.10.2009 FR 0904880

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

19.07.2013

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**KEMKEMIAN, STÉPHANE;
CORNIC, PASCAL y
LE BIHAN, PATRICK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 414 379 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

Radar de gran precisión angular, particularmente para la función de detección y de evitación de obstáculos

La presente invención se refiere a un dispositivo de radar de gran precisión angular. Se aplica particularmente para la función de detección y de evitación de obstáculos también denominada "Sense & Avoid".

5 La realización de una función de radar de detección de obstáculos aéreos no cooperativa para aeronaves, en particular para drones, es esencial para permitir la inserción de aeronaves autopilotadas en el espacio aéreo no segregado. Participa en la función de detección y de evitación de obstáculos conocida con el nombre de "Sense and Avoid".

10 El campo de aplicación de la invención es particularmente el de los radares de corto y medio alcance, que no precisan de una gran superficie de antena, pero que necesitan una muy buena precisión angular. Este es el caso, en particular, de los radares destinados a la función "Sense & Avoid".

15 El alcance de un radar es proporcional, particularmente, a la superficie de su antena de recepción. Esto se verifica cualquiera que sea el modo de exploración del espacio, este modo de exploración del espacio puede ser un barrido mecánico, un barrido electrónico secuencial o incluso una formación de haces mediante cálculo FFC, con la condición, sin embargo, de que se puede intercambiar la ganancia espacial en la emisión contra la ganancia de coherencia de acuerdo con el tiempo de recepción. Por otro lado, la precisión angular de un radar es proporcional, en una primera aproximación, a la relación λ/H , en la que λ es la longitud de onda y H es la longitud de la antena en el plano en el que se busca realizar la medición angular. Una gran precisión puede necesitar una gran longitud H. No obstante, un problema reside particularmente en el hecho de que esta longitud se puede convertir en inútil desde el punto de vista del alcance si la antena es no lagunar.

20 El razonamiento precedente aplicado para una dimensión se extiende fácilmente a dos dimensiones, según dos ejes, por ejemplo, el azimut y la elevación.

25 Actualmente este problema se resuelve particularmente por una medición angular muy precisa, pero muy fuertemente ambigua, que se obtiene con un interferómetro en la recepción, que comprende dos antenas, cuya distancia entre los centros de fase sea importante.

Para eliminar las ambigüedades, una técnica conocida consiste en utilizar un interferómetro de varias antenas cuyos centros de fase estén irregularmente distanciados. En este caso, son necesarias al menos tres antenas.

No obstante, se llega rápidamente a una realización compleja y de tamaño importante si se desea que la eliminación de las ambigüedades angulares sea fiable.

30 En un documento de F.Le Chevalier et ál.: "Coloured transmission for radar active antenna » REE: REVUE GENERALE DE L'ELECTRICITE ET DE L'ELECTRONIQUE, REVUE GENERALE DE L'ELECTRICITE S.A, FR, nº 6, 1 marzo 2005, páginas 48-52, se describen los principios de la emisión coloreada, utilizando una codificación espacio-temporal.

35 Un objetivo de la invención es particularmente paliar los inconvenientes antes citados. Con este fin la invención tiene por objeto un dispositivo de radar tal como se describe en la reivindicación 1.

En un modo de realización particular, las antenas de recepción están por ejemplo separadas y la antena de emisión está dividida en dos antenas, estando cada una alimentada por un código, siendo los códigos ortogonales entre sí.

De ese modo, la solución aportada por la invención asocia simultáneamente:

- 40 - un interferómetro preciso pero por ejemplo ambiguo en la recepción;
- un modo de coloración del espacio en la emisión.

La coloración del espacio consiste particularmente en emitir en N antenas de emisión N señales ortogonales. Estas señales se separan a continuación mediante su filtrado en la recepción con la ayuda de las propiedades de ortogonalidad de las señales de emisión.

45 Es posible por ejemplo con dos antenas contiguas en emisión asociadas a dos códigos ortogonales realizar un sistema de tipo monopolso en la emisión.

Surgirán otras características y ventajas de la invención con la ayuda de la descripción a continuación realizada en relación a los dibujos adjuntos que representan:

- 50 - la figura 1, una ilustración del principio de funcionamiento de un radar de acuerdo con la invención;
- la figura 2, mediante un sinóptico, un ejemplo de realización del sistema de emisión y de recepción de un radar de acuerdo con la invención.

La figura 1 ilustra el principio de funcionamiento de un radar de acuerdo con la invención, en emisión y recepción mediante un ejemplo de realización.

La invención asocia particularmente:

- 5 - un interferómetro preciso pero ambiguo en la recepción, constituyendo la antena de recepción de este interferómetro la antena de recepción del radar;
- un modo de coloración del espacio en la emisión.

La coloración del espacio consiste en emitir en N antenas de emisión N señales ortogonales. Estas señales se separan a continuación mediante filtrado 40 en la recepción a partir de sus propiedades de ortogonalidad.

10 La figura 1 ilustra un ejemplo de realización en el que $N=2$. El sistema de emisión comprende dos antenas de emisión contiguas 1, 2 asociada cada una a un código, formando el conjunto de estas dos antenas una antena de emisión. La primera antena 1 se asocia así a un primer código E1 y la segunda antena se asocia así a un segundo código E2, siendo los dos códigos ortogonales entre sí. Es posible entonces realizar un sistema monopulso en la emisión.

15 Un primer generador 3 de forma de onda suministra una señal de emisión emitida de acuerdo con el código E1, esta señal se amplifica a continuación mediante un amplificador 5 de potencia antes de ser proporcionada a la primera antena 1. Un segundo generador 4 de forma de onda suministra una señal de emisión emitida de acuerdo con el código E2, esta señal se amplifica a continuación mediante un amplificador 6 de potencia antes de ser proporcionada a la segunda antena 2. Las funciones de codificación están, por ejemplo, integradas en los generadores de forma de onda 3, 4.

20 Las señales de emisión 11, 12 se emiten por cada mitad 1, 2 de la antena de emisión. La figura 1 ilustra la progresión de una onda emitida en una dirección 20 dada de acuerdo con la progresión del plano de fase 30.

Una señal 100 de recepción se recibe por ejemplo en esta dirección 20. Esta señal se recibe mediante una antena 7 de recepción.

25 La figura 2 presenta, mediante un esquema sinóptico, la parte 21 de emisión y la parte 22 de recepción del sistema de emisión y de recepción de un radar de acuerdo con la invención. La parte de emisión comprende los generadores 3, 4 de forma de onda, los amplificadores 5, 6 asociados a cada antena 1, 2 tal como las descritas con relación a la figura 1. La parte de recepción comprende dos redes 71, 72 lineales de elementos 10 radiantes que forman la antena 7 de recepción. El conjunto de las subredes 71, 72 está unido a unas vías de recepción no representadas cuya realización es conocida por otro lado, por medio de unos medios de filtrado.

30 Las dos subredes 71, 72 están por lo tanto unidas en la salida a los medios 40 de filtrado. Más particularmente, los medios de filtrado están compuestos por dos vías de filtrado, estando destinada una primera vía a la primera antena 71 y estando destinada la segunda vía a la segunda antena 72. Los medios 40 de filtrado efectúan una separación de las señales de recepción utilizando las propiedades de ortogonalidad de las señales de emisión E1, E2. Esta propiedad de ortogonalidad permite discriminar la parte de una señal de recepción R1 asociada a la señal de emisión E1 y la parte de recepción R2 asociada a la señal de emisión E2. En la salida de los medios de filtrado, la señal de recepción R1 se proporciona a una primera vía de recepción, denominada R1 en lo que sigue, y la señal de recepción R2 se proporciona a una segunda vía de recepción, denominada R2 en lo que sigue.

35 Las señales de recepción recibidas desde la antena 7 de recepción se pueden digitalizar antes o después de los medios 40 de filtrado de acuerdo con el modo de realización de estos últimos. Si se realizan con tecnología digital, los convertidores analógico-digital se sitúan antes de los medios de filtrado.

40 Gracias a la emisión de los dos códigos E1 y E2 ortogonales en las dos mitades 1, 2 de la antena de emisión, las señales recibidas desde un objetivo en una dirección 10 dada, después de la separación de las vías R1 y R2, son equivalentes a las que habría recibido, desde el objetivo, la misma antena 1, 2, pero funcionando en recepción. Correspondiendo la señal R1 a la señal de emisión E1 y correspondiendo la señal R2 a la señal de emisión E2. Se ha realizado por tanto, gracias a las emisiones separadas de dos códigos ortogonales, un sistema monopulso de fase en la emisión. En otros términos, se utilizan dos antenas en la emisión que emiten las señales E1 y E2 para hacer una medición angular realizable con una única antena de recepción, siendo efectuada esta medida mediante la aplicación a las señales R1 y R2 del principio de medición monopulso.

45 Ventajasamente, este sistema monopulso en la emisión es de pequeño tamaño. En efecto, la antena de emisión compuesta de dos antenas 1, 2 puede ser de una dimensión muy reducida. Este sistema monopulso en la emisión es poco preciso en dirección. Por el contrario, es poco, incluso nada ambiguo en dirección.

50 En otros términos, el sistema de coloración del espacio en la emisión asociado a un dispositivo de antenas en la emisión, particularmente de pequeño tamaño, permite medir después de la recepción y el filtrado sobre cada una de las antenas de recepción 71, 72, una dirección de llegada poco precisa pero no ambigua. Una primera medida del ángulo de llegada se obtiene de ese modo con una precisión dada en dirección y un nivel de ambigüedad dado.

Las 2 antenas de recepción 71, 72 proporcionan una medida de fase, por lo tanto de ángulo de llegada θ de un eco del objetivo, muy preciso pero potencialmente ambiguo.

El interferómetro ambiguo en la recepción permite medir con precisión la dirección de llegada de la señal del objetivo con un rango de ambigüedad k próximo, en coseno director. En particular, la medida θ_{MEDIDA} del ángulo de llegada viene dada por la relación siguiente:

5

$$\theta_{MEDIDA} = \theta_{REAL} + S_{RUIDO} + k \cdot \Delta\theta \quad (1)$$

Siendo θ_{REAL} el ángulo de llegada real del objetivo sobre la antena de recepción, siendo S_{RUIDO} la señal de ruido y siendo $\Delta\theta$ la longitud angular correspondiente a una ambigüedad. Esta longitud angular es función de la separación entre los centros de fase del interferómetro. Es perfectamente conocida.

10 Una segunda medida del ángulo de llegada se obtiene de ese modo con una precisión dada en dirección y un nivel de ambigüedad dado.

La medida del ángulo de llegada de un eco retenido del objetivo mantiene la precisión de esta segunda medida y el nivel de ambigüedad de la primera medida. Se obtiene de ese modo una medida precisa en dirección con una reducida ambigüedad, o incluso una ambigüedad nula.

15 El principio de realización precedente se describe en un plano, pero se puede por supuesto generalizar a dos planos en el espacio, por ejemplo en el plano de elevación y en el plano de azimut.

Igualmente, es posible utilizar una configuración de coloración en la emisión que proporcione una medida ambigua, pudiendo ser ésta por ejemplo la consecuencia de restricciones en la implantación de las antenas de emisión. En este caso, la medida θ'_{MEDIDA} obtenida gracias a la emisión es por ejemplo del tipo:

20

$$\theta'_{MEDIDA} = \theta_{REAL} + S'_{RUIDO} + k' \cdot \Delta\theta' \quad (2)$$

Siendo S'_{RUIDO} la señal de ruido y siendo $\Delta\theta'$ la longitud correspondiente a una ambigüedad.

Para que sea posible la reducción de la ambigüedad, los parámetros de emisión son unos parámetros de tal manera que la relación $\frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}$ se aproxime a una relación $\frac{q'}{q}$ en la que q y q' son unos números primos entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de radar que comprende:

- 5 - en la emisión (21), un sistema de emisión coloreada que comprende al menos dos antenas (1, 2, 3, 4, 5, 6) contiguas, emitiendo la primera antena un primer código (E1) y emitiendo la segunda antena un segundo código (E2), siendo los dos códigos ortogonales entre sí;

caracterizado porque comprende al menos:

- 10 - unos medios (40) de filtrado que separan las señales recibidas en dos señales R1 y R2, correspondiendo la señal R1 al primer código (E1) y correspondiendo la señal R2 al segundo código (E2), obteniéndose una primera medición del ángulo de llegada del eco del objetivo mediante la aplicación a las dos señales R1 y R2 del principio de medición monopulso en fase, teniendo dicha primera medida una precisión de medida y un nivel de ambigüedad;
- en la recepción (22), un interferómetro que comprende al menos dos antenas (71, 72) de recepción, que suministran una medida de fase, por tanto una segunda medida del ángulo de llegada de un eco del objetivo, teniendo dicha segunda medida una precisión de dirección y un nivel de ambigüedad,

15 teniendo la medida retenida para un ángulo de llegada de un eco del objetivo la precisión en dirección de la segunda medida y el nivel de ambigüedad angular de la primera medida.

2. Dispositivo de radar de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** las antenas (71, 72) de recepción están separadas y la antena de emisión está dividida en dos antenas (1, 2), siendo alimentada cada una por un código (E1, E2), siendo los códigos ortogonales entre sí.

20 3. Dispositivo de radar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el sistema de emisión coloreado proporciona una medida ambigua, su escalón de ambigüedad $\Delta\theta'$ en comparación con el escalón de ambigüedad del interferómetro $\Delta\theta$ es elegido de manera que la combinación de la primera medida y de la segunda medida elimina los intervalos de ambigüedad de las medidas.

25 4. Dispositivo de radar de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la relación de los escalones de ambigüedad $\frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}$ es elegida próxima a una relación $\frac{q'}{q}$ en la que q y q' son unos números primos entre sí.

5. Dispositivo de radar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las medidas son efectuadas en el plano de elevación y en el plano de azimut.

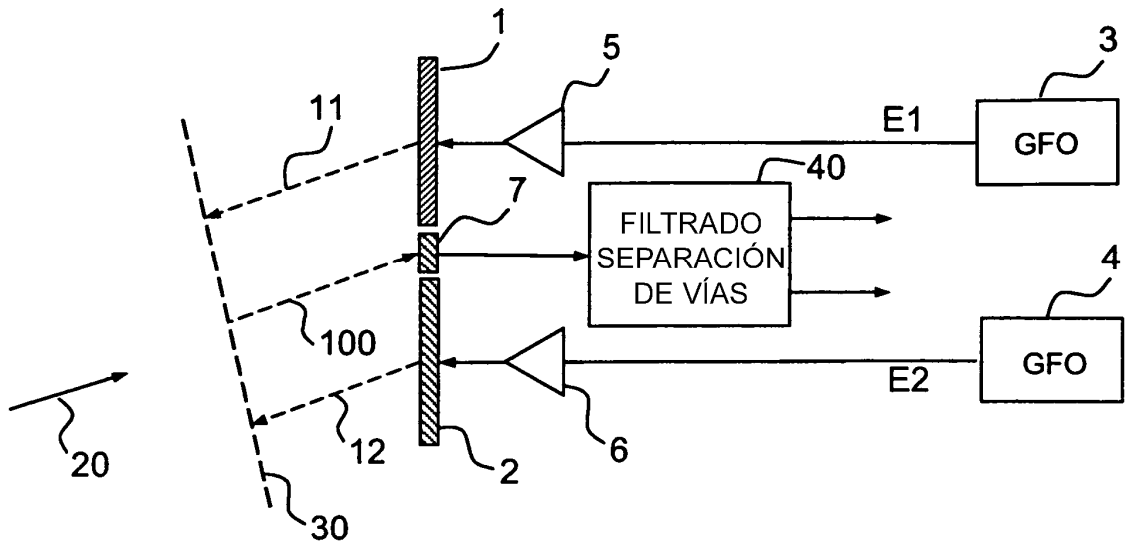


FIG.1

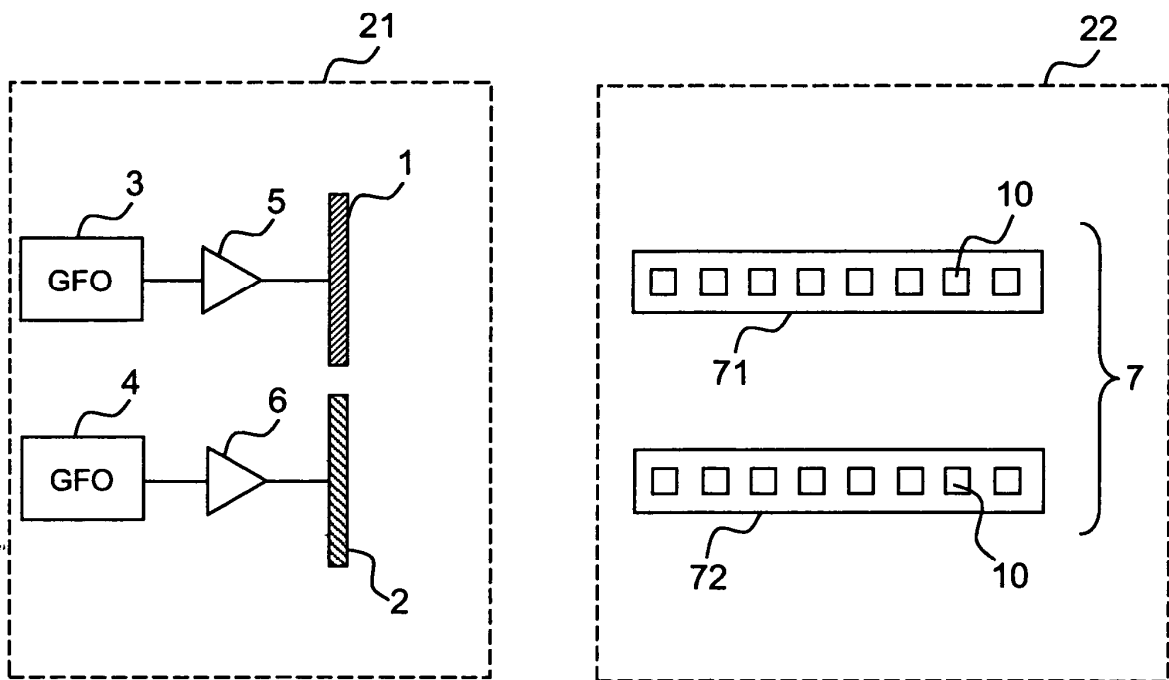


FIG.2