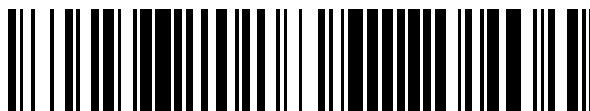


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 737**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/50** (2006.01)

**G01S 13/72** (2006.01)

**G01S 13/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.02.2012 E 12715576 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2681584**

54 Título: **Procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo de proyectiles**

30 Prioridad:

**01.03.2011 DE 102011012680**

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

**13.07.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHNEIDER, ROBERT;  
WEISS, GEORG y  
GRÜNER, WILHELM**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 540 737 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**

Procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo de proyectiles

La invención se refiere a un procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo de proyectiles.

5 El disparo de armas de fuego manuales desde la emboscada (por ejemplo, a través de los llamados francotiradores) representa una amenaza constante de soldados en el empleo en regiones en crisis.

10 Ya se conocen procedimientos, con los que deben obtenerse informaciones sobre el lugar y la dirección desde la que se realiza el disparo. Se basan en sensores acústicos, que calculan a través del canal de la boca la posición del tirador. En tales sensores acústicos es un inconveniente que se necesitan varios lugares de apoyo (micrófonos) distribuidos en el espacio y conectados en red. Además, tales sistemas acústicos se pueden perturbar fácilmente a través de ruidos del medio ambiente. De esta manera, no se pueden emplear o sólo con limitaciones sobre plataformas móviles o volantes.

15 Por lo demás, se conocen procedimientos ópticos, con los que se intenta descubrir las ópticas de objetivos de fusiles de tiradores de elite. El campo de aplicación de estos sistemas está muy limitado, puesto que no puede ser detectado el disparo a través de otras armas de fuego manuales. También estos sistemas son considerablemente perjudicados en su eficiencia a través de influencias del medio ambiente como fuentes de luz o polvo.

20 Se conoce a partir del documento DE 10 2006 006 983 A1 un procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo y de la dirección del movimiento de proyectiles por medio de un radar de impulsos Doppler coherente. La medición de la distancia con respecto a un objeto detectado se realiza en este caso a través del tiempo de propagación de los impulsos del eco, mientras que la determinación de la velocidad del proyectil se determina de manera ventajosa por medio de la desviación de la frecuencia Doppler en la señal del eco.

Otro procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo y la dirección del movimiento de proyectiles se conoce a partir de Allen, M. R.; Stoughton, R. B.; A Low Cost Radar Concept for Bullet Direction Finding Proceedings of the 1996 IEEE National Radar Conference, 13-16 de Mayo de 1996, páginas 202-207.

25 El documento DE 40 12 247 A1 describe un sistema sensor, con el que se miden ángulos azimutales, ángulos de elevación, distancia radial y velocidad radial de un objetivo.

El documento DE 40 08 395 A1 describe un radar de monoimpulso para la determinación del azimut, la elevación y la distancia de un proyectil.

El cometido de la invención es crear un procedimiento, con el que se posibilita la detección de la trayectoria de vuelo y de la dirección de movimiento de proyectiles de una manera fiable y universal.

30 Este cometido se soluciona con el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 de la patente. Las formas de realización ventajosas son objeto de reivindicaciones dependientes.

35 Para la determinación de los parámetros de la trayectoria de vuelo de proyectiles (por ejemplo, proyectiles de fusiles), se supone que se trata en este caso de rectas y que la velocidad en la zona de detección es constante. Estas hipótesis no admisibles en una pluralidad de aplicaciones, en las que se trata de detectar la penetración de proyectiles en una zona de protección y de detectar la dirección, desde la que ha sido emitido el disparo. En este caso interesa o bien sólo la dirección en el plano (azimut) o adicionalmente también la dirección en elevación.

40 Como sensores para la solución de este cometido se puede empelar de manera conveniente un radar Doppler de régimen continuo con la capacidad para la goniometría. La resolución del ángulo se puede conseguir en este caso o bien a través de una pluralidad de antenas receptoras o de antenas emisoras/receptoras con efecto direccional o a través de la formación del haz digital (digital beam forming, DBF). El análisis de la señal Doppler posibilita una medición de la componente de la componente de la velocidad radial de los objetos detectados. La zona de cobertura del sensor de radar se puede dividir en segmentos angulares individuales, que son detectados por sensores individuales y/o sensores múltiples distribuidos en el espacio (módulos de emisión / recepción).

45 Puesto que los proyectiles poseen una velocidad más elevada que todos los objetos de reflexión, la extracción de señales relevantes se puede realizar a través de una discriminación espectral en forma de un filtro de paso alto. Esto se aplica también cuando el sensor está dispuesto sobre una plataforma móvil (con una velocidad sobre el suelo de hasta 300 km/h aproximadamente). De esta manera resulta una supresión efectiva de ecos parásitos.

La invención se explica en detalle, por otro lado, con la ayuda de figuras. En este caso:

50 La figura 1 muestra una curva de tiempo ejemplar de la componente de la velocidad radial durante el vuelo de un proyectil por delante del radar.

La figura 2 muestra una curva de tiempo ejemplar de la dirección goniométrica en el azimut durante el vuelo lateral de un proyectil delante del sensor.

La figura 3 muestra una ampliación del circuito ejemplar de un sensor de radar Doppler para goniometría angular vertical.

- 5 La curva de tiempo de la velocidad radial  $v_{rad}(t)$  durante el tránsito de la zona de detección del sensor se describe – independientemente de la dirección de la trayectoria de vuelo del proyectil – a través de la relación analítica (1) [por ejemplo DE 29 42 355 A1). Dado el caso, se compone de los datos medidos – en el desarrollo siguiente se entiende por un sensor un radar Doppler de régimen continuo – dentro de varias mazas de antenas:

$$v_{rad}(t) = \frac{v_0^2 \cdot (t_d - t)}{\sqrt{v_0^2 (t_d - t)^2 + d^2}} \quad (1)$$

- 10 En este caso,  $v_0$  designa la velocidad absoluta del proyectil,  $d$  es la distancia mínima de la trayectoria de vuelo desde el sensor (aunque éste punto nunca se alcanza de hecho, porque el proyectil impacta, por ejemplo, previamente en el suelo) y  $t_d$  es el instante, en el que el proyectil pasa por este punto de la máxima aproximación (point of closest approach, POCA). En este punto, la componente radial de la velocidad  $v_{rad}(t)$  desaparece, lo que se muestra con claridad fácilmente.

- 15 En la figura 1 se representa de forma ejemplar una curva de este tipo de la velocidad radial para el vuelo de un proyectil con la velocidad propia de 800 m/seg a la distancia de 20 m por delante del sensor, donde se alcanza el POCA en el instante  $t = t_d = 10$  mseg.

- 20 A partir de una secuencia de  $N$  detecciones de objetivos suministradas en los instantes  $t_n$  con  $n = 1 \dots N$  por el sensor Doppler con las velocidades radiales  $v_{rad}(t_n)$  medidas se realiza una adaptación no lineal de los parámetros a la relación (1), para determinar los parámetros,  $v_0$ ,  $d$  y  $t_d$  o bien estimarlos en el sentido de un error mínimo (least mean square error, LMSE). Puesto que se trata de tres incógnitas, son necesarios a tal fin al menos  $N = 3$  puntos de medición. Algoritmos adecuados a tal fin se proporcionan, por ejemplo en la Curve Fitting Toolbox de MATLAB®.

- 25 La relación de la goniometría angular del sensor de radar con la trayectoria de vuelo del proyectil se puede derivar a través de su descripción vectorial. La trayectoria de vuelo se da como igualación de la dirección de los puntos de una recta con el vector de velocidad  $v$  y el vector local con respecto a POCA da través de la función de tiempo

$$r(t) = d + v \cdot (t - t_d), \quad (2)$$

que es idéntica con el vector de la dirección entre sensor y proyectil, cuando el sensor de radar se supone fijo estacionario en el origen del sistema de coordenadas.

- 30 Las componentes cartesianas del vector de dirección  $r$  se pueden expresar a través del ángulo de dirección en el azimut  $\alpha$  y elevación  $\varepsilon$  en correspondencia con la representación de las coordenadas esféricas como

$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{pmatrix} = |\mathbf{r}| \begin{pmatrix} \sin \alpha \cdot \cos \varepsilon \\ \cos \alpha \cdot \cos \varepsilon \\ \sin \varepsilon \end{pmatrix}, \quad (3)$$

con lo que (2) se escribe como

$$|\mathbf{r}(t)| \begin{pmatrix} \sin \alpha(t) \cdot \cos \varepsilon(t) \\ \cos \alpha(t) \cdot \cos \varepsilon(t) \\ \sin \varepsilon(t) \end{pmatrix} = d \begin{pmatrix} \sin \alpha_d \cdot \cos \varepsilon_d \\ \cos \alpha_d \cdot \cos \varepsilon_d \\ \sin \varepsilon_d \end{pmatrix} + v_0 \begin{pmatrix} \sin \alpha_0 \cdot \cos \varepsilon_0 \\ \cos \alpha_0 \cdot \cos \varepsilon_0 \\ \sin \varepsilon_0 \end{pmatrix} \cdot (t - t_d) \quad (4)$$

- 35 En este caso  $\alpha(t)$  y  $\varepsilon(t)$  designan las marcaciones del sensor de radar sobre el tiempo,  $\alpha_d$  y  $\varepsilon_d$  designan las direcciones angulares con respecto al POCA, y  $\alpha_0$  y  $\varepsilon_0$  designan las direcciones de la trayectoria de vuelo en el azimut y elevación, es decir, las magnitudes buscadas finalmente.

A través de la formación de cocientes a partir de la componente-x y de la componente-y de la trayectoria de vuelo (4)

resulta

$$\frac{r_x(t)}{r_y(t)} = \frac{\sin \alpha(t)}{\cos \alpha(t)} = \tan \alpha(t) = \frac{d \sin \alpha_d \cos \varepsilon_d + \sin \alpha_0 \cos \varepsilon_0 \cdot v_0(t-t_d)}{d \cos \alpha_d \cos \varepsilon_d + \cos \alpha_0 \cos \varepsilon_0 \cdot v_0(t-t_d)} \quad (5)$$

ahora independientemente de la distancia  $|r(t)|$  con respecto al proyectil.

- 5 En primer lugar se considera el caso de que el sensor de radar suministra valores de marcadores en el azimut  $\alpha(t)$  para la determinación de la dirección de la trayectoria de vuelo en el azimut  $\alpha_0$ . A tal fin, (5) se puede llevar a la forma:

$$\alpha(t) = \arctan \frac{d \sin \alpha_d k_\varepsilon + \sin \alpha_0 \cdot v_0(t-t_d)}{d \cos \alpha_d k_\varepsilon + \cos \alpha_0 \cdot v_0(t-t_d)} \quad (6)$$

En este caso, las variables dependientes de la elevación confluyen en un único término:

$$k_\varepsilon = \frac{\cos \varepsilon_d}{\cos \varepsilon_0} \quad (7)$$

- 10 En la figura 2 se representa de forma ejemplar el caso de un proyectil con  $v_0 = 800$  m/seg.,  $d = 20$  m y  $t_d = 10$  msec de la curva temporal de la marcación de azimut  $\alpha(t)$ . Para facilitar la interpretación se supone que el proyectil pasa a la altura del sensor procedente desde la dirección  $\alpha_0 = 0^\circ$  y  $\varepsilon_0 = 0^\circ$  a la derecha del sensor y de esta manera se aplica de manera gráfica sencilla  $\alpha_d = 90^\circ$  y  $\varepsilon_d = 90^\circ$  y, por lo tanto,  $k_\varepsilon = 1$ .

- 15 A partir de una secuencia de  $N$  marcaciones del azimut  $\alpha(t_n)$  medidas en los instantes  $t_n$  con  $n = 1 \dots N$  por el sensor de radar se determinan a través de una segunda adaptación no lineal de parámetros a la relación (5) los parámetros  $\alpha_0$  y  $k_\varepsilon$ . Si no existe ninguna marcación en el azimut, la variable  $k_\varepsilon$  no tiene ninguna utilidad para la descripción de la trayectoria de vuelo. No obstante, se puede establecer que en (5) la influencia de la dirección de elevación de la pista de vuelo  $\varepsilon_0$  está separada de la determinación de  $\alpha_0$  y, por lo tanto, no aparecen errores sistemáticos. Para posibilitar una extracción unívoca para  $\alpha_0$  en toda la zona de  $360^\circ$ , se puede suponer en (5) la acutangente de cuatro cuadrados con consideración de los signos de numerador y denominador.

- 20 En la realización de la segunda adaptación de parámetros de los valores de marcación azimutal  $\alpha(t_n)$  en (5) se pueden emplear los valores  $v_0$ ,  $d$  y  $t_d$ , que habían sido obtenidos durante la primera adaptación de parámetros en (1) con la ayuda de los valores de medición de la velocidad. El valor para  $\alpha_d$ , es decir, la marcación azimutal en la dirección del POCA, se puede derivar a partir de los parámetros  $\alpha(t_n)$ . No obstante, puesto que en el POCA la componente radial de la velocidad pasa a cero, no existen en el entorno directo del POCA ninguna marcación debido al filtro de paso alto de ecos parásitos. En su lugar se puede realizar una interpolación de la secuencia de valores de medición  $\alpha(t_n)$  en el instante  $t = t_d$ :  $\alpha_d = \alpha(t_d)$ .

- 25 Para el caso de que el sensor de radar realice, además de una marcación azimutal, también una marcación de elevación, se puede ampliar el procedimiento descrito en una forma de realización ventajosa con una etapa adicional para la determinación de la dirección de la pista de vuelo en elevación.

- 30 El principio a este respecto es el enlace de los componentes de los vectores de (4) en la forma

$$\left( \frac{r_x(t)}{r_y(t)} \right)^2 + \left( \frac{r_x(t)}{r_y(t)} \right)^2 = \frac{1}{\tan^2 \varepsilon(t)}, \quad (8)$$

resultando la siguiente expresión

$$\tan \varepsilon(t) = \frac{d \sin \varepsilon_d + \sin \varepsilon_0 \cdot v_0(t - t_d)}{\sqrt{(d \cos \alpha_d \cos \varepsilon_d + \cos \alpha_0 \cos \varepsilon_0 \cdot v_0(t - t_d))^2 + (d \sin \alpha_d \cos \varepsilon_d + \sin \alpha_0 \cos \varepsilon_0 \cdot v_0(t - t_d))^2}} \quad (9)$$

Tampoco en esta relación se obtiene ya la distancia del objetivo  $|r(t)|$  y es posible una evaluación puramente sobre la base de la información de la velocidad y de la marcación.

5 A través de una tercera adaptación no lineal de los parámetros se adapta la relación funcional del lado derecho de (9), en el que la dirección de elevación de la pista de vuelo  $\varepsilon_0$  es la única variable incógnita remanente, a la secuencia de valores  $\tan \varepsilon(t_n)$  formada a partir de los valores goniométricos medidos. Las variables determinadas hasta ahora  $d$ ,  $v_0$ ,  $t_d$ ,  $\alpha_d$  y  $\alpha_0$  se pueden emplear como conocidas,  $\varepsilon_d$  se puede determinar de nuevo a través de interpolación de los valores goniométricos de elevación  $\varepsilon(t_n)$  en el instante  $t = t_d$ ;  $\varepsilon_d = \varepsilon(t_d)$ .

10 De acuerdo con la invención, existen los siguientes parámetros para la descripción de la trayectoria de vuelo del proyectil:

- Velocidad  $v_0$ ,
- 15 • Distancia mínima desde el sensor  $d$ ,
- Instante de la distancia mínima  $t_d$ ,
- Dirección azimutal del lugar con la distancia mínima (POCA)  $\alpha_d$ ,
- Dirección azimutal de la trayectoria de vuelo  $\alpha_0$ .

20 En una forma de realización especial de la invención, después de una tercera adaptación de los parámetros de acuerdo con las características de la reivindicación 2 existen otros parámetros para la descripción de la trayectoria de vuelo del proyectil:

- opcional: dirección de elevación del lugar con mínima distancia  $\varepsilon_d$ ,
- 25 • opcional: dirección de elevación de la trayectoria de vuelo  $\varepsilon_0$ .

30 Cuando hay que partir de que se pueden encontrar al mismo tiempo varios proyectiles en la zona de detección del sensor, antes de la aplicación de la extracción de los parámetros sobre la base de (1), (6) y, dado el caso (9) se puede realizar una segmentación de los valores de medición para velocidad y marcación angular y un seguimiento temporal. Los parámetros de la pista de vuelo se pueden determinar entonces por separado de cada segmento (proyectil). En el supuesto de que tales escenarios solamente aparecen en el caso de la emisión de salvas de proyectiles, se puede optimizar la adaptación de los parámetros a la determinación de una dirección unitaria de la trayectoria de vuelo.

35 La marcación angular en el sensor de radar se puede realizar a través de monoimpulsos de amplitud o monoimpulsos de fases. Para la ampliación del procedimiento con la marcación de elevación se encuentra de acuerdo con la invención un principio alternativo sencillo: la antena de iluminación se realiza doble con desplazamiento del ángulo vertical. Ambas antenas emiten al mismo tiempo con frecuencias ligeramente diferentes  $f_{Tx1}$  y  $f_{Tx2} = f_{Tx1} + \Delta f$  (diferencia, por ejemplo, desde algunos 100 Hz hasta algunos kHz), que son conducidas en paralelo en toda la trayectoria de la señal del receptor incluyendo la digitalización. En primer lugar, en el análisis Doppler ambas líneas espectrales aparecen por separado, cuya relación de la amplitud en el sentido de un monoimpulso de la amplitud para las dos antenas de iluminación basculadas una con respecto a la otra permite la marcación de elevación. Por lo tanto, en el lado de recepción no se produce ningún gato de hardware adicional, que sea apreciado en el lado de emisión. Un diagrama de principio para este concepto de marcador se representa en la figura 3.

40 En la realización del análisis Doppler con la ayuda de un FFT numéricamente eficiente existe la siguiente problemática: la curva de tiempo de la frecuencia Doppler (proporcional a la componente de la velocidad radial, ver la figura 1) permite solamente tiempos de integración coherente típicamente de algunos milisegundos. Además, el pico resultante en el espectro Doppler (Doppler walk) se difumina, de manera que no resulta de forma convencional ninguna otra ganancia de integración. Pero de acuerdo con la invención se pueden realizar tiempos de integración prolongados suponiendo la señal Doppler como chirrido lineal por secciones y realizando antes de la Doppler-FFT diferentes correcciones hipotéticas con chirridos de diferente longitud y pendiente con frecuencia ascendente y descendente a través de multiplicación en el intervalo de tiempo. Todos estos bloques de señales corregidos se someten entonces a la FFT y en el caso de la corrección correcta se pueden conseguir ganancias de integración elevadas aproximadamente en 10 dB y, por lo tanto, sensibilidades del sistema más elevadas. De manera alternativa también es concebible un procesamiento-ISAR modificado, lo que no tiene que realizarse aquí de nuevo.

De acuerdo con la frecuencia de funcionamiento del sensor de radar, los desplazamientos Doppler relevantes aparecidos pueden ser tan bajos que se encuentran en la zona de frecuencia de ruidos de baja frecuencia (1/f-ruidos) o efectos mecánicos de microfonía. En este caso, se puede aplicar una modulación de frecuencia sinusoidal de la señal de emisión de régimen continuo y un análisis de la señal de recepción de manera ventajosa en la segunda armónica de la frecuencia de modulación [M. Skolnik: Introduction to Radar Systems, 2ª edición].

Por último, se menciona a modo de ejemplo un diseño típico del sistema para el sensor de radar:

- 10 • Frecuencia de funcionamiento en la banda-K<sub>u</sub> (por ejemplo, 16 GHz)
- Cuatro segmentos de sensor (cuadrantes), respectivamente, con un iluminador amplio respectivo y 12 mazas de antenas de recepción en el azimut a través de DBF
- Potencia de emisión 1 W
- Frecuencia de exploración 300 kHz
- Filtro de paso alto de ecos parásitos con frecuencia límite de 10 kHz
- 15 • Tiempos de integración 1... 10 mseg.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para la detección de la trayectoria de vuelo de proyectiles, en el que por medio de un radar Doppler a lo largo de la trayectoria de vuelo del proyectil se detecta una secuencia de N detecciones de objetivos en los instantes  $t_n$  con  $n = 1 \dots N$  y  $N \geq 3$ , con las velocidades radiales medidas  $v_{rad}(t_n)$  y marcaciones azimutales  $\alpha(t_n)$  del proyectil y a partir de estas mediciones se calculan la trayectoria de vuelo y la dirección de movimiento del proyectil, caracterizado por que
- las mediciones  $v_{rad}(t_n)$  se adaptan en una primera adaptación no lineal de los parámetros a una relación analítica de la curva de tiempo de la velocidad radial  $v_{rad}(t)$  del proyectil durante la transición de la zona de detección del radar y de esta manera se estiman las variables  
 $v_0$ : velocidad absoluta del proyectil,  
 $d$ : distancia mínima de la trayectoria de vuelo del proyectil desde el radar,  
 $t_d$ : instante en el que el proyectil pasa por el punto con la distancia mínima  $d$  y
  - en una segunda adaptación no lineal de los parámetros se adaptan las mediciones  $\alpha(t_n)$  a una relación analítica de la curva de tiempo de la dirección radial en azimut  $\alpha(t)$  y de esta manera se estima la dirección de la trayectoria de vuelo en azimut  $\alpha_0$ , y
  - se determina la dirección azimutal del punto  $\alpha_d$  con distancia mínima de la trayectoria de vuelo del proyectil desde el radar a través de interpolación de la secuencia de valores medidos  $\alpha(t_n)$  en el instante  $t=t_d$ .
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que a lo largo de la trayectoria de vuelo del proyectil se registran una secuencia de N marcaciones angulares del proyectil en elevación  $\varepsilon(t_n)$  y se adaptan estas mediciones en una tercera adaptación no lineal de los parámetros a una relación analítica de la curva de tiempo de la dirección angular en elevación  $\varepsilon(t)$  y de esta manera se estima la dirección de la trayectoria de vuelo en elevación  $\varepsilon_0$  y se determina la dirección azimutal del punto  $\varepsilon_d$  con distancia mínima de la trayectoria del vuelo del proyectil desde el radar a través de interpolación de la secuencia de valores de medición  $\varepsilon(t_n)$  en el instante  $t=t_d$ .
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que la marcación angular se realiza a través de monoimpulso de amplitud o monoimpulso de fases.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la medición se realiza por medio de un radar Doppler de régimen continuo, que presenta varios módulos de emisión / recepción para diferentes sectores de ángulos espaciales.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que en el módulo de emisión / recepción se generan diagramas de antenas selectivos de la dirección por medio de formación del haz digital.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, caracterizado por que la señal de emisión del radar Doppler de régimen continuo está impulsada con una modulación de frecuencia de forma sinusoidal, de manera que en el receptor de radar se evalúa la zona de frecuencia en torno a la segunda armónica de la señal de modulación.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 4 a 6, caracterizado por que para la digitalización de una señal recibida se realiza una exploración de paso de banda.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior 6, caracterizado por que para la prolongación del tiempo de integración coherente en el procesamiento Doppler se realiza una integración de las señales de recepción sobre bloques-FFT con diferente longitud.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior 8, caracterizado por que antes del procesamiento Doppler-FFT de la señal de recepción se realiza una corrección hipotética de la curva de la señal de recepción a través de multiplicación por un conjunto de chirridos lineales de frecuencia de diferente pendiente de la rampa y duración de tiempo.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 4 a 9, caracterizado por que como frecuencia de funcionamiento del radar Doppler se emplea una función de la banda-Ku o banda-K.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 4 a 9, caracterizado por que como frecuencia de funcionamiento del radar Doppler se emplea una frecuencia de la banda-S o banda-C.
- 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 4 a 9, caracterizado por que la antena

## ES 2 540 737 T3

emisora de un módulo de emisión / recepción se realiza doble, presentando ambas antenas un desplazamiento angular vertical y emitiendo al mismo tiempo con diferentes frecuencias  $f_{Tx1}$  y  $f_{Tx2} = f_{Tx1} + \Delta f$ , siendo la diferencia de frecuencia  $\Delta f$  100 Hz a 100 kHz.

5



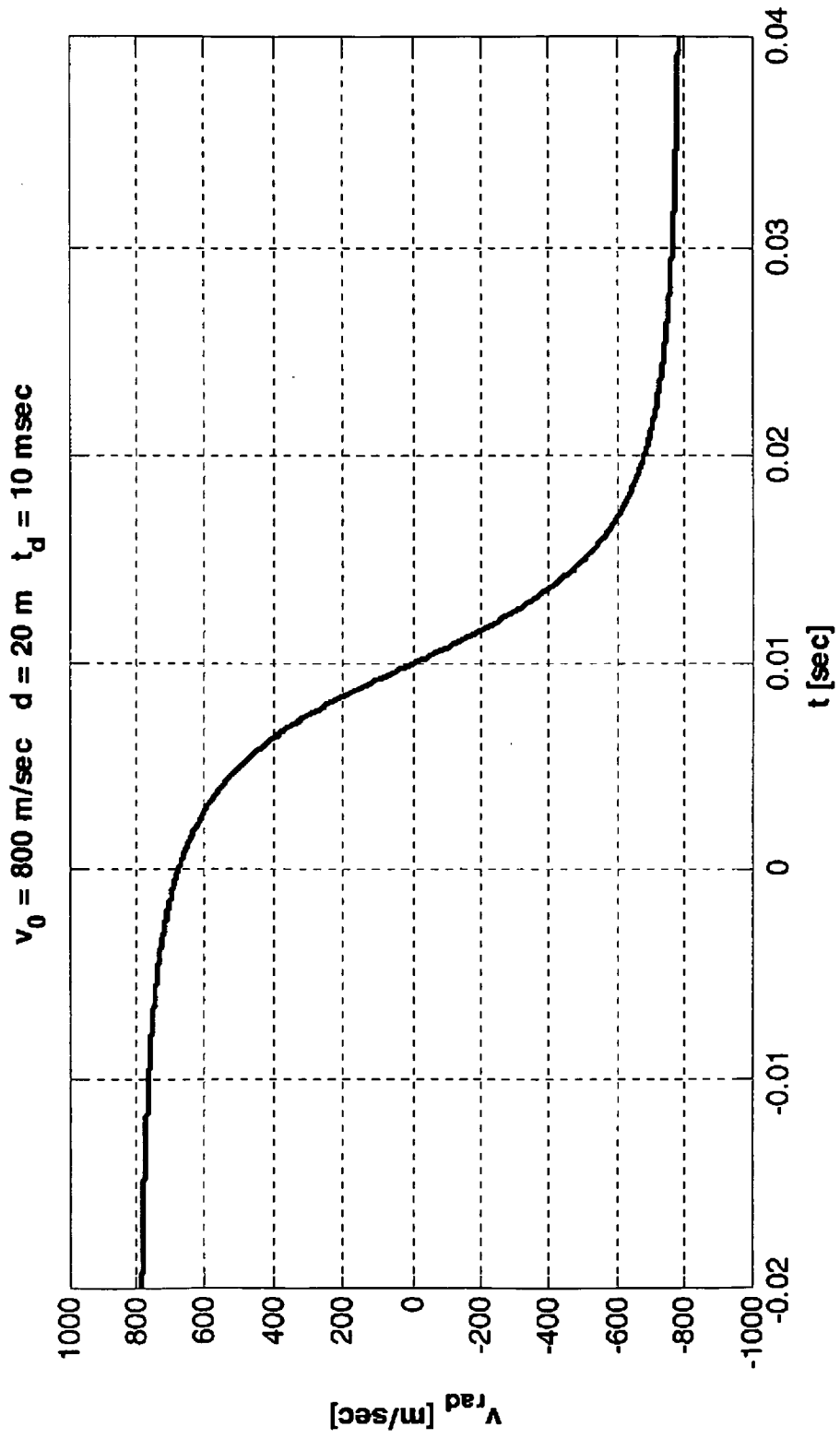


Fig. 1

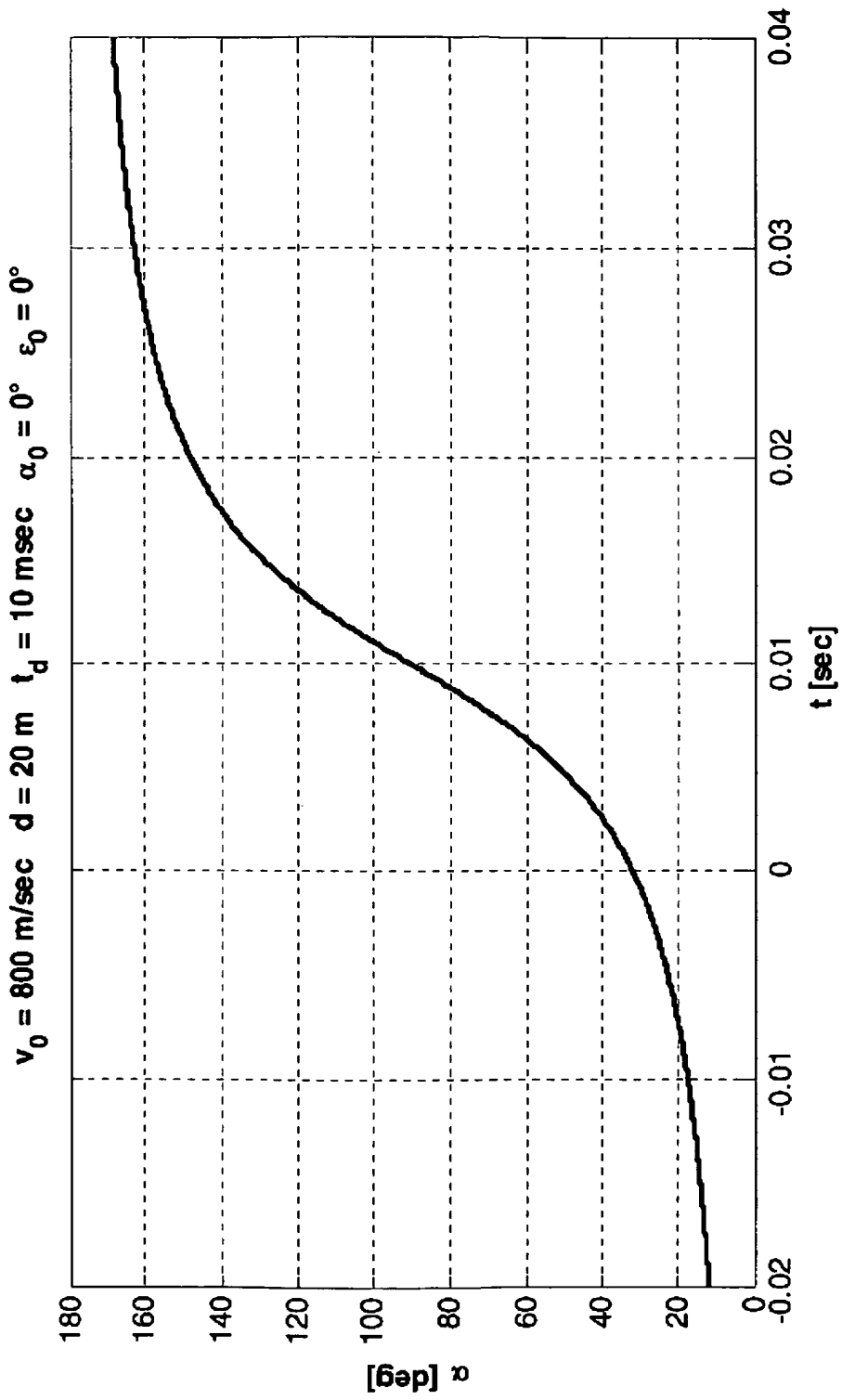


Fig. 2

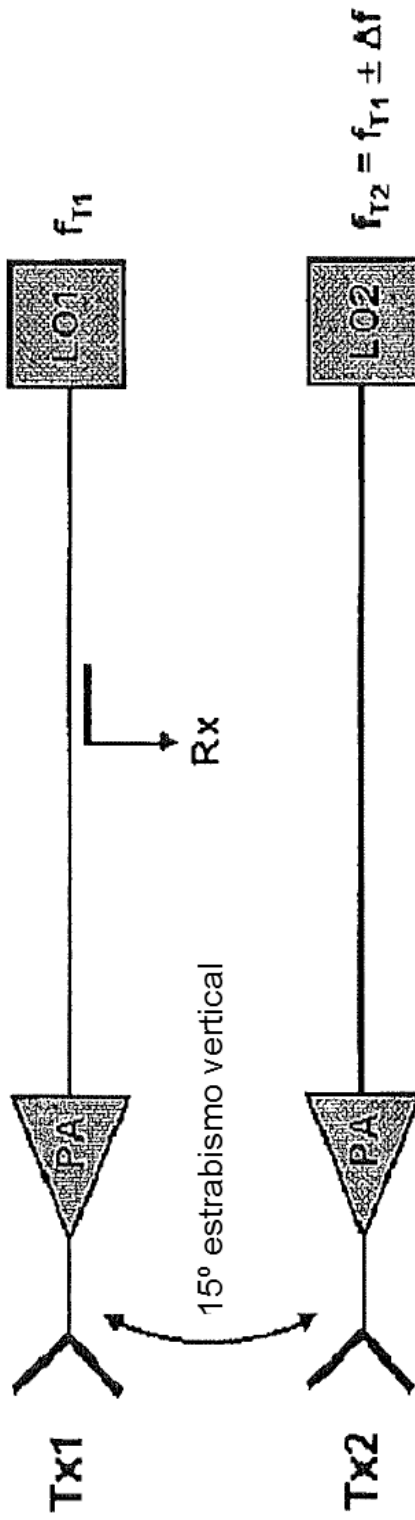


Fig. 3