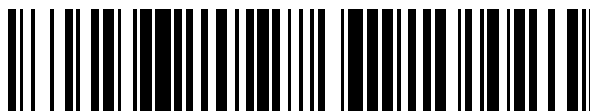


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 658**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/90** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2006 PCT/DE2006/002279**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2007 WO07076824**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2006 E 06828708 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 1966630**

54 Título: **Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución y antena para un dispositivo de radar de este tipo**

30 Prioridad:

**22.12.2005 DE 102005062031**

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

**31.07.2017**

73 Titular/es:

**AIRBUS DS GMBH (100.0%)  
Robert-Koch-Straße 1  
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**GRAFMÜLLER, BERNHARD y  
SCHAEFER, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 627 658 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 de radar de apertura sintética de alta resolución y antena para un dispositivo de radar de este tipo

La invención se refiere a un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución de acuerdo con la reivindicación 1 y a una antena para un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución de acuerdo con la reivindicación 11.

En el radar de apertura sintética (SAR) se explora un objeto como, por ejemplo, la superficie de la tierra por medio de una antena móvil corta, a través de las cuales se emiten señales de impulsos, es decir, impulsos en un intervalo de tiempo definido y se reciben las señales de eco, es decir, las señales de impulsos reflejadas en objetos explorados. La dirección del movimiento de la antena corta se designa también como azimut o trayectoria. Para cada zona iluminada y explorada por la antena se calcula por un procesador-SAR a través de procesamiento de datos correspondiente de las señales de eco una reproducción del objeto explorado. Los sistemas-SAR se emplean, por ejemplo, para la medición y reproducción de la superficie de la tierra por medio de satélites.

Parámetros esenciales en el SAR son la resolución azimutal, la anchura de las bandas de la exploración y la resolución geométrica en la dirección de la distancia (rango). Para la resolución geométrica es decisiva la anchura de banda de las señales de impulsos emitidas. La frecuencia de la secuencia de impulsos (PRF: pulse repetition frequency) determina la velocidad de exploración. En sistemas-SAR convencionales, la resolución azimutal mínima (along track) y la anchura de banda máxima (across track), que se pueden conseguir al mismo tiempo, están acopladas entre sí por que para una resolución azimutal alta se necesita una PRF alta, en cambio es baja para una anchura de banda grande. Por lo tanto, con otras palabras, en el SAR convencional, una resolución azimutal alta condiciona una anchura de banda pequeña.

Este conflicto se puede resolver a través de un SAR de una Franja Amplia de Alta resolución (HRWS), como se conoce, por ejemplo a partir del documento EP 1 241 487 A1. El HRWS-SAR es accionado con antenas o bien aperturas de recepción (RX) adicionales, es decir, que se accionan especialmente tres aperturas azimutales, lo que posibilita una reducción de la PFR sin reducción de la resolución azimutal. Además, se acciona el instrumento biestáticamente, es decir, con antenas separadas de emisión (TX) y recepción (RX). La elevación, es decir, la dimensión en la dirección transversal con respecto a la dirección azimutal de la antena-TX se reduce para iluminar una anchura de banda grande, y la elevación de la antena-RX se eleva de manera correspondiente para mantener la sensibilidad del instrumento. Por último, cada apertura azimutal se divide en varias sub-aperturas, para poder explorar una banda ancha por medio de Formación de Haces Digitales (DBF). Sin embargo, un inconveniente del HRWS-SAR consiste en las antenas grandes, que conducen especialmente en SAR basado en satélites a cargas útiles pesadas y, por lo tanto,

LEGG J A ET AL: "A SAR moving target ambiguity function" FOURTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SIGNAL PROCESSING AND ITS APPLICATIONS. ISSPA 96. PROCEEDINGS MAIN SYMPOSIUM QUEENSLAND UNIV. TECHNOL BRISBANE, QLD., AUSTRALIA, Bd. 2, 1996, páginas 841-844 vol.2, XP010241117 ISBN:1-86435-210-8, propone utilizar un intervalo irregular de repetición del impulso para posibilitar en un SAR una determinación inequívoca de la velocidad de un objetivo bidimensional móvil. El documento EP 1 134 592 A1 describe un filtro-STAP en tiempo real para la supresión del objetivo fijo para datos brutos de radar. El documento DE 199 29 143 A1 describe un sistema-SAR de alta resolución con varios satélites-SAR, que se mueven en una formación prevista y están dispuestos a distancia predeterminada entre sí. BLISS D W ET AL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Multiple-input multiple-output (MIMO) radar and imaging; degrees of freedom and resolution" CONFERENCE RECORD OF THE 37TH. ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS, & COMPUTERS. PACIFIC GROOVE, CA, NOV. 9 - 12, 2003, ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, NEW YORK, NY : IEEE, US, Bd. VOL. 1 OF 2. CONF. 31, 9 Noviembre 2003 (2003-11-09), páginas 54-59, XP010701593 ISBN: 0-7803-8104-1, describe radar en el contexto de un modelo de sistema Entrada-Múltiple Salida-Múltiple (MIMO). JORDAN R L ET AL: "THE SIR-C/X-SAR SYNTHETIC APERTURE RADAR SYSTEM" PROCEEDINGS OF THE IEEE, IEEE. NEW YORK, US, Bd. 79, N°. 6, 1. Junio 1991 (1991-06-01), páginas 827-838, XP000262356 ISSN: 0018-9219, describe el sistema de radar de 3 frecuencias SIR-C/X-SAR, que fue lanzado en Septiembre de 1993 desde la Lanzadera Espacial americana US. LOMBARDO P: "A multichannel spaceborne radar for the COSMO-skymed satellite constellation" AEROSPACE CONFERENCE, 2004. PROCEEDINGS. 2004 IEEE BIG SKY, MT, USA 6-13 MARCH 2004, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 6. Marzo 2004 (2004-03-06), páginas 111-119, XP010747971 ISBN: 0-7803-8155-6, analiza especialmente diferentes configuraciones de una superficie de antena-SAR, estando ésta dividida horizontal (Azimut) y vertical (Elevación) en sub-matrices de emisión (TX) y sub-matrices de recepción (RX).

El cometido de la presente invención es, por lo tanto, proponer un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución y una antena para un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución, que permiten la exploración de bandas lo más anchas posible con alta resolución azimutal con una superficie de antena esencialmente más pequeña que en un HRWS-SAR.

Este cometido se soluciona por medio de un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución con las características de la reivindicación 1 y una antena para un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución con las características de la reivindicación 11. Las configuraciones preferidas de la invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes.

5 Una idea de la invención consiste en mantener una alta velocidad de repetición del pulso o bien PRF como en el SAR convencional, pero explorar un objeto paralelamente con varios pulsos de radas emitidos sucesivamente. Para reducir la superficie necesaria de la antena a diferencia del HRWS-SAR, están previstas menos de tres aperturas azimutales, por ejemplo dos o con preferencia una sola apertura azimutal. Puesto que las señales de impulsos son emitidas regularmente sobre los haces del radar, deben interrumpirse los procesos de exploración de haces de radar recibidos, con lo que se producen huecos de datos durante la exploración de un objeto, que conducen a bandas negras en la imagen-SAR posterior. Para evitar tales huecos de datos, se emiten según la invención las señales de impulsos de los haces del radar a intervalos de tiempo irregulares, con lo que los huecos de datos no siempre aparecen durante la exploración en los mismos lugares, lo que conduciría a una pérdida completa de señales azimutales, sino que se distribuyen de eco a eco y solamente conducen a fallos locales en las exploraciones. Tales fallos locales se pueden reconstruir entonces posteriormente por medio de un procedimiento de re-muestreo a través de reconstrucción de los valores de exploración ausentes.

20 La invención tiene la ventaja de que se pueden reproducir bandas anchas con una resolución azimutal alta con una superficie de antena más pequeña frente a HRWS-SAR. De esta manera, se puede construir un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la invención, en general, más pequeño y más ligero que un HRWS-SAR, con lo que se reducen los costes de un dispositivo-SAR según la invención, especialmente los costes de transporte, por ejemplo en el espacio.

25 La invención se refiere ahora según una forma de realización a un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución, que comprende al menos una antena de emisión para la generación de haces de radar para la exploración de un objeto, una antena de recepción para la recepción de haces de radar reflejados por el objeto, en el que la antena de recepción presenta varias sub-aperturas dispuestas a lo largo de una elevación, y en el que el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución está configurado de tal forma que se emiten señales de impulsos a intervalos de tiempo irregulares.

Por un dispositivo-SAR se entiende aquí una plataforma-SAR discrecional, especialmente un satélite-SAR.

35 El dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución se puede configurar, además, de tal manera que las sub-aperturas forman menos aperturas azimutales que en el caso de un HRWS-SAR.

40 Para rellenar los huecos de datos durante la exploración de un objeto, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución puede estar configurado, además, de tal manera que para un procesamiento de ecos de radar recibidos en el azimut se emplea un procedimiento de remuestreo. A través del procedimiento de remuestreo se pueden reconstruir posteriormente los fallos locales ya mencionados en las exploraciones de los haces de radar recibidos y las señales de impulsos de eco contenidas allí.

45 El dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución se puede configurar, además, de tal manera que se acciona una antena de emisión en el modo múltiple por división de frecuencia.

50 Para conseguir una distancia alta entre señal y ruido, debería emitirse con la máxima potencia posible. Para reducir los valores de la potencia punta necesaria para una PRF alta, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución puede estar configurado, además, de tal manera que se accionan al mismo tiempo al menos dos antenas de emisión al mismo tiempo en el modo múltiple por división de frecuencia. De esta manera se puede utilizar dentro de una duración predeterminada de la señal del impulso o bien la duración del impulso la pluralidad de energía de emisión como durante la emisión sin modo múltiple por división de frecuencia.

55 Puesto que se emite una pluralidad de pulsos de radar a intervalos de tiempo cortos sobre las antenas de emisión, se reciben también varios ecos de radar reflejados al mismo tiempo desde la antena de recepción. Para evitar solapes de los ecos de radar recibidos de diferentes pulsos de emisión y, por lo tanto, fallos (las llamadas ambigüedades de rango) en la imagen-SAR posterior, se puede configurar el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución, además, para preparar por medio de Formación del Haz Digital, respectivamente, un canal de recepción para cada uno de los ecos de radar.

60 En particular, puede estar configurado para separar estrictamente un eco de radar recibido de ecos de radar recibidos vecinos, de manera que las señales de las sub-aperturas con provistas en el dominio digital con factores de peso complejos en función del tiempo. En particular, en el caso de una PRF alta u un intervalo de repetición del pulso, por lo tanto, pequeño así como en el caso de centros de eco próximos adyacentes en el objeto explorado, tal ponderación de las señales individuales de las sub-aperturas de la antena de recepción se ha revelado como un

método eficiente para la separación de ecos de radas vecinos.

En particular, puede estar configurado de tal forma que los factores de peso complejos en función del tiempo están configurados de tal forma que se obtiene un diagrama de antenas en las direcciones desde un cero.

5 En un desarrollo, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución puede estar configurado, además, de tal forma que se puede realizar un Procesamiento Adaptable de Tiempo-Espacio de las señales de las sub-aperturas. En este caso, se realiza una ponderación en la zona espacio-tiempo de las señales de las sub-aperturas, con lo que se puede conseguir una separación todavía más exacta de ecos de radar vecinos.

10 Para reducir lo más posible el tráfico de datos hacia un procesador-SAR central, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución puede estar configurado, además, para comprimir los datos obtenidos desde los ecos de radas recibidos en la estación de tierra. La compresión se puede realizar, por ejemplo, a través de la retirada de datos superfluos por ser redundantes de una exploración de los haces de radas reflejados recibidos.

15 En una forma de realización preferida, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución presenta para cada antena de emisión, respectivamente, un módulo de emisión y Extremo-Frontal para la generación de un pulso de radar. De esta manera, se pueden emitir pulsos de radar independientes entre sí, con lo que se puede conseguir una alta flexibilidad durante el empleo del dispositivo.

20 En particular, los módulos de emisión y Entremos-Frontales pueden estar configurados para emitir de manera coherente y al mismo tiempo chips de emisión, estando configurado cada módulo de emisión y Extremo-Frontal para emitir, respectivamente, en otra banda de frecuencia. De esta manera, se puede conseguir una energía de emisión alta con una PRF alta, lo que es necesario para una distancia alta entre señal y ruido.

25 Para poder separar de nuevo los pulsos de radar emitidos en diferentes zonas de frecuencia, el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución puede presentar filtros de frecuencia digitales, que están previstos para separar en cuento a la frecuencia las corrientes de datos generadas a partir de haces de radar recibidos.

30 Otra forma de realización de la invención se refiere a un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución que comprende al menos dos antenas de emisión para la generación de haces de radar para la exploración de un objeto, en el que las al menos dos antenas de emisión son accionadas al mismo tiempo en el modo múltiple por división de frecuencia.

35 Otra forma de realización de la invención se refiere a una antena para un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución, especialmente de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende dos o más antenas de emisión, que están dispuestas adyacentes en elevación y están configuradas para la emisión respectiva de un haces de radar en la zona de microondas, una antena de recepción configurada para la recepción de haces de radar reflejados en la zona de microondas, que está dispuesta en elevación junto a las antenas de emisión y presenta en elevación varias sub-aperturas, que forman menos de tres aperturas azimutales.

40 La antena puede estar configurada, además, de tal manera que las dos o más antenas de emisión están dispuestas en elevación adyacentes entre sí.

45 La antena se puede configurar, además, de tal forma que la antena de recepción está dispuesta en elevación junto a dos o más antenas de emisión.

50 En una forma de realización preferida de la antena, las sub-aperturas forman exactamente una apertura azimutal. De esta manera se crea una antena muy compacta, que posibilita a pesar de todo una alta resolución en el azimut.

55 Para cubrir la zona iluminada por las antenas de emisión y suprimir suficientemente Lóbulos de Cuantización en todos los ángulos de exploración o bien de escaneo necesarios, de acuerdo con una forma de realización preferida de la antena, la altura de cada sub-apertura en elevación es menor que la altura de cada antena de emisión en elevación.

Otras ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención se deducen a partir de la descripción siguiente en combinación con los ejemplos de realización representados en los dibujos.

60 En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se utilizan los conceptos y los signos de referencia asociados utilizados en la Lista de signos de referencia indicada más adelante.

En los dibujos:

La figura 1 muestra tres ejemplos de realización diferentes de antenas de dispositivos-SAR, en la que una antena

pertenece a un SAR monoestático convencional, una antena a un HRWS-SAR biestático y una antena a un dispositivo-SAR según la invención.

5 La figura 2 muestra una exploración de una banda ancha de la superficie de la tierra con un SAR, en el que se reciben ecos de varios pulsos de radar al mismo tiempo desde el SAR.

La figura 3 muestra una exploración de una banda ancha de la superficie de la tierra con un SAR, en el que se reciben tres ecos de radar por medio de tres mazas de antena al mismo tiempo desde el SAR.

10 La figura 4 muestra Líneas de Rango registradas de los tres ecos de radar recibidos y explorados de la constelación mostrada en la figura 3.

La figura 5 muestra un ejemplo de realización de un dispositivo-SAR según la invención con PRI (intervalo de repetición del impulso) variable y, en general, cinco mazas de antenas; y

15 La figura 6 muestra Líneas de Rango registradas de los cinco ecos de radar recibidos y explorados sobre mazas de antenas separadas de la constelación mostrada en la figura 5.

20 A continuación se pueden proveer los mismos elementos y/o elementos funcionales iguales con los mismos signos de referencia. Los valores absolutos y las indicaciones de medidas indicados a continuación son sólo valores ejemplares y no representan ninguna limitación de la invención a tales dimensiones.

25 Una antena ejemplar de un instrumento-SAR monoestático convencional se representa en la figura 1 designado como instrumento (A). Por el concepto "instrumento" se entiende aquí especialmente un dispositivo-SAR, como se implementa, por ejemplo, en un satélite-SAR. El instrumento (A) de la figura 1 se acciona típicamente en la banda-X con una anchura de banda de las señales de impulsos emitidas de aproximadamente 150-200 MHz y una potencia media de emisión de 750 W. La antena de emisión (TX) y la antena de recepción (RX) comunes poseen dimensiones de aproximadamente 4 m en dirección azimutal (azimut) y una altura (elevación) de aproximadamente de 0,59 m. El satélite con el instrumento (A) se encuentra a una altura de órbita de aproximadamente 500 km. La PRF tiene aproximadamente de 4200 a 5300 Hz, lo que corresponde a una resolución geométrica de aproximadamente 2 m. El Duty cycle (ciclo de trabajo) de la secuencia de impulsos emitida es aproximadamente de 20 a 30 %.

35 En principio, para sistemas-SAR se aplica que el tamaño de la antena de emisión determina la zona iluminada con un pulso de radar. La dimensión en elevación (altura de apertura) de la antena de emisión es en este caso inversamente proporcional a la anchura definitiva de las bandas de la imagen. Por lo tanto, para la generación de una anchura mayor de las bandas de la imagen, debe reducirse la altura de la apertura de la antena de emisión. Éste es el caso de una antena de un HRWS-SAR explicada a continuación.

40 Una antena ejemplar de un HRWS-SAR se representa en la figura 1 designada como instrumento (B). La antena se basa en el rendimiento del instrumento (A) de la figura 1 y presenta en oposición al instrumento (A) una antena-TX y una antena-RX separada. que se forma, en total por una pluralidad, aquí exactamente 51 antenas-RX "pequeñas", designadas con RX1 a RX51. Para reducir la PRF nominal del instrumento (A) en un factor de 3, el instrumento (B) posee tres apertura de azimut que corresponden a tres paneles de azimut, cada uno de los cuales se forma por 17 sub-aperturas que corresponden a 17 antenas-RX "pequeñas".

45 La antena-TX posee una altura de apertura de sólo 0,21 m, para conseguir una anchura de banda mayor de 80 km en todos los ángulos de incidencia. La altura de apertura total de la antena-RX es 1,66 m, para conseguir, en atención a la altura de apertura reducida de la antena-TX una ganancia de antena-RX suficiente. Cada una de las antenas-RX "pequeñas" RX1 a RX51 posee, respectivamente, una altura de 0,098 m (altura de sub-apertura), que es menos que la altura de apertura de la antena-TX, para cubrir la zona iluminada por la antena-TX y suprimir suficientemente los Lóbulos de Cuantización en todos los ángulos de exploración o bien de escaneo necesarios (<- 13 dB). También el instrumento (B) se acciona con una potencia de emisión media de aproximadamente 750 W. El ciclo de trabajo de la secuencia de pulsos emitida se estima aproximadamente en 30 %. La longitud total de las antenas es 12 m, la de cada panel azimutal 4 m, con lo que se puede conseguir una resolución acimutal de 2 m.

50 La señal recibida desde cada una de las antenas-RX individuales RX1 a RX51 se conduce a un canal propio. Cada canal posee una entrada especial propia de un procesamiento siguiente de señales digitales (no representado).

60 Por último, en la figura 1 se representa todavía una antena designada como instrumento (C) según la invención, como se puede emplear en un dispositivo-SAR según la invención, que emite impulsos a intervalos de tiempo irregulares. A diferencia de los instrumentos (A) y (B), esta antena posee tres antenas-TX separadas, designadas con TX1 a TX3, que poseen, respectivamente, las mismas dimensiones que la antena-TX del instrumento (B) y están dispuestas adyacentes entre sí en dirección transversal a la dirección azimutal. Las tres antenas-TX TX1 a

TX3 genera, respectivamente, pulsos de radar para la exploración en elevación. Como antena de recepción está prevista, en oposición al instrumento (B) solamente un panel azimutal con 17 antenas-RX "pequeñas", que poseen, respectivamente las mismas dimensiones que las antenas-RX pequeñas del instrumento (B). La resolución geométrica del instrumento (C) corresponde a la de los instrumentos (A) y (B).

La utilización de más de una apertura azimutal como en el instrumento (B) de la figura 1 sirve para la reducción de la PRF nominal necesaria. La PRF reducida se puede utilizar para emitir impulsos más largos, con lo que se puede reducir la potencia de emisión máxima (potencia punta del amplificador de emisión) y/o se puede mejorar la SNR frente a un instrumento (A). En cambio, en la presente invención, el objetivo prioritario es un incremento de la anchura de banda con un rendimiento-SNR modificado del instrumento en comparación con (A), en el caso de utilización de una sola apertura de azimut.

La figura 2 muestra, en principio, cómo se explora con un dispositivo-SAR 10 la superficie de la tierra 12. El dispositivo-SAR 10 emite a través de una antena 14 señales de impulsos o bien impulsos en forma de un haz de radar 16, dicho más exactamente, en forma de una maza de radiación de antena (maza de antena) en dirección a la superficie de la tierra 12. La maza de radiación posee un ángulo de apertura  $h_0$ , que determina junto con el ángulo de incidencia  $\eta$  del haz de radar 16 sobre la superficie de la tierra 12 la anchura de banda (swath width). Cada señal de impulso 18 emitida posee una duración del impulso  $\tau_p$ , que determina la resolución de la distancia  $\Delta r$  del SAR y la anchura de banda parcial en la zona oblicua o bien inclinada (slant range) como sigue:

$$\Delta r = \frac{1}{2} \cdot \tau_p \cdot c$$

(c es la velocidad de la luz). Con el ángulo de incidencia  $\eta$  se puede convertir esto en una anchura de banda parcial sobre la superficie de la tierra 12 como sigue:

$$\frac{\tau_p \cdot c}{2 \cdot \sin(\eta)}$$

La disponibilidad, dada en un dispositivo-SAR según la invención, de varias aperturas en elevación y una Formación del Haz Digital en la recepción permiten la expresión de varias mazas de antenas, cada una de las cuales está dirigida sobre una de las bandas parciales. Cuando las mazas principales respectivas están suficientemente bien localizadas y se han suprimido suficientemente bien las mazas secundarias o bien Lóbulos de Cuantificación, cada maza de antena "ve" sólo "su" señal de eco, como se muestra en la figura 3 con la ayuda de tres mazas de antenas 20, 22 y 24 dirigidas sobre bandas parciales diferentes. La señal de eco de cada maza de antena se registra, por decirlo así, como Línea de Rango.

La figura 4 muestra la Memoria de Líneas de Rango del instrumento o bien del dispositivo-SAR según la invención. Las Líneas de Rango recibidas desde cada una de las tres mazas de antenas como señales de eco se representan en la figura 4 como líneas. Se registran según la serie unas debajo de las otras, tal como aparecen cronológicamente. En la figura 4, por lo tanto, un "tiempo rápido" se extiende de izquierda a derecha y una "tiempo lento" se extiende de arriba abajo. En la figura 4, se representan las Líneas de Rango de tres mazas de antenas "Haz 1", "Haz 2" y "Haz 3", como se muestra en la figura 3. Las tres mazas de antenas se colocan a la distancia temporal de un periodo de pulso (PRI: Pulse Repetition Intervall = Intervalo de Repetición del Pulso) sobre el impulso siguiente, respectivamente, que entre en la franja a explorar y generan para ésta una Línea de Rango. En el ejemplo representado, la anchura de banda explorada está en la zona inclinada

$$R_2 - R_1 = (3 \cdot PRI - \tau_p) \cdot \frac{c}{2},$$

en la que  $R_1$  y  $R_2$  designan la distancia máxima y mínima de la zona inclinada de los límites de la banda. La distancia  $R_1$  se selecciona en este caso de tal manera que a la entrada de un impulso de la banda en el instrumento se puede conmutar precisamente a recepción

$$R_1 = (n \cdot PRI + \tau_p) \cdot \frac{c}{2}.$$

El registro de una Línea de Rango debe interrumpirse durante un tiempo

$$\Delta T = PRI - \tau_p$$

5 después del comienzo, puesto que entonces se comienza con la emisión de un impulso nuevo. Esto se representa en la figura 4 por medio de puestas (ver el signo de referencia 26). Antes de que la Línea de Rango se pueda acabar, aparece otra vez una segunda puerta.

10 Para el procesamiento azimutal que se extiende en la dirección del "tiempo lento", las puertas son lugares de exploración perdidos. Las puertas se ensancha todavía con una mitad de la longitud del impulso sobre los dos lados, puesto que cada Línea de Rango debe comprimirse todavía antes del procesamiento azimutal, y conducen a banda sino deseadas en la imagen-SAR posterior. Para una longitud del impulso de por ejemplo 50  $\mu$ s existen siempre aproximadamente 15 km en la zona inclinada.

15 De acuerdo con la invención, se varía ahora el periodo del pulso PRI para la prevención de la banda "negra" no deseada en la imagen-SAR posterior, de manera que las señales de impulsos 18 de los haces de radar 16 se emiten a intervalos de tiempo irregulares. De esta manera, las Puertas de las Líneas de Rango 26 no se encuentran todas unas debajo de las otras y no existen intersticios azimutales totalmente sin valores de exploración. Los intersticios azimutales representan entonces, en efecto, una exploración irregular de la señal azimutal, a partir de la cual se puede reconstruir, sin embargo, según el teorema de exploración general, una señal azimutal explorada uniforme.

20 Esto se explica ahora con la ayuda de un ejemplo. Se utiliza una secuencia de distancias de pulsos en un llamado modo N° 6

$$PRI = 10\tau, 9\tau, 8\tau, 7\tau, 6\tau, 10\tau, 9\tau, \dots$$

25 en el que se aplica:

$$\tau = 2\tau_p,$$

30 es decir, que  $\tau$  corresponde al doble de la longitud del impulso  $2\tau_p$ . El modo N° 6 anterior no es la única o la mejor posibilidad de la emisión de impulsos. Existe una pluralidad de otros modos o bien posibilidades, todas las cuales poseen sus ventajas específicas.

35 En la figura 5, ahora un dispositivo-SAR 10 como por ejemplo un satélite-SAR recibe a través de una antena de recepción correspondiente con cinco mazas de antenas "Haz 1" a "Haz 5" al mismo tiempo y ecos de radar coherentes. En la figura 5, el eje de la zona inclinada está dividido de acuerdo con el Modo N° 6, es decir, que 6 representa allí una distancia radial de

$$6 \rightarrow 6\tau \cdot \frac{c}{2}.$$

40 Al comienzo de un PRI está siempre la emisión de un pulso. Tan pronto como el pulso ha entrado en la banda a configuras o bien a explorar, dicho más exactamente, tan pronto como se reciben los ecos que pertenecen al pulso de los centros de dispersión más adelantados de la banda, se coloca un haz SCORE (Scan On REceive = Escanear en recepción) sobre el pulso y se registra una Línea de Rango. El registro se interrumpe cuando se emite un pulso nuevo. En el ejemplo representado en la figura 5 existen - como ya se ha dicho - cinco mazas de antenas de recepción y cuatro interrupciones del registro por Línea de Rango. Cuando se libera una maza, se coloca sobre el pulso siguiente en la banda.

50 Los datos correspondientes, que son registrados, se muestran en la figura 6 como Líneas de Rango. Al comienzo y al final de cada Línea de Rango existen de nuevo intervalos, que no presentan datos, puesto que las puertas 26 están en las columnas precisamente unas debajo de las dos. Entre los intervalos "sin datos" se extiende en cada Línea de Rango un intervalo de tiempo que cubre un "tiempo rápido" de  $39\tau$  y que contiene cuatro puertas sin datos. Cada uno de estos intervalos corresponde a una Línea de Rango registrada o bien anchura de banda detectada. Durante el procesamiento azimutal, por cada columna azimutal de cinco muestras potenciales, falta como máximo una de ellas. Es decir, que por cada  $40\tau$  de duración de la señal en el azimut están disponibles siempre al menos cuatro muestras para su reconstrucción.

55 A continuación se explica ahora en detalle el procesamiento azimutal. Una señal limitada en la anchura de banda se puede reconstruir también con exploración irregular, como se describe en el Artículo "Unambiguous SAR Signal

Reconstruction from Nonuniform Displaced Phase Center Sampling", G. Krieger, N. Gebert, A. Moreira, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 1, No. 4, Oct. 2004. En este artículo se describe una investigación de una exploración, en la que M aperturas movidas uniformemente en azimut y desplazadas entre sí registran una señal de la anchura de banda B con tasa de exploración regular, pero reducida en el factor M.

$$f_s = \frac{B}{M}$$

En este caso, las distancia de las aperturas no están sometidas teóricamente casi a ninguna limitación; sobre todo diferentes aperturas no tienen que encontrarse en diferentes instantes de exploración exactamente en la misma posición azimutal. En el caso de señales ruidosas, el SNR de la señal reconstruida cae ya en la medida en que se inicia tal situación "prohibida" de la exploración múltiple en el mismo lugar.

Con respecto al ejemplo anterior, durante la reconstrucción de cada señal azimutal individual (de cada columna individual del diagrama de la figura 6), respectivamente, al menos cuatro mazas de antenas proporcionan una muestra. Las cuatro mazas como proveedoras de muestras se pueden comparar con las aperturas individuales del párrafo anterior; suministran, respectivamente, una muestra con periodo uniforme de  $40\tau$ , y están separadas entre  $6\tau$  y  $10\tau$  entre sí. Si tienen una distancia diferente de 0, se podría reconstruir perfectamente una señal azimutal libre de ruido. Pero, en realidad, para la prevención de un nivel de ruido creciente en la señal reconstruida debería pensarse que estas distancias no son demasiado pequeñas. Como escala para la desigualdad se puede utilizar aquí el intervalo de tiempo máximo que aparece durante el muestreo combinado ( $19\tau$  en el ejemplo representado en la figura 6) con relación al  $PRI_0$  necesaria nominal (con exploración uniforme) derivada de la anchura de banda azimutal B

$$u = \frac{19\tau}{PRI_0} = 19\tau \cdot B$$

El PRI conseguir después del remuestreo de la exploración uniforme equivalente se da en el presente ejemplo debido a  $M=4$  en

$$PRI = \frac{40\tau}{M} = 10\tau .$$

El PRI después del remuestreo no puede exceder el  $PRI_0$ , es decir,

$$20\tau_p = 10\tau = PRI \leq PRI_0 .$$

Ésta es unas condición para la duración máxima admisible del pulso  $\tau_p$  en el presente modo N° 6 de una exploración irregular. Utilizando la duración máxima posible del pulso resulta debido a  $PRI=PRI_0$  y  $\tau=PRI_0/10$  para la desigualdad u el valor 1,9. Para duraciones más cortas del pulso, el valor u es correspondientemente menor debido a  $\tau=PRI_0/10 < PRI/10$  y corresponde ya a una sobre-exploración.

En virtud de los resultados de simulación publicados en el Artículo mencionado anteriormente, se parte en este caso de que para  $u>2$  se puede conseguir un SNR satisfactorio en la señal azimutal reconstruida. Para  $u=1$ , se tendría una exploración irregular con un periodo de exploración máximo, que equivaldría al  $PRI$  máximo posible en exploración regular.

El modo N° 6 se puede variar naturalmente. A continuación se evalúan ahora por comparación diferentes ejemplos para exploración irregular. Para esta evaluación se estiman las anchuras de bandas alcanzables en cada caso para los ejemplos y los valores de potencia punta necesarios, respectivamente, durante la emisión.

Un modo de una exploración irregular se caracteriza por el vector integral K-dimensional v

$$v = [v_1 v_2 \dots v_k]$$



El modo N° 6 corresponde, por ejemplo al vector 5-dimensional

$$v = [10 \quad 9 \quad 8 \quad 7 \quad 6].$$

5 M < K designa el número mínimo de muestras azimutales, que están disponibles durante el procesamiento azimutal (en el ejemplo del modo N° 6 es M=4). Con

$$S = \sum_{k=1}^K v_k$$

10 (en el modo N° 6, es S=40) resulta la duración máxima posible del pulso a partir de la condición

$$S \cdot \tau = M \cdot PRI,$$

15 puesto que  $S\tau$  representa el periodo de exploración de cada uno de los M haces a explorar por separado y cada uno de estos haces puede explorar M-veces más lento que un canal individual que explora de manera uniforme. A partir de la última ecuación se puede deducir:

$$\tau_p = \frac{\tau}{2} = \frac{M \cdot PRI}{S \cdot 2}.$$

20 En el caso de que para la desigualdad del modo respectivo no se cumpla la condición

$$u \leq 1.9$$

25 se reducen  $\tau$  y, por lo tanto,  $\tau_p$  proporcionalmente hasta que se aplica  $u = 1.9$ .

La anchura de banda W alcanzable con un modo es

$$W = (S-1) \cdot \tau \cdot \frac{c}{2}.$$

30 Para la determinación de la potencia punta o bien media necesaria durante la emisión se utiliza el instrumento convencional (A) (ver la figura 1) como referencia.

35 Como parámetros de funcionamiento típicos del instrumento de referencia (A) se utilizan una potencia media de 750 W, una PRF de 5280 Hz y un ciclo de trabajo de 25 %. Esto conduce a duraciones del pulso de aproximadamente 47  $\mu$ s y una potencia punta de aproximadamente 3 KW.

40 Para que el instrumento-SAR (C) (ver la figura 1) según la invención presente aproximadamente el mismo SNR que el instrumento de referencia (A) (el SNR del instrumento (B) de la figura 1 es un factor de 3 más alto con el mismo ciclo de trabajo), la energía, que se emite desde el instrumento (C) por cada pulso, debería ser igual a la energía del impulso individual del instrumento (A). Para el análisis del rendimiento son necesarias las siguientes variables medias del instrumento (C):

$$\overline{PRI} = \frac{S \cdot \tau}{K}$$

Periodo medio de exploración

$$\overline{PRF} = \frac{1}{\overline{PRI}}$$

45 Tasa media de impulsos

Ciclo de trabajo medio 
$$\bar{\delta} = \tau_p \cdot \overline{PRF} .$$

5 Para el mismo SNR del instrumento (C) y (A) debería adaptarse la potencia punta  $P_0$  en el instrumento (C) a la relación de la duración del impulso entre el instrumento (A) y (C).

$$P_0 = 3KW \cdot \frac{47\mu s}{\tau_p} .$$

La potencia media de emisión del instrumento (C) resulta

10 
$$\bar{P} = P_0 \times \bar{\delta} .$$

La Tabla siguiente permite la comparación de algunos modos de exploración irregular en comparación con el sistema de referencia (A) convencional. Se pueden tomar las siguientes determinaciones:

- 15
1. Los componentes grandes del vector de modo conducen a pulsos cortos.
  2. Los pulsos cortos conducen a anchuras de banda grandes y a valores de potencia punta altos.
  3. La potencia media de emisión es durante la exploración irregular más alta que en el instrumento (A) convencional, por que una parte d los pulsos se pierde para el procesamiento azimutal.
  4. El ejemplo 3 se prevé como buen compromiso entre la anchura de banda y la potencia punta.
- 20

Los valores de potencia punta, en general, altos se pueden reducir a través del procedimiento múltiple por división de frecuencia descrito más adelante según la invención durante la emisión a valores aceptables.

	Ref. Instrum, (A)	Ejemplo I1	Ejemplo I2	Ejemplo I3	Ejemplo I4	Ejemplo I5
Modo PRI	Misma forma	$\tau[10,9,8,7,6]$	$\tau[19,7,6,5,3]$	$\tau[3,3,3,2,2,2]$	$\tau[3,3,2,2,1,1]$	$\tau[3,3,2,2]$
Longitud de la secuencia K = número de bandas SCORE necesarias	-	5	5	6	6	4
M	-	4	4	3	3	2
Duración del pulso en $PRI_0=5280$ Hz y $u = 1,9$	47 $\mu$ s	9,5 $\mu$ s	11,2 $\mu$ s	16,4 $\mu$ s	18 $\mu$ s	18,9 $\mu$ s (con $u=1,6$ )
Anchura de la banda (zona inclinada)	28,4 km	110,8 km	97,8 km	68,7 km	59,4 km	51,1 km
Tasa media de pulsos	5,3 kHz	6,6 kHz	7,4 kHz	12,2 kHz	13,9 kHz	10,6 kHz
Ciclo medio de trabajo	25 %	6,3 %	8,3 %	20 %	25 %	20 %
Potencia media de emisión	750W	938W	1,05kW	1,74KW	1,97 KW	1,5KW
Potencia punta	3KW	15,0KW	12,6KW	8,7KW	7,9KW	7,5KW
Potencia punta en tres antenas o bien aperturas TX	-	5,0KW	4,2KW	2,9KW	2,6KW	2,5KW

25 Puesto que en oposición al instrumento (B) se trabaja con una PRF media alta, en el dispositivo-SAR según la invención resultan duraciones relativamente cortas del pulso  $\tau_p$ . No obstante, para conseguir el mismo SNR que en el instrumento de referencia (A), en el instrumento (C) cada pulso debería llevar la misma energía que en el instrumento (A). Esto conduce a los valores de potencia punta relativamente altos de la Tabla anterior.

30

En principio, estas potencias altas se pueden realizar a través de la paralelización de amplificadores de potencia, lo que oculta, sin embargo, grandes riesgos, especialmente en aplicaciones espaciales: En el caso de amplificadores tubulares con una potencia del pulso de varios kW existe, por ejemplo, el peligro de efectos de alta energía, como

multiplicación, en el caso de amplificadores de semiconductores existen, por una parte, limitaciones tecnológicas, por otra parte la elevación de la densidad del amplificador, es decir, el número de amplificadores por área, puede conducir a problemas térmicos serios.

5 Aquí puede proporcionar ayuda la utilización de varios (aquí: tres) módulos de emisión y extremos frontal, que emiten de manera coherente y uniforme diferentes zonas de frecuencia de la frecuencia modulada pulsada de emisión:

TX1 emite el primer tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $-B/2 < f < -B/6$

10 TX2 emite el segundo tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $-B/6 < f < B/6$

TX3 emite el tercer tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $B/6 < f < B/2$

15 A través de la simultaneidad de la emisión se puede irradiar el triple de la energía de emisión dentro de la duración dada del pulso  $\tau_p$ . Por lo tanto, la demanda de potencia punta en un módulo de emisión cae a un tercio del valor total nominal (ver Tabla anterior). Durante el procesamiento se pueden separar las corrientes de datos a través de filtros de frecuencia digitales.

20 El principio de distribuir la anchura de banda de la señal sobre varios módulos que emiten simultáneamente es especialmente interesante cuando se necesitan diferentes anchuras de mazas para diferentes alineaciones de radar. En rango lejano, se utiliza toda la apertura de emisión para una frecuencia modulada pulsada de ancho de banda completo. En rango próximo, se necesita una maza esencialmente más ancha, que se genera convenientemente con una apertura pequeña (sólo fases con ensanchamiento controlado del haz no son efectivas); pero si no se utilizan partes de antenas, esto significa no sólo ganancia de antenas más reducida, sino potencia del pulso todavía adicionalmente reducida. Esto se evita a través del procedimiento descrito.

25 Como ya se ha explicado anteriormente, en la invención se utilizan varias mazas de antenas independientes recibir y registrar por separado los ecos que retornan desde los pulsos o bien señales de impulsos individuales. Las llamadas ambigüedades de rango, es decir, por decirlo así, las diafonías desde una maza sobre la maza vecina, aparecen cuando las mazas receptoras no se separan suficientemente bien. En tal caso, la maza no sólo recibe los ecos de su pulso, sino también - con amplitud reducida - los ecos de los impulsos de las mazas vecinas.

30 Por lo tanto, debería prestarse atención a la expresión de una maza de antena en elevación con mazas adyacentes suficientemente bajas. En el instrumento (B) o (C) de la figura 1, esto se realiza durante la Formación del Haz Digital (DBF) en el dominio digital. Esto es especialmente importante en el instrumento (C) en virtud del PRI menos y de los centros de ecos que se encuentran más próximos entre sí, por lo tanto, en el objeto a explorar. En la DBF se proveen las señales individuales de las sub-aperturas, es decir, las señales de las antenas-TX RX1 a RX17 con factores de peso apropiados, especialmente complejos en función del tiempo. Puesto que se conoce el lugar exacto de los pulsos vecinos, se pueden colocar muy selectivamente ceros en los lugares correspondientes de los patrones de antenas generados por las sub-aperturas.

35 Un método todavía más efectivo de la supresión de Ambigüedades de Rango consiste en el STAP (Procesamiento Adaptable de Espacio-Tiempo). El STAP se describe en detalle en el libro "Space-Time Adaptive Processing" de R. Klemm, IEE Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series 9, 1998, ISBN 0 85296 946 5. En el STAP, que se emplea para la supresión de ramos en la detección de objetivos móviles a partir de datos brutos-SAR, se colocan ceros no sólo como en la adaptación de patrones de antenas en la zona (angular) espacial como se explica anteriormente), sino en zona combinada de espacio-tiempo. La dimensionalidad más elevada de este espacio de la señal y la utilización de un procesador óptimo conducen en STAP siempre a resultados de filtro al menos de la misma calidad, pero, en general, a resultados de filtro mejorados que en la simple adaptación de patrones. El principio físico, que está detrás de la supresión ("filtrado") de señales no deseadas, consiste en una caracterización combinada de la señal en la zona de tiempo y lugar; esto último significa la fijación de la dirección angular, a partir de la cual la señal entre en el extremo frontal. A tal fin, la condición previa imprescindible es un Extremo-Frontal-Multiapertura como en el HRWS-SAR. La nitidez de la separación alcanzable con este procedimiento crece con la altura total de la antena-RX y el número de sus sub-aperturas.

40 A continuación se explica la posibilidad de la reducción de los datos según la invención. Sin reducción de datos, las señales brutas de todas las 17 aperturas de elevación RX1-RX17 deben registrarse temporalmente y deben transmitirse más tarde a un procesador-SAR central para la evaluación. Mientras que en el instrumento (B) aparecen como máximo 5280 Líneas de Rango por segundo, esto corresponde en el instrumento (C) de acuerdo con la invención tanto como a la frecuencia media del pulso. Es especialmente posible una reducción eficiente de los datos cuando el DBF se realiza ya en el lado de a bordo, es decir, en el instrumento con la antena, por ejemplo un satélite-SAR<. De esta manera se transfieren por cada pulso 17 Líneas de Rango específicas de la apertura en K Líneas de Rango específicas del chorro (por ejemplo,  $K = 5$ ).

Como segunda etapa de una reducción de datos en el lado de a bordo se pueden eliminar de las Líneas de Rango

específicas del chorro aquellas partes, donde en una columna azimutal existen por K pulsos más de M muestras. En la figura 6, ésta son, por ejemplo, omitiendo la longitud del pulso, zonas de Líneas de Rango detrás de la primera zona representada, puesto que allí están disponibles, respectivamente, 5 muestras en azimut frente a sólo 4 muestras en la primera columna en la memoria. La quinta muestra no es necesaria para el procesamiento azimutal y, por lo tanto, no debe transmitirse a un procesador-SAR central. Esta segunda etapa tiene una importancia especial en el caso de PRF medio alto.

Según la invención, con PRI irregular se pueden registrar bandas grandes con resolución al mismo tiempo alta como con un HRWS-SAR. Sin embargo, en este caso la antena según la invención es esencialmente menor, por ejemplo al menos tres veces menor que la antena del HRWS-SAR conocido. Además, en virtud de la antena menor existen menos Extremos-Traseros que en el HRWS-SAR. En cambio, los requerimientos de potencia de emisión son más altos. Además, con la invención se puede conseguir un rendimiento-SNR como en un SAR monoestático convencional. Debido al PRI irregular, se puede evitar la aparición de franjas negras en la imagen-SAR posterior. A través de la variación del PRI irregular se puede adaptar un SAR basado en la invención óptimamente a una misión determinada.

La apertura total en elevación ampliada en la invención y las sub-aperturas múltiples de la antena de recepción ofrecen las siguientes ventajas:

1. Con una anchura de banda grande se eleva la ganancia de las antenas de recepción.
2. Las mazas de las antenas de recepción así como su dispersión de la frecuencia se pueden seguir dinámicamente.
3. Se pueden suprimir ambigüedades de rango.
4. Se pueden generar varias mazas de recepción con PRF alto.

Por último, hay que indicar que el número y tamaño de las sub-aperturas de la antena de recepción según la invención se puedan adaptar según el objeto de aplicación.

En general, con la invención se consiguen las funciones esenciales de un HRWS-SAR sin una reducción PFR y con una antena esencialmente más pequeña.

Como otra forma de realización, la invención publica un dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución, que comprende al menos dos antenas de emisión para la generación de haces de radar para la exploración de un objeto, en el que las al menos dos antenas de emisión son accionadas al mismo tiempo en el modo múltiple por división de frecuencia.

En radares de apertura sintética, a menudo es necesario o deseable un incremento de la potencia de emisión de la antena de emisión. Pero al mismo tiempo, la apertura (altura y anchura) de la antena de emisión se fija por razones sistemáticas.

En antenas pasivas, cuya potencia de emisión crece proporcionalmente a la potencia del pulso de la señal-HF alimentada, se pueden realizar, en principio, potencias incrementadas a través de paralelización de amplificadores de potencia. Pero esto oculta grandes riesgos, especialmente en aplicaciones espaciales: En el caso de amplificadores tubulares con una potencia del pulso de varios kW existe, por ejemplo, el peligro de efectos de alta energía, como multipacción. En el caso de amplificadores de semiconductores existen, por una parte, limitaciones tecnológicas, por otra parte la elevación de la densidad del amplificador, es decir, el número de amplificadores por área, puede conducir a problemas térmicos serios.

La utilización de antenas activas suficientemente ampliadas, cuya potencia de emisión crece proporcionalmente a la superficie de la antena, no conduce a la solución por que regularmente bajo aspectos del sistema no puede excederse una apertura determinada de la antena y . por consiguiente la superficie de la antena -.

La presente invención soluciona el problema a través del funcionamiento paralelo de varias antenas de emisión de la misma geometría de la apertura deseada, por supuesto en el modo múltiple por división de frecuencia. Por ejemplo, se puede emitir una frecuencia modulada pulsada de la anchura de banda B y la dirección del pulso  $\tau_p$ . Cada una de las antenas de emisión (aquí tres antenas de emisión TX1, TX2, TX3) emite de manera coherente y al mismo tiempo diferentes zonas de frecuencia de la frecuencia modulada pulsada de emisión:

- TX1 emite el primer tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $-B/2 < f < -B/6$
- TX2 emite el segundo tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $-B/6 < f < B/6$
- TX3 emite el tercer tercio de la frecuencia modulada pulsada:  $B/6 < f < B/2$

Debido a la simultaneidad de la emisión se puede irradiar en el ejemplo el triple de la energía de emisión dentro de la duración dada del pulso  $\tau_p$ , sin hacer necesario un incremento de la potencia de la antena individual. La antena

individual demasiado débil debe reproducirse, por lo tanto, sólo con la misma estructura y alimentarse con otra señal. En este caso, se reduce incluso su requerimiento de ancho de banda.

5 Pero la invención descrita no sólo puede servir para incrementar la potencia de emisión del sistema con apertura inalterada. El procedimiento permite, en general, un desacoplamiento de potencia de emisión y de tamaño de apertura en antenas activas. A la inversa, también se puede dividir una apertura de potencia de emisión suficiente en varias sub-aperturas y módulos de emisión correspondientes, para realizar toda la potencia de emisión con la apertura reducida. El principio de distribuir la anchura de banda de la señal sobre varios módulos que emiten al mismo tiempo, es especialmente interesante cuando se necesita para diferentes alineaciones de radar uno y el mismo instrumento de diferentes anchuras de mazas: en el rango lejano se necesita toda la apertura de emisión para una frecuencia modulada pulsada de anchura de banda total. En el rango próximo, se necesita una maza esencialmente más ancha, que se genera regularmente con una apertura pequeña. Un ensanchamiento del haz controlado por fases no sería suficientemente efectivo, y la desconexión de superficies parciales de las antenas significaría una potencia reducido del pulso. Esto se evita a través del procedimiento descrito.

15 Durante el procesamiento de los ecos de radar recibidos deben separarse de nuevo las señales en la presente invención por medio de filtros de frecuencia analógicos o digitales.

20 Los números concretos mencionados en la descripción para parámetros de funcionamiento se mencionan sólo de forma ejemplar; la publicación de la invención no está limitada a ellos.

**Lista de signos de referencia**

10	Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución
25 12	Superficie de la tierra
14	Antena de recepción del dispositivo-SAR 10
16	Haz de radar
18	Señales de impulsos del haz de radar 16
20, 22, 24	Haces de radar emitidos al mismo tiempo
30 26	Puerta

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución (10), que comprende dos o más antenas de emisión (TX1-TX3) para la generación de franjas de radar (16) para la exploración de un objeto (12), una antena de recepción (14) para la recepción de haces de radar (20, 22, 24) reflejados en el objeto (12), que presenta varias sub-aperturas (RX1-RX17) dispuestas en elevación, que forman menos de tres aperturas azimutales, en el que el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución está configurado de tal forma que se emiten señales de impulsos (18) de los haces de radar (16) a intervalos de tiempo irregulares, de tal manera que durante la exploración no siempre aparecen huecos de datos en el mismo lugar, y sólo conducen a fallos reconstruibles locales en las exploraciones, y en el que el dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución está configurado, además, de tal manera que para un procesamiento de ecos de radar (20, 22, 24) recibidos en azimut se emplea un procedimiento de remuestreo para la reconstrucción de los fallos locales en las exploraciones.
- 10
- 15 2.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la reivindicación 1, caracterizado por que está configurado, de tal manera que se accionan al menos dos antenas de emisión (TX1-TX3) al mismo tiempo en el modo múltiple por división de frecuencia.
- 20 3.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que está configurado, además, para preparar por medio de Formación de Haz Digital, respectivamente, un canal de recepción para cada uno de los ecos de radar (20, 22, 24).
- 25 4.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la reivindicación 3, caracterizado por que está configurado para separar estrictamente un eco de radar (20) recibido de ecos de radar (22, 24) recibidos vecinos, siendo provistas las señales de las sub-aperturas (RX1-RX17) en el dominio digital con factores de peso complejos en función del tiempo.
- 30 5.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la reivindicación 4, caracterizado por que los factores de peso complejos en función del tiempo están configurados de tal manera que un diagrama de antenas (20) en las direcciones de ecos de radar (22, 24) recibidos vecinos recibe un cero.
- 35 6.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según una de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que está configurado, además, para realizar un Procesamiento Adaptable de Espacio-Tiempo de las señales de las sub-aperturas (RX1-RX17).
- 40 7.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que está configurado, además, para comprimir los datos obtenidos a partir de los ecos de radar (20, 22, 24) recibidos antes de la transmisión a una estación terrestre.
- 45 8.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que presenta para cada antena de emisión (TX1-TX3), respectivamente, un módulo de emisión y Extremo-Frontal para la generación de un patrón de antenas y emisión de un pulso de radar.
- 50 9.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la reivindicación 8, caracterizado por que los módulos de emisión y los Extremos-Frontales están configurados para emitir de manera coherente y al mismo tiempo frecuencias moduladas pulsadas de emisión, en el que cada módulo de emisión y Extremo-Frontal están configurados para emitir, respectivamente, en otra gama de frecuencia.
- 10.- Dispositivo de radar de apertura sintética de alta resolución según la reivindicación 9, caracterizado por que presenta filtros de frecuencia digita, que están previstos para separar según la frecuencia las corrientes de datos generadas a partir de chorros de radar (20, 22, 24) recibidos.

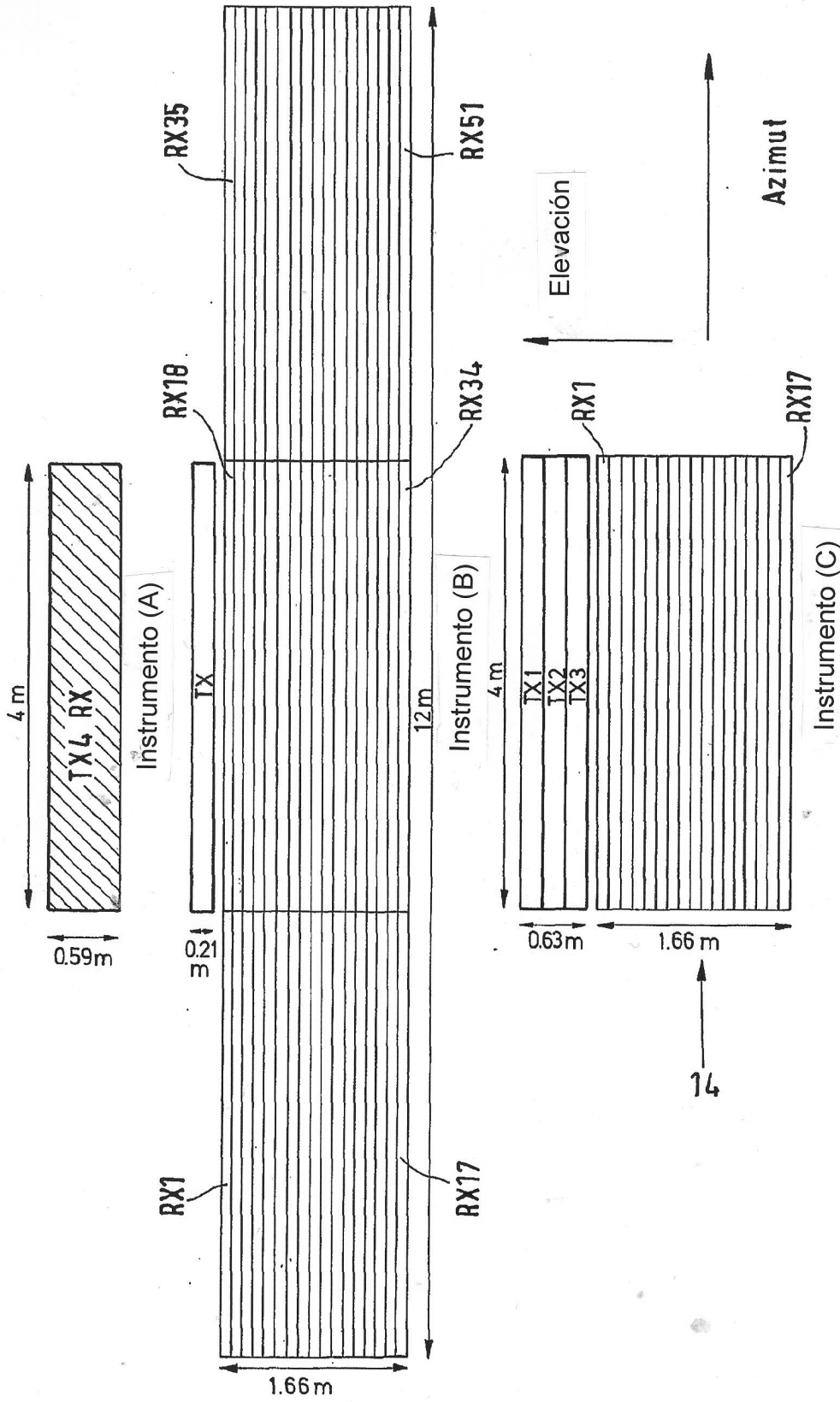


FIG.1

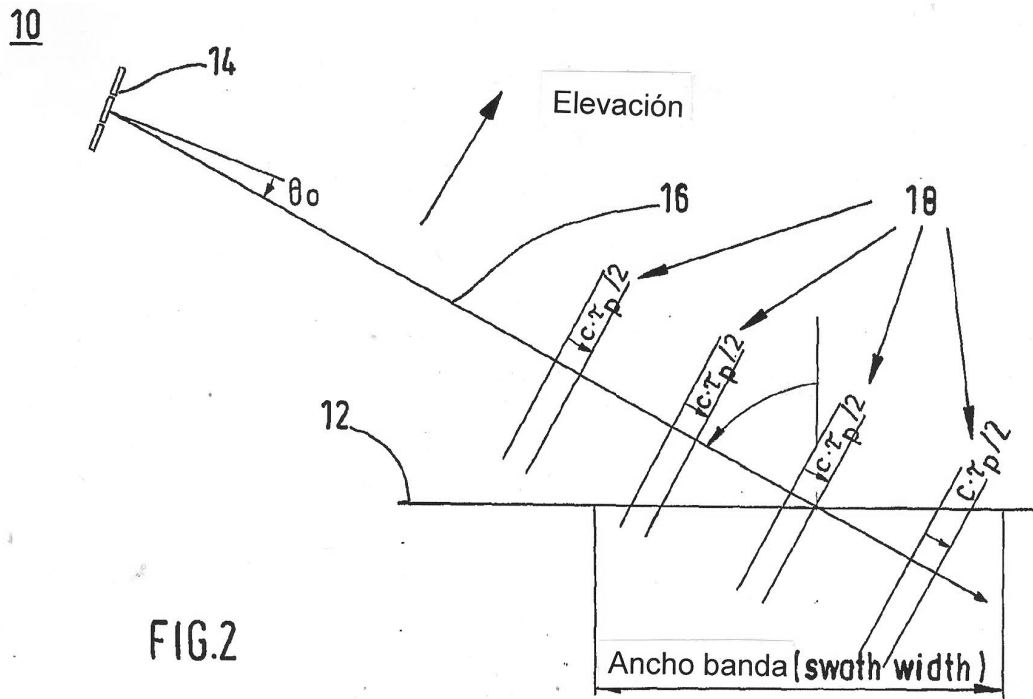


FIG. 2

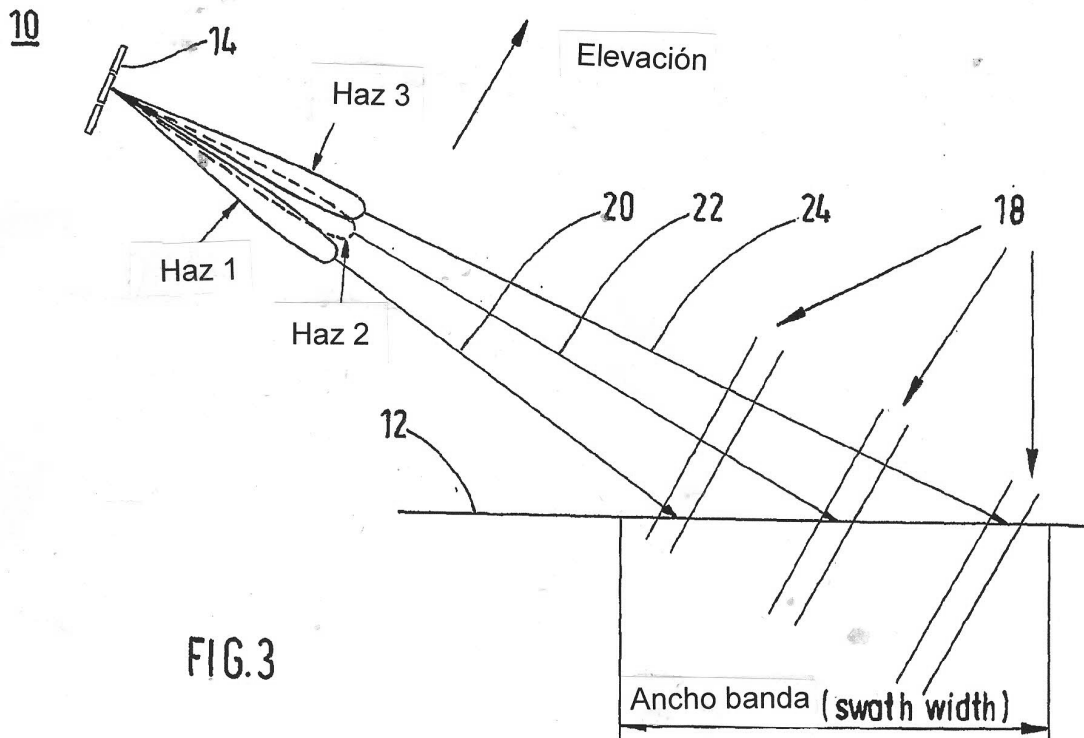


FIG. 3



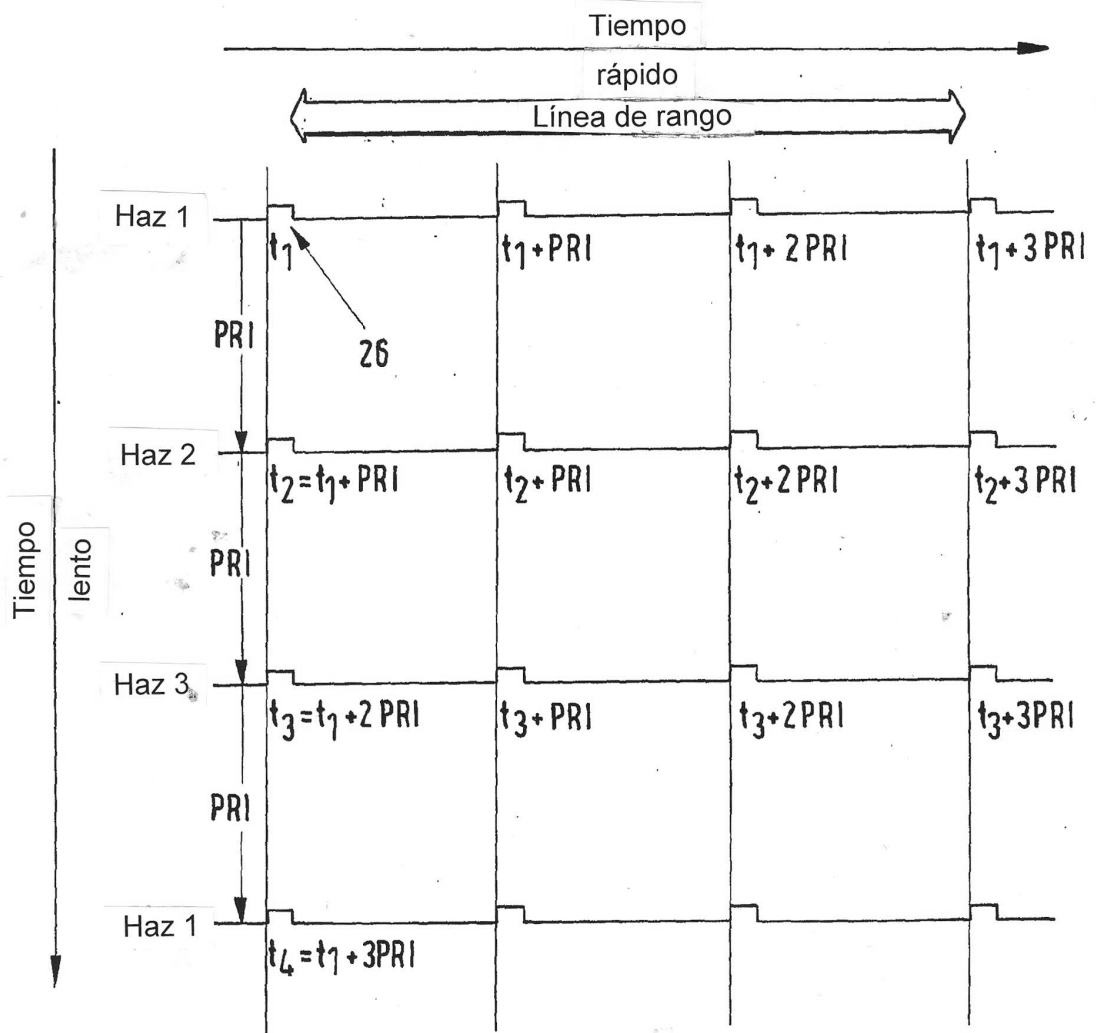


FIG.4

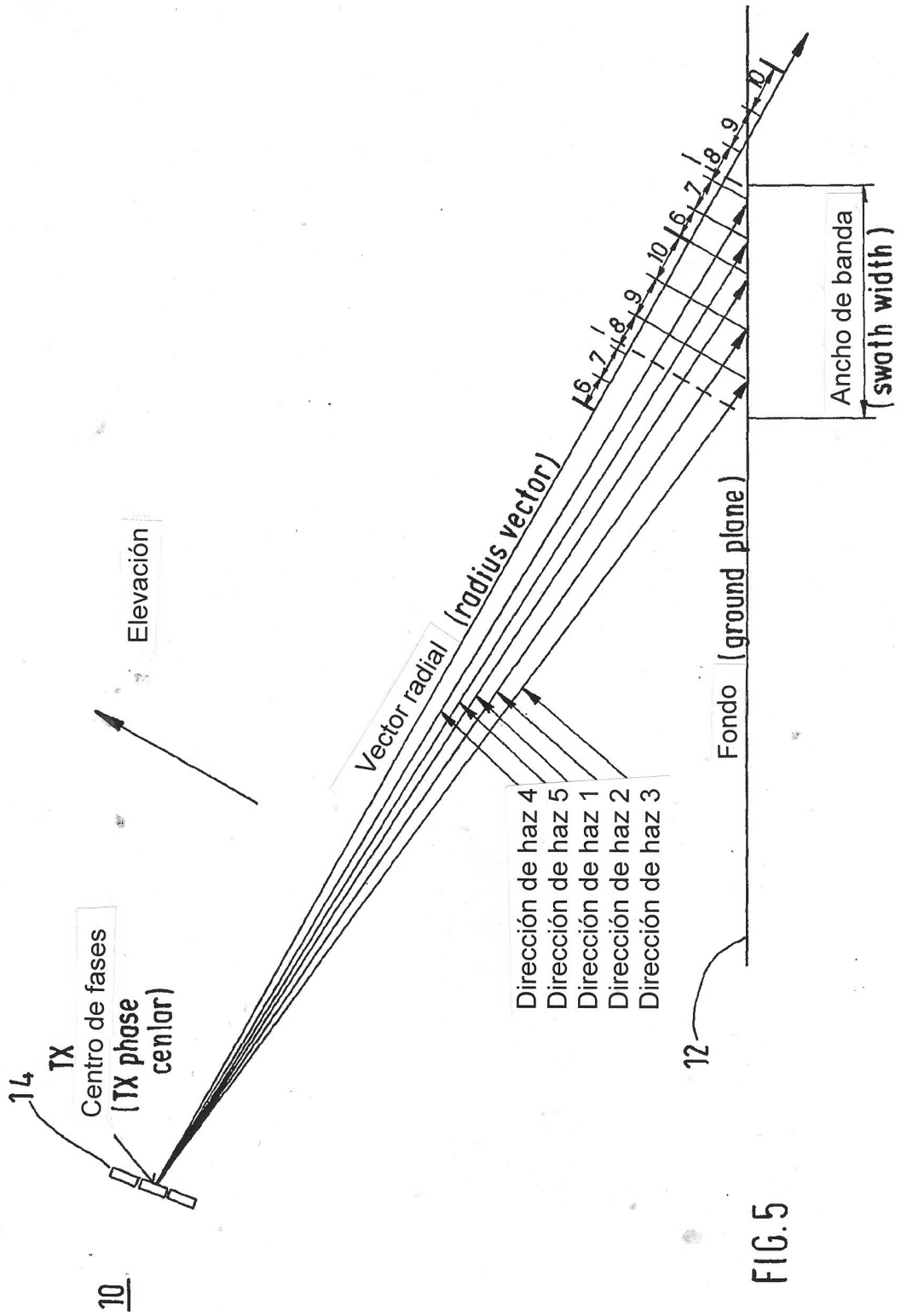


FIG. 5

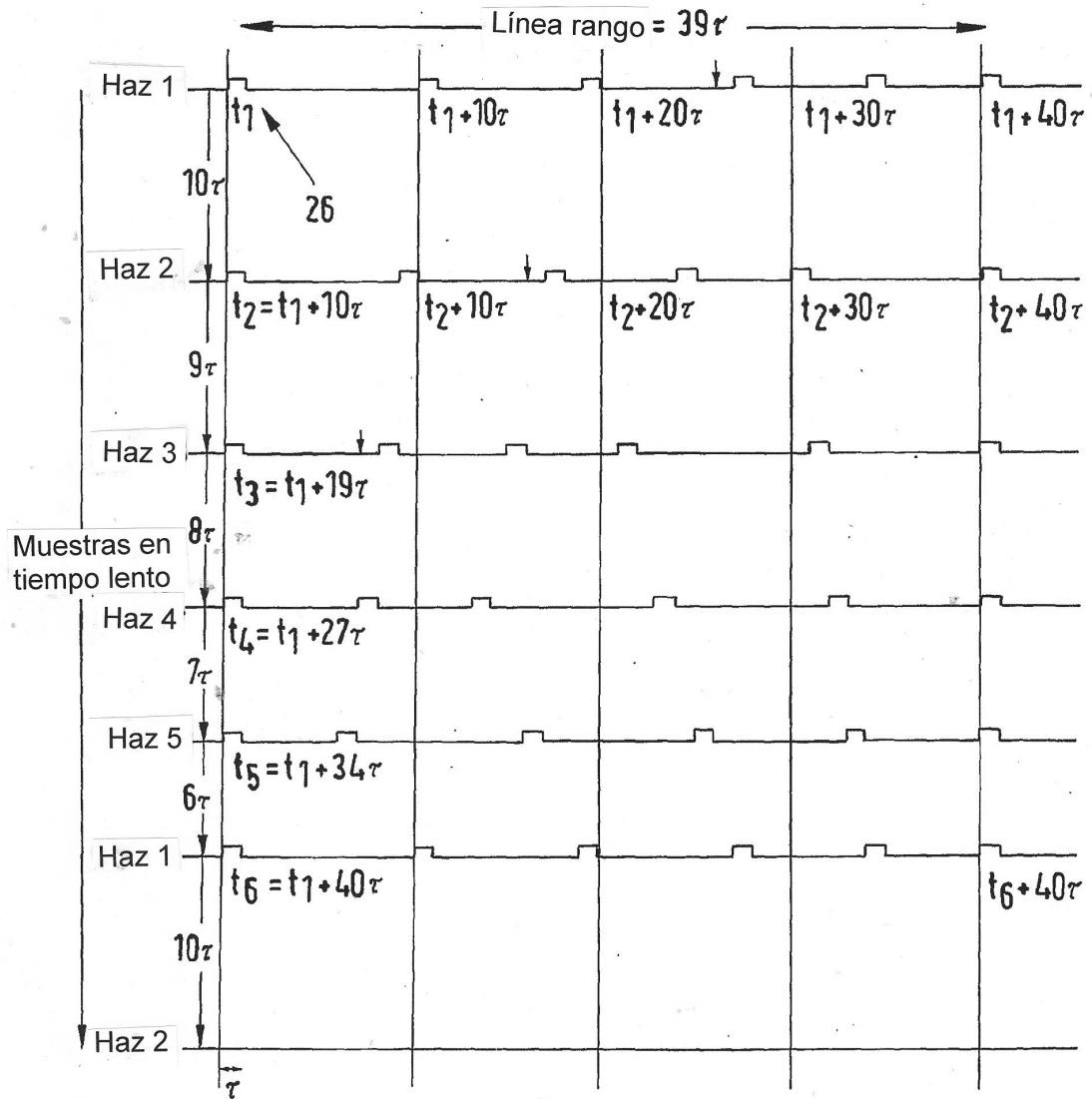


FIG. 6