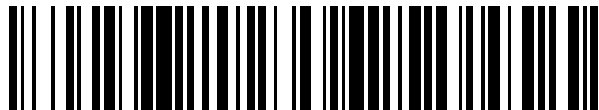


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 564**

51 Int. Cl.:

G01S 7/02 (2006.01)

G01S 13/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2015** **E 15165372 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017** **EP 2942637**

54 Título: **Dispositivo de detección de cambios, método de detección de cambios y soporte de registro**

30 Prioridad:

09.05.2014 JP 2014097643

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

02.04.2018

73 Titular/es:

**NEC CORPORATION (100.0%)
7-1, Shiba 5-chome
Minato-ku, Tokyo 108-8001, JP**

72 Inventor/es:

MURATA, MINORU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 661 564 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 detección de cambios, método de detección de cambios y soporte de registro

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se relaciona con un dispositivo de detección de cambios, un método de detección de cambios y un programa de detección de cambios para detectar un cambio de la superficie terrestre o de un objeto y, más específicamente, con un dispositivo de detección de cambios, y método de detección de cambios y un programa de detección de cambios para detectar un cambio de la superficie terrestre o un objeto utilizando técnicas PS-InSAR.

10

TÉCNICA ANTERIOR

Una de las técnicas para calcular un cambio de la superficie terrestre o un objeto es una técnica llamada PS-InSAR (por sus siglas en inglés, radar interferométrico de apertura sintética con dispersión permanente/persistente) (por ejemplo, el documento no patente 1 y el documento no patente 2). PS-InSAR es una técnica para la medición del desplazamiento en un punto en la superficie terrestre o un determinado objeto mediante la aplicación de interferometría a los datos de SAR que son datos obtenidos con respecto a un punto que tiene propiedades de PS (por sus siglas en inglés, dispersión permanente/persistente) mediante un radar de apertura sintética (SAR, por sus siglas en inglés). Las ondas de radio tienen la característica de permitir su observación independientemente del clima o incluso la noche, ya que pasan a través de las nubes o la lluvia, a diferencia de las ondas de luz. En el documento a continuación, se hará referencia a un punto en la superficie terrestre o en un objeto, cuyo desplazamiento debe ser medido en PS-InSAR, como un punto de medición. Cada punto en la superficie terrestre o en un objeto corresponde a cada celda de resolución en un campo visual para la captura de imágenes del radar de apertura sintética.

25

En la presente memoria, las propiedades de PS son propiedades en las cuales una característica de dispersión de ondas de radio no cambia en un lapso de tiempo. Si bien las ondas o plantas se encuentran entre aquellas que no tienen propiedades de PS, la mayoría de las estructuras artificiales tienen propiedades de PS en una cantidad de ubicaciones en las mismas. Sin embargo, en PS-InSAR, el uso de un determinado lugar como punto de medición requiere un determinado grado de intensidad de retrodispersión (que en adelante se denomina intensidad de reflexión) además de las propiedades de PS. Esto se debe a que cuando una intensidad de reflexión es baja, es posible que las señales queden sepultadas en el ruido. Tal limitación en los puntos de medición disminuye la ventaja de PS-InSAR.

30

35

Se sabe que, por ejemplo, en un punto que tiene tal forma como una placa plana individual, la retrodispersión es tan débil que incluso si tiene propiedades de PS, es menos probable que el punto se considere como un punto de medición. También se sabe que, por ejemplo, en un punto que tiene una forma tal que se componga de tres placas tipo triángulo equilátero cuadradas o rectangulares unidas de modo que se enfrenten una a la otra en los ángulos agudos, tal como se utiliza en un reflector angular (CR, por sus siglas en inglés) (por ejemplo, cuatro ángulos de un marco de ventana), la retrodispersión regresa fácilmente, de modo que tal punto es adecuado como punto de medición.

40

45

A modo de una técnica relacionada con la presente invención, por ejemplo, el documento de patente 1 describe que un dispositivo de punto de referencia terrestre, configurado principalmente con un reflector de tipo activo, tal como un reflector activo, se coloca dentro de un campo visual para la captura de imágenes de un radar de apertura sintética para facilitar la selección de un punto de referencia terrestre en la corrección geométrica fina de una imagen de radar de apertura sintética (imagen SAR).

50

Por ejemplo, el documento de patente 2 describe una técnica de almacenamiento, en un dispositivo de almacenamiento de forma anticipada, de un resultado como datos de propiedades de polarización para cada posición de medición, cuyo resultado se obtiene mediante la medición de al menos tres tipos de componentes de polarización entre las ondas dispersas obtenidas de múltiples ondas de radio reflejadas que tienen diferentes propiedades de polarización y la determinación de si un objeto en cada posición de medición es un artefacto o no se utilizan los datos de propiedades de polarización almacenados.

55

60

Por ejemplo, el documento no patente 3 describe que se ejecuta una visualización compuesta de pseudocolor de los datos de imágenes SAR polarimétricas completas, con un conjunto de tres polarizaciones (por ejemplo, polarización HH, polarización HV y polarización VV) asociadas con rojo, verde y azul, donde cada conjunto tiene cuatro tipos de datos cuyos valores son diferentes entre sí. Se asume que los cuatro tipos de datos son coeficientes de retrodispersión de datos de imágenes SAR polarimétricas completas, inclusive un ángulo de orientación elíptico ψ_r de una polarización de recepción, un ángulo de elipticidad X_r de una polarización de recepción, un ángulo de orientación de elipse ψ_t de una polarización de transmisión y un ángulo de elipticidad X_t de una polarización de transmisión.

65

El documento no patente 3 también describe, a modo de un ejemplo de aplicación de los datos de imágenes SAR polarimétricas completas, un ejemplo donde se obtiene una condición de transmisión y recepción que logre el

contraste más alto entre los dos objetos diana y basándose en la condición, se presentan un objeto diana específico que se va a identificar y otro objeto diana, de modo que la proporción de un valor de píxeles de la diana específica respecto a aquel de otra diana sea la más alta. El documento de patente 3 también describe un proceso de rotación de polarización que se ejecuta utilizando los datos de imágenes SAR polarimétricas completas. El documento de patente 4 describe la ejecución del procesamiento de rotación de polarización con datos de imágenes SAR polarimétricas completas y la extracción de un píxel correspondiente a un valor representativo designado como un píxel representativo y la reproducción de este como una imagen SAR.

[Lista de citas]

[Bibliografía de patentes]

PTL 1 Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2001-91650

PTL 2 Patente japonesa n.º 5305985

PTL 3 Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2008-14735

PTL 4 Publicación de patente japonesa abierta a inspección pública n.º 2008-232626

[Bibliografía de documentos que no son patentes]

NPL 1 Alessandro Ferretti, Claudio Prati y Fabio Rocca, «Nonlinear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry», IEEE TRANSACTION ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, tomo 38, n.º 5, setiembre de 2000.

NPL 2 Alessandro Ferretti, Claudio Prati y Fabio Rocca, «Permanent Scatterers in SAR Interferometry», IEEE TRANSACTION ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, tomo 39, n.º I, enero de 2001.

NPL 3 Tetsuya JITSUFUCHI, «Feasibility of the Multi Frequency, Full Polarimetric SAR Image Data as a Disaster Observation Technique Verified by Ground Truth Data and Optical Sensor Image Data», informe de estudio del *National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention* Instituto Nacional de Investigación para la Prevención de Desastres y Ciencias Terrestres], tomo 63, junio de 2002.

XP032470117 describe la detección de cambios en imágenes SAR polarimétricas aplicada a un tipo específico de cubierta terrestre

COMPENDIO

[Problema técnico]

En el procesamiento PS-InSAR actual, el desplazamiento en un punto (que en adelante se denomina lugar) en la superficie terrestre o un objeto se mide únicamente con una imagen SAR en una dirección de polarización predeterminada. Específicamente, una combinación de polarizaciones de transmisión y recepción se selecciona de polarizaciones de transmisión y recepción representativas, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, y se adquieren tantas imágenes SAR formadas a partir de la combinación seleccionada de polarizaciones de transmisión y recepción como la cantidad de múltiples momentos antes y después de un período cuando se va a detectar un cambio, lo que de este modo ejecuta un procesamiento aritmético para la detección de un cambio.

Una polarización H (horizontal) representa una polarización horizontal, es decir, una polarización que tiene una dirección de polarización, que es una dirección de oscilación del campo eléctrico, paralela a un plano horizontal. Una polarización V (vertical) representa una polarización vertical, es decir, una polarización que tiene una dirección de polarización vertical respecto al plano horizontal. La primera letra de una combinación de polarización de transmisión y de recepción representa una dirección de polarización para la transmisión y la segunda letra representa una dirección de polarización para la recepción. Por consiguiente, una polarización HH representa la transmisión de ondas de radio de polarización horizontal y la recepción de ondas de radio de polarización horizontal. Una polarización HV representa la transmisión de ondas de radio de polarización horizontal y la recepción de ondas de radio de polarización vertical. Una polarización VH representa la transmisión de ondas de radio de polarización vertical y la recepción de ondas de radio de polarización horizontal. Una polarización VV representa la transmisión de ondas de radio de polarización vertical y la recepción de ondas de radio de polarización vertical.

En general, cuando se irradian ondas electromagnéticas en una determinada dirección de polarización en un determinado lugar y se reflejan y regresan de una estructura en el lugar, es posible que la dirección de polarización rote según la forma, el material o similares de la estructura en el lugar. Un ángulo de rotación de la polarización varía entonces con la forma, el material o similar de la estructura, de modo que es difícil predecir el ángulo de rotación de manera anticipada.

En el caso de medir el deterioro a largo plazo generado por la distorsión, desprendimiento y similares de una amplia gama de estructuras artificiales, tales como carreteras, vías férreas y puentes mediante la detección de un cambio sutil en un punto de PS, se da un problema en el cual no es posible lograr una precisión de medición satisfactoriamente elevada utilizando únicamente una imagen SAR obtenida mediante una combinación de

polarizaciones de transmisión y de recepción ya que la cantidad de puntos que admiten medición es muy pequeña. Esto se debe a que, si bien la combinación adecuada de polarizaciones de transmisión y de recepción varía con cada lugar, cuando se utiliza únicamente una imagen SAR obtenida por una combinación de polarización de transmisión y recepción, incluso si existe un punto que tiene una intensidad de reflexión elevada a partir de la cual se obtiene una imagen SAR formada a partir de otra combinación de las polarizaciones de transmisión y de recepción, no es posible utilizar el punto como punto de medición.

La colocación de tales dispositivos de puntos de referencia terrestre tal como se describieron en el documento de patente 1 en ubicaciones donde se va a detectar un cambio permite la medición del desplazamiento en los lugares donde se coloquen los dispositivos de punto de referencia terrestre mediante la fuerte reflexión de estos dispositivos de punto de referencia terrestre. Sin embargo, al considerar la aplicación del dispositivo a un análisis de deterioro de estructuras artificiales, resulta difícil establecer tal dispositivo de punto de referencia terrestre en una ubicación arbitraria de una estructura artificial durante un período de tiempo prolongado e incluso si fuese posible colocar el dispositivo, requiere un costo considerable.

La técnica descrita en el documento de patente 2, en la cual se utilizan los datos de propiedades de polarización como un resultado obtenido mediante la medición de al menos tres tipos de componentes de polarización en cada posición de medición para discriminar artefactos de objetos naturales mediante un análisis de componentes de dispersión, no considera cómo detectar el desplazamiento en tantos lugares que admitan la medición del desplazamiento como sea posible utilizando los datos de propiedades de polarización o detectar tales lugares sin pasarlos por alto.

La técnica que se describe en el documento no patente 3 se orienta a la determinación de cómo difiere una intensidad de retrodispersión debido a tres tipos de componentes de polarización por un tono, o a presentar de manera enfática una diferencia entre sustancias que tienen mecanismos de dispersión diferentes en imágenes. No se considera en esta cómo detectar tantos lugares que permitan la medición de desplazamiento como sea posible o cómo detectar tales lugares sin pasarlos por alto con el uso de un coeficiente de retrodispersión.

Se asume que un aumento en la cantidad de lugares en los cuales es posible medir el desplazamiento mejorará la sensibilidad de la detección de cambios, lo que contribuye de este modo a un aumento en la precisión de detección.

Un ejemplo de objetivo de la presente invención es por tanto proporcionar un sistema de observación capaz de detectar un cambio con un dispositivo de alta sensibilidad, un dispositivo de detección de cambios, un método de detección de cambios, un método para aumentar los puntos de medición y un programa para este. Cabe destacar que el objetivo es únicamente uno de múltiples objetivos que se pretende obtener con los ejemplos de realizaciones descritos en la presente memoria descriptiva. Otros objetivos y problemas y características novedosas resultarán evidentes a partir de la descripción a continuación o las figuras adjuntas de la presente memoria descriptiva.

[Solución del problema]

El dispositivo de detección de cambios según la presente invención se define en la reivindicación 1.

El método de detección de cambios según la presente invención se define en la reivindicación 8

El soporte legible por ordenador no transitorio según la presente invención se define en la reivindicación 9.

[Efectos beneficiosos de la invención]

Según aspectos de la presente invención, dado que es posible detectar tantos lugares que permitan la medición del desplazamiento como sea posible o es posible detectar tales lugares sin pasarlos por alto, es posible detectar cambios con una gran sensibilidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de configuración de un sistema de observación de una primera realización de ejemplo;

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de detección de cambios 1 de la primera realización de ejemplo;

La Figura 3 es un diagrama para la explicación de un ejemplo de una serie de conjuntos de imágenes SAR que se va a ingresar mediante una unidad de entrada de conjunto de imágenes SAR 101;

La Figura 4 es un diagrama para explicar una polarización;

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una unidad de detección de cambios 105;

La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de la unidad de detección de cambios 105;

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 de la primera realización de ejemplo;

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 de la primera realización de ejemplo;

La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de

cambios 1 de la primera realización de ejemplo;

La Figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de detección de cambios 1 de una segunda realización de ejemplo;

La Figura 11 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una unidad de detección de cambios 105 de la segunda realización de ejemplo;

La Figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de la unidad de detección de cambios 105 de la segunda realización de ejemplo; y

La Figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra un esbozo de la presente invención.

10 REALIZACIÓN DE EJEMPLO

Realización de ejemplo 1.

En lo que se describe a continuación, las realizaciones de ejemplo de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos. La Figura 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de configuración de un sistema de observación de una primera realización de ejemplo. El sistema de observación que se ilustra en la Figura 1 incluye un dispositivo de detección de cambios 1 y un radar de apertura sintética 3 colocado en una estructura voladora 2, tal como un satélite artificial, un aeroplano o similar. En la Figura 1, el número de referencia 4 denota un campo visual para la captura de imágenes (región de captura de imágenes) de una imagen SAR obtenida mediante el radar de apertura sintética 3.

En la presente realización de ejemplo, el radar de apertura sintética 3 tiene un modo de observación de polarización múltiple que permite la observación de ondas dispersas formadas de los cuatro tipos de combinaciones de polarizaciones de transmisión y recepción, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV (en adelante denominadas los cuatro pares de polarización básicos) generalmente en el mismo lugar y generalmente al mismo tiempo. Tal modo de observación de polarización múltiple se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante el radar de apertura sintética 3 que incluye al menos un transmisor y dos receptores, donde el transmisor transmite de manera alternada pulsos de onda de radio de una polarización H y una polarización V y los dos receptores (el receptor correspondiente a la polarización H y el receptor correspondiente a la polarización V) reciben en forma simultánea los ecos de retrodispersión de los respectivos pulsos de onda de radio. De esta forma, se miden las intensidades de reflexión y las fases relativas obtenidas mediante los cuatro pares de polarización básicos. Un intervalo que en la presente se exprese como «en general» en «en general en el mismo lugar» y «en general al mismo tiempo» puede ser cualquier intervalo en el cual se pueden corregir los datos de observación mediante una función de corrección a los datos que se puedan considerar observados en el mismo lugar, al mismo tiempo. En la práctica, representa una desviación en un lugar de irradiación y una desviación en un tiempo de irradiación que corresponde a un ciclo de un pulso de onda de radio en el transmisor que se describió anteriormente en muchos casos.

En la presente invención, una imagen SAR generada a partir de los datos de observación formada de los cuatro pares de polarización básicos que se observan en general en el mismo lugar, en general al mismo tiempo, o información equivalente a tal imagen SAR se denominará como un conjunto de imágenes SAR.

En general, la información a la que se hace referencia como imagen SAR incluye información que indica una amplitud de un campo eléctrico de recepción o una intensidad de reflexión en un lugar correspondiente a cada píxel e información de fase, que es la información que indica una fase de un pulso recibido. Una raíz cuadrada de una intensidad de reflexión corresponde a una amplitud de un campo eléctrico de recepción. En lo que sigue a continuación, también se maneja información que indica una amplitud de un campo eléctrico de recepción como información que indica una intensidad de reflexión en la presente invención. Por consiguiente, como datos que se asocian con cada píxel (que también se denomina información de imagen), es posible hacer referencia a una imagen SAR, en otras palabras, como una imagen que tiene al menos información que indica una intensidad de reflexión y una fase en un lugar correspondiente a cada píxel. En una imagen SAR, los datos asociados con cada píxel se denominarán datos SAR. En la presente invención, los datos SAR se definen como información que incluye información que indica una intensidad de reflexión e información que indique una fase. El radar de apertura sintética 3 puede ejecutar el procesamiento de corrección con respecto a una desviación en un tiempo o lugar de irradiación en el procesamiento de señales para la generación de datos SAR. A modo de información complementaria, la imagen SAR puede incluir información sobre la polarización utilizada en la transmisión y recepción, o condiciones de observación tales como momento de observación, un ángulo incidente e información sobre una órbita.

El conjunto de imágenes SAR puede tener cualquier estructura de datos siempre que tenga una imagen SAR generada a partir de los datos de observación formados de los cuatro pares de polarización básicos que se observan en general en el mismo lugar, en general al mismo tiempo o información equivalente a tal imagen SAR. Por ejemplo, el conjunto de imágenes SAR puede ser cuatro imágenes SAR, cada una correspondiente a cualquiera de los pares de polarización de transmisión y recepción, es decir, los cuatro pares de polarización básicos, o puede ser una imagen SAR en la cual cada píxel se asocia con cuatro datos de SAR (por ejemplo, información sobre los cuatro tipos de intensidades de reflexión y fases) que se forman a partir de los cuatro pares de polarización básicos.

La estructura voladora 2 se coloca con un sistema de radar de apertura sintética que incluye el radar de apertura sintética 3. El sistema de radar de apertura sintética incluye, por ejemplo, el radar de apertura sintética 3, una unidad de procesamiento de señales, una unidad de almacenamiento que en series de tiempo almacena conjuntos de imágenes SAR obtenidos como resultado de una observación mediante el radar de apertura sintética 3 y una unidad de salida de imágenes SAR que produce el conjunto de imágenes SAR almacenado o sus datos de serie de tiempo en un formato predeterminado como respuesta a una solicitud.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración del dispositivo de detección de cambios 1 de la presente realización de ejemplo. El dispositivo de detección de cambios 1 que se ilustra en la Figura 2 incluye una unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101, una unidad de detección de par de polarización óptimo 102, una unidad de almacenamiento de información de puntos de medición 103, una unidad de procesamiento de rotación de polarización 104, una unidad de detección de cambios 105 y una unidad de salida de resultados de detección 106.

La unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 ingresa al menos dos conjuntos de imágenes SAR, cada uno de los cuales incluye una región específica como objetivo de detección de cambios en su campo visual para la captura de imágenes y cuyos tiempos de observación generalmente en el mismo lugar son diferentes entre sí. En lo que sigue a continuación, en algunos casos, es posible hacer referencia a una región específica como región de interés (RDI). La entrada de conjunto de imágenes SAR en la presente incluye al menos conjuntos de imágenes SAR que corresponden a momentos antes y después de un período designado por un usuario como un período en el que se detecta un cambio.

En lo que sigue a continuación, en algunos casos, es posible hacer referencia a los momentos antes y después de un período designado por un usuario como un período en el que se va a detectar un cambio como momento designado. Un período de tiempo no se encuentra limitado a uno. Además, al menos dos conjuntos de imágenes SAR ingresados por la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 pueden denominarse «serie de conjuntos de imágenes SAR», en algunos casos, en el sentido de un conjunto de conjuntos de imágenes SAR generados a partir de los datos de observación, cuyos tiempos de observación generalmente en el mismo lugar son diferentes.

La Figura 3 es un diagrama para explicar un ejemplo de una serie de conjuntos de imágenes SAR ingresada por la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101. Por ejemplo, la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 puede ingresar tal serie de conjuntos de imágenes SAR compuestos de una cantidad n de conjuntos de imágenes SAR (por ejemplo, varias decenas de pares) con diferentes tiempos de observación, tal como se ilustra en la Figura 3.

La unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 puede, por ejemplo, recibir directamente datos de series de tiempo de un conjunto de imágenes SAR enviado por la unidad de salida de imágenes SAR del sistema de radar de apertura sintética colocado en la estructura voladora 2 para ingresar una serie de conjuntos de imágenes SAR. En tal caso, la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 puede conectarse con el sistema de radar de apertura sintética mediante una red de comunicación por cable o inalámbrica para solicitar datos de series de tiempo de un conjunto de imágenes SAR deseado, según un formato predeterminado, y recibir, a modo de series de conjuntos de imágenes SAR, datos de series de tiempo del conjunto de imágenes SAR que se transmiten como respuesta. La unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 puede ser una unidad de ingreso de archivos comunes que de acuerdo con una operación de un usuario, tal como una serie de conjuntos de imágenes SAR, ingresa datos de series de tiempo de un conjunto de imágenes SAR adquirido mediante una conexión con el sistema de radar de apertura sintética mediante un método predeterminado por el usuario o un resultado de conversión de los datos de series de tiempo a un formato predeterminado.

Con el uso de al menos un conjunto de imágenes SAR ingresado mediante una unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 detecta un par de polarización óptimo como una combinación óptima de polarizaciones de transmisión y de recepción con respecto a cada píxel objetivo. La unidad de detección del par óptimo de polarización 102 de la presente realización de ejemplo detecta un par de polarización óptimo para cada píxel utilizando un procesamiento de rotación de polarización que se proporciona mediante la unidad de procesamiento de rotación de polarización 104, que se describirá más adelante. Un conjunto de imágenes SAR para su uso en la detección de un par de polarización óptimo puede ser un conjunto de imágenes SAR adquirido en cualquier momento. Un píxel objetivo en la presente puede ser, por ejemplo, cada píxel incluido en una región de imagen correspondiente a una región de interés o un píxel designado por un usuario.

La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede determinar, por ejemplo, un conjunto de imágenes SAR para su uso en el procesamiento de la detección del par de polarización óptimo de entre los conjuntos de imágenes SAR ingresados y el uso del conjunto de imágenes SAR determinado, calcular una intensidad de reflexión de cada candidato predeterminado para un par de polarización óptimo con respecto a cada píxel mediante el procesamiento de rotación de polarización. Luego, según el cálculo del resultado de la intensidad de reflexión de cada candidato, es posible determinar un par de polarización óptimo para el píxel pertinente.

El procesamiento de rotación de polarización, cuyo procesamiento se denomina también síntesis de polarización, debe adquirir una intensidad de reflexión obtenida por una combinación arbitraria de polarización de transmisión y de recepción a partir de los datos SAR (en particular, una intensidad de reflexión y una fase relativa) que se forma a partir de cuatro pares de polarización básicos. El uso de las intensidades de reflexión y las fases relativas obtenidas de una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV observadas por el radar de apertura sintética en general en el mismo lugar y en general al mismo tiempo permite la adquisición de una matriz de dispersión completa de cada celda de resolución en el campo visual para la captura de imágenes 4 y permite el cálculo de las propiedades de polarización totales de cada resolución a partir de la matriz de dispersión. La celda de resolución en la presente es una unidad de sección de la superficie terrestre en la que se observa retrodispersión con el radar de apertura sintética y corresponde a un píxel en una imagen SAR. La celda de resolución se determina mediante una resolución terrestre del radar de apertura sintética. Cuando se obtienen las propiedades de polarización totales de cada píxel, es posible obtener una intensidad de reflexión de una combinación arbitraria de polarizaciones de transmisión y de recepción basándose en las mismas.

Entre los ejemplos de tal información obtenida a partir de los datos SAR se encuentran los datos SAR polarimétricos. Los datos SAR polarimétricos son datos que expresan una fase cambiada de ondas dispersas al momento de la dispersión.

En lo que sigue a continuación, el procesamiento de rotación de polarización se describirá en forma resumida. La expresión general de una polarización de una onda plana es una polarización elíptica, que se puede describir utilizando un ángulo X y un ángulo ψ tal como se ilustra en la Figura 4. El ángulo X representa aquí la redondez de una elipse y el ángulo ψ representa un ángulo desde una dirección horizontal de la línea de ápsides. Un vector de polarización q_s de una onda dispersa se expresa mediante la siguiente Ecuación (1) con un vector de polarización q_t y una matriz de dispersión S de una antena de transmisión.

[Ecuación 1]

$$q_s = S q_t, \quad S = \begin{bmatrix} S_{hh} & S_{hv} \\ S_{vh} & S_{vv} \end{bmatrix} \dots (1)$$

La matriz de dispersión S es una matriz compleja de 2x2 en la cual un vector de polarización incidente y un vector de polarización de dispersión se asocian uno con otro. Un elemento S_{ji} de la matriz de dispersión S representa una magnitud de campo eléctrico y un cambio de fase de una onda dispersada de una polarización j respecto a una onda incidente de una polarización i . Cada elemento de la matriz de dispersión S corresponde a datos SAR de los cuatro pares de polarización básicos. Con q_r como vector de polarización de la antena de recepción, una amplitud compleja V y una energía de dispersión (intensidad de reflexión) P del campo eléctrico de recepción se representan mediante la siguiente Ecuación (2), en la cual t en el hombro izquierdo denota una matriz transpuesta y $*$ en el hombro derecho denota un conjugado complejo.

$$V = q_r^t S q_t,$$

$$P = V V^* \dots (2)$$

Cuando se obtiene la matriz de dispersión S , es posible calcular una respuesta (una magnitud compleja V o una energía de dispersión P del campo eléctrico de recepción) con respecto a una combinación arbitraria de polarizaciones de transmisión y de recepción definida por q_t y q_r .

Es posible obtener una relación correspondiente entre una onda incidente y una onda dispersada utilizando un vector de Stokes en lugar de un vector de polarización.

Por ejemplo, entre un vector de Stokes G_t de la onda incidente y un vector de Stokes G_r de la onda dispersada, se establece una relación tal como se indica en la siguiente Ecuación (3).

$$P = G_r^t F G_t \dots (3)$$

F representa una matriz real de 4x4 a la que se hace referencia como matriz de Stokes. Los vectores de Stokes G_t y G_r son vectores de cuatro dimensiones, cada uno formado a partir de los cuatro parámetros de Stokes G_0 , G_1 , G_2 y G_3 que se indican en la siguiente Ecuación (4). a_h y a_v son una amplitud de un componente horizontal E_h de una amplitud de un componente vertical E_v de un vector de campo eléctrico, respectivamente. δ representa una diferencia ($\delta_h - \delta_v$) entre una fase δ_h de E_h y una fase δ_v de E_v . Si bien se expresa un vector de polarización mediante un número complejo, un vector de Stokes se expresa mediante un número real. Los elementos de la matriz de Stokes F se obtienen mediante una relación conocida de los elementos de la matriz de dispersión S , si bien no se detallan en la presente memoria.

$$G_0 = a_h^2 + a_v^2,$$

$$G_1 = a_h^2 - a_v^2,$$

$$G_2 = a_h a_v \cos \delta,$$

$$G_3 = 2a_h a_v \sin \delta \dots (4)$$

5
10 Entre los métodos para la obtención de una intensidad de dispersión con respecto a una combinación arbitraria de polarizaciones de transmisión y recepción de tal matriz de dispersión S o una matriz de Stokes F se encuentra, por ejemplo, el siguiente método.

15 En primer lugar, cada elemento de los vectores de Stokes G_t y G_r de una antena de transmisión y recepción en un par de polarización de transmisión y recepción que se va a obtener se describe con X y ψ de una polarización elíptica, tal como se indica en la siguiente Ecuación (5).

$$G_0 = 1.0,$$

$$G_1 = \cos(2X)\cos(2\psi),$$

$$G_2 = \cos(2X)\sin(2\psi),$$

$$G_3 = \sin(2X) \dots (5)$$

20
25 $X=0^\circ$ representa una polarización lineal, $|X| = 45^\circ$ representa una polarización circular, $X < 0$ representa una polarización en sentido horario y $X > 0$ representa una polarización en sentido antihorario. Además, $\psi=0^\circ$ representa una polarización horizontal y $\psi=90^\circ$ representa una polarización vertical. Un intervalo de X es de -45° a 45° y un intervalo de ψ es de 0° a 180° . Por ejemplo, al mantener tanto $X=0^\circ$ como $\psi=0^\circ$ se expresa una polarización horizontal lineal y al mantener tanto $X=35^\circ$ como $\psi=90^\circ$ se expresa una polarización elíptica en sentido antihorario cuya línea de ápsides se encuentra en una dirección horizontal.

30
35 Luego, se promedia cada elemento de una matriz de Stokes F para un píxel en un área objetivo para obtener una matriz de Stokes F' prosoporte.

Luego, se sustituyen el vector de Stokes G_t de la antena de transmisión, el vector de Stokes G_r de la antena de recepción y la matriz de Stokes F prosoporte obtenida en la Ecuación (3) que antecede (se reemplaza F con F') para obtener la energía de dispersión P. La razón para utilizar la matriz de Stokes F' prosoporte como matriz de Stokes es para reducir el ruido de moteado generado cuando se miden objetivos distribuidos en un plano con ondas de radio coherentes. En la presente memoria, el prosoporte ponderado de múltiples matrices de Stokes F objetivo para obtener la energía de dispersión P conduce a un prosoporte ponderado de las energías de dispersión P de múltiples objetivos.

40
45 Tal método de obtención de energía de dispersión P de propiedades de polarización y un par arbitrario de polarización de transmisión y recepción tal como se describió anteriormente se describe también, por ejemplo, en el documento no patente 3 que se describió anteriormente.

50 Cuando se cambian las polarizaciones de transmisión y recepción, se cambia una intensidad de dispersión objetivo con las polarizaciones. Al utilizar tal procesamiento de rotación de polarización, la unidad de detección de par de polarización óptimo 102 puede detectar, como par de polarización óptimo, un par candidato de polarización de transmisión y de recepción a partir del cual se obtiene la intensidad de reflexión más alta entre los respectivos candidatos determinadas en forma anticipada para un par de polarización óptimo.

55 No existen limitaciones particulares para que un par de polarización de transmisión y de recepción sea candidato para un par de polarización óptimo. Específicamente, con respecto a cada una de una onda de transmisión y una onda de recepción, es posible establecer una polarización en forma arbitraria cuyo ángulo de rotación se encuentre dentro de un intervalo de 0 a 180° . El ángulo de rotación de una polarización en la presente es un ángulo de polarización de la polarización en cuestión cuando un ángulo de polarización de una polarización horizontal se establece en 0° . El ángulo de rotación de una polarización corresponde al ángulo ψ que se indica en la Figura 4 y en el caso, por ejemplo, de una polarización H, el ángulo será de 0° y en el caso de una polarización V, será de 90° . Además, 0° y 180° del ángulo de rotación representan la misma polarización. Un par candidato de par de polarización óptimo sería, por ejemplo, una combinación de polarizaciones lineales de transmisión y de recepción que se giran 5° de 0° (horizontal) a 180° . En un caso del ejemplo que antecede, con α_t como ángulo de rotación de una polarización de transmisión y α_r como ángulo de rotación de una polarización de recepción para expresar una combinación de estos como $\{\alpha_t, \alpha_r\}$, el par de polarización óptimo candidato será $\{(0,0), \dots, \{0,175\}\}$,

{{5,0},...,{5,175}},...{{175,0},...,{175,175}}.

- 5 Cuando se utilizan dos o más conjuntos de imágenes SAR, la unidad de detección de par de polarización óptimo 102 puede obtener una intensidad de reflexión con respecto a cada candidato utilizando cada conjunto de imágenes SAR para seleccionar, a modo de un par de polarización óptimo, un candidato que tenga la intensidad de reflexión prosoporte más alta o un candidato cuya intensidad de reflexión prosoporte no sea menor que un valor predeterminado y cuya intensidad de reflexión varíe menos.
- 10 Cuando como resultado de la obtención de intensidades de reflexión con respecto a todos los candidatos ningún candidato tenga una intensidad de reflexión que no sea menor que el valor predeterminado, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede determinar que no existe un par de polarización óptimo ya que un píxel en cuestión no es adecuado como punto de medición.
- 15 Cuando se obtiene un par de polarización óptimo, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede, por ejemplo, utilizar primero dos o más conjuntos de imágenes SAR capturados durante un período cuando se asume que no ocurrió ningún cambio para determinar si tiene propiedades de PS o no. Por ejemplo, cuando un intervalo de cambio de una fase relativa durante el período que antecede con cualquiera de los pares de polarización de transmisión y de recepción como los cuatro pares de polarización básicos es igual o mayor que el valor predeterminado, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede determinar que no hay un par de polarización óptimo independientemente de la determinación basada en la intensidad de reflexión antemencionada ya que un píxel en cuestión no es adecuado como punto de medición.
- 20 Cuando se necesita una reducción del tiempo de detección del par de polarización óptimo, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede considerar, por ejemplo, como par de polarización óptimo, una combinación de polarizaciones de transmisión y de recepción que tendrán una intensidad de reflexión que no sea menor que el valor predeterminado entre los candidatos predeterminados para un par de polarización óptimo. En tal caso, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede obtener, por ejemplo, una intensidad de reflexión con respecto a múltiples candidatos de par de polarización óptimo mediante un procesamiento de rotación de polarización en un orden predeterminado y considerar un candidato cuya intensidad de reflexión obtenga el valor predeterminado primero como par de polarización óptimo en un píxel en cuestión. En lo que sigue a continuación, una combinación de ángulos de rotación de polarización de transmisión y de recepción en el par de polarización óptimo puede denominarse, en algunos casos, par de ángulos de rotación óptimo. Se puede decir que la determinación de un par de polarización óptimo mediante la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 es la determinación de un par de ángulos de rotación óptimo.
- 25 30 35 La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 genera información de puntos de medición que incluyen información que indica sobre un par de polarización óptimo obtenido de este modo en cada píxel y los almacena en la unidad de almacenamiento de información de puntos de medición 103, que se describirá más adelante. La información que indica un par de polarización óptimo puede ser información que incluya, por ejemplo, un ángulo de rotación de polarización de transmisión y un ángulo de rotación de polarización de transmisión. Cuando no se detecta un par de polarización óptimo, se registra información que lo indique como información que indica un par de polarización óptimo.
- 40 45 La información sobre puntos de medición es información sobre un punto de medición en PS-InSAR y puede ser, por ejemplo, información sobre la posición de un píxel o un lugar que corresponde al píxel e información asociada con la información que indica un par de polarización óptimo. Además de la información sobre posición y la información que indica un par de polarización óptimo, la información de puntos de medición puede incluir una intensidad de reflexión (que incluye una intensidad de reflexión prosoporte) obtenida con un par de polarización óptimo que se obtiene en el momento de la detección o información que indique las propiedades de polarización (la matriz de dispersión S, la matriz de Stokes F o similares). Además, es posible que se incluya la fecha y la hora de detección del par de polarización óptimo o información sobre un conjunto de imágenes SAR utilizado para la detección.
- 50 55 La unidad de almacenamiento de información sobre puntos de medición 103 almacena información sobre los puntos de medición.
- La unidad de procesamiento de rotación de polarización 104, que es un medio que proporciona el procesamiento de la rotación de polarización, utiliza al menos un conjunto de imágenes SAR para calcular una intensidad de reflexión obtenida mediante una combinación designada de polarizaciones de transmisión y recepción en un píxel designado.
- 60 La unidad de detección de cambios 105 detecta un cambio en un lugar que corresponde a un píxel como objetivo, cuyo cambio se va a detectar basándose en la información del punto de medición almacenada en la unidad de almacenamiento de información de puntos de medición 103 y una serie de conjuntos de imágenes SAR de entrada.
- 65 La unidad de salida de resultados de detección 106 envía un resultado de detección obtenido con la unidad de detección de cambios 105.

En lo que sigue a continuación, la unidad de detección de cambios 105 de la presente realización de ejemplo se describirá con mayor detalle. La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de la unidad de detección de cambios 105. Una unidad de detección de cambios 105A ilustrada en la Figura 5 incluye una unidad de generación de datos SAR de rotación 151 y una unidad de medición de desplazamiento 152A.

Basándose en un par de polarización óptimo de un píxel objetivo indicado mediante la información de puntos de medición almacenada en la unidad de almacenamiento de información sobre puntos de medición 103 y un conjunto de imágenes SAR de momento designado que se incluye en una serie de conjuntos de imágenes SAR de entrada, la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 genera, para cada píxel objetivo, datos SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos diferentes, donde cada uno de estos datos SAR se compone de un par de polarización óptimo del píxel en cuestión en el momento correspondiente. Para cada píxel objetivo, la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 puede generar los datos SAR de rotación correspondientes al momento designado (más específicamente, cada momento incluido en el momento designado), por ejemplo, mediante el uso del procesamiento de rotación de polarización que proporciona la unidad de procesamiento de rotación de polarización 104. En lo que sigue a continuación, los datos SAR de rotación correspondientes a un momento designado de un píxel objetivo que se genera mediante la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 se denominará «serie de datos SAR de rotación» de un píxel objetivo, en algunos casos, en el sentido de un conjunto de datos SAR de rotación generados a partir de partes de los datos de observación cuyos momentos de observación del píxel objetivo son diferentes.

La unidad de generación de datos SAR de rotación 151 es capaz de generar una serie de datos SAR de rotación con respecto a cada píxel objetivo, por ejemplo, al ejecutar, para cada píxel objetivo, el procesamiento de rotación de polarización con un par de polarización óptimo designado en cada momento incluido en el momento designado, utilizando un conjunto de imágenes SAR del momento designado incluido en la serie de conjuntos de imágenes SAR.

Cuando un par de polarización óptimo es cualquiera de los cuatro pares de polarización básicos, los datos SAR incluidos en un conjunto de imágenes SAR de entrada pueden utilizarse como datos SAR de rotación.

La unidad de medición de desplazamiento 152A mide el desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel objetivo con una serie de datos SAR de rotación para el píxel objetivo. Más específicamente, la unidad de medición de desplazamiento 152A calcula una diferencia de fase provocada por un cambio en un lugar que corresponde al píxel objetivo utilizando la serie de datos SAR de rotación para el píxel objetivo en el procesamiento PS-InSAR. En el procesamiento PS-InSAR, es posible medir el desplazamiento en un lugar que corresponde al píxel objetivo mediante la obtención de una diferencia de fase generada por un cambio, mientras se elimina una diferencia de fase generada por una altura de entre las diferencias de fase que aparecen entre los datos SAR del píxel objetivo que se va a comparar.

Por ejemplo, cuando se ingresa una serie de conjuntos de imágenes SAR que incluyen una cantidad n de conjuntos de imágenes SAR y cada momento en que se adquiere cada una de las cantidades n de los conjuntos de imágenes SAR se designa como momento designado, se ingresa una serie de datos SAR de rotación que incluyen la cantidad n de datos SAR de rotación, donde cada uno corresponde a cualquiera de los momentos t_1 a t_n , en la unidad de medición de desplazamiento 152A para cada uno de los píxeles objetivo.

En tal caso, como información que indique el desplazamiento entre los momentos designados del píxel objetivo, la unidad de medición de desplazamiento 152A puede enviar, por ejemplo, un valor máximo de diferencias de fase que figure entre el primer momento y cada uno de los momentos posteriores, un valor total acumulativo de las diferencias de fase que figure entre los momentos siguientes o similares. Específicamente, es posible obtener una diferencia de fase que figure entre los datos SAR de rotación correspondientes al momento t_1 y los datos SAR de rotación correspondientes a cada uno de los momentos t_2 a t_n para enviar el valor mayor de las diferencias de fase obtenidas como información que indique el desplazamiento entre los momentos designados del píxel objetivo. Además, la unidad de medición de desplazamiento 152A puede obtener, por ejemplo, una diferencia de fase que figure entre los datos SAR de rotación que correspondan al momento t_1 y los datos SAR de rotación que correspondan al momento t_2 , una diferencia de fase que figure entre los datos SAR de rotación que correspondan al momento t_2 y los datos SAR de rotación que correspondan al momento t_3 , una diferencia de fase que figure entre los datos SAR de rotación que correspondan al momento $t(n-1)$ y los datos SAR de rotación que correspondan al momento t_n , lo que envía de este modo un valor total acumulativo (se establece que el límite superior es 2π) de las diferencias de fase obtenidas como información que indique el desplazamiento entre los tiempos designados del píxel objetivo.

En este caso, la unidad de salida de resultados de detección 106 puede enviar información que indique el desplazamiento entre los momentos designados de cada píxel objetivo, que se envía desde la unidad de medición de desplazamiento 152A como información que indique un resultado de detección de un cambio en un lugar que corresponde a cada píxel objetivo.

5 La unidad de salida de resultados de detección 106 puede generar y presentar una imagen de interferencia
diferencial basada en la información que indica el desplazamiento entre los momentos designados de cada píxel
objetivo, que se envía desde la unidad de medición de desplazamiento 152A. La imagen de interferencia diferencial
es una imagen que mantiene, al menos de modo que se asocie con cada píxel objetivo, al menos información sobre
una diferencia de fase generada por un cambio en un lugar que corresponde al píxel objetivo o información de
imágenes que corresponde a una cantidad de diferencia de fase. Esto permite que se codifique por color cada píxel
de acuerdo con una cantidad de desplazamiento en un lugar correspondiente al píxel cuando se presenta una
imagen de interferencia diferencial en un destino de salida. Con respecto a otros píxeles que no sean un píxel
objetivo en una imagen de interferencia diferencial que se va a generar, la unidad de salida de resultados de
10 detección 106 puede conservar la información en el sentido de que el píxel no sea un objetivo de medición o que no
tenga desplazamiento.

15 La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de la unidad de detección de cambios 105. Una
unidad de detección de cambios 105B que se ilustra en la Figura 6 incluye una unidad de generación de datos SAR
de rotación 151, una unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B y una unidad de medición de
desplazamiento 152B.

20 La unidad de generación de datos SAR de rotación 151 es la misma que la unidad de generación de datos SAR de
rotación 151 de la unidad de detección de cambios 105A que se ilustra en la Figura 5.

25 La unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B integra las series de datos SAR de rotación generados
para los respectivos píxeles para generar una imagen SAR de rotación correspondiente a cada momento
designado.

La imagen SAR de rotación en la presente memoria es una imagen que conserva al menos los datos SAR de
rotación como datos SAR compuestos por un par de polarización óptimo de un píxel objetivo al menos de modo que
se asocien con el píxel objetivo. A diferencia de una imagen SAR común, la imagen SAR de rotación es una imagen
en la cual una combinación de polarizaciones de transmisión y de recepción puede diferir con cada píxel.

30 Con respecto a otro píxel que no sea un píxel objetivo en cada imagen SAR de rotación, la unidad de generación de
imágenes SAR de rotación 153B puede conservar los datos SAR de rotación en el sentido de que el píxel sea
inválido o en el cual su intensidad de reflexión se establezca como cero o, por ejemplo, puede seleccionar y
conservar datos SAR compuestos por cualquier par de polarización de transmisión y de recepción de los cuatro
pares de polarización básicos en el momento en cuestión, que se incluyen en las series de conjuntos de imágenes
35 SAR.

Con el uso de imágenes SAR de rotación generadas que corresponden a múltiples momentos, la unidad de medición
de desplazamiento 152B mide el desplazamiento en un lugar correspondiente a al menos un píxel objetivo para
generar una imagen de interferencia diferencial que indique un resultado de medición. La unidad de medición de
40 desplazamiento 152B puede ejecutar, por ejemplo, el mismo procesamiento que el procesamiento PS-InSAR con
imágenes SAR que corresponden a múltiples momentos. Si bien en la unidad de medición de desplazamiento 152A
antemencionada los datos de entrada son una serie de datos SAR de rotación que son datos basados en píxeles y
datos de salida que son información que indica sobre el resultado de la medición basada en píxeles, la unidad de
medición de desplazamiento 152B difiere en que los datos de entrada son imágenes SAR de rotación que son datos
45 basados en imágenes y los datos de salida son una imagen de interferencia diferencial que es un resultado de
medición basado en una imagen. Por tanto, es posible seleccionar un formato de datos de entrada/salida
desde/hacia la unidad de medición de desplazamiento.

50 En la presente realización de ejemplo, la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 se lleva a cabo, por
ejemplo, mediante un dispositivo de entrada de datos y un sistema informático que funciona de acuerdo con un
programa. La unidad de detección del par de polarización óptimo 102, la unidad de procesamiento de rotación de
polarización 104 y la unidad de detección de cambios 105 se llevan a cabo, por ejemplo, mediante un sistema
informático que funciona de acuerdo con un programa. La unidad de almacenamiento de información de puntos de
medición 103 se lleva a cabo, por ejemplo, mediante un dispositivo de almacenamiento. La unidad de salida de
55 resultados de detección 106 se lleva a cabo, por ejemplo, mediante un dispositivo de salida de datos y un sistema
informático que funciona de acuerdo con un programa.

A continuación, se describirá el funcionamiento de la presente realización de ejemplo. La Figura 7 es un diagrama de
60 flujo que ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 de la presente realización
de ejemplo. La Figura 7 ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 para la
detección de la distorsión o similares de un objeto diana mediante la medición del desplazamiento en un lugar
designado por un usuario dentro de una región de interés. En lo que sigue a continuación, se describirá un caso, a
modo de ejemplo, donde el dispositivo de detección de cambios 1 incluye la unidad de detección de cambios 105A
que se ilustra en la Figura 5 como la unidad de detección de cambios 105.

65

5 En el presente ejemplo, en primer lugar, un usuario determina una región de interés (Etapa S101). El dispositivo de detección de cambios 1 puede tener, por ejemplo, una interfaz de usuario tal como una pantalla que designe una región de interés para designar una región de interés y hacer que un usuario ingrese información sobre una región de interés mediante la interfaz de usuario. La información sobre una región de interés puede ser, por ejemplo, una latitud y una longitud y un radio de un lugar central o similar. También es posible, por ejemplo, presentar un mapa en el cual se mapee el campo visual para la captura de imágenes 4 del radar de apertura sintética 3 y un usuario designe un intervalo de una región de interés o similar en el mapa.

10 Luego, la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101 ingresa una serie de conjuntos de imágenes SAR que incluye conjuntos de imágenes SAR adquiridos en diferentes momentos con respecto a una región que incluye la región de interés (Etapa S102).

15 Luego, el dispositivo de detección de cambios 1 hace que un usuario designe al menos un lugar (punto de medición) en el cual el usuario desea medir particularmente el desplazamiento dentro de la región de interés (Etapa S103). El dispositivo de detección de cambios 1 puede tener, por ejemplo, una interfaz de usuario tal como una pantalla de designación de puntos de medición para designar un punto de medición y que un usuario ingrese información de un punto de medición mediante la interfaz de usuario. La información de un punto de medición puede ser, por ejemplo, información que indique una posición en la superficie terrestre (latitud y longitud, etc.) o coordenadas del píxel en una imagen SAR incluida en la serie de conjuntos de imágenes SAR adquiridas. Se asume que el dispositivo de detección de cambios 1 conserva información que indique una relación correspondiente entre una posición en la superficie terrestre y una posición de píxel en la imagen SAR. En lo que sigue a continuación, se asume que un píxel correspondiente a un punto de medición designado en el presente ejemplo es un píxel objetivo.

20 Luego, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 detecta un par de polarización óptimo de un píxel objetivo mediante la ejecución del procesamiento de rotación de polarización con al menos un conjunto de imágenes SAR incluido en la serie de conjuntos de imágenes SAR de entrada (Etapa S104). La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 también genera información sobre el punto de medición que incluye información que indique el par de polarización óptimo detectado del píxel objetivo y la almacena en la unidad de almacenamiento de información del punto de medición 103.

25 Luego, la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 de la unidad de detección de cambios 105 genera una serie de datos SAR de rotación para el píxel objetivo basados en el par de polarización óptimo del píxel objetivo que se indica mediante la información de puntos de medición y un conjunto de imágenes SAR que corresponde al momento designado que se incluye en la serie de conjuntos de imágenes SAR (Etapa S105).

30 Luego, la unidad de medición de desplazamiento 152A de la unidad de detección de cambios 105 mide el desplazamiento en un lugar (lugar designado como punto de medición) que corresponde al píxel objetivo mediante la ejecución del procesamiento PS-InSAR con las series de datos SAR de rotación del píxel objetivo (Etapa S106). Luego, la unidad de medición de desplazamiento 152A envía, por ejemplo, información que indique el desplazamiento que ocurre entre los momentos designados del píxel objetivo que se obtiene como resultado de la medición. Con respecto a algunos píxeles objetivo, incluso un par de polarización óptimo tiene una intensidad de reflexión baja o no tiene propiedades de PS, de modo que no se cumple una condición para un punto de medición y en consecuencia se envía, en algunos casos, información que indique que no se puede medir.

35 Por último, la unidad de salida de resultados de detección 106 envía la información obtenida en la Etapa S106 como información que indique el resultado de la detección de cambios en el lugar designado (Etapa S107). La unidad de salida de resultados de detección 106 puede determinar, por ejemplo, un cambio o que no hubo cambios en el lugar designado basándose en información que indique el desplazamiento del píxel objetivo entre los momentos designados, que se obtiene con la unidad de medición de desplazamiento 152A, y enviar la información obtenida en la Etapa S106 junto con el resultado de determinación (cambio o sin cambios).

40 Cuando existen múltiples píxeles objetivo, es decir, cuando se designan múltiples puntos de medición, el procesamiento de las Etapas S104 a S107 se ejecuta en forma repetida.

45 El método que antecede aumenta la posibilidad de detección de un cambio en un punto de medición designado por un usuario. La razón es que el dispositivo de detección de cambios 1 ejecuta el procesamiento PS-InSAR luego de obtener un par de polarización óptimo de un píxel que corresponde a un lugar en cuestión y luego genera una serie de datos SAR de rotación como datos SAR compuestos de pares de polarización óptimos en el lugar, en múltiples momentos. Por ejemplo, cuando se utiliza únicamente datos SAR compuestos de un par de polarización de transmisión y recepción, no es posible procesar un lugar en cuestión como punto de medición debido a que la intensidad de reflexión obtenida por el par de polarización de transmisión y recepción es demasiado baja. En oposición, según la presente invención, incluso con respecto a tal lugar, es posible medir el desplazamiento en el lugar utilizando otro par de polarización de transmisión y de recepción que tiene una intensidad de reflexión mayor, si tuviese. Esto representa la evidencia de que la presente invención permite un aumento en la sensibilidad de

50 detección de cambios.

55

60

65

La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra otro ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 de la presente realización de ejemplo. La Figura 8 ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 para la detección de distorsión o similar de un objeto diana mediante la ejecución de una medición del desplazamiento con respecto a todos los píxeles incluidos en una región de imagen de una imagen SAR que corresponde a una región de interés. También en el presente ejemplo, se describirá un caso, a modo de ejemplo, donde el dispositivo de detección de cambios 1 incluye la unidad de detección de cambios 105A tal como se ilustró en la Figura 5 como la unidad de detección de cambios 105. Dado que las Etapas S101 y S102 son las mismas que aquellas ilustradas en la Figura 7, no se describirán.

En el presente ejemplo, se asume que todos los píxeles incluidos en una región de imagen de una imagen SAR que corresponde a una región de interés son píxeles objetivo.

En el presente ejemplo, cuando una serie de conjuntos de imágenes SAR constituye una entrada (Etapa S102), la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 ejecuta el procesamiento de rotación de polarización con respecto a cada uno de los píxeles objetivo utilizando al menos un conjunto de imágenes SAR incluido en la serie de conjuntos de imágenes SAR de entrada, lo que detecta de este modo un par de polarización óptimo para cada píxel objetivo (Etapa S201). La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 también genera información sobre puntos de medición que incluye información que indique el par de polarización óptimo obtenido de cada píxel objetivo y la almacena en la unidad de almacenamiento de información sobre puntos de medición 103.

Luego, la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 de la unidad de detección de cambios 105 genera una serie de datos SAR de rotación de cada píxel objetivo basándose en el par de polarización óptimo de cada píxel objetivo que se indica mediante la información sobre los puntos de medición y un conjunto de imágenes SAR que corresponde al momento designado que se incluye en la serie de conjuntos de imágenes SAR (Etapa S202).

Luego, la unidad de medición de desplazamiento 152A de la unidad de detección de cambios 105 mide el desplazamiento en un lugar que corresponde a cada píxel objetivo mediante la ejecución del procesamiento PS-InSAR con respecto a cada píxel objetivo, utilizando la serie de datos SAR de rotación generados de cada píxel objetivo (Etapa S203). La unidad de medición de desplazamiento 152A, por ejemplo, envía información que indique el desplazamiento ocurrido entre los momentos designados de cada píxel objetivo, que se obtiene como resultado de la medición. Con respecto a algunos píxel objetivo, en algunos casos la intensidad de reflexión es demasiado baja para obtener información de una diferencia de fase, de modo que no se cumple una condición para un punto de medición y por consiguiente se envía información que indique que no se puede medir.

Por último, la unidad de salida de resultados de detección 106 genera una imagen de interferencia diferencial basada en la información obtenida en la Etapa S203 y envía la imagen de interferencia diferencial generada como información que indique un resultado de la detección de cambios en la región de interés (Etapa S204).

Por tanto, en el presente ejemplo, con todos los píxeles incluidos en una región de interés como objetivos, se llevan a cabo el procesamiento de la obtención de un par de polarización óptimo, el procesamiento de la generación de una serie de datos SAR de rotación compuestos por un par de polarización óptimo y el procesamiento de la obtención de una diferencia de fase generada por un cambio utilizando una serie de datos SAR de rotación (procesamiento PS-InSAR) para enviar un resultado del procesamiento en forma de una imagen de interferencia diferencial. Según este método, incluso cuando un usuario no sabe particularmente si un lugar correspondiente a cada píxel incluido en una región de interés cumple con una condición para ser un punto de medición o no, es posible la detección de cambios utilizando todos los lugares de medición incluidos en la región de interés. Esto representa la evidencia de que la presente invención mejora la sensibilidad de detección de cambios. Además, enviar un resultado de detección de cambios en forma de una imagen de interferencia diferencial permite la detección espontánea de un lugar donde se da un cambio en la región de interés, lo que aumenta de este modo la capacidad de confirmación visual de un resultado de detección.

La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de funcionamiento adicional del dispositivo de detección de cambios 1 de la presente realización de ejemplo. La Figura 9 ilustra un ejemplo de funcionamiento del dispositivo de detección de cambios 1 para la detección de distorsión o similar de un objeto diana mediante la ejecución de una medición del desplazamiento con respecto a todos los píxeles incluidos en una región de imagen de una imagen SAR que corresponde a una región de interés. En el presente ejemplo, se describirá un caso, a modo de ejemplo, donde el dispositivo de detección de cambios 1 incluye la unidad de detección de cambios 105B tal como se ilustró en la Figura 6 como la unidad de detección de cambios 105. Dado que el procesamiento en las Etapas S101 y S102 es el mismo que el ejemplo ilustrado en la Figura 7, este no se describirá. Además, debido a que el procesamiento en las Etapas S201 y S202 es el mismo que en el ejemplo ilustrado en la Figura 8, este no se describirá.

En el presente ejemplo, se asume que todos los píxeles incluidos en una región de imagen de una imagen SAR que corresponde a una región de interés son píxeles objetivo.

En el presente ejemplo, cuando la unidad de generación de datos SAR de rotación 151 de la unidad de detección de cambios 105 genera una serie de datos SAR de rotación de cada píxel objetivo (Etapa S202), en cada momento incluido en el momento designado, la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B integra los datos SAR de rotación que corresponden al momento en cuestión, que se incluye en una serie de datos SAR de rotación de cada píxel objetivo para generar una imagen SAR de rotación correspondiente al momento designado (Etapa S301).

Luego, la unidad de medición de desplazamiento 152B de la unidad de detección de cambios 105 genera una imagen de interferencia diferencial mediante la ejecución del procesamiento PS-InSAR utilizando la imagen SAR de rotación generada correspondiente al momento designado (Etapa S302).

Por último, la unidad de salida de resultados de detección 106 envía la imagen de interferencia diferencial obtenida en la Etapa S302 como información que indique al menos un resultado de la detección de cambios en la región de interés (Etapa S303).

Por lo tanto, en el presente ejemplo, con todos los píxeles incluidos en una región de interés como objetivos, se llevan a cabo el procesamiento de la obtención de un par de polarización óptimo, el procesamiento de la generación de una serie de datos SAR de rotación compuestos por un par de polarización óptimo, el procesamiento de la generación de una imagen SAR de rotación que corresponde al momento designado de la serie de datos SAR de rotación de cada píxel y el procesamiento de la generación de una imagen de interferencia diferencial utilizando la imagen SAR de rotación correspondiente al momento designado (procesamiento PS-InSAR) para enviar una imagen de interferencia diferencial como resultado del procesamiento. Según este método, además del efecto obtenido por el método ilustrado en la Figura 8, tal procesamiento PS-InSAR existente puede utilizarse para ingresar imágenes SAR correspondientes a múltiples momentos para enviar una imagen de interferencia diferencial.

Tal como se describió en lo que antecede, dado que según la presente realización de ejemplo la cantidad de puntos de medición puede aumentar más fácilmente que mediante un método con datos SAR compuestos al menos de un tipo de par de polarización de transmisión y de recepción por cada píxel, es posible detectar un cambio en un objeto diana o una superficie terrestre con mayor precisión. Por ejemplo, incluso cuando, con respecto a un lugar que tiene propiedades de PS ubicado en una estructura artificial cuya distorsión debe detectarse, una intensidad de reflexión en el lugar sea tan baja que la distorsión quede sepultada por el ruido únicamente con los datos SAR compuestos por un tipo de par de polarización de transmisión y de recepción, es posible medir un desplazamiento en el lugar utilizando los datos SAR compuestos por otro par de polarización arbitrario de transmisión y de recepción que tenga una intensidad de reflexión alta para cada píxel, de modo que se pueda lograr un efecto de detección de distorsión.

Es posible obtener un efecto adicional que alcanza por tanto un aumento en la cantidad de puntos de medición que se pueden medir, que permite una ejecución más precisa de los análisis de deterioro de las estructuras artificiales tales como edificios, carreteras, puentes y similares, o análisis de cambios en la rugosidad terrestre tal como medición de hundimiento del suelo, medición de diastrofismo del suelo o similares.

Realización de ejemplo 2.

A continuación, se describirá una segunda realización de ejemplo de la presente invención. La Figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de configuración de un dispositivo de detección de cambios 1 de la segunda realización de ejemplo de la presente invención. El dispositivo de detección de cambios 1 ilustrado en la Figura 10 difiere del dispositivo de detección de cambios 1 según la primera realización de ejemplo que se ilustra en la Figura 2 en que se omite la unidad de procesamiento de rotación de polarización 104.

La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 de la presente realización de ejemplo es básicamente igual a la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 de la primera realización de ejemplo, con la única diferencia de que se utilizan únicamente los cuatro pares de polarización básicos, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, como candidatos para el par de polarización óptimo.

Específicamente, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 de la presente realización de ejemplo detecta (selecciona) un par de polarización óptimo de entre los cuatro pares de polarización básicos para cada píxel utilizando un conjunto de imágenes SAR incluido en una serie de conjuntos de imágenes SAR. La unidad de detección del par de polarización óptimo 102 puede comparar, por ejemplo, las intensidades de reflexión o similares que se indiquen en los datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos de un píxel objetivo incluido en un conjunto de imágenes SAR incluido en una serie de conjuntos de imágenes SAR para seleccionar una combinación de polarizaciones de transmisión y de recepción como un par de polarización óptimo de entre los cuatro pares de polarización básicos como candidatos para el par de polarización óptimo. Por lo tanto, un método de selección puede ser igual que en la primera realización de ejemplo. Además, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 genera información sobre los puntos de medición que incluye información que indique el par de polarización obtenido de ese modo de cada píxel objetivo y la almacena en la unidad de almacenamiento de información de puntos de medición 103.

Basándose en la información sobre puntos de medición, la unidad de detección de cambios 105 de la presente realización de ejemplo detecta un cambio en un lugar que corresponde a un píxel objetivo, según sea necesario, mediante el uso selectivo de datos SAR compuestos de un par de polarización óptimo del píxel objetivo de entre los datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos del píxel objetivo en el momento designado incluido en la serie de conjuntos de imágenes SAR.

La Figura 11 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de una unidad de detección de cambios 105 de la presente realización de ejemplo. Una unidad de detección de cambios 105C ilustrada en la Figura 11 incluye una unidad de medición de desplazamiento 152C.

La unidad de medición de desplazamiento 152C es básicamente igual que la unidad de medición de desplazamiento 152A de la unidad de detección de cambios 105 A ilustrada en la Figura 5, con la única diferencia de que se utilizan los datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos de un píxel objetivo en el momento designado incluidos en la serie de conjuntos de imágenes SAR en lugar de la serie de datos SAR de rotación para el píxel objetivo. Por ejemplo, cuando se ingresan los datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos de un píxel objetivo en un momento designado incluidos en la serie de conjuntos de imágenes SAR, la unidad de medición de desplazamiento 152C selecciona los datos SAR compuestos de un par de polarización óptimo en cada momento según la información de puntos de medición para medir el desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel objetivo.

La unidad de medición de desplazamiento 152C es igual que la unidad de medición de desplazamiento 152A antemencionada, con la única diferencia de que se utilizan en forma selectiva datos SAR compuestos de un par de polarización óptimo de un píxel en cuestión en un momento designado que se incluye en una serie de conjuntos de imágenes SAR, según la información de puntos de medición.

La Figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra otro ejemplo de la unidad de detección de cambios 105 de la presente realización de ejemplo. Una unidad de detección de cambios 105D ilustrada en la Figura 12 incluye una unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153D y una unidad de medición de desplazamiento 152B.

La unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153D es básicamente igual a la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B de la unidad de detección de cambios 105 de la primera realización de ejemplo ilustrada en la Figura 6 , con la única diferencia de que se utilizan datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos de un píxel objetivo en un momento designado que se incluye en una serie de conjuntos de imágenes SAR en lugar de una serie de datos SAR de rotación para el píxel objetivo. Por ejemplo, cuando se ingresan los datos SAR compuestos de los cuatro pares de polarización básicos de un píxel objetivo en un momento designado incluidos en la serie de conjuntos de imágenes SAR, la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153D selecciona los datos SAR compuestos de un par de polarización óptimo para cada píxel objetivo en cada momento basándose en la información de puntos de medición e integra los datos para generar una imagen SAR de rotación correspondiente al momento designado.

La unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153D es igual a la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B antemencionada, con la única diferencia de que se utilizan datos SAR que se seleccionan según la información de puntos de medición y se componen de un par de polarización óptimo de un píxel en cuestión en un momento designado que se incluye en una serie de conjuntos de imágenes SAR.

Tal como se describió en lo que antecede, según la presente realización de ejemplo, incluso con una configuración simple en la cual no se ejecuta el procesamiento de rotación de polarización, la cantidad de puntos de medición puede aumentar más que mediante un método que utilice datos SAR compuestos de un tipo de par de polarización de transmisión y recepción para cada píxel, de modo que pueda detectarse un cambio de un objeto diana o superficie terrestre con mayor precisión. Los efectos restantes son los mismos que aquellos de la primera realización de ejemplo.

Si bien en las realizaciones de ejemplo respectivas descritas anteriormente se describió un caso donde el dispositivo de detección de cambios incluye la unidad de almacenamiento de información sobre puntos de medición 103 como unidad para almacenar información sobre puntos de medición, es posible omitir la unidad de almacenamiento de información de puntos de medición 103. En tal caso, la información sobre puntos de medición puede enviarse desde la unidad de detección del par de polarización óptimo 102 directamente a la unidad de detección de cambios 105.

A continuación, se describirá un esbozo de la presente invención. La Figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra un esbozo del dispositivo de detección de cambios según la presente invención. Tal como se ilustra en la Figura 13, el dispositivo de detección de cambios según la presente invención incluye una unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 501, una unidad de determinación del par de polarización 502 y una unidad de medición de desplazamiento 503.

De modo que se genere una asociación con cada píxel correspondiente a una celda de resolución dentro de un

- 5 campo visual para la captura de imágenes que incluye una región específica (región de interés), la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 501 (por ejemplo, la unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR 101) ingresa al menos dos conjuntos de imágenes SAR, donde cada uno conserva al menos la información que indique una intensidad de reflexión y una fase, donde la información se genera a partir de los datos de observación compuestos de los cuatro pares de polarización básicos, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, que son combinaciones de polarizaciones de transmisión y de recepción observadas con el radar de apertura sintética generalmente en el mismo momento.
- 10 Con el uso de al menos uno de los conjuntos de imágenes SAR de entrada, la unidad de determinación del par de polarización 502 (por ejemplo, la unidad de detección del par de polarización óptimo 102) determina un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el más alto con respecto a cada píxel objetivo. El píxel objetivo en este caso es, por ejemplo, cada píxel dentro de una región de imagen correspondiente a una región de interés o un píxel designado dentro de la región de imagen.
- 15 La unidad de medición de desplazamiento 503 (por ejemplo, la unidad de detección de cambios 105, en particular, la unidad de medición de desplazamiento 152A, la unidad de medición de desplazamiento 152B o la unidad de medición de desplazamiento 152C) mide el desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel objetivo en un par de polarización determinado por la unidad de determinación del par de polarización 502 y un conjunto de imágenes SAR de entrada.
- 20 Al incluir tales elementos característicos, es posible detectar el desplazamiento en PS-InSAR en tantos puntos que permitan medición como sea posible o es posible detectar el desplazamiento en tales lugares sin pasarlos por alto, lo que permite de este modo una detección de cambios con una sensibilidad elevada.
- 25 Con respecto a cada píxel objetivo, la unidad de determinación del par de polarización 502 puede determinar un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el más alto entre los candidatos a par de polarización predeterminado.
- 30 Los candidatos a par de polarización pueden ser cuatro tipos de una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV.
- 35 Los candidatos a par de polarización pueden ser un conjunto de pares, donde cada uno incluye una polarización de transmisión que tiene un ángulo de rotación de polarización de cualquiera de 0° a 180° y una polarización de recepción que tiene un ángulo de rotación de polarización de cualquiera de 0° a 180° .
- 40 El dispositivo de detección de cambios según la presente invención incluye una unidad de procesamiento de rotación de polarización (por ejemplo, la unidad de procesamiento de rotación de polarización 104) que utiliza al menos un conjunto de imágenes SAR que incluye un lugar designado dentro de una región de imagen para calcular una intensidad de reflexión obtenida mediante una combinación arbitraria de polarizaciones de transmisión y de recepción en el lugar; y una unidad de generación de datos SAR de rotación (por ejemplo, la unidad de detección de cambios 105, en particular, la unidad de generación de datos SAR de rotación 151) que utiliza la unidad de procesamiento de rotación de polarización para generar, para cada píxel objetivo, datos SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos diferentes de un conjunto de imágenes SAR de entrada, donde cada uno de los datos SAR de rotación incluye información que indique una intensidad de reflexión y una fase obtenida mediante un par de polarización determinado en el momento correspondiente, donde una unidad de determinación del par de polarización puede utilizar la unidad de procesamiento de rotación de polarización para calcular, con respecto a cada píxel objetivo, una intensidad de reflexión de cada uno de los candidatos al par de polarización predeterminados a partir de al menos uno de los conjuntos de imágenes SAR de entrada y determinar un par de polarización basado en la intensidad de reflexión calculada de cada candidato, y una unidad de medición de desplazamiento puede medir, con respecto a cada píxel objetivo, el desplazamiento de un lugar que corresponde al píxel según los datos SAR de rotación del píxel correspondiente a al menos dos momentos que se genera con la unidad de generación de datos SAR de rotación.
- 50 El dispositivo de detección de cambios según la presente invención incluye además una unidad de generación de imágenes SAR de rotación (por ejemplo, la unidad de detección de cambios 105, en particular, la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153B o la unidad de generación de imágenes SAR de rotación 153D) que, basándose en un par de polarización determinado por la unidad de determinación del par de polarización y un conjunto de imágenes SAR de entrada, genera imágenes SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos diferentes, donde cada una de las imágenes SAR de rotación conserva, al menos de modo que se pueda asociar con cada píxel objetivo, al menos información que indique una intensidad de reflexión y una fase obtenida mediante un par de polarización determinado del píxel en el momento correspondiente, donde al utilizar las imágenes SAR de rotación correspondientes a al menos dos momentos que se generan con la unidad de generación de imágenes SAR de rotación, la unidad de medición de desplazamiento puede medir, con respecto a cada píxel objetivo, el desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel.
- 60
- 65

5 El dispositivo de detección de cambios según la presente invención puede incluir una unidad de generación de imagen de interferencia diferencial (por ejemplo, la unidad de salida de resultados de detección 106) que genera, según un resultado de medición de desplazamiento obtenido con la unidad de medición de desplazamiento, una imagen de interferencia diferencial al menos de modo que se asocie a cada píxel objetivo, donde la imagen de interferencia diferencial es una imagen que conserva información que indique una diferencia de fase generada por un cambio en un punto que corresponde al píxel o información de imágenes que corresponde a una cantidad de la diferencia de fase.

10 Si bien la presente invención se describió con referencia a las realizaciones de ejemplo y los ejemplos en lo que antecede, la presente invención no se encuentra limitada a las realizaciones de ejemplo antemencionadas. Es posible llevar a cabo diversas modificaciones en cuanto a configuración y detalles de la presente invención que comprenderán los expertos en la técnica, dentro del alcance de la presente invención.

15 En las realizaciones de ejemplo y los ejemplos antemencionados, el dispositivo de detección de cambios 1 tiene un sistema informático que se proporciona en este, cuyo procedimiento de procesamiento se almacena en un soporte legible por ordenador no transitorio en un formato de programa, de modo que la lectura y la ejecución del programa por parte del sistema informático pueda llevar a cabo el procesamiento de detección de cambios. Un «sistema informático» incluye hardware, tal como una CPU, una memoria y un aparato periférico, y software, tal como un sistema operativo (OS, por sus siglas en inglés). Cuando se utiliza un sistema WWW, el «sistema informático» incluye una página de inicio que proporciona entornos y exhibe los entornos.

20 Es posible almacenar un programa que lleva a cabo la función de detección de cambios expresada por el diagrama de flujo antemencionado en un soporte legible por ordenador no transitorio y un sistema informático puede leerlo y ejecutarlo. Un «soporte legible por ordenador no transitorio» implica una memoria no volátil escribible, tal como un disco flexible, un disco magnéticoóptico, un ROM o una memoria Flash, un soporte de registro portátil tal como un CD-ROM y un dispositivo de almacenamiento tal como un disco duro integrado en un sistema informático.

25 El programa antemencionado puede llevar a cabo parte de la función de detección de cambios según la presente invención. De manera alternativa, el programa antemencionado puede ser un programa diferencial (o un archivo diferencial) que lleva a cabo las funciones de la presente invención junto con un programa que ya se encuentra registrado en el sistema informático.

[Aplicación industrial]

35 Si bien no se limita a tal aplicación para la detección de cambios o para el uso de PS-InSAR, la presente invención puede utilizarse adecuadamente para cualquier aplicación que utilice un cambio de fase en un punto determinado según información que indique una intensidad de reflexión y una fase en ondas dispersas de ondas de radio en el punto.

[Lista de indicadores de referencia]

40	1	Dispositivo de detección de cambios
	2	Estructura voladora
	3	Radar de apertura sintética
	4	Campo visual para captura de imágenes
45	101	Unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR
	102	Unidad de detección del par de polarización óptimo
	103	Unidad de almacenamiento de información sobre puntos de medición
	104	Unidad de procesamiento de rotación de polarización
50	105, 105A, 105B, 105C, 105D	Unidad de detección de cambios
	106	Unidad de salida de resultados de detección
	151	Unidad de generación de datos SAR de rotación
	152A, 152B, 152C	Unidad de medición de desplazamiento
	153B, 153D	Unidad de generación de imágenes SAR de rotación
55	501	Unidad de entrada de conjuntos de imágenes SAR
	502	Unidad de determinación del par de polarización
	503	Unidad de medición de desplazamiento

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de detección de cambios (1) que comprende:

5 una unidad de entrada de conjunto de imágenes SAR (101, 501) que, de modo que se asocie con cada uno de los píxeles objetivo que corresponden a una celda de resolución dentro de un campo visual para la captura de imágenes (4) que incluye una región específica, ingresa al menos dos conjuntos de imágenes SAR, donde cada uno conserva al menos la información que indique una intensidad de reflexión y una fase, donde la información se genera a partir de los datos de observación compuestos de los cuatro pares básicos de polarización, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, que son combinaciones de polarizaciones de transmisión y recepción observadas con un radar de apertura sintética (3) generalmente en el mismo momento;

10 una unidad de determinación del par de polarización (102, 502) que determina, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el valor más alto entre los pares de polarización con el uso de al menos un conjunto de imágenes SAR entre al menos dos conjuntos de imágenes SAR; y

15 una unidad de medición de desplazamiento (152A, 152B, 152C, 503) que mide el desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel objetivo según un par de polarización determinado por la unidad de determinación del par de polarización (102,502) y al menos un conjunto de imágenes SAR de al menos dos conjuntos de imágenes SAR.

2. El dispositivo de detección de cambios (1) según la reivindicación 1, donde la unidad de determinación del par de polarización (102, 502) determina, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el valor más alto entre los candidatos a par de polarización predeterminados.

3. El dispositivo de detección de cambios (1) según la reivindicación 2, donde los candidatos al par de polarización son cuatro tipos, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV.

4. El dispositivo de detección de cambios (1) según la reivindicación 2, donde los candidatos a par de polarización son un conjunto de pares, donde cada uno incluye una polarización de transmisión que tiene un ángulo de rotación de polarización de cualquiera de 0° a 180° y una polarización de recepción que tiene un ángulo de rotación de polarización de cualquiera de 0° a 180°.

5. El dispositivo de detección de cambios (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:

40 una unidad de procesamiento de rotación de polarización (104) que utiliza al menos un conjunto de imágenes SAR que incluye un lugar designado dentro de una región de imagen para calcular una intensidad de reflexión obtenida mediante una combinación arbitraria de polarizaciones de transmisión y de recepción en el lugar; y una unidad de generación de datos SAR de rotación (151) que utiliza la unidad de procesamiento de rotación de polarización (104) para generar, para cada uno de los píxeles objetivo, datos SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos diferentes de un conjunto de imágenes SAR de entrada, donde cada uno de los datos SAR de rotación incluye información que indique una intensidad de reflexión y una fase obtenida mediante un par de polarización determinado del píxel en cada uno de los momentos correspondientes, donde la unidad de determinación del par de polarización (102, 502) utiliza la unidad de procesamiento de rotación de polarización (104) para calcular, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, una intensidad de reflexión de cada uno de los candidatos a par de polarización predeterminados de al menos uno de los conjuntos de imágenes SAR de entrada y determinar un par de polarización según la intensidad de reflexión calculada de cada candidato, y la unidad de medición de desplazamiento (152A, 152B, 152C, 503) mide, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, el desplazamiento en un lugar que corresponde al píxel según los datos SAR de rotación del píxel correspondiente a al menos dos momentos que se genera con la unidad de generación de datos SAR de rotación (151).

6. El dispositivo de detección de cambios (1) según la reivindicación 5, que comprende:

60 una unidad de generación de imágenes SAR de rotación (153B, 153D) que, basándose en un par de polarización determinado con la unidad de determinación del par de polarización (102,502) y un conjunto de imágenes SAR de entrada, genera las imágenes SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos diferentes, donde cada una de las imágenes SAR de rotación conserva, al menos de modo que se asocie a cada uno de los píxeles objetivo, al menos información que indique una intensidad de reflexión y una fase obtenida con un par de polarización determinado del píxel en el momento correspondiente, donde con el uso de imágenes SAR de rotación que corresponden a al menos dos momentos que se generan con la unidad de generación de imágenes SAR de rotación (153B, 153D), la unidad de medición de desplazamiento

(152A, 152B, 152C, 503) mide, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, el desplazamiento en un lugar que corresponde al píxel.

5 7. El dispositivo de detección de cambios (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 , que comprende una
 10 unidad de generación de imagen de interferencia diferencial que genera, según un resultado de medición de desplazamiento obtenido con la unidad de medición de desplazamiento (152A, 152B, 152C, 503) una imagen de interferencia diferencial al menos de modo que se asocie a cada uno de los píxeles objetivo, donde la imagen de interferencia diferencial es una imagen que conserva información que indique una diferencia de fase generada por un cambio en un punto que corresponde al píxel o información de imágenes que corresponde a una cantidad de la diferencia de fase.

8. Un método de detección de cambios que comprende las etapas de:

15 de modo que se asocien con cada uno de los píxeles objetivo que corresponden a una celda de resolución dentro de un campo visual para la captura de imágenes (4) que incluye una región específica, ingresar al menos dos conjuntos de imágenes SAR, donde cada uno conserva al menos la información que indique una intensidad de reflexión y una fase, donde la información se genera a partir de los datos de observación compuestos de cuatro pares básicos de polarización, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, que son combinaciones de polarizaciones de transmisión y recepción observadas con un radar de apertura sintética (3) generalmente en el mismo momento;
 20 determinar, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el valor más alto entre los pares de polarización mediante el uso de al menos un conjunto de imágenes SAR entre al menos dos conjuntos de imágenes SAR; y
 25 medir el desplazamiento en un lugar que corresponda a un píxel objetivo según un par de polarización determinado y al menos un conjunto de imágenes SAR de al menos dos conjuntos de imágenes SAR.

9. Un soporte legible por ordenador no transitorio que registra un programa, donde el programa hace que el ordenador ejecute:

30 el procesamiento de entradas de conjuntos de imágenes SAR, de modo que se asocien con cada uno de los píxeles objetivo que corresponden a una celda de resolución dentro de un campo visual para la captura de imágenes (4) que incluye una región específica, al menos dos conjuntos de imágenes SAR, donde cada uno conserva al menos la información que indique una intensidad de reflexión y una fase, donde la información se genera a partir de los datos de observación compuestos de cuatro pares básicos de polarización, es decir, una polarización HH, una polarización HV, una polarización VH y una polarización VV, que son combinaciones de polarizaciones de transmisión y recepción observadas con un radar de apertura sintética (3) generalmente en el mismo momento;
 35 el procesamiento de determinación del par de polarización, con respecto a cada uno de los píxeles objetivo, de un par de polarización cuya intensidad de reflexión no sea menor que un valor predeterminado o el valor más alto entre los pares de polarización mediante el uso de al menos un conjunto de imágenes SAR entre al menos dos conjuntos de imágenes SAR; y
 40 el procesamiento de medición de desplazamiento de la medición de desplazamiento en un lugar que corresponde a un píxel objetivo según un par de polarización determinado y al menos un conjunto de imágenes SAR de al menos dos conjuntos de imágenes SAR.
 45

Fig.1

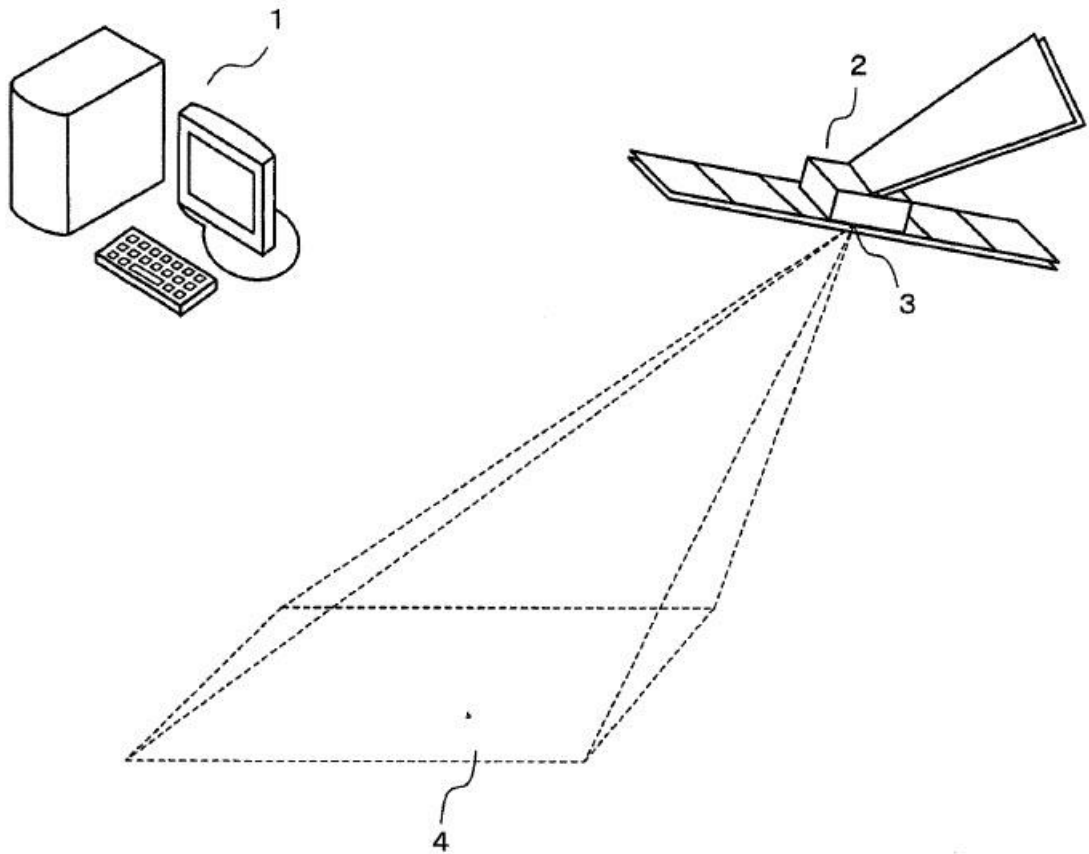


Fig.2

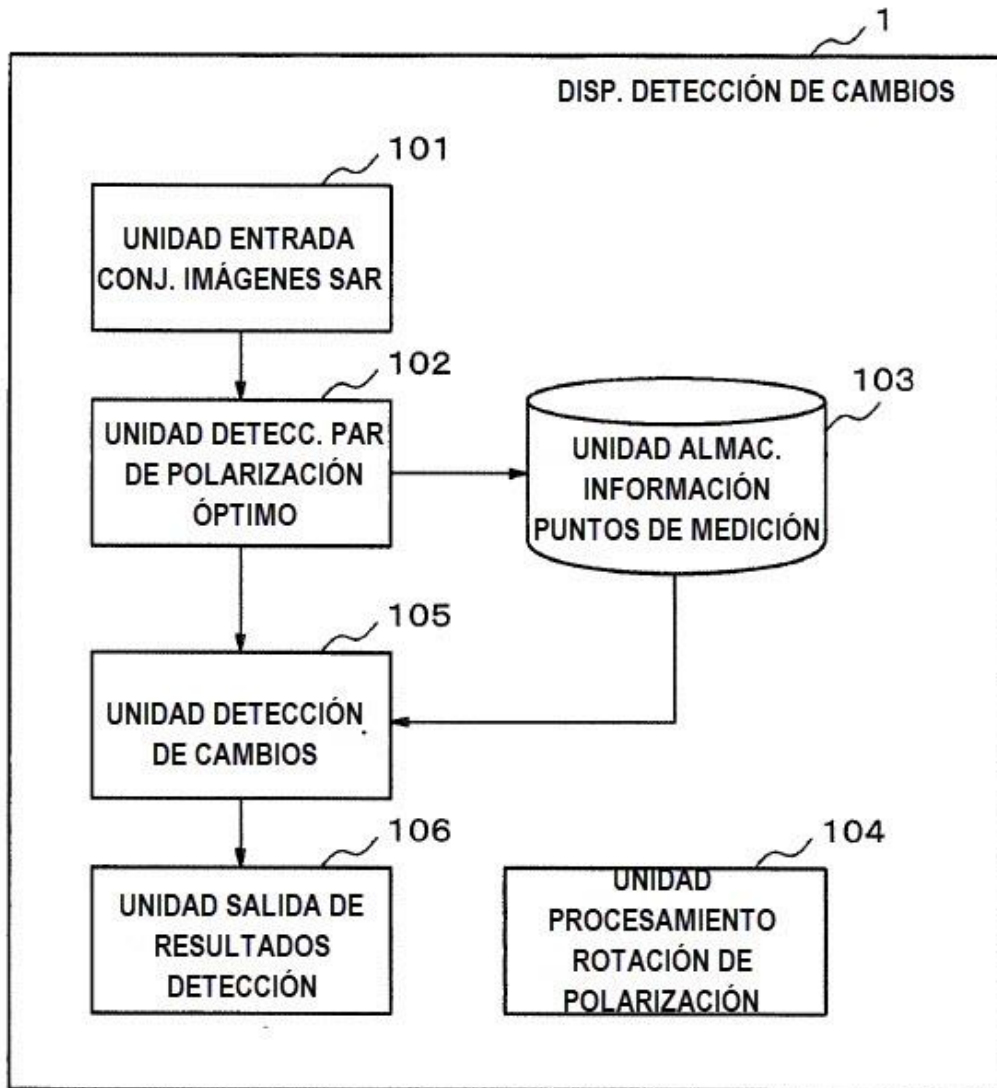


Fig.3

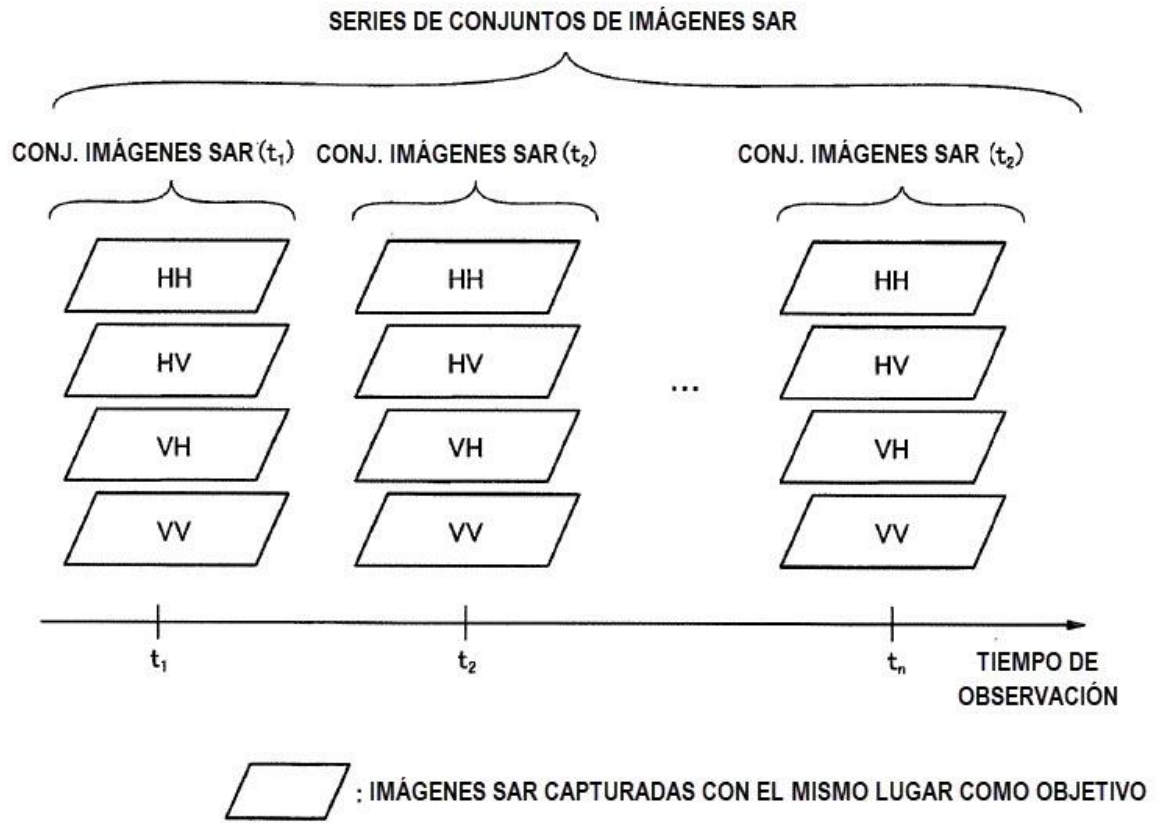


Fig.4

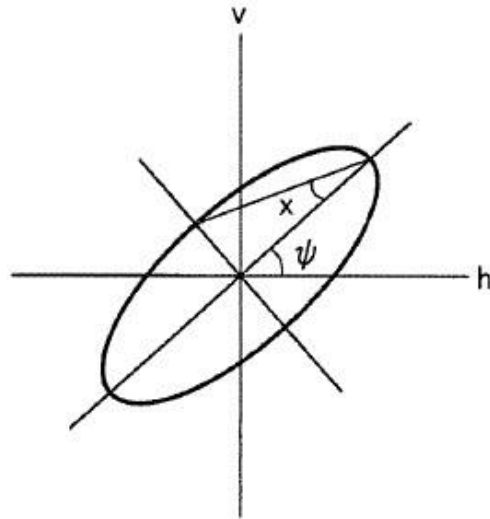


Fig.5

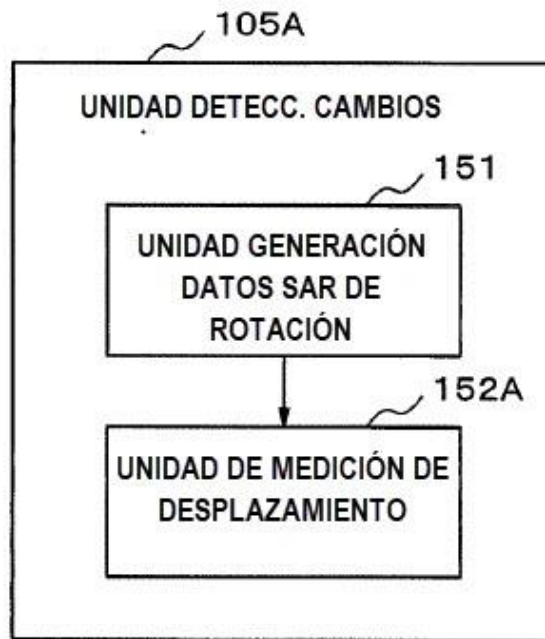


Fig.6

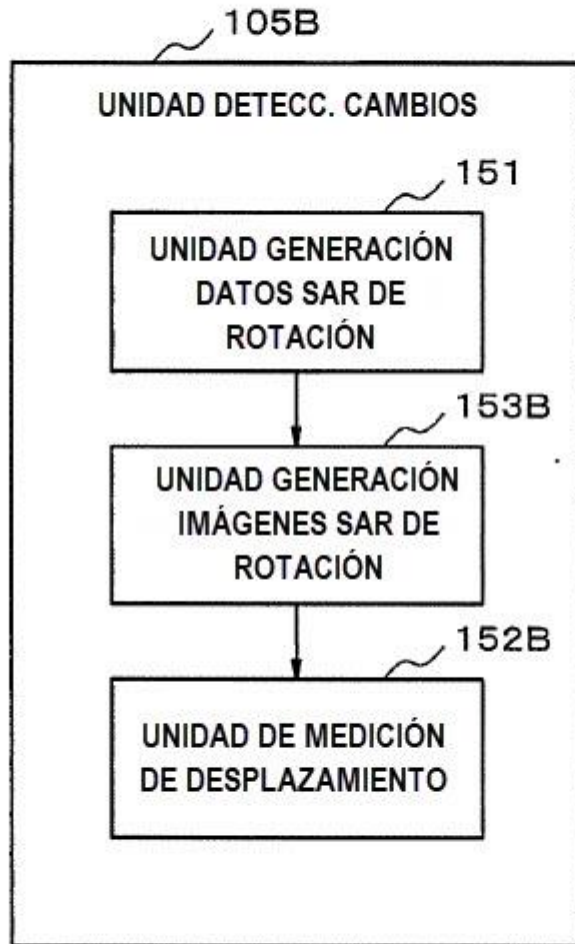


Fig.7

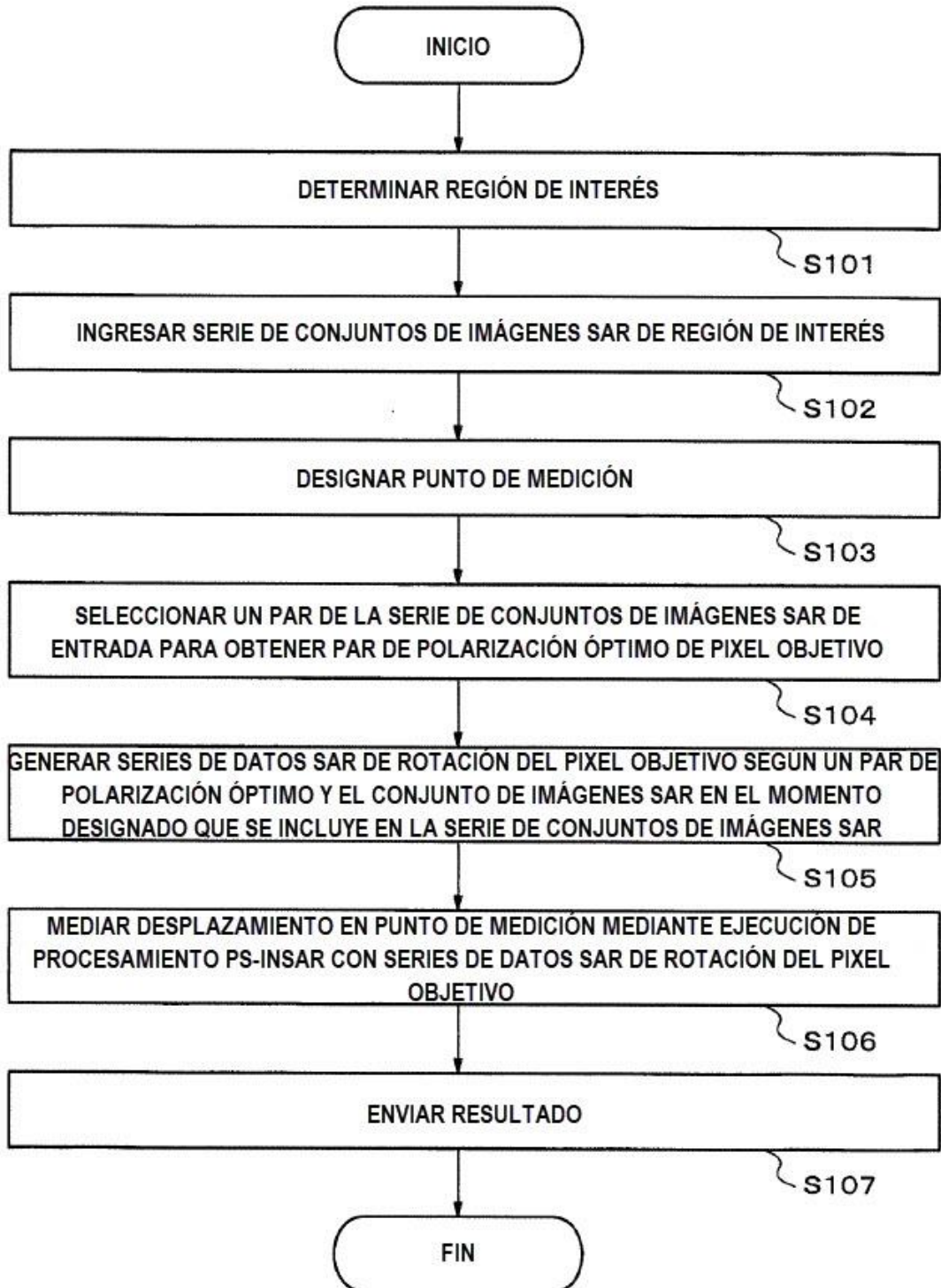


Fig.8

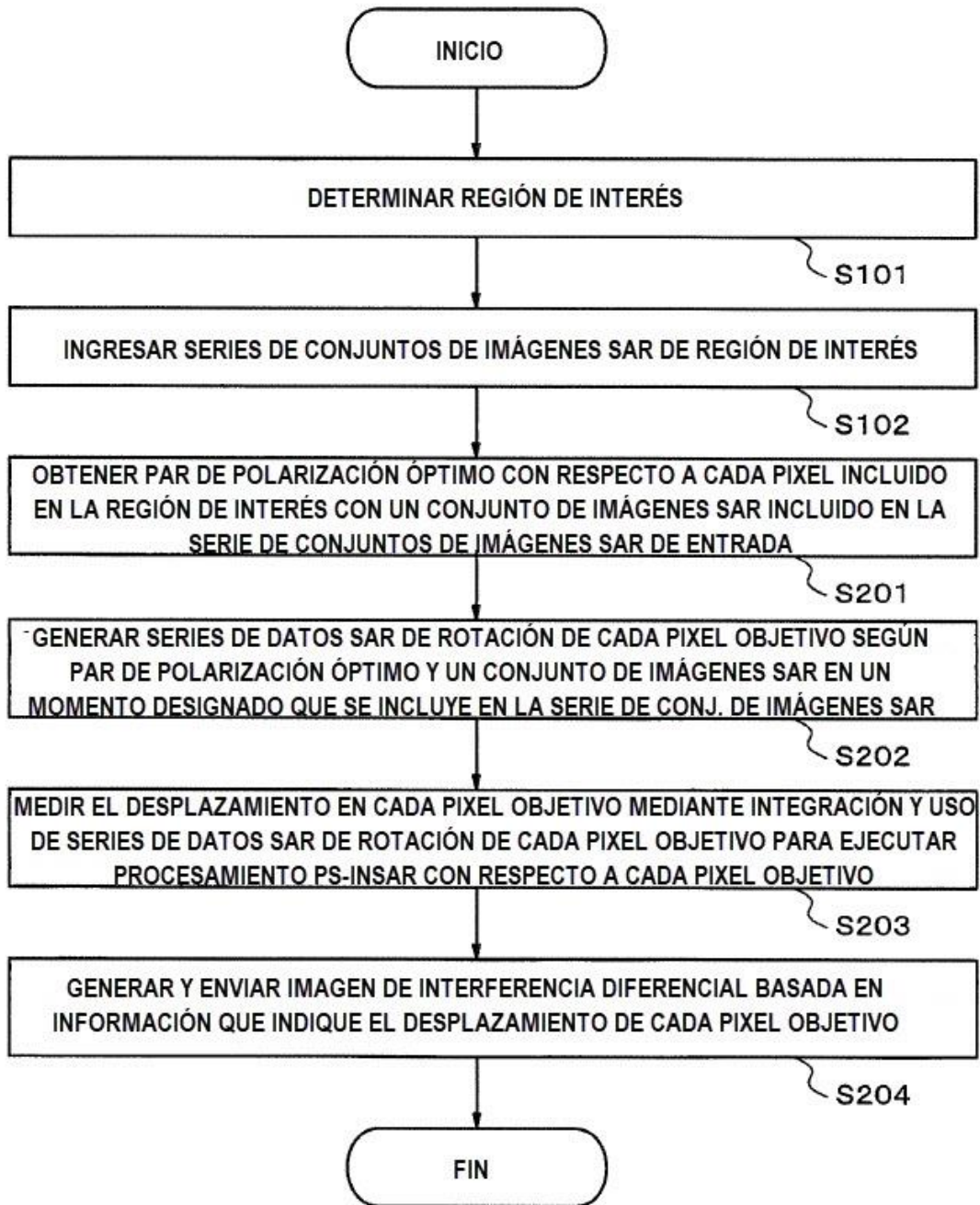


Fig.9

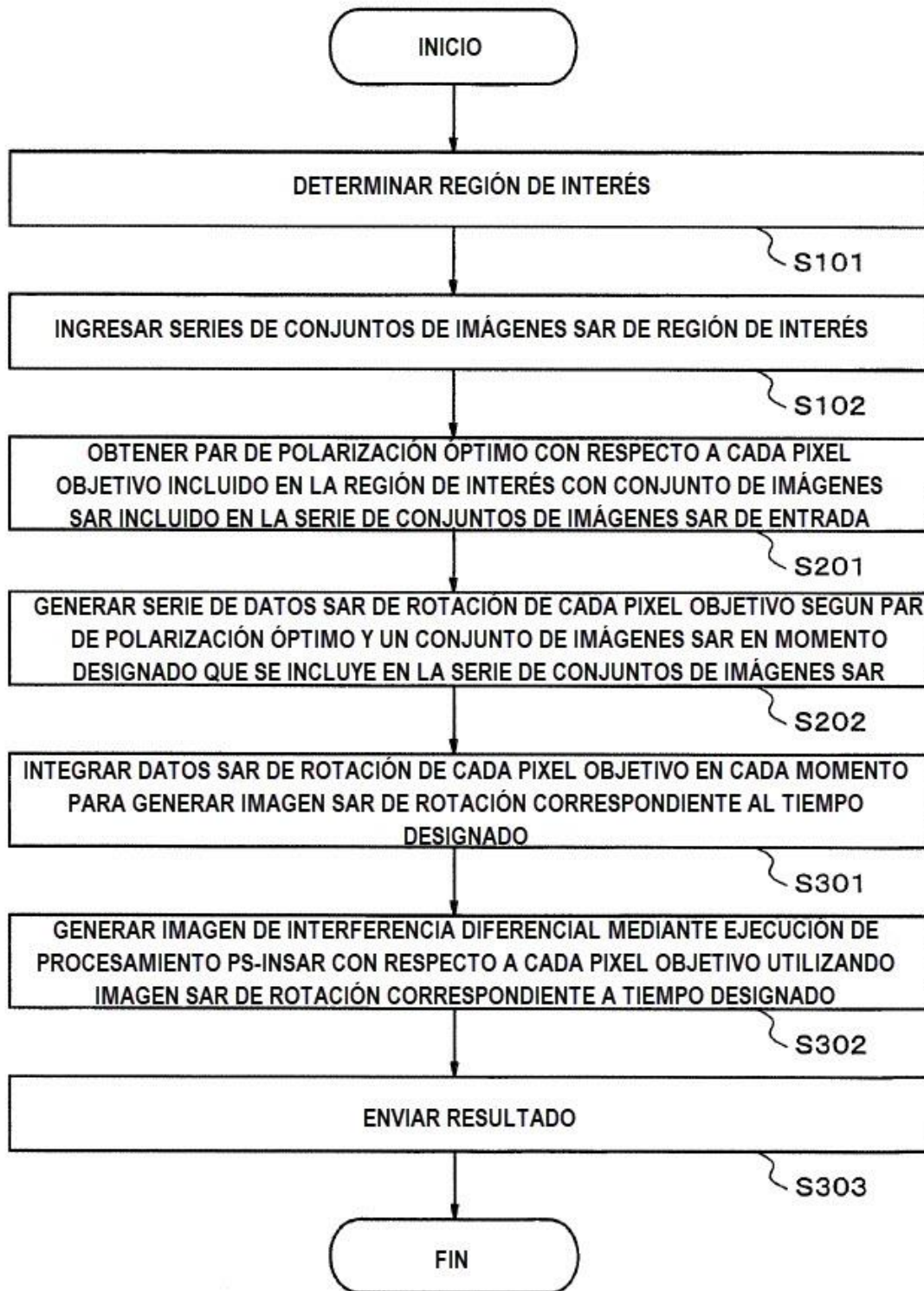


Fig.10

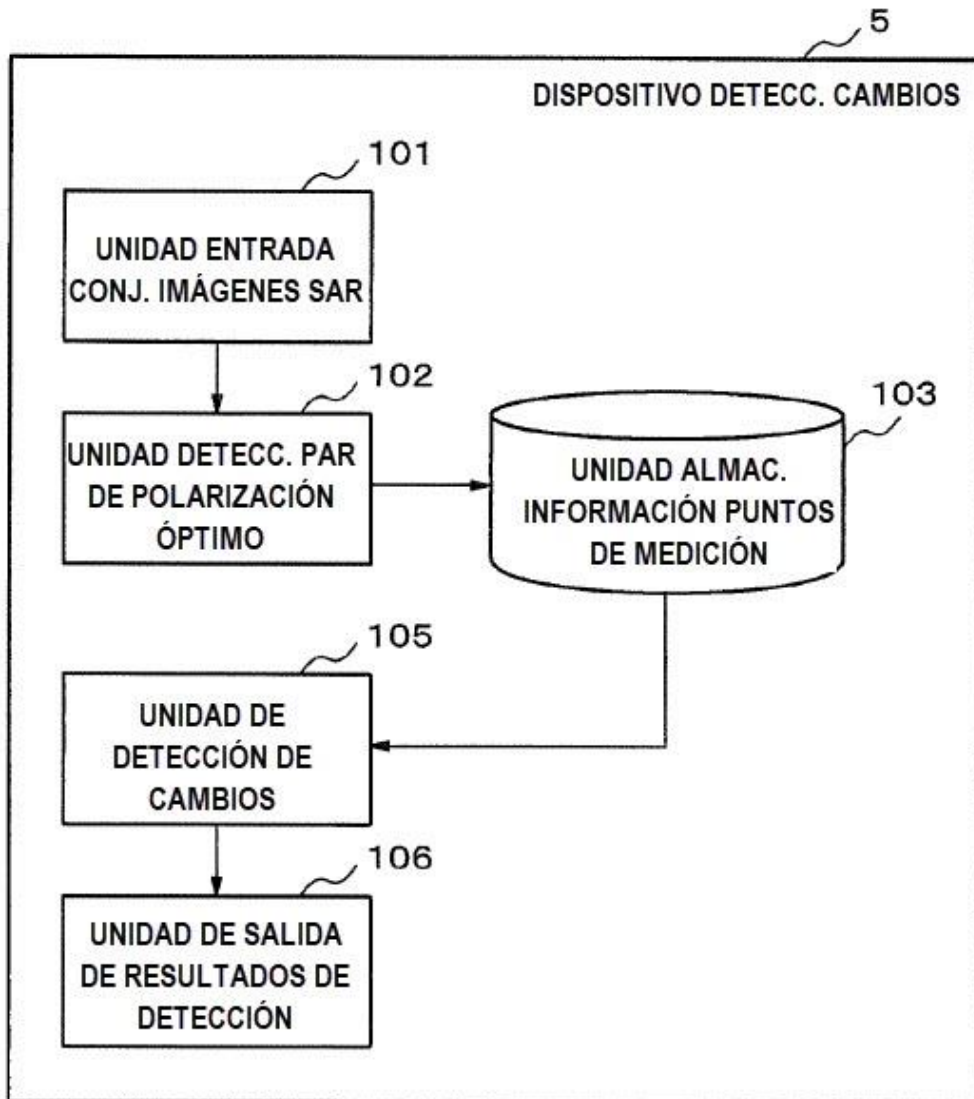


Fig.11

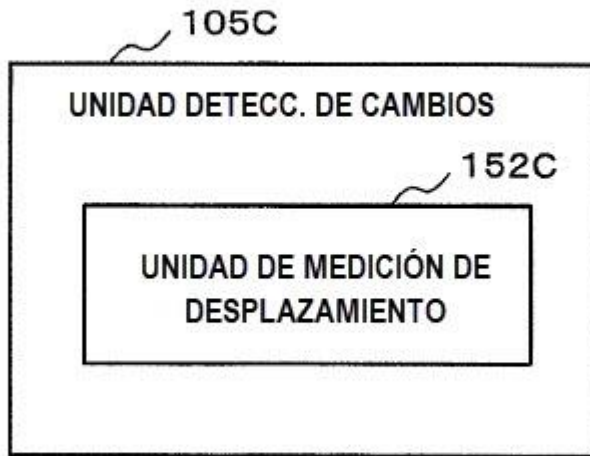


Fig.12

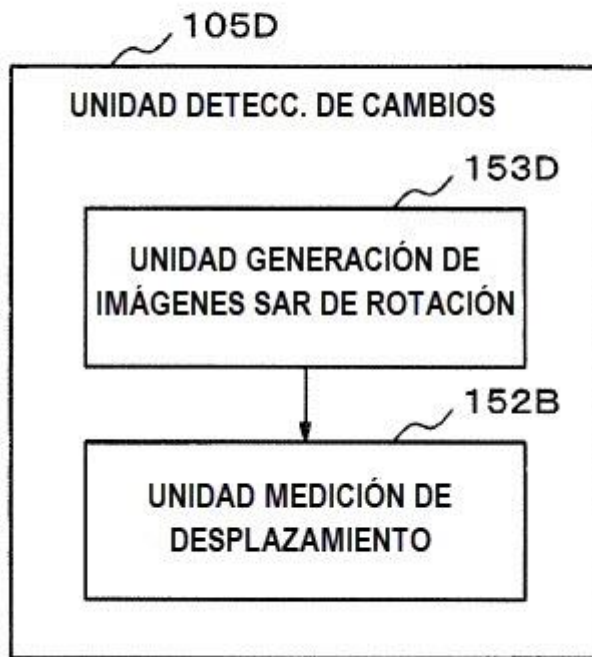


Fig.13

